

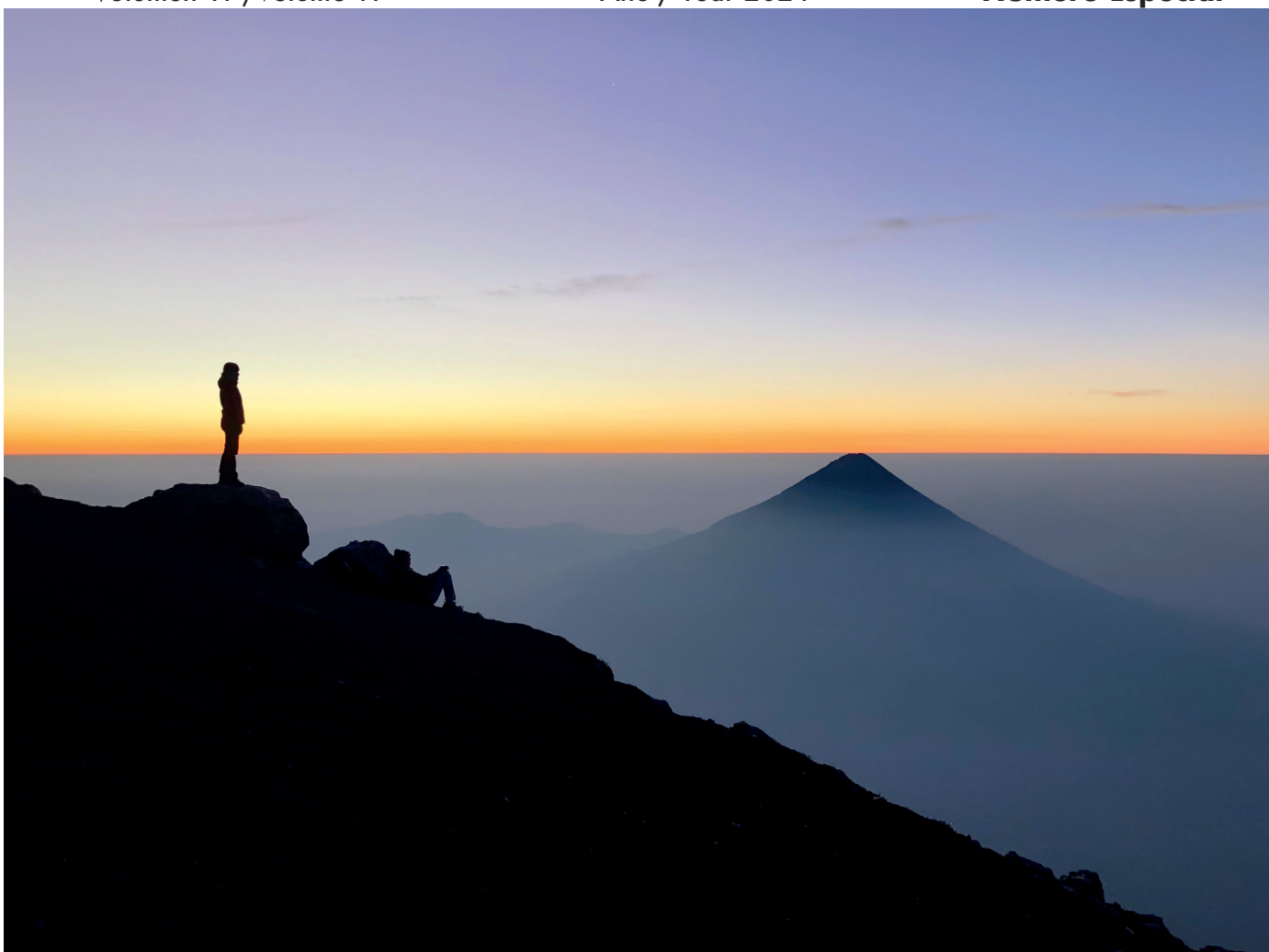
# Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra

Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra  
*Guatemalan Journal of Earth Sciences*

Volumen 11 /Volume 11

Año / Year 2024

Número Especial



Revista anual de la Carrera de Geología del la Universidad de San Carlos de Guatemala

ISSN 2410-728X



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala





Volumen 11

Número 2

Año 2024

# Revista

## Guatemalteca de

## Ciencias de la

## Tierra

Revista anual de la Carrera de Geología de la Universidad de San Carlos de Guatemala

### Sumario / Contents

|                                       |                                                       |            |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|
| <b>Sesión 1.</b><br><i>Session 1.</i> | <b>Amenazas Naturales</b><br><i>Natural Hazards</i>   | <b>01</b>  |
| <b>Sesión 2.</b><br><i>Session 2.</i> | <b>Proyecto Castes</b><br><i>Proyecto Castes</i>      | <b>27</b>  |
| <b>Sesión 3.</b><br><i>Session 3.</i> | <b>Geofísica</b><br><i>Geophysics</i>                 | <b>61</b>  |
| <b>Sesión 4.</b><br><i>Session 4.</i> | <b>Geopatrimonio</b><br><i>Geoheritage</i>            | <b>81</b>  |
| <b>Sesión 5.</b><br><i>Session 5.</i> | <b>Cartografía</b><br><i>Mapping</i>                  | <b>95</b>  |
| <b>Sesión 6.</b><br><i>Session 6.</i> | <b>Tectónica</b><br><i>Tectonic</i>                   | <b>131</b> |
| <b>Sesión 7.</b><br><i>Session 7.</i> | <b>Vulcanología</b><br><i>Vulcanology</i>             | <b>151</b> |
| <b>Sesión 8.</b><br><i>Session 8.</i> | <b>Hidrogeología</b><br><i>Hidrogeology</i>           | <b>183</b> |
| <b>Sesión 9.</b><br><i>Session 9.</i> | <b>Recursos Minerales</b><br><i>Mineral Resources</i> | <b>213</b> |





## **RESÚMENES**

*Book of Abstracts*

**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# **XV Congreso Geológico de América Central V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala

## **Resúmenes Book of Abstracts**

### **Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra *Guatemalan Journal of Earth Sciences***

Vol. 11, núm. 2 / Issue 2, año 2024  
ISSN 2410-728X

#### **Equipo Editorial / Editorial Board:**

Sergio David Morán Ical  
Luis Alfredo Godoy Morales  
Jaime Eduardo Requena  
Rudy Antonio Machorro Sagastume  
Alejandra Marisol Mendoza Martínez  
Andrea María Reiche de la Cruz  
Luis Alfonso Laj Hun  
Divi Dayanara Sucet Yat  
Yoselyn Aida Sierra Urizar  
Daniel Guillermo Hernández Alva

**Portada:** De la armonía al caos.

**Cover:** *Harmony to chaos.*

**Fotografía:** Vista al volcán de Agua, desde el volcán Acatenango, 2019. Luis Godoy

**Photo:** *View of the Agua volcano, from the Acatenango volcano, 2019. Luis Godoy.*

# PALABRAS DE BIENVENIDA

## WELCOMING WORDS

Es un honor presentar el Volumen **11**, Número **2**, de la **Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra**, una edición especial dedicada a la **Memoria científica del XV Congreso Geológico Centroamericano y V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**. Este evento, tuvo lugar del 25 al 29 de noviembre en la majestuosa ciudad de Antigua Guatemala, fue un espacio privilegiado para el intercambio de conocimientos y el fortalecimiento del futuro geocientífico de nuestra región bajo el lema: “**Compartiendo conocimientos para construir el futuro geocientífico de América Central**”.

El congreso ofreció alrededor de 90 presentaciones y 20 pósteres de investigadores centroamericanos y de otras partes del mundo, abordando temáticas de vital importancia para el desarrollo de las geociencias. A lo largo de las 9 sesiones generales, se profundizó en disciplinas clave, complementadas con **workshops** que contribuyeron a la actualización profesional y académica.

Además, los asistentes tuvieron la oportunidad de participar en una gira de campo a la emblemática **Cantera de Jade**, un escenario único para el estudio de los recursos geológicos de Guatemala y su impacto en el contexto ambiental y económico.

Les invitamos a sumergirse en el contenido de esta edición y a ser parte activa de este gran encuentro de saberes y experiencias, donde juntos daremos pasos significativos hacia un futuro más sustentable y resiliente en el ámbito de las geociencias de América Central.

¡Bienvenidos!

**Luis Godoy**  
**Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra -RGCT-**  
**Carrera de Geología**  
**Centro Universitario del Norte -CUNOR-**



## COMITÉ ORGANIZADOR

|                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| <b>Rudy Machorro</b>            | Presidente                |
| <b>Fernando Monterroso</b>      | Vicepresidente            |
| <b>Alejandra Mendoza</b>        | Secretaria                |
| <b>Jaime Requena</b>            | Vocal I                   |
| <b>Andrea Reiche de la Cruz</b> | Vocal II                  |
| <b>Sergio Morán</b>             | Vocal III                 |
| <b>Luis Laj</b>                 | Coordinador Institucional |
| <b>Luciano López</b>            | Representante Estudiantil |
| <b>Mireya Jolomna</b>           | Representante Estudiantil |



**XV Congreso Geológico de América Central**  
**V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala

## TABLA DE CONTENIDO

| ID        | Titulo y autor (es)                                                                                                                                                                                                                                                                  | Pag.      |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>01</b> | <b>Amenazas Naturales</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>1</b>  |
| 101       | Los principales elementos para una reconstrucción del rompecabezas tectónico de la placa Caribe, tratando de compartir experiencias en el análisis de peligrosidades naturales<br><i>Giunta, G.</i>                                                                                  | 3         |
| 102       | 50 años del deslizamiento de Banderillas: Aprendizajes sobre el manejo extractivo para mitigar sus efectos. Costa Rica.<br><i>Bonilla, E.</i>                                                                                                                                        | 5         |
| 103       | Actividad sísmica en Guatemala: un registro histórico de la ocurrencia de sismos de profundidad intermedia<br><i>Morán, H., Tojil, J. y Chún, K.</i>                                                                                                                                 | 7         |
| 104       | Actualización de mapas de amenaza por caída de ceniza del volcán Santiaguito. Guatemala.<br><i>González, D., Hernández D., Cornejo, J.</i>                                                                                                                                           | 9         |
| 105       | Actualización de mapas de amenaza por lahares en el volcán Santiaguito, utilizando datos de campo y modelos computacionales.<br><i>Chun, C., Nieto, A., y Cornejo, J.</i>                                                                                                            | 11        |
| 106       | Estudio piloto para la elaboración de mapas de susceptibilidad a movimientos en masa en el municipio de La Unión, Zacapa. Guatemala.<br><i>Quiroa, E. y Monterroso, F.</i>                                                                                                           | 13        |
| 107       | Mejorando el modelo geológico para evaluar la estabilidad de taludes.<br><i>Chiquin, E., Díaz, J., y Ramos, B.</i>                                                                                                                                                                   | 15        |
| 108       | Caracterización geotécnica de residuos de construcción, demolición civil reciclados. Costa Rica.<br><i>González, L., y Silva, G.</i>                                                                                                                                                 | 17        |
| 109       | Impacto de amenazas naturales en la infraestructura educativa de Alta Verapaz: Análisis de casos<br><i>Reiche, A., Morán, S.</i>                                                                                                                                                     | 19        |
| 110       | Amenazas geológicas de Guatemala.<br><i>Niemi, T.M., Gordillo C.</i>                                                                                                                                                                                                                 | 21        |
| 111       | El deslizamiento de Palencia (Guatemala): Un intento de estudio y análisis a través de la modelización numérica.<br><i>Calista, M., Chiquín, L., Del Cid, M., Di Giovanni, A., Laj, L., Morán, S., Luna, J., Mangifesta, M., Rainone, M., Reiche, A., Requena, J., y Sciarra, N.</i> | 23        |
| 112       | La importancia del monitoreo para la mitigación del riesgo de deslizamiento.<br><i>Sciarra, N., Mangifesta, M., Calista, M., Rainone, M. y Jaime, R.</i>                                                                                                                             | 25        |
| <b>02</b> | <b>Proyecto CASTES</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>27</b> |
| 201       | Modelos de susceptibilidad para flujos de detritos activados por evento extremos de lluvia durante el año 2020 en El Salvador.<br><i>Argueta, A., Calderón, L., Acero, J.</i>                                                                                                        | 29        |
| 202       | Enseñanza experiencial y transferencia de conocimientos: de la investigación de campo a la interpretación de los fenómenos naturales. el proyecto Castes, un ejemplo de buenas prácticas en cooperación internacional.<br><i>Calabrese, S., Hernández, M., Conoscenti, C.</i>        | 31        |
| 203       | <i>An R script for landslide susceptibility assessment using random forest: case studies from El Salvador and Honduras.</i><br><i>Calderón, L., Mercurio, C., Argueta, A., Torres, L., Ruiz, M., y Conoscenti, C.</i>                                                                | 33        |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 204 | Estudio preliminar de desgasificación difusa de CO <sub>2</sub> en el suelo del volcán El Hoyo.                                                                                                                                                                                                | 35 |
|     | <i>Martínez, E., Solano, N., Norbis, M., Martínez, M.</i>                                                                                                                                                                                                                                      |    |
| 205 | Medición de gases volcánicos en sitios de interés turístico en El Salvador.                                                                                                                                                                                                                    | 37 |
|     | <i>Solano, N., Martínez, E., Hernández, M., Castro, M., González, M., Campos, R., Hernández, D., D'Alessandro, W., Sandoval, A., Li Vigni, L., y Calabrese, S.</i>                                                                                                                             |    |
| 206 | Análisis de estabilidad y modelación numérica de la vertiente norte de la cordillera del Bálsamo. Santa Tecla, San Salvador.                                                                                                                                                                   | 39 |
|     | <i>Rainone M.L., Calista M., Castillo L., Chavez A., Hernandez W., Luna J., Mangifesta M., a M., Sciarra N. &amp; Sebesta J.</i>                                                                                                                                                               |    |
| 207 | El cambio climático en El Salvador: el aporte de la geología.                                                                                                                                                                                                                                  | 41 |
|     | <i>Fazzini, M., Rinone, M., Calista, M.</i>                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
| 208 | Análisis preliminar de la respuesta sísmica local en la zona del centro histórico de San Salvador.                                                                                                                                                                                             | 43 |
|     | <i>Rainone M.L., Calista M., Castillo L., Chávez A., Hernández W., Luna J. Mangifesta M. &amp; Sciarra N.</i>                                                                                                                                                                                  |    |
| 209 | Evaluación de la composición geoquímica de gases en los campos fumarólicos Las Termópilas y El Tortuguero El Salvador CA                                                                                                                                                                       | 45 |
|     | <i>Olmos, R., Hernández, M., Hernández, D., Barahona, F., y Hernández, A.</i>                                                                                                                                                                                                                  |    |
| 210 | Craterización geoquímica de los fluidos hidrotermales del volcán El Hoyo, municipio de Berlín, Usulután, para identificar indicadores de actividad volcánica, El Salvador, C.A.                                                                                                                | 47 |
|     | <i>Zaldaña, R., Hernández, A., Olmos, R., Hernández M., Barahona, F.</i>                                                                                                                                                                                                                       |    |
| 211 | Estudio preliminar hidrogeoquímico y de CO <sub>2</sub> difuso en suelos de la Laguna Cuzcachapa, El Salvador.                                                                                                                                                                                 | 49 |
|     | <i>Martínez, E., Solano, N., Norbis, M., Montano, H., Santos, F., Hernández, W., Alfaro, R., Arucha C., Beltrán, D., Campos, M., Cañas, C., Cornejo, J., Fuentes, D., Lara, A., Martínez, I., Martínez, N., Nochez, E.L., Raimundo, D., Reyes, C., Rodríguez, R., Soriano, C., y Guzmán, K</i> |    |
| 212 | Un mapa de deformación frágil de Centroamérica para una caracterización del marco sísmico-tectónico                                                                                                                                                                                            | 51 |
|     | <i>Agate, M., Calderón, F., Giunta, G., Sulli, A., Castillo, L., García, A., Mixco, L., Requena, J., Rubí, C., Ruiz, M.</i>                                                                                                                                                                    |    |
| 213 | Emisiones difusas de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) de suelo durante el periodo 2017-2024, en una pequeña área de observación al sur este del Boquerón, Volcán San Salvador.                                                                                                            | 53 |
|     | <i>Barahona, F., Castillo, A., Mejía, X., Sigüenza, A., Olmos, R., Hernández, A., Hernández, M., Gómez, N.,</i>                                                                                                                                                                                |    |
| 214 | Importancia de las emisiones de SO <sub>2</sub> durante una erupción basáltica en Centroamérica: el caso de la erupción del 29 de diciembre de 2013 del volcán San Miguel, El Salvador, C.A.                                                                                                   | 55 |
|     | <i>Hernández, A., Gimeno, D., Conde, V., Olmos, R., Hernández, M., Barahona, F., Novembre, D.</i>                                                                                                                                                                                              |    |
| 215 | Una revisión de las características físico-mecánicas, mineralógicas y químicas de la formación TBJ, en el área de San Salvador                                                                                                                                                                 | 57 |
|     | <i>Rainone, M., Calista, M., Castillo, L., Chavez, A., Hernandez, W., Luna, J., Mangifesta, M., Novembre, D., Sciarra, N.</i>                                                                                                                                                                  |    |
| 216 | El impacto de los grandes fenómenos naturales en la historia de los pueblos: La civilización Maya y el volcán Ilopango, El Salvador.                                                                                                                                                           | 59 |
|     | <i>Erquicia, H., Hernández, W., Castillo, L., Calista, M., Rainone, L.</i>                                                                                                                                                                                                                     |    |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>03</b> | <b>Geofísica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>61</b> |
| 301       | Avances en la exploración geofísica <i>onshore</i> de hidrocarburos en el oriente de El Salvador<br><i>Delgado A., Mayén L., Morán G., Ventura K</i>                                                                                                                                                     | <b>63</b> |
| 302       | Avance del levantamiento magnético terrestre en la zona azul de la península de Nicoya<br><i>Taylor W. &amp; Badilla D.</i>                                                                                                                                                                              | <b>65</b> |
| 303       | Nuevas perspectivas geológicas: actualización del mapa de la subcuenca Guacerique mediante técnicas geofísicas. Honduras.<br><i>Chirinos M.</i>                                                                                                                                                          | <b>67</b> |
| 304       | Exploración geológica-geofísica y evaluación de un depósito de puzolana: geología de campo, modelado y estimación de recursos. Guatemala.<br><i>Requena J., Cacao A., Blaha P.</i>                                                                                                                       | <b>69</b> |
| 305       | Estudio de tomografía eléctrica (ERT), IP y gravimetría en sitio de la torre 47 LT Arenal-Barranca. Costa Rica.<br><i>Bonilla M.</i>                                                                                                                                                                     | <b>71</b> |
| 306       | Aplicaciones del método geofísico Masw 2D y particularidades del análisis de las curvas de dispersión en tres casos aplicado a estudios tectónicos y geotécnico en Costa Rica<br><i>Leandro C.</i>                                                                                                       | <b>73</b> |
| 307       | Identificación de tiros y galerías mineras históricas con imágenes de resistividad eléctrica 2D (Durango, México)<br><i>Hinojosa, H.</i>                                                                                                                                                                 | <b>75</b> |
| 308       | Potencial y desafíos de la arqueosismología en México<br><i>Hinojosa, H.</i>                                                                                                                                                                                                                             | <b>77</b> |
| 309       | Descifrando las facies modernas del campo de esfuerzos tectónicos en Costa Rica y vecindad mediante mecanismos focales de terremoto y apoyo GNSS<br><i>López A., Carvajal L.</i>                                                                                                                         | <b>79</b> |
| <b>04</b> | <b>Geopatrimonio</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>81</b> |
| 401       | Algunos sitios de patrimonio geológico en El Salvador<br><i>Hernández W., Fernández C., Rivera J.</i>                                                                                                                                                                                                    | <b>83</b> |
| 402       | El patrimonio fosilífero de Coto Brus, Costa Rica: de la recolección a la divulgación científica y pública<br><i>Sequeira C, Chesnel V., Sandoval M., Gamboa V., Ramírez T. &amp; Guillermo E.</i>                                                                                                       | <b>85</b> |
| 403       | Apuntes para ver el mundo con mirada geológica<br><i>Ortega L.</i>                                                                                                                                                                                                                                       | <b>87</b> |
| 404       | <i>The italian geosite inventory: a useful tool for knowledge, promotion and geoconservation.</i><br><i>Brustia E., Garzarella A., Pompili R., Primerano P., Giuseppe N.</i>                                                                                                                             | <b>89</b> |
| 405       | <i>Italian geoparks and the valorisation of geological heritage: good conservation and geotourism practices.</i><br><i>Garzarella A., Brustia E., Giuseppe N.</i>                                                                                                                                        | <b>91</b> |
| 406       | 73 Sitios de Interés Geológico de Iberoamérica avalados por ASGMI: “Yacimiento paleomastozoológico del Pleistoceno en Chivacabé, departamento de Huehuetenango, Guatemala” y “Secuencia ofiolítica y melanges de serpentinitas de la placa Caribe en Guatemala<br><i>Requena J., López L., Morán, S.</i> | <b>93</b> |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>05</b>  | <b>Cartografía</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>81</b>  |
| <b>501</b> | Descripción petrográfica y texturas presentes en los basaltos y komatiitas del Complejo de Nicoya, Abangares, Guanacaste, Costa Rica<br><i>Sánchez, A., Palma, G., Cascante, D., Jiménez, S., Vargas, D., Mora, W. y Rivera, F.</i>                                            | <b>97</b>  |
| <b>502</b> | Análisis composicional para la clasificación de los materiales ígneos de la formación Suretka, Limón sur, Costa Rica<br><i>Rivera, F., Madrigal, P., Cárdenes, G., y Garnier, M.</i>                                                                                           | <b>99</b>  |
| <b>503</b> | Clasificación geomecánica del macizo rocoso del yacimiento de San Lorenzo con metodología Q Barton y RMR<br><i>Madrigal, M., Leandro, F., Morales, P., y Montero, K.</i>                                                                                                       | <b>101</b> |
| <b>504</b> | Actualización del mapa geológico de la cuenca Caribe Sur de Costa Rica<br><i>Jara, L., Rodríguez, E., Rodríguez, S., Rojas, M., González, G., y Vargas, C.</i>                                                                                                                 | <b>103</b> |
| <b>505</b> | Una década de cartografía sistemática oficial en Costa Rica - Aplicación de lineamientos y estándares, mapa geológico escala 1:50 000<br><i>Vargas, C.</i>                                                                                                                     | <b>105</b> |
| <b>506</b> | Cartografía Geológica del Cuadrángulo El Chol a Escala 1:50 000, Guatemala<br><i>Morán, S.</i>                                                                                                                                                                                 | <b>107</b> |
| <b>507</b> | Cartografía Geológica del Cuadrángulo Granados a Escala 1:50 000, Guatemala<br><i>Morán, S., Requena, J., Chiquín, L.</i>                                                                                                                                                      | <b>109</b> |
| <b>508</b> | Cartografía Geológica del Cuadrángulo Salamá a Escala 1:50 000, Guatemala<br><i>Requena, J., Morán, S.</i>                                                                                                                                                                     | <b>111</b> |
| <b>509</b> | Cartografía Geológica del Cuadrángulo Guastatoya a Escala 1:50 000, Guatemala<br><i>Chiquín, M., Requena, J.</i>                                                                                                                                                               | <b>113</b> |
| <b>510</b> | Cartografía Geológica del Cuadrángulo San Pedro Ayampuc a Escala 1:50 000, Guatemala<br><i>Requena, J., Cacao, A.</i>                                                                                                                                                          | <b>115</b> |
| <b>511</b> | Geomorfología y geología del volcán Cacho Negro (Costa Rica) y sus enigmas tectónicos y termales<br><i>Argüello A., Soto G., Ulloa A.</i>                                                                                                                                      | <b>117</b> |
| <b>512</b> | El basamento precámbrico de Guatemala: un estudio petrográfico y geocronológico en rocas pertenecientes al Complejo Chuacús y Rabinal, al occidente de Cubulco, Baja Verapaz<br><i>Morán, H., Maldonado R., Morán, S.</i>                                                      | <b>119</b> |
| <b>513</b> | Mapas geológicos de las hojas Terraba (3442 I) y Chánguena (3542 IV) a escala 1:50000, Costa Rica<br><i>Chesnel, V., Sequeira, C., y Godínez, J.</i>                                                                                                                           | <b>121</b> |
| <b>514</b> | Enseñanza experiencial y transferencia de conocimientos: de la investigación de campo a la interpretación de los fenómenos naturales. El proyecto Castes, un ejemplo de buenas prácticas en cooperación internacional<br><i>Calabrese, S., Hernández, M., y Conoscenti, C.</i> | <b>123</b> |
| <b>515</b> | Caracterización petrográfica y estratigráfica del Cerro Blanco, Pital, San Carlos, Costa Rica<br><i>Sánchez, A., Rivera, F. y Ulloa, A.</i>                                                                                                                                    | <b>125</b> |
| <b>517</b> | Recolección de datos estructurales: Brújula Vs Clino app (Poster)<br><i>Godoy Morales, L.</i>                                                                                                                                                                                  | <b>129</b> |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>06</b> | <b>Tectónica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |            |
| 601       | Capas rojas continentales eocenas en el Bloque Chortis: ¿que nos dice la sedimentología y la procedencia sedimentaria sobre su posible conexión con la cuenca de Oaxaca?<br><i>Martens U., Sierra M., Gutiérrez A., Valencia V.</i>                                                                                       | 133        |
| 602       | Transferencia de esfuerzos estáticos en la península de azuero, panamá: Implicaciones para la amenaza sísmica local y regional<br><i>López A., Camacho E., Luque N., Tapia A.</i>                                                                                                                                         | 135        |
| 603       | Proyecto de exploración científica de la cuenca del lago de Izabal, Guatemala, dentro Programa Internacional de Perforación Científica Continental<br><i>Obrist J., Flores O. et al</i>                                                                                                                                   | 137        |
| 604       | Reconocimiento y Análisis estructural de fallas potencialmente activas: Caso de estudio, Falla del Río Cachil, Baja Verapaz, Guatemala<br><i>Morán S.</i>                                                                                                                                                                 | 139        |
| 605       | La cuenca de antepaís Sepur del Cretácico tardío–Paleógeno: registro estratigráfico de la colisión entre el margen pasivo de Norteamérica y la placa del Caribe en Guatemala y Chiapas.<br><i>Milián R., Martens U., Sierra M., Solari L.</i>                                                                             | 141        |
| 606       | Descifrando las facies modernas del campo de esfuerzos tectónicos en Costa Rica y vecindad mediante mecanismos focales de terremoto y apoyo GNSS<br><i>López, A.Luis Carvajal, L.</i>                                                                                                                                     | 143        |
| 607       | Variación en la dirección de los esfuerzos en el flanco sur de los macizos del Barva y Zurquí, Costa Rica<br><i>Leandro A., Linkimer L.</i>                                                                                                                                                                               | 145        |
| 608       | Firma morfotectónica de la península de Azuero, Panamá<br><i>López A.</i>                                                                                                                                                                                                                                                 | 147        |
| 609       | Escenario del esfuerzo tectónico en América Central: Del gran ambiente regional al contexto local<br><i>López A., Carvajal L., García A.</i>                                                                                                                                                                              | 149        |
| <b>07</b> | <b>Vulcanología</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>151</b> |
| 701       | Caracterización geoquímica de los fluidos emitidos desde el sistema hidrotermal del volcán Moyuta y Laguna Ixpaco (volcán Tecuamburro), Guatemala<br><i>Aguilera, F., Inostroza, M., Chun, C., Tassi, F., Layana, S., Olmos, G., Capechicci, F., Grassa, F., González, D., Chun, K., Paiz, B., Yat, D., Cristóbal, C.</i> | 153        |
| 702       | Importancia de las emisiones de SO <sub>2</sub> durante una erupción basáltica en centroamérica: el caso de la erupción del 29 de diciembre de 2013 del volcán San Miguel, El Salvador, C.A.<br><i>Hernandez, A., Gimeno D., Conde, D., Olmos, R., Hernandez, M., Barahona, F., Novembre, D.</i>                          | 155        |
| 703       | Caracterización geomorfológica y geoquímica de los conos monogenéticos en el flanco sureste del volcán barva, Costa Rica<br><i>Vindas, A., Ruiz, P., Rivera, F., Jarquin, E.</i>                                                                                                                                          | 157        |
| 704       | Emisiones difusas de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) de suelo, durante el período 2017-2024, en una pequeña área de observación al sur este del boquerón, Volcán San Salvador.<br><i>Brahona, F., Castillo, A., Mejía, X., Siguenza, A., Olmos, R., Hernández, A., Hernandez, M., Gómez, N.</i>                     | 159        |
| 705       | Nuevo ciclo de extrusión en el Domo Caliente, Volcán Santa María-Santiago<br><i>Méridia, R., Chigna, G., Gutierrez, W., Roca, A., Valdes, M.</i>                                                                                                                                                                          | 161        |
| 706       | Estudio preliminar de desgasificación difusa de CO <sub>2</sub> en el suelo del volcán El Hoyón<br><i>Martinez, E., Solano, N., Hernandez, M., Castro, M., Gonzalez, M., Campos, R., Hernandez, D. Cañas, C., Hernandez, W., Campos M., D'Alessandro, W., Li Vigni, L., Calabrese, S.</i>                                 | 163        |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 707       | Evidencias recientes de la evolución del vulcanismo Pleistoceno en el extremo noroccidental de la cordillera volcánica central de Costa Rica, Centroamérica.<br><i>Huapaya, A., Rodriguez, E.,</i>                                                                                                                                                                                    | 165        |
| 708       | Desgasificación eruptiva y no eruptiva en sistemas volcánicos activos de Guatemala<br><i>Layana, S., González, C., Aguilera, F., Inostroza, M., Chun, C., Gonzales, D., Olmos, G., Chun, K., Paíz, B., Yat, D., Wilkes, T., Pering, T.</i>                                                                                                                                            | 167        |
| 709       | Medición de gases volcánicos en sitios de interés turístico en El Salvador<br><i>Solano, N., Martinez, E., Hernandez, M., Castro, M., Gonzalez, M., Campos, R., Hernandez, D., D'Alessandro W., Sandoval, A., Li Vigni, L., Calabrese, S.</i>                                                                                                                                         | 169        |
| 710       | Caracterización geoquímica de los fluidos hidrotermales del volcán el hoyón, municipio de Berlín, Usulután, para identificar indicadores de actividad volcánica. El Salvador. C.A.<br><i>Zaldaña, R., Hernandez, A., Olmos, R., Hernandez, M., Barahona, F.</i>                                                                                                                       | 171        |
| 711       | Reconstrucción tefro- cronoestratigráfica y evaluación del peligro volcánico a largo plazo en el volcán irazú, Costa Rica: un aporte para la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.<br><i>Campos, D., Alvarado G., Marti, J.</i>                                                                                                                                           | 173        |
| 712       | Evaluación de la composición geoquímica de gases en los campos fumarólicos las Termópilas y El Tortuguero. El Salvador. C.A.<br><i>Olmos, R., Hernandez, M., Hernandez, D., Barahona, F., Hernandez, A.</i>                                                                                                                                                                           | 175        |
| 713       | Evaluación de Deformación en Zona de Fracturas del Flanco NO y SE del Complejo Volcánico de San Salvador, Mediante la Aplicación de Interferometría Diferencial de Radar para el Período de 2017 a 2021<br><i>Velasquez, R.</i>                                                                                                                                                       | 177        |
| 714       | Arquitectura volcanica del Plioceno al Holoceno en el Salvador<br><i>Hernandez, W., Jicha, B., Mixco, L., Pullinger, C.</i>                                                                                                                                                                                                                                                           | 179        |
| 715       | El impacto de los grandes fenomenos naturales en la historia de los pueblos: La civilización Maya y el volcan Ilopango, El Salvador<br><i>Erquicia, H., Hernandez, W., Castillo, L., Calista, M., Luigui, M.</i>                                                                                                                                                                      | 181        |
| <b>08</b> | <b>Hidrogeología</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>183</b> |
| 801       | Seguimiento ambiental del río Ciruelas, mina Bellavista. Montes de Oro, Miramar de Puntarenas, Costa Rica<br><i>Bolaños K.</i>                                                                                                                                                                                                                                                        | 185        |
| 802       | Niveles de fluoruros en las aguas subterráneas de Jutiapa, Guatemala: un enfoque local.<br><i>Caal C.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                             | 187        |
| 803       | Genesis Geológica y Potencialidad de Generación de Drenaje Ácido de Roca – DAR.<br><i>Gutiérrez M.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                | 189        |
| 804       | Balance hídrico para la gestión sostenible en el acuífero de San Salvador<br><i>Barrera, M.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 191        |
| 805       | Aplicaciones de Hidrología Isotópica en El Salvador<br><i>Mata, R.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 193        |
| 806       | Estudio preliminar hidrogeoquímico y de CO <sub>2</sub> difuso en suelos de la Laguna Cuzcachapa, El Salvador<br><i>Martínez E., Solano N., Montano H., Santos F., Hernández W., Alfaro F., Arucha C., Beltrán D., Campos M., Cañas C., Cornejo J., Fuentes D., Lara A., Martínez I., Nubia A., Sánchez M., Nochez E., Raimundo D., Reyes C., Rodríguez R., Soriano C., Guzmán K.</i> | 195        |
| 807       | Validación de precipitación en la subcuenca del Lago de Yojoa en Honduras: comparación de datos satelitales CHIRPS y CMORPH con observaciones terrestres<br><i>Pichardo D., Henríquez L.</i>                                                                                                                                                                                          | 197        |
| 808       | Calidad del agua y contaminación por mercurio en la microcuenca del Río Calderas aportes de la MAPE de oro, en el Corpus, Choluteca-Honduras.<br><i>Palacios R.</i>                                                                                                                                                                                                                   | 199        |

|           |                                                                                                                                                                                                        |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 809       | Variabilidad Hidroquímica y calidad del agua para consumo humano en la subcuenca del Río Chiquito, Honduras: Impacto de sulfatos y metales traza<br><i>Peña, T.</i>                                    | 201        |
| 810       | El Demonio de Laplace y las Aguas Subterráneas de Honduras.<br><i>Machorro R.</i>                                                                                                                      | 203        |
| 811       | Cambio climático en el área centroamericana, la reducción de riesgos hidrogeológicos: un reto y una oportunidad, pero creando capacidades para el futuro.<br><i>Fazzini M., Nerilli G., Rainone M.</i> | 205        |
| 812       | Retos en la gobernanza del agua subterránea en Costa Rica<br><i>Vargas I., Alvarado P.</i>                                                                                                             | 207        |
| 813       | El uso de zeolitas en la purificación de agua: perspectivas en Centroamérica a través de la experiencia italiana<br><i>Novembre D, Gimeno D., Calista M., Rainone M., De la Cruz A., Castillo L.</i>   | 209        |
| 814       | El cambio climático en El Salvador: el aporte de la geología<br><i>Fazzini M., Luigi M., Calista M.</i>                                                                                                | 211        |
| <b>09</b> | <b>Recursos Mineros</b>                                                                                                                                                                                | <b>213</b> |
| 901       | Evolución de la actividad minera informal en Crucitas de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Control espacial y monitoreo ambiental, para el periodo 2017-2024.<br><i>Rojas M.</i>                       | 215        |
| 902       | Caracterización microestructural y química de estructuras vetiformes mineralizadas en el Distrito Minero de Vetas, Santander, Colombia<br><i>Quiroz C., Suarez A., Osorio D., Pacheco C.</i>           | 217        |
| 903       | Genesis Geológica y Potencialidad de Generación de Drenaje Ácido de Roca – DAR<br><i>Gutierrez, M.</i>                                                                                                 | 219        |



# SESIÓN 1

## Amenazas Naturales



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# LOS PRINCIPALES ELEMENTOS PARA UNA RECONSTRUCCIÓN DEL ROMPECABEZAS TECTÓNICO DE LA PLACA CARIBE, TRATANDO DE COMPARTIR EXPERIENCIAS EN EL ANÁLISIS DE PELIGROSIDADES NATURALES

*Abstrac ID 101*

THE MAIN ELEMENTS FOR A TECTONIC PUZZLE RECONSTRUCTION OF THE CARIBBEAN PLATE, TRYING TO SHARE EXPERIENCES IN THE ANALYSIS OF NATURAL HAZARDS

**Giuseppe Giunta**

DISTEM -Università di Palermo-Italia

Email: [lggiuseppe.giunta@unipa.it](mailto:lggiuseppe.giunta@unipa.it)

## RESUMEN

Los muchos años de investigación geológica en la región pericaribeña han fortalecido la opinión de que los modelos desarrollados a menudo no resisten el paso del tiempo, tal vez porque los órdenes de los elementos involucrados no han sido suficientemente evaluados y analizados. El objetivo ha sido compartir la experiencia adquirida con jóvenes investigadores, discutiendo los resultados para mejorar el conocimiento de los procesos geológicos.

De hecho, en los terrenos de la Placa Caribe se pueden reconocer algunos elementos cinemáticos de primer orden, tomando en cuenta su configuración estructural y su importancia tectono-magmática, como: los márgenes continentales de las placas norte y suramericana; el Océano protocaribeño con características MORB que evoluciona a OIB; dos diferentes Arcos Magmáticos conectados con zonas de subducción.

Desde el Jurásico-Cretácico Temprano hasta la actualidad, la evolución de la placa se realizó a través de procesos de expansión o pluma, acreción y colisión, dominados por un régimen tectónico continuo fuertemente oblicuo durante la formación de la corteza protocaribeña, las subducciones, la exhumación, el emplazamiento y la obducción a lo largo de los márgenes.

Por el momento, aunque los hechos adquiridos puedan considerarse suficientes para desarrollar una hipótesis plausible de evolución, muchos problemas de orden diferentes siguen abiertos o insuficientemente explicados, de modo que los modelos relacionados parecen demasiado especulativos.

Un desafío adicional fue buscar una conexión entre la historia tectónica del margen occidental de la Placa Caribe en Centroamérica con las numerosas peligrosidades naturales, que sirva de soporte físico y cultural para la formación de especialistas regionales en Prevención.

*Palabras clave: Evolución, Placa Caribe, Riesgos, Tectónica*

## ABSTRACT

The many years of geological research on the peri-Caribbean region have strengthened the opinion that the models developed often do not stand the test of time, perhaps because the orders of the elements involved have not been sufficiently evaluated and analyzed. The goal was to share the experience acquired, especially with young researchers, discussing the paths and results in order to improve knowledge of geological processes.

In fact, the recognized terranes of the Caribbean Plate have been grouped into first order kinematic elements, taking into account their structural setting and tectono-magmatic significance, as: continental margins of Northern and South American Plates; Proto-Caribbean Oceanic realm with MORB characters evolving to OIB; two different Magmatic Arcs connected with subduction zones.

From the Jurassic-Early Cretaceous until the Present times, the Plate evolution was realized through spreading or plume, accretionary and collisional tectonics, dominated by a continuous strongly oblique tectonic regime, constraining seafloor spreading, subduction, crustal exhumation, emplacement, and dismembering processes along the plate margins. At the moment, even if the acquired facts can be considered enough for an evolution outline, a lot of different order problems remain open or insufficiently explained, so that the related models seem to be far too speculative. A further challenge was to look for a connection between the tectonic history of the western margin of the Caribbean Plate in Central America with the numerous natural hazards, which serves as physical and cultural support for the training of regional specialists in prevention.

*Key words: Caribbean Plate, Evolution, Hazards, Tectonics*

# 50 AÑOS DEL DESLIZAMIENTO DE BANDERILLAS: APRENDIZAJES SOBRE EL MANEJO EXTRACTIVO PARA MITIGAR SUS EFECTOS

*Abstrac ID 102*

*50 YEARS OF THE BANDERILLAS LANDSLIDE: LESSONS ON EXTRACTIVE MANAGEMENT TO MITIGATE ITS EFFECTS*

**Esteban Bonilla Elizondo**

Dirección de Geología y Minas (DGM), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Costa Rica.

Email:

## RESUMEN

El deslizamiento de Banderillas (también conocido como deslizamiento de San Blas) se ubica sobre una antigua terraza de lahares y lavas andesíticas llamada Terraza de Banderillas. La actividad extractiva en el sitio comenzó formalmente en 1982. Actualmente hay dos empresas implementando trabajos extractivos para evitar el represamiento del río Reventado. Estas empresas comparten un tramo del canal de 800 metros de longitud y los terrenos adyacentes al lóbulo del deslizamiento. Esta extracción de materiales ha permitido mitigar el represamiento en el cauce del río Reventado y por lo tanto se ha logrado mitigar la ocurrencia de violentos flujos de escombros que podrían afectar la ciudad de Cartago. Mantener la extracción regular del material del deslizamiento que obstruye el cauce del río y así obtener agregados para la construcción, enfrenta serios problemas; entre los cuales podemos mencionar: 1) la complejidad para tramitar concesiones mineras. 2) la poca flexibilidad que ofrece la legislación minera. 3) la incertidumbre sobre las competencias institucionales para la gestión de riesgo y 4) las dificultades económicas que enfrentan los organismos encargados de la protección civil.

Palabras clave: *Deslizamiento, extracción minera, mitigación, río Reventado.*

## ABSTRACT

The Banderillas landslide (also known as the San Blas landslide) is located on an ancient terrace of lahars and andesitic lavas called Terraza de Banderillas. Extractive activity at the site formally began in 1982. Currently, two companies are implementing extractive work to prevent damming of the Reventado River. These companies share an 800-meter-long section of the channel and the adjacent lands at the landslide toe. This gravel mining has allowed for the mitigation of damming in the Reventado River channel and, therefore, has reduced the risk of violent debris flows that could affect the city of Cartago. However, sustaining regular removal of landslide material from the river channel to obtain construction aggregates faces serious problems, including: 1) The complexity of obtaining mining concessions. 2) The inflexibility of mining legislation. 3) Uncertainty about institutional competencies for risk management. 4) Economic difficulties faced by organizations in charge of civil protection.

Key words: Aggregate mining, landslide, mitigation, Reventado river.

# ACTIVIDAD SÍSMICA EN GUATEMALA: UN REGISTRO HISTÓRICO DE LA OCURRENCIA DE SISMOS DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA

*Abstrac ID 103*

## SEISMIC ACTIVITY IN GUATEMALA: A HISTORICAL RECORD OF THE OCCURRENCE OF INTERMEDIATE DEPTH EARTHQUAKES

**Helen Morán, Jose Tojil, Kevin Chún**

Servicio Sismológico de Guatemala, Universidad Mariano Gálvez de Guatemala,  
3a. Avenida 9-00 zona 2, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Email: [helen.moran@umg.edu.gt](mailto:helen.moran@umg.edu.gt) ; [jose.tojil@umg.edu.gt](mailto:jose.tojil@umg.edu.gt) ; [kevin.chun@umg.edu.gt](mailto:kevin.chun@umg.edu.gt)

### RESUMEN

La zona de subducción generada por la convergencia entre la placa de Cocos y la placa Caribe al sur de Guatemala es donde se registra la mayor parte de la actividad sísmica del país. Este ambiente sismotectónico es complejo y variable ya que los eventos sísmicos pueden ocurrir a diferentes profundidades, los terremotos con foco superficial entre los 0-70 km abarcan casi el 80% de la actividad sísmica de esta zona, menos recurrentes son los terremotos de foco intermedio entre los 71-300 km (Kulhánek, O. 2012, Anatomy of Seismograms), sin embargo, son los que causan mayor inquietud ya que aún siguen siendo objeto de estudio. Este estudio recopila las características de estos eventos sísmicos ocurridos en Guatemala desde 1980 hasta la actualidad, las características del slab y los mecanismos focales esperados y resultantes de este ambiente sismotectónico que también se ve influenciado por los procesos metamórficos que ocurren en las rocas por el proceso de subducción.

Palabras clave: *mecanismo focal, profundidad intermedia, sismicidad, slab.*

### ABSTRACT

The subduction zone generated by the convergence between the Cocos plate and the Caribbean plate south of Guatemala is where most of the seismic activity of the country is registered. This seismotectonic environment is complex and variable since seismic events can occur at different depths, earthquakes with surface focus between 0-70 km cover almost 80% of the seismic activity in this zone, less recurrent are the earthquakes with intermediate focus between 71-300 km (Kulhánek, O. 2012., Anatomy of Seismograms), however they are the ones that cause greater concern since they are still under study. This study compiles the characteristics of these seismic events that have occurred in Guatemala from 1980 to the present, the characteristics of the slab and the expected and resulting focal mechanisms of this seismotectonic environment that is also influenced by the metamorphic processes that occur in the rocks due to the subduction process.

Key words: focal mechanism, intermediate depth, seismicity, slab.

# ACTUALIZACIÓN DE MAPAS DE AMENAZA POR CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN SANTIAGUITO, GUATEMALA

*Abstrac ID 104*

SANTIAGUITO VOLCANO ASHFALL THREAT MAP UPDATE, GUATEMALA

**Dulce González<sup>1,2</sup> Agustín Hernández<sup>2,3</sup> Julio Cornejo**

<sup>1</sup>Universidad Mariano Gálvez de Guatemala/Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica  
3A Avenida 8-20, Interior Finca El Zapote, Zona 2. 01002, Guatemala, Guatemala

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Managua, Nicaragua

<sup>3</sup>Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador

Email: dulcitagonzalezd@gmail.com

## RESUMEN

Conociendo la importancia que el Marco de Sendai da al conocimiento de la amenaza y la actividad explosiva tan constante del volcán Santiaguito durante los últimos 102 años la cual ha afectado no solo a las poblaciones cercanas si no a varios poblados ubicados a cientos de kilómetros del centro eruptivo, se ha realizado una propuesta para evaluar la amenaza por caída de ceniza generada por la actividad del dicho volcán.

Esta propuesta ha implementado el modelo de convección y difusión de la ceniza volcánica propuesto por Bonadonna et. al, (2005), aplicado a través del modelo probabilístico computacional TephraProb (Biass et. al, 2017), utilizando una metodología mixta con el objetivo de definir los posibles alcances y la probabilidad de amenaza de la caída de ceniza generada por el volcán Santiaguito. Esta metodología incluye la determinación de parámetros físicos como la altura de la columna, el espesor y la distancia de los depósitos y la granulometría, datos basados en recopilación de eventos históricos previos y mapeo de campo y una base de datos que incluye más de 10 años de perfiles de dirección y velocidad del viento, parámetros que nos han permitido establecer 3 escenarios de interés principal conocido como los escenarios de amenaza Extrema, Alta, Intermedia y Baja.

Estos escenarios muestran la probabilidad de ocurrencia de los eventos según la historia eruptiva y el índice de explosividad volcánicas, así como las comunidades que pueden ser afectadas por la excedencia de la caída de ceniza.

# ACTUALIZACIÓN DE MAPAS DE AMENAZA POR LAHARES EN EL VOLCÁN SANTIAGUITO, UTILIZANDO DATOS DE CAMPO Y MODELOS COMPUTACIONALES

*Abstrac ID 105*

UPDATE OF LAHARS HAZARD MAPS FOR SANTIAGUITO VOLCANO, USING FIELD DATA AND COMPUTATIONAL MODELING

**Carla Chun<sup>1</sup>, Amiel Nieto<sup>2</sup>, y Julio Cornejo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica, Instituto de Investigaciones de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias Físicas, Universidad Mariano Gálvez, 3a. Avenida 9-00 zona 2, 01002, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

<sup>2</sup>Millennium Institute on Volcanic Risk Research - Ckelar Volcanoes, Angamos 0610, 1270398, Antofagasta, Chile

<sup>3</sup>Observador Comunitario, La Marías, Quetzaltenango, Guatemala.

Email: [carlachun@umg.edu.gt](mailto:carlachun@umg.edu.gt)

## RESUMEN

El volcán Santiaguito se encuentra compuesto por 4 domos los cuales, los cuales se conocen Localmente como: El Brujo, El Monje, La Mitad y Caliente, en este último se ha centrado la actividad eruptiva durante los últimos años debido a su actividad, han contribuido a la formación de la geomorfología actual del volcán. Esta actividad se ha centrado en flujos de lava en bloques, corrientes de densidad piroclástica y caída de ceniza. La combinación de las amenazas volcánicas y otros fenómenos naturales como fuertes lluvias, tormentas o huracanes, pueden originar el descenso de lahares de gran magnitud en los alrededores del volcán. Los lahares han causado gran afectación a la población, destruyendo comunidades las cuales han sido trasladadas a otros sectores, por lo que la actualización de mapas de escenarios de amenazas por lahares es importante en entornos volcánicos. Los mapas de amenaza volcánica son herramientas que nos ayudan a identificar las zonas que podrían ser afectadas de acuerdo a una amenaza en específico, por lo que se utilizó una metodología que entrelaza diversas técnicas para la elaboración de mapas integrados, estas son: revisión histórica del volcán, identificación de las principales amenazas, geología de campo, análisis con sensores remotos, simulaciones utilizando LaharZ y el análisis de escenarios (áreas afectadas, recurrencia e impacto). Por lo que se identificaron 3 zonas que podrían ser afectadas por los lahares: amenaza alta, amenaza media y amenaza baja.

Palabras clave: *Mapas de amenaza, lahares, sensores remotos, lahares*

# ESTUDIO PILOTO PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN, ZACAPA

*Abstrac ID 106*

PILOT STUDY FOR THE DEVELOPMENT OF MASS MOVEMENT SUSCEPTIBILITY MAPS IN THE MUNICIPALITY OF LA UNIÓN, ZACAPA

**Erwin Quiroa<sup>1</sup>, Fredy Monterroso<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sección de Geología y Geofísica Aplicada, Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 7a Avenida 14-57 zona 13, código postal 01013, Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Email: [erquiroya@insivumeh.gob.gt](mailto:erquiroya@insivumeh.gob.gt) , [fdmonterroso@insivumeh.gob.gt](mailto:fdmonterroso@insivumeh.gob.gt)

## RESUMEN

El municipio de La Unión, departamento de Zacapa es un área que presenta una gran cantidad de eventos de movimientos en masa de diferentes magnitudes, los cuales afectan principalmente las vías de comunicación y áreas pobladas. Anudado a la problemática que aqueja a dicho municipio se tiene el crecimiento urbano sin control y las distintas modificaciones al uso de suelo, los cuales son parámetros importantes dentro de un plan de ordenamiento territorial, formando parte de las causas que condicionan la ocurrencia de dichos eventos. Derivado de la problemática que aqueja a dicho municipio, la Sección de Geología y Geofísica Aplicada, del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH- ha realizado visitas de campo para la caracterización de estos eventos, donde se analizaron las condiciones topográficas y geológicas de las distintas áreas que conforman el municipio de La Unión, entre los poblados que resaltan están Timushán, La Jigua, Agua Fría, Payacalito, Taguayni y Los Pinos. El análisis y la evaluación de las zonas susceptibles a procesos de movimientos en masa por medios digitales y de campo (verificación y validación), establecen zonas que van de una baja hasta una alta inestabilidad en las laderas, por ello dicha visita de campo tiene como fin el seguir enriqueciendo la investigación y al final proveer una herramienta que ayude a la toma de decisión a nivel territorial.

Palabras clave: *Atitlán, movimientos en masa, geológicas, topográficas, susceptibilidad, inestabilidad.*

## ABSTRACT

The municipality of La Unión, in the department of Zacapa, is an area that experiences a significant number of mass movement events of various magnitudes, which primarily affect communication routes and populated areas. Contributing to the issues faced by the municipality are uncontrolled urban growth and various land use changes, which are important parameters within a land use planning framework and contribute to the occurrence of these events. Due to these problems, the Applied Geology and Geophysics Section of the National Institute of Seismology, Volcanology, Meteorology, and Hydrology (INSIVUMEH) has conducted field visits to characterize these events. They analyzed the topographic and geological conditions of various areas within the municipality of La Unión, including notable towns such as Timushán, La Jigua, Agua Fría, Payacalito, Taguayni, and Los Pinos. The analysis and evaluation of areas susceptible to mass movement processes, using both digital and field methods (verification and validation), identify zones ranging from low to high instability on slopes. The purpose of these field visits is to further enrich the research and ultimately provide a tool to assist in territorial decision-making.

Key words: landslides, geological, topographic, susceptibility, instability.

# MEJORANDO EL MODELO GEOLÓGICO PARA EVALUAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES

*Abstrac ID 107*

## IMPROVING THE GEOLOGICAL MODEL TO EVALUATE SLOPE STABILITY

**Erick Noe Cacao Chiquin, Juanangel Gabriel Díaz Morales y Byron Reynaldo Ramos Florián**

Cementos Progreso, S.A. Depto. Geología

Email: [ecacao@cempro.com](mailto:ecacao@cempro.com)

### RESUMEN

En este proyecto realizamos una evaluación de estabilidad de taludes, usando herramientas modernas y un modelo geológico 3d. Actualmente existen distintas herramientas que ayudan a modelar un talud y por lo tanto evaluarlo de la manera más adecuada. Entre las herramientas utilizadas en esta investigación están: 1) levantamiento geológico, 2) levantamiento geotécnico, 3) levantamiento topográfico con dron, 4) geofísica, 5) modelamiento geológico y evaluación geotécnica. Todo lo anterior nos ayuda a registrar las condiciones del terreno y evidencia como cada uno de los factores analizados incide en la estabilidad del talud, así mismo ayuda a revisar las posibles soluciones.

Palabras clave: *modelamiento geológico, estabilidad de taludes, geotecnia.*

### ABSTRACT

In this project, we conducted a slope stability evaluation using modern tools and a 3D geological model. Currently, there are various tools that assist in modeling a slope and, therefore, evaluating it in the most appropriate manner. The tools used in this research include: 1) geological survey, 2) geotechnical survey, 3) drone-based topographic survey, 4) geophysics, 5) geological modeling and geotechnical evaluation. All of the above help us document the site conditions and show how each of the analyzed factors affects slope stability, while also assisting in reviewing potential solutions.

Key words: geological modeling, slope stability, geotechnics.

# CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN CIVIL RECICLADOS

*Abstrac ID 108*

## GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF RECYCLED CIVIL CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

**Luis Alonso González Corrales,<sup>1</sup> y Gregorio Luis Silva Araújo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Escuela Centroamericana de Geología/Universidad de Costa Rica, Cuidad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, 11501-2060, San José, Costa Rica

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental/Universidad de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, 70.910-900, Brasília, Brasil

Email: [luiz.gonzalez\\_c@ucr.ac.cr](mailto:luiz.gonzalez_c@ucr.ac.cr) [gregorio@unb.br](mailto:gregorio@unb.br)

### RESUMEN

Los residuos de construcción y demolición civil (RCD) son uno de los mayores flujos de residuos del mundo y representan un desafío global inminente para el desarrollo sostenible. En Brasil, los RCD representan hasta el 70% (en masa) del total de residuos sólidos, la mayoría de los cuales son descartados indiscriminadamente en más de mil puntos de depósito irregulares, provocando la pérdida de ecosistemas, la contaminación de los recursos naturales, como el aire, el agua y el suelo, y el deterioro del paisaje. Además, con la creación de nuevas ciudades y la expansión de las áreas urbanas existentes, aumenta la demanda de materias primas y el agotamiento de los recursos naturales. En este sentido, el reciclaje de RCD es una alternativa altamente beneficiosa para el medio ambiente. Estos residuos tienen un gran potencial de reutilización, siendo reciclables aproximadamente el 80% de todos los RCD generados. Además, una cantidad considerable de material reciclado puede valorarse como materia prima secundaria y utilizarse según su composición y propiedades geotécnicas en diversas aplicaciones de Ingeniería Civil. En vista de lo anterior, este trabajo realiza una amplia caracterización de estos materiales alternativos de bajo costo con potencial de reemplazar los materiales granulares naturales comúnmente utilizados en obras geotécnicas.

Palabras clave: *geotecnia ambiental; reciclaje; residuos de construcción civil; materiales de construcción alternativos.*

### ABSTRACT

Construction and demolition waste (RCD) are one of the largest waste flows in the world and represents an imminent global challenge for sustainable development. In Brazil, RCD's represent up to 70% (by mass) of the total solid waste, the majority of which are discarded indiscriminately in more than a thousand irregular deposit points, causing the loss of ecosystems, the contamination of natural resources, like air, water and soil, and the deterioration of the landscape. Furthermore, with the creation of new cities and the expansion of existing urban areas, the demand for raw materials and the exhaustion of natural resources increase. In this sense, RCD recycling is a highly beneficial alternative for the environment. This waste has great potential for reuse, with approximately 80% of all RCDs generated being recyclable. Furthermore, a considerable amount of recycled material can be valued as secondary raw material and used according to its composition and geotechnical properties in various Civil Engineering applications. In view of the above, this work carries out a broad characterization of these low-cost alternative materials with potential to replace natural granular materials commonly used in geotechnical works.

Key words: Environmental geotechnics; recycling; construction and demolition waste; sustainable building materials.

# IMPACTO DE AMENAZAS NATURALES EN LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA DE ALTA VERAPAZ: ANÁLISIS DE CASOS

Abstrac ID 109

## IMPACT OF NATURAL HAZARDS ON EDUCATIONAL INFRASTRUCTURE IN ALTA VERAPAZ: CASE ANALYSIS

**Andrea Reiche,<sup>1</sup> Sergio Morán<sup>1</sup>, *et. al.***

<sup>1</sup>Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología  
Finca Sachamach km 2010, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala

Email: [andreiche.1511@gmail.com](mailto:andreiche.1511@gmail.com) [sergiomical@yahoo.com](mailto:sergiomical@yahoo.com)

### RESUMEN

En la región de Alta Verapaz, Guatemala, las amenazas naturales representan un desafío significativo para la infraestructura educativa, especialmente en áreas con geomorfologías complejas y vulnerables. Este trabajo presenta un análisis detallado del impacto de diversas amenazas naturales en alrededor de 25 escuelas públicas, evaluadas a través de los cursos de Campaña Geológica y Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la carrera de Geología.

El estudio identificó los principales procesos geológicos que afectan la infraestructura, como la subsidencia o colapso, movimientos de ladera, y variaciones en el nivel de agua, que generan inundaciones. Estas amenazas son particularmente evidentes en terrenos con geomorfologías kársticas, incluyendo formaciones como úvalas, dolinas, taludes, planicies aluviales y poljes, muchas de las cuales se encuentran en estado activo. La evaluación destaca la vulnerabilidad de las escuelas situadas en estas zonas, donde los daños estructurales son notables y aumentan el riesgo para las comunidades educativas.

Los resultados subrayan la necesidad de implementar medidas de mitigación y adaptación, así como políticas de infraestructura resiliente que puedan minimizar el impacto de estas amenazas. Este análisis, centrado principalmente en Alta Verapaz, ofrece una base sólida para la toma de decisiones orientadas a la protección de las instituciones educativas frente a desastres geológicos y climáticos en regiones vulnerables.

Palabras clave: *amenaza, geomorfología, infraestructura, inundaciones, subsidencia, zonas críticas.*

# AMENAZAS GEOLÓGICAS DE GUATEMALA

*Abstrac ID 110*

## GEOLOGICAL HAZARDS OF GUATEMALA

**Niemi TM.,<sup>1</sup> Gordillo C.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>University of Missouri Kansas City, Department of Earth and Environmental Sciences

<sup>2</sup>Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería –CESEM-

Email:

### RESUMEN

El programa “Guatemala Geohazards” es una propuesta educativa innovadora, que brinda una gran oportunidad de pasantía a estudiantes universitarios y que ofrece una tutoría individual entre profesores y estudiantes en investigaciones tanto en el campo en Guatemala, como en el laboratorio de la Universidad de Missouri-Kansas City. Es un grupo de experiencias de investigación, tanto para los estudiantes extranjeros como para los nacionales. El programa está financiado por el programa National Science Foundation (NSF) y International Research Experiences for Students (IRES). Cada año de este programa de tres años, un grupo de 6 a 7 estudiantes universitarios estadounidenses y 3 guatemaltecos realizarán investigaciones de campo durante tres semanas en enero, en Guatemala. Los estudiantes trabajarán en equipos de investigación temáticos, específicamente sobre amenazas geológicas: vulcanología, paleo sismología y procesos superficiales - deslizamientos. Estas propuestas de investigación son co-tutelados por profesores de los EE. UU. y por profesores de la Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC, de las diferentes unidades facultativas, en Guatemala. Se realizan durante la estancia en Guatemala, las campañas de campo, en las áreas preseleccionadas por los profesores de los EE. UU. y por profesores nacionales, donde se realizan mapeos geológicos, con diversas actividades como: toma de muestras de roca, fotografías, líneas geofísicas, obtención de datos diversos, vuelos LIDAR dron, etc. Además, se envían las muestras de materiales rocosos recolectadas en los diferentes puntos de investigación, para análisis geoquímicos, petrográficos, geocronológicos y otros cuando regresemos del campo al laboratorio de la Universidad de Missouri-Kansas City. Luego, a finales de mayo del mismo año, los estudiantes y mentores estadounidenses y guatemaltecos se volverán a reunir para dos semanas de trabajo de laboratorio colaborativo y análisis de datos en la Universidad de Missouri-Kansas City (UMKC) y a través de una plataforma virtual en línea. El programa culmina con la preparación, redacción y diseño de resúmenes por parte de los estudiantes, y la posterior presentación de sus investigaciones en el Simposio de carteles sobre GeoHazards de Guatemala, que se lleva a cabo simultáneamente en persona en el campus de UMKC y en línea a través de la plataforma virtual. El programa de “Guatemala Geohazards” recluta estudiantes de segundo y tercer año de pregrado que se especialicen en un campo de geociencias, serán considerados para el programa. El objetivo del programa Guatemala Geohazards, es que los estudiantes participantes aumenten su indagación científica y sus habilidades de investigación, aprendan enfoques integradores de investigación de campo y de laboratorio para investigar cuestiones geológicas interesantes y de vanguardia, y practiquen la cooperación internacional colaborando lado a lado con estudiantes, profesores estadounidenses y guatemaltecos, para abordar preguntas de investigación sobre los peligros geológicos del Cuaternario en Guatemala.

# EL DESLIZAMIENTO DE PALENCIA (GUATEMALA): UN INTENTO DE ESTUDIO Y ANÁLISIS A TRAVÉS DE LA MODELIZACIÓN NUMÉRICA

*Abstrac ID 111*

THE LANDSLIDE OF PALENCIA (GUATEMALA): AN ATTEMPT TO STUDY AND ANALYSIS THROUGH NUMERICAL MODELING

**Monia Calista,<sup>1</sup> Luis G. Chiquín M.,<sup>2</sup> Migdalia Del Cid,<sup>4</sup> Alessia Di Giovanni,<sup>1</sup> Luis A. Laj,<sup>2</sup> Sergio Moran Ical,<sup>2</sup> Julio Luna,<sup>3</sup> Massimo Mangifesta<sup>1</sup>, Mario L. Rainone<sup>1</sup>, Andrea M. Reiche<sup>2</sup>, Jaime E. Requena F.<sup>4</sup> & Nicola Sciarra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G.d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

<sup>2</sup>Carrera de Geología, USAC-CUNOR - Guatemala

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlo de Guatemala - Guatemala

<sup>4</sup>Asociación Guatemalteca de Geociencias Ambientales – Guatemala

Email: mario.rainone@unich.it

## RESUMEN

El día 04 de febrero 2024, en horas de la madrugada, ocurrió un movimiento en masa, que afectó a los cultivos y viviendas, sin pérdidas humanas. El área afectada por el deslizamiento se encuentra en la aldea El Sacabastal, del municipio de Palencia, del departamento de Guatemala. Desde el contexto tectónico regional, el municipio de Palencia, colindante al oeste con la Ciudad de Guatemala, forma parte de una estructura de horst y graben, conocido como el “Geben de Guatemala”. El levantamiento geológico de campo permitió identificar las rocas que se encuentran en el área afectada son volcánicas y se componen principalmente de tobas pomáceas, tobas soldadas de cuarzo-biotita, tobas riolíticas y una cobertura superficial compuesta de depósitos piroclásticos pomáceos, suelos y aluviones. La litología donde ha ocurrido el deslizamiento corresponde a cenizas volcánicas pomáceas, regolito derivado de tobas riolíticas, las cuales presentan un elevado grado de meteorización. Dicho regolito está compuesto de fragmentos (1cm a 10cm) de roca, acompañado de una matriz de suelo. Se ha calculado un espesor del perfil expuesto (escarpe de deslizamiento) mayor a 35m. La litología se describe cronológicamente como de edad Terciaria. Por sus características este deslizamiento muestra cinemática de tipo rotacional, pero con corona de deslizamiento alargada, probablemente por estar asociada a una falla. Los autores presentan análisis preliminares de modelado numérico 2D – 3D realizados utilizando el software FLAC, que analizan las condiciones teóricas de estabilidad del talud, con el objeto de contribuir a mejorar el conocimiento del fenómeno y permitir predecir la evolución cinemática.

## ABSTRACT

On February 4, 2024, in the early hours of the morning, a landslide occurred, affecting crops and homes, without human losses. The area affected by the landslide is located in the village of El Sacabastal, in the municipality of Palencia, in the department of Guatemala. From the regional tectonic context, the municipality of Palencia, bordering Guatemala City to the west, is part of a horst and graben structure, known as the "Guatemala Graben". The field geological survey allowed to identify the rocks found in the affected area are volcanic and are mainly composed of pome tuffs, welded quartz-biotite tuffs, rhyolitic tuffs and a surface cover composed of pome pyroclastic deposits, soils and alluvium. The lithology where the landslide occurred corresponds to pome volcanic ash, regolith derived from rhyolitic tuffs, which present a high degree of weathering. This regolith is composed of fragments (1 cm to 10 cm) of rock, accompanied by a soil matrix. The thickness of the exposed profile (landslide scarp) has been calculated to be greater than 35 m. The lithology is chronologically described as Tertiary in age. Due to its characteristics, this landslide shows rotational kinematics, but with an elongated landslide crown, probably because it is associated with a fault. The authors present preliminary 2D – 3D numerical modelling analyses carried out using the FLAC software, which analyse the theoretical stability conditions of the slope. They aim to contribute to improving the knowledge of the phenomenon and to allow the prediction of the kinematic evolution..

# LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS

*Abstrac ID 112*

## THE IMPORTANCE OF MONITORING FOR LANDSLIDE RISK MITIGATION

**Nicola Sciarra<sup>1</sup>, Massimo Mangifesta<sup>1</sup>, Monia Calista<sup>1</sup>, Mario L. Rainone<sup>1\*</sup> & Jaime Requena<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G.d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

<sup>2</sup>Asociación Guatemalteca de Geociencias Ambientales -ASGA – Guatemala

Email: [mario.rainone@unich.it](mailto:mario.rainone@unich.it)

### RESUMEN

El monitoreo de los parámetros que contribuyen a la predisposición, desencadenamiento y evolución de procesos naturales, como la inestabilidad de las laderas, juega un papel decisivo en la adquisición de los elementos necesarios para el control de los mecanismos cinemáticos, los efectos sobre los artefactos y por tanto la reducción del riesgo. De hecho, permite, especialmente en zonas antropizadas, integrar el marco cognitivo sobre el modelo geológico-técnico del subsuelo, definir umbrales de alarma para garantizar la seguridad y por tanto mitigar las condiciones de riesgo. La zona centroamericana, por sus características geológicas, se ve afectada por fenómenos generalizados e importantes de deslizamientos de tierra que, incluso recientemente, han causado daños y víctimas. A pesar de ello, el "monitoreo" de estos fenómenos aún no está generalizado ni adoptado de forma sistemática. También cabe destacar que los datos adquiridos a partir de las actividades de seguimiento de las zonas de deslizamientos de tierra permiten calibrar de forma más eficaz la modelización y las simulaciones numéricas de los mecanismos desencadenantes y los consiguientes mecanismos cinemáticos. Por lo tanto, hacer más efectivas las intervenciones de consolidación, remediación o mitigación de riesgos. El grupo de trabajo de Geología Aplicada de la UNICH ha iniciado una serie de actividades en este sentido desde hace muchos años, adquiriendo experiencia en diferentes contextos geológico-geomorfológicos. La nota ilustra casos relacionados con zonas del centro de Italia afectadas por grandes deslizamientos de tierra y con mecanismos a veces complejos. En estas zonas se han utilizado técnicas de teledetección y/o se han instalado redes instrumentales que han permitido y permiten, incluso en tiempo real, verificar deformaciones y movimientos del terreno, en superficie y en profundidad, colaborando además activamente con actividades de Protección Civil para garantizar la seguridad de quienes habitan en zonas tan inestables.

### ABSTRACT

Monitoring the parameters that contribute to the predisposition, triggering and evolution of natural processes, such as slope instability, plays a crucial role in acquiring the elements necessary to control kinematics, the effects on artifacts and therefore risk reduction. In fact, especially in anthropized areas, it allows to integrate the knowledge framework on the geological-technical model of the subsoil, define alarm thresholds to guarantee safety and therefore mitigate risk conditions.

The Central American area, due to its geological characteristics, is affected by widespread and significant landslide phenomena that have, even recently, produced damage and caused victims. Despite this, the "monitoring" of these phenomena is not yet widespread and systematically adopted. It should also be emphasized that the data acquired from monitoring activities in landslide areas allow to calibrate more effectively the modeling and numerical simulations of the triggering mechanisms and the resulting kinematics. Therefore, to make consolidation, remediation, or risk mitigation interventions more effective.

The UNICH Applied Geology Working Group has been carrying out a series of activities in this direction for many years, gaining experience in different geological-geomorphological contexts.

The note illustrates cases relating to areas of central Italy affected by extensive landslides and with sometimes complex kinematics. In these areas, remote sensing techniques have been used and/or instrumental networks have been installed that have allowed and allow, even in real time, to verify deformations and movements of the ground, on the surface and in depth, actively collaborating also with Civil Protection activities to guarantee the safety of those who live in these unstable areas.

# LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS

*Abstrac ID 112*

## THE IMPORTANCE OF MONITORING FOR LANDSLIDE RISK MITIGATION

**Nicola Sciarra<sup>1</sup>, Massimo Mangifesta<sup>1</sup>, Monia Calista<sup>1</sup>, Mario L. Rainone<sup>1\*</sup> & Jaime Requena<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G.d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

<sup>2</sup>Asociación Guatemalteca de Geociencias Ambientales -ASGA – Guatemala

Email: [mario.rainone@unich.it](mailto:mario.rainone@unich.it)

### RESUMEN

El monitoreo de los parámetros que contribuyen a la predisposición, desencadenamiento y evolución de procesos naturales, como la inestabilidad de las laderas, juega un papel decisivo en la adquisición de los elementos necesarios para el control de los mecanismos cinemáticos, los efectos sobre los artefactos y por tanto la reducción del riesgo. De hecho, permite, especialmente en zonas antropizadas, integrar el marco cognitivo sobre el modelo geológico-técnico del subsuelo, definir umbrales de alarma para garantizar la seguridad y por tanto mitigar las condiciones de riesgo. La zona centroamericana, por sus características geológicas, se ve afectada por fenómenos generalizados e importantes de deslizamientos de tierra que, incluso recientemente, han causado daños y víctimas. A pesar de ello, el "monitoreo" de estos fenómenos aún no está generalizado ni adoptado de forma sistemática. También cabe destacar que los datos adquiridos a partir de las actividades de seguimiento de las zonas de deslizamientos de tierra permiten calibrar de forma más eficaz la modelización y las simulaciones numéricas de los mecanismos desencadenantes y los consiguientes mecanismos cinemáticos. Por lo tanto, hacer más efectivas las intervenciones de consolidación, remediación o mitigación de riesgos. El grupo de trabajo de Geología Aplicada de la UNICH ha iniciado una serie de actividades en este sentido desde hace muchos años, adquiriendo experiencia en diferentes contextos geológico-geomorfológicos. La nota ilustra casos relacionados con zonas del centro de Italia afectadas por grandes deslizamientos de tierra y con mecanismos a veces complejos. En estas zonas se han utilizado técnicas de teledetección y/o se han instalado redes instrumentales que han permitido y permiten, incluso en tiempo real, verificar deformaciones y movimientos del terreno, en superficie y en profundidad, colaborando además activamente con actividades de Protección Civil para garantizar la seguridad de quienes habitan en zonas tan inestables.

### ABSTRACT

Monitoring the parameters that contribute to the predisposition, triggering and evolution of natural processes, such as slope instability, plays a crucial role in acquiring the elements necessary to control kinematics, the effects on artifacts and therefore risk reduction. In fact, especially in anthropized areas, it allows to integrate the knowledge framework on the geological-technical model of the subsoil, define alarm thresholds to guarantee safety and therefore mitigate risk conditions.

The Central American area, due to its geological characteristics, is affected by widespread and significant landslide phenomena that have, even recently, produced damage and caused victims. Despite this, the "monitoring" of these phenomena is not yet widespread and systematically adopted. It should also be emphasized that the data acquired from monitoring activities in landslide areas allow to calibrate more effectively the modeling and numerical simulations of the triggering mechanisms and the resulting kinematics. Therefore, to make consolidation, remediation, or risk mitigation interventions more effective.

The UNICH Applied Geology Working Group has been carrying out a series of activities in this direction for many years, gaining experience in different geological-geomorphological contexts.

The note illustrates cases relating to areas of central Italy affected by extensive landslides and with sometimes complex kinematics. In these areas, remote sensing techniques have been used and/or instrumental networks have been installed that have allowed and allow, even in real time, to verify deformations and movements of the ground, on the surface and in depth, actively collaborating also with Civil Protection activities to guarantee the safety of those who live in these unstable areas.

## SESIÓN 2

# Proyecto CASTES



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# MODELOS DE SUSCEPTIBILIDAD PARA FLUJOS DE DETRITOS ACTIVADOS POR EVENTO EXTREMOS DE LLUVIA DURANTE EL AÑO 2020 EN EL SALVADOR.

**Abstrac ID 201**

SUSCEPTIBILITY MODELS FOR DEBRIS FLOWS TRIGGERED BY EXTREME RAINFALL EVENTS DURING THE YEAR 2020 IN EL SALVADOR.

**Abel Alexei Argueta Platero<sup>1,2</sup>, Laura Paola Calderón-Cucunuba<sup>1</sup>, Juan Sebastián Acero Cortes<sup>1</sup>, Claudio Mercurio<sup>1</sup>, Edoardo Rotigliano<sup>1</sup>, Christian Conoscenti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), University of Palermo, Via Archirafi 22, 90123 Palermo, Italy;

<sup>2</sup>Escuela de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Agronómicas, University of El Salvador, Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

Email: [abel.argueta@ues.edu.sv](mailto:abel.argueta@ues.edu.sv)

## RESUMEN

El Salvador ha sido afectado por movimientos en masa, principalmente provocados por eventos de lluvia extrema. Por lo tanto, la predicción de las áreas con susceptibilidad a movimientos en masa es un insumo primario para una gestión adecuada y futura del riesgo. En este estudio, se seleccionaron dos cuencas para predecir áreas sensibles, en la parte norte del lago Ilopango. Para la predicción, se identificaron los deslizamientos de tierra provocados por las tormentas tropicales Amanda y Cristóbal que ocurrieron en 2020. La identificación de estos movimientos en masa fue tanto puntual (LIP) como poligonal (BODY), que define el punto inicial del movimiento y toda la zona afectada, respectivamente. Posteriormente, se generaron dos modelos (BODY y LIP), a través del proceso estocástico, empleando 10 variables predictoras (pendiente, curvatura plana, curvatura de perfil, clasificación del terreno, índice de humedad topográfica, clasificación de las formas del relieve, orientación norte-sur, orientación este-oeste, uso del suelo y litología). Esta estimación se realizó mediante "Multivariate Adaptive Regression Splines" (MARS). Los resultados se evaluaron a través del cálculo del área bajo la curva ROC (Receiver Operating Characteristic), cuyos valores promedios para BODY fue de 0.91, y de 0.94 para LIP. Como resultado, las variables más importantes para la predicción de áreas susceptibles a deslizamientos son la elevación y la pendiente. Asimismo, se comprobó que el modelo LIP tiene una precisión mayor sobre el modelo BODY, estableciendo que, con solo el inventario puntual de los movimientos en masa, es posible llegar a un alto grado de predicción sobre el 93%.

*Palabras clave: flujos de escombros, susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), Ilopango, El Salvador*

## ABSTRACT

El Salvador country has been affected by landslides mainly triggered by extreme rain events. Therefore, the prediction of landslide susceptibility areas is a primary input for proper and future risk management. In this study, two catchments were selected to predict susceptible areas, in the northern part of Ilopango Lake. For prediction, were identified landslides triggered by the tropical storms Amanda and Cristóbal that occurred in 2020. The identification of these mass movements was both punctual (LIP) and polygonal (BODY), which define the initial point of motion and the entire area affected, respectively. Subsequently, two models (BODY and LIP) were generated through the stochastic process, employing 10 predictor variables (slope, plain curvature, profile curvature, land classification, topographic wetness index, aspect northness, aspect eastness, soil use, and lithology). This estimation was performed by "Multivariate Adaptive Regression Splines" (MARS). The respective results were evaluated through the calculation of the area under the Receiver Operating Characteristic curve (ROC), which mean values for BODY model was 0.91, and 0.94 for LIP model. As a result, the most important variables to predict landslide susceptibility were elevation and slope. Furthermore, LIP model has a greater precision over BODY model, establishing that with only the punctual landslide inventory is possible to reach a high degree of prediction over 93%.

*Key words: debris flows, landslide susceptibility, Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), Ilopango, El Salvador*

# ENSEÑANZA EXPERIENCIAL Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS: DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO A LA INTERPRETACIÓN DE LOS FENÓMENOS NATURALES. EL PROYECTO CASTES, UN EJEMPLO DE BUENAS PRÁCTICAS EN COOPERACIÓN INTERNACIONAL

*Abstrac ID 202*

EXPERIENTIAL TEACHING AND KNOWLEDGE TRANSFER: FROM FIELD RESEARCH TO INTERPRETATION OF NATURAL PHENOMENA. THE CASTES PROJECT, AN EXAMPLE OF GOOD PRACTICE IN INTERNATIONAL COOPERATION

**Sergio Calabrese<sup>1,2</sup>, Miguel Ángel Hernández Martínez<sup>3</sup>, Christian Conoscenti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università degli Studi di Palermo, Via Archirafi 36, 90123 Palermo, Italy

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sez. Palermo, Via Ugo La Malfa, 90 Palermo Italy

<sup>3</sup>Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Email: [sergio.calabrese@unipa.it](mailto:sergio.calabrese@unipa.it)

## RESUMEN

Hay muchas formas de transmitir información en el aula: conferencia, instrucción directa, recitación de libros de texto, aprendizaje cooperativo, método de debate, aprendizaje basado en problemas y método de descubrimiento, por mencionar algunas [1]. Algunos de estos métodos son más pasivos y otros más activos. El “Curso de monitoreo volcánico: la geoquímica de fluidos” celebrado en El Salvador en mayo de 2023 fue una oportunidad para experimentar una metodología de enseñanza activa con un enfoque de aprendizaje- experiencial. El curso organizado en el marco del proyecto CASTES contó con la participación activa de seis profesores y seis alumnos de la Carrera de Geología de la Universidad de El Salvador. Comprendió 72 horas de actividades divididas en seminarios presenciales, ejercicios prácticos de campo y laboratorio, procesamiento de datos brutos e interpretación de resultados. Las actividades de campo se desarrollaron en los principales sistemas volcánicos activos del país: La Viejona, Cráter El Hoyón, Laguna de Alegría, Lago de Coatepeque, Cerro Pacho, San Salvador (Infiernillo), Santa Ana. Se adoptó el enfoque didáctico del aprendizaje experimental, que requiere la participación activa de los alumnos, así como del instructor, que actúa como facilitador del proceso de aprendizaje. Pretende ser una alternativa activa y dinámica a la enseñanza tradicional en el aula, que debe resultar interactiva y colaborativa para los participantes. El curso fue muy apreciado, y los resultados científicos producidos por el grupo de trabajo (profesores y estudiantes) se presentaron en el congreso internacional “Cities on Volcanoes 12” celebrado recientemente en Guatemala [2,3].

Palabras clave: *aprendizaje experimental; geoquímica de fluidos; volcanes activos.*

## ABSTRACT

There are multiple ways to deliver information in classroom settings: lecturing, direct instruction, textbook recitation, cooperative learning, discussion method, problem-based learning, and Discovery method to mention a few [1]. Some of these delivery methods are more passive and others are more active. The “Curso de monitoreo volcánico: la geoquímica de fluidos” held in El Salvador in May 2023 was an opportunity to experience an active teaching methodology with a learning-experiential approach. The course organised as part of the CASTES project actively involved six lecturers and six students from the University of El Salvador's Geology Course. It comprised 72 hours of activities divided into classroom seminars, practical field and laboratory exercises, processing of raw data and interpretation of results. Field activities took place on the country's main active volcanic systems: La Viejona, Cráter El Hoyón, Laguna de Alegría, Lago de Coatepeque, Cerro Pacho, San Salvador (Infiernillo), Santa Ana. The experiential learning didactic approach was adopted, which requires the active engagement of the students as well as the instructor who serves as the facilitator of the learning process. It is intended to be an active, dynamic alternative to traditional classroom instruction that should be interactive and collaborative for those involved. The course was highly appreciated, and the scientific results produced by the working group (professors and students) were presented at the international congress “Cities on Volcanoes 12” held recently in Guatemala [2,3].

Key words: experiential learning; fluid geochemistry; active volcanoes.

# UN SCRIPT EN R PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS MEDIANTE BOSQUES ALEATORIOS: ESTUDIOS DE CASO DE EL SALVADOR Y HONDURAS

*Abstrac ID 203*

AN R SCRIPT FOR LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT USING RANDOM FOREST: CASE STUDIES FROM EL SALVADOR AND HONDURAS

**Laura Paola Calderon-Cucunuba<sup>1</sup>, Claudio Mercurio<sup>1</sup>, Abel Alexei Argueta Platero<sup>2</sup>, Lidia Elizabeth Torres Bernhard<sup>3</sup>, Maynor Alberto Ruiz-Alvarez<sup>3</sup> y Christian Conoscenti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Earth and Marine Sciences DiSTeM, Università University of Palermo, Palermo, Italia

<sup>2</sup>Universidad de El Salvador UES, San Salvador

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH, Tegucigalpa

Email: [laurapaola.calderoncucunuba@unipa.it](mailto:laurapaola.calderoncucunuba@unipa.it)

## RESUMEN

Este estudio presenta un script en R diseñado para calcular la susceptibilidad de movimientos en masa en una determinada área utilizando un inventario de los deslizamientos, un modelo digital de elevación (DEM) y un mapa de litología. El script utiliza herramientas geoespaciales de Whitebox para análisis de sistemas de información geográfica (SIG), incluyendo la extracción de un conjunto de atributos del terreno a partir del DEM, que sirven como predictores de la distribución espacial de deslizamientos junto con la litología. El modelo Random Forest (RF), implementado a través de la biblioteca de R "randomforest", se emplea como técnica de modelado para identificar posibles relaciones entre la distribución espacial de los deslizamientos y la variabilidad geográfica de las variables predictoras. El script se aplica a dos áreas de prueba donde se disponen de inventarios de deslizamientos, DEMs y capas de litología. La primera área de prueba se encuentra en El Salvador, al norte de la caldera de Ilopango. La segunda corresponde al área de Tegucigalpa, la capital de Honduras. Los resultados destacan la importancia de integrar múltiples conjuntos de datos y métodos estadísticos avanzados para lograr una predicción eficiente de deslizamientos de tierra. La aplicación del script a estas diversas regiones demuestra su robustez y versatilidad en diferentes entornos geológicos y topográficos. En conclusión, este enfoque proporciona una metodología valiosa y reproducible para la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de tierra, que es fiable y sencilla de usar en cualquier lugar donde se disponga de los datos de entrada necesarios.

**Palabras clave:** *Susceptibilidad a deslizamientos, Evaluación de amenaza, Modelado estadístico, Random Forest, Script en R.*

## ABSTRACT

This study presents an R script designed to calculate landslide susceptibility in a given area by using a landslide inventory, a Digital Elevation Model (DEM), and a lithology map. The script exploits Whitebox Geospatial tools for geographic information system (GIS) analyses, including the extraction of a set of terrain attributes from the DEM, which serve as predictors for the spatial distribution of landslides in addition to lithology. The Random Forest (RF) model, implemented through the R library "randomforest," is employed as modeling technique to identify potential relationships between landslides spatial distribution and geographical variability of predictor variables. The R script is applied to two test areas where landslide inventories, DEMs, and lithology layers are available. The first test area is in El Salvador, north of the Ilopango caldera. The second corresponds to the Tegucigalpa area, the capital of Honduras. The results underscore the importance of integrating multiple datasets and advanced statistical methods to achieve efficient landslide prediction. The script's application to these diverse regions demonstrates its robustness and versatility in different geological and topographical settings. In conclusion, this approach provides a valuable and reproducible methodology for landslide susceptibility assessment to researchers and specialists involved in landslide risk management and mitigation efforts, which is reliable and simple to use wherever the necessary input data is available. The research was developed in the framework of the CASTES project, funded by the Italian Agency for Development Cooperation (AICS).

**Key words:** Landslide susceptibility, Statistical modeling, Random Forest, R script, Hazard assessment

# ESTUDIO PRELIMINAR DE DESGASIFICACIÓN DIFUSA DE CO<sub>2</sub> EN EL SUELO DEL VOLCÁN EL HOYÓN

Abstrac ID 204

## PRELIMINARY STUDY OF DIFFUSE OUTGASSING OF CO<sub>2</sub> IN THE SOIL OF EL HOYÓN VOLCANO

**Emerson Gustavo Martínez Hernández<sup>1</sup>, Norbis Salvador Solano Melara<sup>1</sup>, Miguel Ángel Hernández Martínez<sup>2</sup>, Marco Antonio Castro Mendoza<sup>2</sup>, Melissa Abigail González Aguilera<sup>2</sup>, Ruth Deli Campos Cortez<sup>2</sup>, Doris Michelle Hernández Martínez<sup>2</sup>, Carlos Daniel Cañas Parada<sup>2</sup>, Wendy Arely Hernández Meléndez<sup>2</sup>, María Guadalupe Campos Coreas<sup>2</sup>, Walter D'Alessandro<sup>3</sup>, Lorenza Li Vigni<sup>4</sup>, Sergio Calabrese<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador,

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador,

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sez. Palermo. Via Ugo La Malfa, 153, 90146 Palermo, Italy.

<sup>4</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo. Via Archirafi 22, 90123 Palermo, Italy.

Email: [emerson.martinez@ues.edu.sv](mailto:emerson.martinez@ues.edu.sv)

## RESUMEN

El cráter El Hoyón se caracteriza por anomalías térmicas significativas, desgasificación difusa, aguas termales hirvientes, zonas fumarólicas y un impresionante chorro de vapor. Se realizaron tres sondeos en mayo y agosto de 2023 y enero de 2024 con el objetivo de cartografiar por primera vez la desgasificación de CO<sub>2</sub> y las anomalías térmicas del suelo. Se realizaron 155 mediciones de flujo de CO<sub>2</sub> con el método de la cámara de acumulación, simultáneamente con mediciones de temperatura del suelo a 10 y 40 cm de profundidad. Los mayores flujos de CO<sub>2</sub> se midieron en la primera campaña (mediana: 215 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; rango: 83.4 a 723 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>). Los flujos en la segunda campaña fueron mucho menores (mediana: 0.98 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; rango: 0.19 a 31.8 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>). Los flujos de la tercera campaña fueron superiores a las dos anteriores (mediana: 3.95 g m<sup>-2</sup>

día<sup>-1</sup>; rango de 0.01 a 106.36 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>). Una diferencia tan grande podría estar relacionada con las condiciones climáticas durante estas campañas, con un fuerte impacto en la permeabilidad del suelo. Los gráficos de probabilidad sugieren una contribución de la desgasificación profunda ligada al sistema volcánico activo. Esto se confirma además por la correlación positiva entre el flujo de CO<sub>2</sub> y la temperatura del suelo, lo que indica una vía común de escape de gas y calor del sistema hidrotermal. Se necesitan más investigaciones y nuevas campañas de mediciones para cuantificar la producción total de CO<sub>2</sub>, identificar más anomalías e investigar la huella isotópica de carbono para establecer su origen.

Palabras clave: *desgasificación difusa, dióxido de carbono, vigilancia volcánica.*

## ABSTRACT

Crater El Hoyón is characterized by significant thermal anomalies, diffuse outgassing, boiling thermal waters, fumarolic areas and an impressive steam jet. Three surveys were carried out in May and August 2023 and January 2024, with the aim to map for the first time the CO<sub>2</sub> degassing and soil thermal anomalies. One hundred fifty-five CO<sub>2</sub> flux measurements were carried out with the accumulation chamber method, simultaneously with soil temperature measurements at 10 and 40 cm depth. The highest CO<sub>2</sub> fluxes were measured in the first campaign, (median: 215 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; range: 83.4 – 723 gm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> ). Fluxes in the second campaign were much lower (median value: 0.98 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; range: 0.19 – 31.8 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>). Fluxes in the third campaign were higher than the second one (median value: 3.95 gm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; range: 0.01 – 106.36 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>). Such a big difference could be related to the climatic conditions during these campaigns, strongly impacting on soil permeability. Probability plots suggest a contribution from deep outgassing linked to the active volcanic system. This is further confirmed by the positive correlation between CO<sub>2</sub> efflux and soil temperature, indicating a common pathway for gas and heat escape from the hydrothermal system. Further investigation and new measurements campaigns are required, in order to quantify the total CO<sub>2</sub> output, identify more anomalies, and investigate the isotopic carbon footprint to establish its origin.

Key words: carbon dioxide, diffuse degassing, volcanic surveillance.

# MEDICIÓN DE GASES VOLCÁNICOS EN SITIOS DE INTERÉS TURÍSTICO EN EL SALVADOR

Abstrac ID 205

## MEASUREMENT OF VOLCANIC GASES AT SITES OF TOURIST INTEREST IN EL SALVADOR

**Norbis Salvador Solano Melara<sup>1</sup>, Emerson Gustavo Martínez Hernández<sup>1</sup>, Miguel Ángel Hernández Martínez<sup>2</sup>, Marco Antonio Castro Mendoza<sup>2</sup>, Melissa Abigail González Aguilera<sup>2</sup>, Ruth Deli Campos Cortéz<sup>2</sup>, Doris Michelle Hernández Martínez<sup>2</sup>, Walter D'Alessandro<sup>3</sup>, Andres Sandoval-Velazquez<sup>4</sup>, Lorenza Li Vigni<sup>4</sup>, Sergio Calabrese<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador,

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sez. Palermo. Via Ugo La Malfa, 153, 90146 Palermo, Italy

<sup>4</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo. Via Archirafi 22, 90123 Palermo, Italy

Email: [norbis.solano@ues.edu.sv](mailto:norbis.solano@ues.edu.sv)

## RESUMEN

Los volcanes de El Salvador son uno de los principales atractivos turísticos del país. Cada año, miles de turistas locales y extranjeros visitan estas zonas volcánicas activas. Estas zonas carecen de advertencias sobre los riesgos potenciales y no existe un seguimiento geoquímico sistemático de la actividad volcánica. Se llevó a cabo un estudio geoquímico preliminar en los lugares volcánicos más visitados. Se realizaron mediciones difusas del flujo de CO<sub>2</sub> en el suelo, además, se recogieron 11 muestras de gas para determinar su composición química e isotópica. Los valores más altos de flujo de CO<sub>2</sub> se obtuvieron en el cráter El Hoyón, con una mediana de 214.6 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, mientras que los más bajos correspondieron a El Boquerón, con una mediana de 6.7 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>. La composición química de los gases mostró un patrón de mezcla entre un miembro final de origen profundo dominado por el CO<sub>2</sub> (hasta 976.200 μmol/mol) y un componente atmosférico dominado por el N<sub>2</sub>. Los valores de helio llegaron hasta 4.6 μmol/mol. Sólo La Viejona presentó un ligero enriquecimiento en metano (hasta 155 μmol/mol), mientras que El Hoyón mostró enriquecimiento en H<sub>2</sub>S (hasta 22.800 μmol/mol). Los valores de δ<sup>13</sup>C-CO<sub>2</sub> variaron entre -12.6 y -3.1 ‰, mientras que la composición isotópica del helio dio valores de R/R<sub>A</sub> comprendidos entre 5.98 y 7.11. Tales valores indican una clara contribución magmática de origen profundo. Estos datos preliminares muestran una importante actividad volcánica potencial que requiere una vigilancia geoquímica continua; así como la evaluación de los riesgos a los que se exponen los turistas.

Palabras clave: *desgasificación difusa, dióxido de carbono, geoquímica de gases, vigilancia volcánica.*

## ABSTRACT

El Salvador's volcanoes are one of the country's main tourist attractions. Every year thousands of local and foreign tourists visit these active volcanic areas. These areas often lack of warnings on the potential risks and a robust and systematic geochemical monitoring of volcanic activity is absent. A preliminary geochemical survey was carried out at the most visited volcanic sites. It included diffuse soil CO<sub>2</sub> flux measurements, moreover, 11 gas samples were collected to determinate their chemical and isotopic compositions. The highest CO<sub>2</sub> flux values were obtained at El Hoyón crater, with a median value of 214.6 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>, whilst the lowest value were from El Boquerón, with a median value of 6.7 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>. Chemical composition of the gases showed a mixing pattern between a CO<sub>2</sub>-dominated (up to 976,200 μmol/mol) end-member of deep origin and a N<sub>2</sub>-dominated atmospheric component. Helium values arrived up to 4.6 μmol/mol. Only La Viejona site presented a slight enrichment in methane (up to 155 μmol/mol), whilst only El Hoyón site showed enrichment in H<sub>2</sub>S (up to 22,800 μmol/mol). Δ<sup>13</sup>C-CO<sub>2</sub> values varied from -12.6 to -3.1 ‰, whereas the helium isotope composition, gave R/R<sub>A</sub> values comprised between 5.98 and 7.11. Such values indicate a clear magmatic contribution to the deep end-member. These preliminary data show significant potential volcanic activity that needs continuous geochemical monitoring, and the evaluation of the risks to which tourists are exposed.

Key words: carbon dioxide, diffuse degassing, volcanic surveillance, gas geochemistry.

# ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA VERTIENTE NORTE DE LA CORDILLERA DEL BÁLSAMO. SANTA TECLA, SAN SALVADOR

*Abstrac ID 206*

STABILITY ANALYSIS AND NUMERICAL MODELING OF THE NORTH SLOPE OF THE BALSAMO MOUNTAIN RANGE. SANTA TECLA, SAN SALVADOR

**Mario Luigi Rainone<sup>1</sup>, Monia Calista<sup>1</sup>, Luis Alfonso Castillo Ramos<sup>1,2</sup>, Alex Chavez<sup>3</sup>, Walter Hernandez<sup>4</sup>, Julio Luna<sup>5</sup>, Massimo Mangifesta<sup>1</sup>, Daniela Novembre<sup>1</sup>, Nicola Sciarra<sup>1</sup> & Jiri Sebesta<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G.d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad de El Salvador

<sup>3</sup>Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador – OPAMSS

<sup>4</sup>Geólogo consultor – El Salvador

<sup>5</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad de San Carlos - Guatemala

<sup>6</sup>Czech Geological Survey – Prague

Email: [monia.calista@unich.it](mailto:monia.calista@unich.it)

## RESUMEN

El 13 de enero de 2001, a las 11:33 hora local, un evento sísmico de Mw 7,7 sacudió El Salvador. El epicentro se registró a 100 kilómetros al suroeste de San Miguel a una profundidad de 60 kilómetros. Sólo en El Salvador murieron 944 personas y 5.565 resultaron heridas, con la destrucción de más de 100.000 edificios. Más de 550 muertes fueron causadas por enormes deslizamientos de tierra en las zonas de Santa Tecla y Comasagua. En la vertiente norte de la Cordillera Bálsamo, en la localidad de Las Colinas, el terremoto provocó un deslizamiento de tierra que mató a más de 500 personas. Este deslizamiento de tierra provocado por un terremoto ha sido objeto, a lo largo de los años, de numerosos estudios que han reconstruido las características geológicas y geomorfológicas de la zona, las relaciones geométricas entre las diferentes unidades litológicas/litoestratigráficas presentes, caracterizado las principales propiedades físico-mecánicas, evaluado, a través de simulaciones numéricas, condiciones de estabilidad. En nuestra opinión, quedan algunos aspectos, especialmente los relacionados con los métodos y mecanismos de activación, que merecen una mayor investigación. Sobre todo, evaluar las condiciones reales de riesgo de las zonas adyacentes, de similares características y afectadas por una intensa urbanización a pie de ladera. Los análisis realizados utilizando el software FLAC en este sentido, quieren, por tanto, contribuir a mejorar el conocimiento del fenómeno mediante simulaciones numéricas 2D que analizan las condiciones teóricas de estabilidad del talud y permiten predecir la evolución cinemática.

Palabras clave: *Deslizamiento de Las Colinas, modelado numérico de un deslizamiento*

## ABSTRACT

On January 13, 2001, at 11:33 local time, a Mw 7.7 seismic event struck El Salvador. The epicenter was recorded 100 kilometers southwest of San Miguel at a depth of 60 kilometers. In El Salvador alone, 944 people died and 5,565 were injured, with more than 100,000 buildings destroyed. More than 550 deaths were caused by massive landslides in the areas of Santa Tecla and Comasagua. On the northern slope of the Cordillera Bálsamo, in the town of Las Colinas, the earthquake caused a landslide that killed more than 500 people. This earthquake-induced landslide has been the subject of numerous studies over the years, which have reconstructed the geological and geomorphological characteristics of the area, the geometric relationships between the different lithological/lithostratigraphic units present, characterized the main physical-mechanical properties, and evaluated, through numerical simulations, the stability conditions. In our opinion, there are still some aspects, especially those related to the activation methods and mechanisms, that deserve further investigation. Above all, the real risk conditions of the adjacent areas, with similar characteristics and affected by intense urbanization at the foot of the slope, should be evaluated. The analyses carried out using the FLAC software in this regard therefore aim to contribute to improving the knowledge of the phenomenon through 2D numerical simulations that analyze the theoretical stability conditions of the slope and allow the kinematic evolution to be predicted.

Key words: Las Colinas landslides; Landslide numerical models

# EL CAMBIO CLIMATICO EN EL SALVADOR: EL APOORTE DE LA GEOLOGÍA

*Abstrac ID 207*

## CLIMATE CHANGE IN EL SALVADOR: THE CONTRIBUTION OF GEOLOGY

**Massimiliano Fazzini<sup>1</sup>, Mario Luigi Rainone<sup>2</sup> & Monia Calista<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>URDIS – Università degli Studi di Camerino, Italia

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze – Università degli Studi “G. d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

Email: [monia.calista@unich.it](mailto:monia.calista@unich.it)

### RESUMEN

El cambio climático también está teniendo un impacto creciente en Centroamérica, provocando consecuencias cada vez más devastadoras y afectando gravemente no sólo a las poblaciones, sino también al tejido productivo. Después de períodos particularmente secos, para ejemplo, se producen violentas inundaciones. El Salvador no es ajeno a estos fenómenos y las consecuencias de los últimos eventos pluviales muy intensos, incluidos los ciclónicos, han demostrado el enorme impacto en los territorios, en las vías fluviales principales y menores, provocando deslizamientos de tierra, causando víctimas y daños a la infraestructura pública y privado. Los daños sufridos por la producción agrícola son importantes y sus consecuencias económicas no son nada despreciables. Pero, ¿qué tienen que ver las Ciencias de la Tierra y en particular la Geología con esto? Para definir correctamente las especificidades de las modificaciones climáticas y las consiguientes acciones de mitigación sobre el medio ambiente, la Geología es crucial. De hecho, nos permite comprender la evolución del sistema morfo-climático de una región y, mediante habilidades geomorfológicas, hidrogeológicas y geológicas aplicadas, evaluar los impactos en los territorios, tanto entropizados como no. La Geología, y por tanto el Geólogo, tienen las claves para comprender la evolución en el espacio y el tiempo de los efectos, por ejemplo, de fenómenos meteóricos extremos sobre el equilibrio de procesos naturales complejos. Permitiéndole identificar y definir acciones para mitigar riesgos. En este trabajo, los autores ilustran la experiencia italiana y cómo traducirla efectivamente a la realidad salvadoreña y, en general, centroamericana.

Palabras clave: *Cambio climatico en El Salvador*

### ABSTRACT

Climate change is also having a growing impact in Central America, causing increasingly devastating consequences and seriously affecting not only populations, but also the productive fabric. After particularly dry periods, for example, violent floods occur. El Salvador is no stranger to these phenomena and the consequences of the latest very intense rainfall events, including cyclonic ones, have demonstrated the enormous impact on the territories, on the main and minor waterways, causing landslides, causing victims and damage to public and private infrastructure. The damage suffered by agricultural production is significant and its economic consequences are by no means negligible. But what do Earth Sciences and in particular Geology have to do with this? In order to correctly define the specificities of climate modifications and the consequent mitigation actions on the environment, Geology is crucial. In fact, it allows us to understand the evolution of the morpho- climatic system of a region and, through applied geomorphological, hydrogeological and geological skills, to evaluate the impacts on territories, both entombed and not. Geology, and therefore the Geologist, hold the keys to understanding the evolution in space and time of the effects, for example, of extreme meteoric phenomena on the balance of complex natural processes. Allowing him to identify and define actions to mitigate risks. In this work, the authors illustrate the Italian experience and how to effectively translate it to the Salvadoran and, in general, Central American reality.

Key words: Climate change in El Salvador

# ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA RESPUESTA SÍSMICA LOCAL EN LA ZONA DEL CENTRO HISTÓRICO DE SAN SALVADOR.

*Abstrac ID 208*

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE LOCAL SEISMIC RESPONSE IN THE AREA OF THE HISTORIC CENTER OF SAN SALVADOR.

**Mario Luigi Rainone<sup>1</sup>, Monia Calista<sup>1</sup>, Luis Alfonso Castillo Ramos<sup>1,2</sup>, Alex Chavez<sup>3</sup>, Benedetta Di Cesare<sup>4</sup>, Walter Hernandez<sup>5</sup>, Julio Luna<sup>6</sup>, Massimo Mangifesta<sup>1</sup>, Daniela Novembre<sup>1</sup>, Nicola Sciarra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G.d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad de El Salvador

<sup>3</sup>Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador – OPAMSS

<sup>4</sup>Agenzia Regionale Protezione Ambientale Emilia Romagna - ARPAE

<sup>5</sup>Geólogo consultor – El Salvador

<sup>6</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad de San Carlos – Guatemala

Email: [monia.calista@unich.it](mailto:monia.calista@unich.it)

## RESUMEN

En esta contribución, los Autores ilustran los resultados preliminares de un estudio en curso sobre la evaluación de la Respuesta Sísmica Local (LSR) en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), la capital de El Salvador. En particular sobre el área del Centro Histórico. La ciudad de San Salvador está ubicada entre el volcán de San Salvador y la caldera de Ilopango, en una zona casi plan denominada "Valle de las Hamacas". Entre las ciudades latinoamericanas, San Salvador he sido la más frecuentemente dañada y destruida por terremotos: al menos doce veces desde 1576. En esta area, los fuertes terremotos generaron graves daños debido tanto a amplificaciones como a deslizamientos de tierra inducidos sísmicamente.

El presente trabajo se centra en la evaluación de los riesgos naturales en el Centro Historico de la ciudad. Una zona caracterizada por edificios históricos o en cualquier caso con un nivel muy alto de vulnerabilidad sísmica. En este sentido, tras recopilar todos los datos de investigación del subsuelo y caracterización del comportamiento dinámico de los suelos y rocas volcánicas en AMSS, se han realizado los análisis LSR 1D- 2D y se van a discutir los resultados obtenidos e a proponer lineamientos para una más correcta gestión del riesgo sísmico en un área antrópica y, en particular, para prever y mitigar posibles “efectos de sitio”.

Palabras clave: *Riesgo Sísmico, Respuesta sísmica local en San salvador*

## ABSTRACT

In this contribution, the Authors illustrate the preliminary results of an ongoing study on the assessment of the Local Seismic Response (LSR) in the Metropolitan Area of San Salvador (AMSS), the capital of El Salvador. In particular on the area of the Historic Center. The city of San Salvador is located between the San Salvador volcano and the Ilopango caldera, in a nearly flat area called "Valley of the Hammocks". Among Latin American cities, San Salvador has been the most frequently damaged and destroyed by earthquakes: at least twelve times since 1576. In this area, strong earthquakes generated severe damage due to both amplifications and seismically induced landslides.

This work focuses on the assessment of natural risks in the Historic Center of the city. An area characterized by historic buildings or in any case with a very high level of seismic vulnerability. In this sense, after collecting all the data from subsoil research and characterizing the dynamic behavior of soils and volcanic rocks in AMSS, 1D-2D LSR analyses have been performed. In this work, the results obtained will be discussed and guidelines will be proposed for a more correct management of seismic risk in an anthropic area and, in particular, to foresee and mitigate possible “site effects”.

Key words: Seismic Risk, Seismic local Response in San Salvador

# EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA DE GASES EN LOS CAMPOS FUMARÓLICOS LAS TERMÓPILAS Y EL TORTUGUERO. EL SALVADOR. C.A.

Abstrac ID 209

EVALUATION OF THE GEOCHEMICAL COMPOSITION OF GASES IN THE FUMAROLIC FIELDS OF LAS TERMÓPILAS AND EL TORTUGUERO. EL SALVADOR. C.A.

Rodolfo A. Olmos<sup>1</sup>, Miguel A. Hernández<sup>2</sup>, Doris M. Hernández<sup>2</sup>, Francisco A. Barahona<sup>3</sup>, Agustín Hernández De la Cruz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesús Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>4</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral. Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador

Email: [rodolfo.olmos@ues.edu.sv](mailto:rodolfo.olmos@ues.edu.sv)

## RESUMEN

Se evaluó el flujo total de gases principales en los campos geotérmicos Las Termópilas y El Tortuguero, ubicados entre la Caldera de Concepción de Ataco y volcán Santa Ana El Salvador. La composición química y las relaciones molares  $H_2O/CO_2$ ,  $H_2O/H_2S$ ,  $CO_2/H_2S$  se obtuvo con analizador portátil MultiGAS y flujos de Dióxido de Carbono con cámara de acumulación. Las relaciones molares promedio en Las Termópilas fue  $H_2O/CO_2 = 10.2 \pm 8.9$ ;  $H_2O/H_2S = 1897.3 \pm 2977.6$  y  $CO_2/H_2S = 101.4 \pm 82.4$ . Para El Tortuguero fue  $H_2O/CO_2 = 23.7 \pm 29.2$ ;  $H_2O/H_2S = 1334 \pm 1380.2$  y  $CO_2/H_2S = 105.4 \pm 83.9$ . La composición química de vapor de Agua ( $H_2O$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y azufre total (St) para Las Termópilas fue  $88.0 \pm 2.7\%$ ,  $11.8 \pm 2.6\%$  y  $0.2 \pm 0.1\%$ ; y El Tortuguero de  $95.7 \pm 2.4\%$ ,  $4.2 \pm 2.4\%$  y  $0.1 \pm 0.1\%$  respectivamente. La cantidad total promedio de vapor de agua ( $H_2O$ ) en Las Termópilas fue  $3.9 \text{ td}^{-1}$ , equivalentes a  $0.1 \text{ MW}$  y El Tortuguero de  $11.7 \text{ td}^{-1}$ , equivalentes a  $0.3 \text{ MW}$ ; mientras que el azufre total ( $H_2S+SO_2$ ) de  $4.4 \text{ Kgd}^{-1}$  y  $5.8 \text{ Kgd}^{-1}$  respectivamente. La evaluación geoquímica registrada evidencia que en periodos de actividad tectónica, su transferencia de esfuerzos distantes registrados en los sismogramas y sus cálculos de espectros de frecuencia en las estaciones más cercanas a los campos geotérmicos son importantes en la identificación de cambios en las ventanas de frecuencias dominantes por debajo de  $0.3 \text{ Hz}$ , y entre  $2.3\text{-}4.3 \text{ Hz}$ .

Palabras clave: *dióxido de carbono, gases volcánicos, MultiGAS, vulcanología.*

## ABSTRACT

The total flow of main gases was evaluated in the Las Termopilas and El Tortuguero geothermal fields, located between the Concepción de Ataco Caldera and the Santa Ana volcano in El Salvador. The chemical composition and molar ratios  $H_2O/CO_2$ ,  $H_2O/H_2S$ ,  $CO_2/H_2S$  were obtained with a portable MultiGAS analyzer and Carbon Dioxide flows with an accumulation chamber. The average molar ratios in Las Termopilas were  $H_2O/CO_2 = 10.2 \pm 8.9$ ;  $H_2O/H_2S = 1897.3 \pm 2977.6$  and  $CO_2/H_2S = 101.4 \pm 82.4$ . For El Tortuguero it was  $H_2O/CO_2 = 23.7 \pm 29.2$ ;  $H_2O/H_2S = 1334 \pm 1380.2$  and  $CO_2/H_2S = 105.4 \pm 83.9$ . The chemical composition of water vapor ( $H_2O$ ), carbon dioxide ( $CO_2$ ) and total sulfur (tS) for Las Termopilas was  $88.0 \pm 2.7\%$ ,  $11.8 \pm 2.6\%$  and  $0.2 \pm 0.1\%$ ; and El Tortuguero of  $95.7 \pm 2.4\%$ ,  $4.2 \pm 2.4\%$  and  $0.1 \pm 0.1\%$  respectively. The average total amount of water vapor ( $H_2O$ ) in Las Termopilas was  $3.9 \text{ td}^{-1}$ , equivalent to  $0.1 \text{ MW}$  and El Tortuguero was  $11.7 \text{ td}^{-1}$ , equivalent to  $0.3 \text{ MW}$ ; while the total sulfur ( $H_2S+SO_2$ ) of  $4.4 \text{ Kgd}^{-1}$  and  $5.8 \text{ Kgd}^{-1}$  respectively. The recorded geochemical evaluation shows that in periods of tectonic activity, its transfer of distant stresses recorded in the seismograms and its calculations of frequency spectra in the stations closest to the geothermal fields are important in the identification of changes in the dominant frequency windows. below  $0.3 \text{ Hz}$ , and between  $2.3\text{-}4.3 \text{ Hz}$ .

Key words: carbon dioxide, MultiGAS, volcanology, volcanic gases.

# CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS FLUIDOS HIDROTERMALES DEL VOLCÁN EL HOYÓN, MUNICIPIO DE BERLÍN, USULUTÁN, PARA IDENTIFICAR INDICADORES DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA. EL SALVADOR. C.A.

*Abstrac ID 210*

GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE HYDROTHERMAL FLUIDS OF EL HOYÓN VOLCANO, MUNICIPALITY OF BERLÍN, USULUTÁN, TO IDENTIFY INDICATORS OF VOLCANIC ACTIVITY. EL SALVADOR. C.A.

**Rafael A. Zaldaña<sup>1</sup>, Agustín Hernández<sup>1,2,3</sup>, Rodolfo A. Olmos<sup>1,4</sup>, Miguel A. Hernández<sup>1</sup>, Francisco A. Barahona<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, San Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador,

<sup>2</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral, Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador

<sup>3</sup>Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona (España)

<sup>4</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesus Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador

<sup>5</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

Email: [rafael.zaldana@ues.edu.sv](mailto:rafael.zaldana@ues.edu.sv)

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es caracterizar geoquímicamente los fluidos hidrotermales del volcán El Hoyón para la identificación de anomalías que pueden ser utilizadas en futuros trabajos de vigilancia volcánica. Se realizaron muestreos en 2 fumarolas dentro del cráter para analizar los cationes y aniones en la fracción líquida; y la fracción gaseosa se analizó por la técnica de titulación volumétrica determinando la concentración de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S. Además, se determinó in situ los parámetros de temperatura, pH y conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos utilizando un equipo portátil. Los fluidos del volcán El Hoyón se caracterizan por ser aguas muy ácidas con valores de pH entre 1.6 y 4.5 y temperaturas que oscilan entre los 65°C y 104°C. A partir de la composición de los cationes mayoritarios (Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>), se determinó el carácter inmaduro de estas aguas. La presencia de gases de origen magmático (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S+SO<sub>2</sub>) se solubilizan y disocian produciendo los aniones principales del sistema (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>). La caracterización geoquímica reveló que los fluidos volcánicos asociados al volcán El Hoyón corresponden principalmente a fluidos con alto contenido de sulfatos, cloruros y magnesio caracterizados como sulfatos clorurados magnésicos.

Palabras clave: *fluidos volcánicos, gases, temperatura, titulación volumétrica.*

## ABSTRACT

The objective of this work is to geochemically characterize the hydrothermal fluids of the El Hoyón volcano for identification of anomalies that can be used in future volcanic monitoring work. Sampling was carried out in 2 fumaroles inside the crater to analyze the cations and anions in the liquid fraction; and the gas fraction was analyzed by the volumetric titration technique, determining the concentration of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S. In addition, the parameters of temperature, pH and electrical conductivity and total dissolved solids were determined in situ using portable equipment. The fluids of the El Hoyón volcano are characterized by being very acidic waters with pH values between 1.6 and 4.5 and temperatures that range between 65°C and 104°C. From the composition of the major cations (Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>), the immature character of these waters was determined. The presence of gases of magmatic origin (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S+SO<sub>2</sub>) solubilize and dissociate, producing the main anions of the system (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>). The geochemical characterization revealed that the volcanic fluids associated with the El Hoyón volcano correspond mainly to fluids with high content of sulfates, chlorides and magnesium characterized as chlorinated magnesium sulfates.

Key words: Gases, Temperature, Volumetric titration, Volcanic fluids.

# ESTUDIO PRELIMINAR HIDROGEOQUÍMICO Y DE CO<sub>2</sub> DIFUSO EN SUELOS DE LA LAGUNA CUZCACHAPA, EL SALVADOR

Abstrac ID 211

A PRELIMINARY SURVEY OF THE HYDROGEOCHEMISTRY AND DIFFUSE CO<sub>2</sub> SOIL AT CUZCACHAPA LAGOON, EL SALVADOR

Emerson Gustavo Martínez Hernández<sup>1</sup>, Norbis Salvador Solano Melara<sup>1</sup>, Henry Gabriel Montano Flores<sup>2</sup>, Fátima Suyapa Santos Hernández<sup>2</sup>, Wendy Arely Hernández Meléndez<sup>2</sup>, Fernanda Rebeca Alfaro Zelada<sup>2</sup>, Cristian Ernesto Arucha Shupan<sup>2</sup>, Diego Rodolfo Beltrán Piche<sup>2</sup>, María Guadalupe Campos Coreas<sup>2</sup>, Carlos Daniel Cañas Parada<sup>2</sup>, Juan Diego Cornejo Rosales<sup>2</sup>, Douglas Alejandro Fuentes Cabrera<sup>2</sup>, Alessandro Paolo Lara Reyes<sup>2</sup>, Isis Nohemy Martínez de Quintanilla<sup>2</sup>, Nubia Alejandra Martínez Sánchez<sup>2</sup>, Elian Rafael Nochez Avelar<sup>2</sup>, Douglas Fernando Raimundo Acevedo<sup>2</sup>, Carlos Mauricio Reyes Polanco<sup>2</sup>, Rafael Eduardo Rodríguez Mayorga<sup>2</sup>, Christopher Aarón Soriano Rodríguez<sup>2</sup>, Kelvin Omar Guzmán Meléndez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Estudiantes de cátedra: Geoquímica, tercer año de Ingeniería Geológica.

Email: [emerson.martinez@ues.edu.sv](mailto:emerson.martinez@ues.edu.sv)

## RESUMEN

La Laguna Cuzcachapa es una pequeña caldera ubicada al occidente de El Salvador, es considerada de importancia histórica por formar parte de un complejo arqueológico que evidencia la cultura indígena de los Pocomames y muy visitada anualmente como un lugar de recreación. Sin embargo, es una zona que carece de advertencias sobre riesgos potenciales y no hay un seguimiento geoquímico ambiental de sus aguas y gases difusos. Se realizó por primera vez una prospección de la desgasificación de CO<sub>2</sub> en suelo y de las aguas superficiales en agosto de 2024. Las mediciones de flujo de CO<sub>2</sub> se realizaron con el método de la cámara de acumulación, simultáneamente con mediciones de temperatura del suelo a 10 y 40 cm de profundidad. Los flujos de CO<sub>2</sub> medidos reflejan una mediana: 0.57 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; y un rango: 0.06 a 1.04 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>. Además, se realizó el muestreo de aguas superficiales para su caracterización, midiendo in situ parámetros tales como pH (media: 8.43), conductividad eléctrica (media: 0.28 mS cm<sup>-1</sup>), sólidos totales disueltos (media: 138 ppm), salinidad (0.01%), y oxígeno disuelto (media: 11.4%). Se utilizaron datos hidrogeoquímicos (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-3</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-3</sup>), relaciones iónicas y correlaciones geoquímicas para confirmar los procesos que rigen la química del agua. De hecho, los principales diagramas geoquímicos (Langelier-Ludwig y Piper) confirman la naturaleza predominante de bicarbonatos y metales alcalinotérreos. Como metales en traza predomina el hierro con una concentración media de 184.13 µg L<sup>-1</sup>. Estos resultados indican que una prospección geoquímica básica de fluidos puede ser útil para la caracterización de esta caldera y su monitoreo.

Palabras clave: *desgasificación difusa, dióxido de carbono, hidrogeoquímica.*

## ABSTRACT

The Cuzcachapa Lagoon is a small caldera situated in the western region of El Salvador. The site is of historical significance as it forms part of an archaeological complex that provides evidence of the indigenous Pocomames culture. It is visited annually by tourists and other visitors, who come to enjoy its recreational facilities. However, the area is lacking in warnings regarding potential risks, and there is no environmental geochemical monitoring of the waters or diffuse gases. A preliminary survey of CO<sub>2</sub> degassing in soil and surface waters was conducted in August 2024. CO<sub>2</sub> flux measurements were performed with the accumulation chamber method, simultaneously with soil temperature measurements at 10 and 40 cm depth. Measured CO<sub>2</sub> fluxes reflect a median: 0.57 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; and a range: 0.06 to 1.04 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>. Furthermore, surface water samples were collected for characterisation, with in situ parameters such as pH (mean: 8.43), electrical conductivity (mean: 0.28 mS cm<sup>-1</sup>), total dissolved solids (mean: 138 ppm), salinity (0.01%), and dissolved oxygen (mean: 11.4%) being measured. Hydrogeochemical data (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-3</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-3</sup>), ionic ratios and geochemical correlations were used to confirm the processes governing water chemistry. Indeed, the main geochemical diagrams (Langelier-Ludwig and Piper) confirm the predominant nature of bicarbonates and alkaline earth metals. In terms of trace metals, iron is the most abundant, with an average concentration of 184.13 µg L<sup>-1</sup>. These results suggest that a basic fluid geochemical survey may be useful in characterising and monitoring this caldera.

Key words: carbon dioxide, diffuse degassing, hydrogeochemistry.

# UN MAPA DE DEFORMACIÓN FRÁGIL DE CENTROAMÉRICA PARA UNA CARACTERIZACIÓN DEL MARCO SISMO-TECTÓNICO

*Abstrac ID 212*

A BRITTLE DEFORMATION MAP OF CENTRAL AMERICA FOR A CHARACTERIZATION OF THE SEISMO-TECTONIC FRAMEWORK

**Mauro Agate<sup>1</sup>, Francesco<sup>1</sup>, Giuseppe Giunta<sup>1</sup>, Attilio Sulli<sup>1</sup>, Luis Castillo<sup>2</sup>, Amelia Garcia<sup>3</sup>, Luis Mixco<sup>3</sup>, Jaime Requena<sup>4</sup>, Carlos Rubi<sup>5</sup>, Maynor Ruiz<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Department of Earth and Marine Sciences DiSTeM,, University of Palermo, Via Archirafi, 22, Palermo, Italia

<sup>2</sup>Universidad de El Salvador UES, San Salvador

<sup>3</sup>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador MARN, San Salvador

<sup>4</sup>Universidad de San Carlos de Guatemala USAC/CUNOR, Guatemala City

<sup>5</sup>Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN, Managua

<sup>6</sup>Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH, Tegucigalpa

Email: [francesco.caldareri@unipa.it](mailto:francesco.caldareri@unipa.it)

## RESUMEN

La sismicidad regional del área Centroamericana es producto de una deformación tectónica generalizada, derivada de la intrincada interacción entre cinco placas litosféricas: Caribe, Norteamérica, Cocos, Nazca y Suramérica. Los terremotos más fuertes, con una magnitud cercana de 8 y con hipocentros que alcanzan profundidades de 200 km, están ubicados a lo largo del plano de subducción del Pacífico que se extiende debajo de la Fosa Centroamericana. Por otro lado, las regiones intraplaca se caracterizan por una sismicidad generalizada, con una magnitud promedio <6,5 y una profundidad de hipocentro media-baja. Sin embargo, incluso una sismicidad de pequeña magnitud puede generar daños considerables de impacto social. La cooperación entre varias instituciones académicas y de investigación italianas y centroamericanas, en particular El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, desarrollada en el marco de los proyectos RIESCA y CASTES financiados por la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo, facilitó actividades de investigación conjunta en el campo de la peligrosidad sísmica, volcánica e geohidrológica. En el contexto de estos proyectos se ha elaborado un mapa sismo-tectónico que representa los principales elementos estructurales de la región, basado tanto en trabajo de campo como en análisis del DEM, caracterizando el entorno tectónico y las estructuras sismo-tectónicas individuales. El conjunto de datos incluye 986 ubicaciones de líneas de fallas y atributos para 86 estructuras seleccionadas, como geometría y cinemática. El mapa ofrece una descripción detallada y actualizada de la deformación frágil en la región, con la esperanza de servir como recurso para una evaluación integral del marco sismo-tectónico.

Palabras clave: *Centro America, peligrosidad sísmica, sismicidad, tectónica.*

## ABSTRACT

The Central America area regional seismicity is the product of a widespread tectonic deformation, stemming from the intricate interplay among five lithospheric plates: Caribbean, North American, Cocos, Nazca and South American. Notably, the most powerful earthquakes, with a magnitude close to 8 and hypocenters reaching depths of 200 km, are situated along the Pacific subduction plane that extends beneath the Central American Trench. On the other hand, the intraplate regions are characterized by widespread seismicity, with an average magnitude < 6.5 and medium-low hypocentre depth. Nevertheless, even small magnitude seismicity can generate considerable damage of social impact. A cooperation among various Italian and Central American academic and research institutions, including El Salvador, Guatemala, Honduras and Nicaragua, developed within the framework of the RIESCA and CASTES projects financed by the Italian Development Cooperation Agency facilitated the joint research activities in the field of seismic, volcanic and hydrogeological hazard. A seismo-tectonic map depicting the main structural elements of the northern Central American region has been drafted, based on both fieldwork and Digital Elevation Model analysis, characterizing the tectonic setting and the individual seismo-tectonic structures of the area. The dataset includes 986 fault trace locations and attributes for 86 selected structures, such as fault geometry and kinematics. The map offers a detailed and up-to-date depiction of the brittle deformation across the region, hoping to serve as a valuable resource for a comprehensive assessment of the seismo-tectonic framework.

Key words: Central America, seismic hazard, seismicity, tectonics

# EMISIONES DIFUSAS DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) DE SUELO, DURANTE EL PERÍODO 2017-2024, EN UNA PEQUEÑA ÁREA DE OBSERVACIÓN AL SUR ESTE DEL BOQUERÓN, VOLCÁN SAN SALVADOR

*Abstrac ID 213*

DIFFUSE SOIL CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>) EMISSIONS, DURING THE PERIOD 2017-2024, IN A SMALL OBSERVATION AREA SOUTHEAST OF BOQUERÓN, SAN SALVADOR VOLCANO.

**Francisco A. Barahona<sup>1</sup>, Aleyda C. Castillo<sup>1</sup>, Xenia G. Mejía<sup>1</sup>, Adriana A. Siguenza<sup>1</sup>, Rodolfo A. Olmos<sup>2</sup>, Agustín Hernández de la Cruz<sup>3</sup>, Miguel A. Hernández<sup>4</sup> y Nelson E. Gómez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

<sup>2</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesus Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador

<sup>3</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral. Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

Email: [francisco.barahona@ues.edu.sv](mailto:francisco.barahona@ues.edu.sv)

## RESUMEN

Emisiones difusas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) han sido medidas entre los años 2017 y 2024 en un área de experimentación o de control, ubicada a 3 kilómetros al sureste del Boquerón, del Volcán San Salvador. Se aplicó el método de la cámara de acumulación, para medir el flujo por unidad de área en 77 puntos de observación en un área de sección rectangular plana de 30 por 48 metros, durante nueve medidas en diferentes fechas. Para cada conjunto de medidas, se elaboró un mapa de flujo de CO<sub>2</sub> de suelo, aplicando el método de Kriging y el software Surfer y se estimó para el mismo, la cantidad total de CO<sub>2</sub> liberada por dicha área durante la fecha observada; estas emisiones oscilaron entre 3.1 y 56.4 Kg/d, observándose cambios en un orden de magnitud, particularmente al comparar las medidas realizadas durante los meses de junio de cada año estudiado, lo cual podría estar relacionado con los procesos de cambio de presión y ascenso magmático ocurriendo en este sistema volcánico durante el período observado. El propósito de este trabajo es generar datos de base para la implementación de un programa de monitoreo del complejo volcánico San Salvador con miras a generar nuevo conocimiento, complementario al sísmico, que pudieran hacer posible la generación de señales de alerta temprana ante una potencial reactivación de este volcán y de esta manera contribuir a la reducción del riesgo volcánico de alrededor de 2 millones de personas viviendo actualmente en los flancos de este volcán.

Palabras clave: *dióxido de carbono, volcán de San Salvador, vulcanología.*

## ABSTRACT

Diffuse emissions of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) have been measured between 2017 and 2024 in an experimental or control area, located 3 kilometers southeast of Boquerón, from the San Salvador Volcano. The accumulation chamber method was applied to measure the flow per unit area at 77 observation points in a flat rectangular section area of 30 by 48 meters, during nine measurements on different dates. For each set of measurements, a soil CO<sub>2</sub> flux map was prepared, applying the Kriging method and the Surfer software, and the total amount of CO<sub>2</sub> released by said area during the observed date was estimated; These emissions ranged between 3.1 and 56.4 Kg/d, with changes observed in an order of magnitude, particularly when comparing the measurements made during the months of June of each year studied, which could be related to the processes of pressure change and magmatic rise. occurring in this volcanic system during the observed period. The purpose of this work is to generate baseline data for the implementation of a monitoring program of the San Salvador volcanic complex with a view to generating new knowledge, complementary to seismic, that could make possible the generation of early warning signals in the event of a potential reactivation of this volcano and in this way contribute to the reduction of the volcanic risk of around 2 million people currently living on the flanks of this volcano.

Key words: carbon dioxide, San Salvador volcano, volcanology

# IMPORTANCIA DE LAS EMISIONES DE SO<sub>2</sub> DURANTE UNA ERUPCIÓN BASÁLTICA EN CENTROAMÉRICA: EL CASO DE LA ERUPCIÓN DEL 29 DE DICIEMBRE DE 2013 DEL VOLCÁN SAN MIGUEL, EL SALVADOR, C.A.

*Abstrac ID 214*

SIGNIFICANCE OF SO<sub>2</sub> EMISSIONS DURING A BASALTIC ERUPTION IN CENTRAL AMERICA: THE CASE OF THE DECEMBER 29, 2013 ERUPTION OF SAN MIGUEL VOLCANO, EL SALVADOR, C.A.

**Agustín Hernández<sup>1,2,3</sup>, Domingo Gimeno<sup>1</sup>, Vladimir Conde<sup>4</sup>, Rodolfo A. Olmos<sup>3,5</sup>, Miguel A. Hernández<sup>3</sup>, Francisco A. Barahona<sup>6</sup> y Daniela Novembre<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona (Espanya),

<sup>2</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral, Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>4</sup>Department of Radio and Space Science, Chalmers University of Technology, 41296 Gothenburg, Sweden

<sup>5</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesus Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador

<sup>6</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>7</sup>Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi "G.D'Annunzio", Via dei Vestini 30, 66013 Chieti, Italy

Email: [agustin.hernandez@ues.edu.sv](mailto:agustin.hernandez@ues.edu.sv)

## RESUMEN

La erupción del 29 de diciembre de 2013 del volcán San Miguel (VEI-2), puede considerarse representativa de un gran número de erupciones similares que emitieron nubes de cenizas a la atmósfera; en este caso de este a oeste, a lo largo de unos 90 km. Se presentan los resultados del monitoreo diario detallado de la emisión de SO<sub>2</sub> (con estaciones móviles) durante un mes y medio inmediatamente después de la erupción. Además, se tomó un conjunto completo de muestras de cenizas prístinas a lo largo del transecto de dispersión y se caracterizaron textural, química y mineralógicamente. Estos datos resultan ser superiores en los momentos de máxima emisión (casi el doble en algunos casos) que los publicados anteriormente desde una pequeña red de estaciones permanentes y muestran la existencia de varios ciclos de desgasificación. Se parte de valores base pre-eruptivos estimados en poco más de 300 t SO<sub>2</sub>/día, hasta valores pico máximos que alcanzan 4,300 y 2,000 t SO<sub>2</sub>/día en el primer y segundo ciclo, respectivamente. Podemos concluir que los valores disponibles de emisiones de SO<sub>2</sub> en los días previos a la erupción mostraron un pobre comportamiento predictivo en términos de previsión de la erupción.

Palabras clave: *El Salvador, magma basáltico, SO<sub>2</sub>, volcán San Miguel*

## ABSTRACT

The December 29, 2013 eruption of the San Miguel volcano (VEI-2) can be considered representative of a large number of similar eruptions that emitted ash clouds into the atmosphere; in this case from east to west, for about 90 km. The results of detailed daily monitoring of SO<sub>2</sub> emission (with mobile stations) for a month and half immediately after the eruption are presented. Additionally, a complete set of pristine ash samples were taken along the dispersal transect and characterized texturally, chemically, and mineralogically. These data turn out to be higher at times of maximum emission (almost double in some cases) than those previously published from a small network of permanent stations and show the existence of several degassing cycles. It starts from pre-eruptive base values estimated at just over 300 t SO<sub>2</sub>/day, up to maximum peak values that reach 4,300 and 2,000 t SO<sub>2</sub>/day in the first and second cycles, respectively. We can conclude that the available values of SO<sub>2</sub> emissions in the days before the eruption showed poor predictive behavior in terms of forecasting the eruption.

Key words: *El Salvador, basaltic magma, SO<sub>2</sub>, San Miguel volcano*

# UNA REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS, MINERALÓGICAS Y QUÍMICAS DE LA FORMACIÓN TBJ, EN EL ÁREA DE SAN SALVADOR

*Abstrac ID 215*

A REVIEW OF THE PHYSICAL-MECHANICAL, MINERALOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE TBJ FORMATION IN THE SAN SALVADOR AREA

**Mario Luigi Rainone<sup>1</sup>, Monia Calista<sup>1</sup>, Luis Alfonso Castillo Ramos<sup>1,2</sup>, Alex Chavez<sup>3</sup>, Walter Hernandez<sup>4</sup>, Julio Luna<sup>5</sup>, Massimo Mangifesta<sup>1</sup>, Daniela Novembre<sup>1</sup> & Nicola Sciarra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G.d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad de El Salvador

<sup>3</sup>Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador – OPAMSS

<sup>4</sup>Geólogo consultor – El Salvador

<sup>5</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad de San Carlos – Guatemala

Email: [monia.calista@unich.it](mailto:monia.calista@unich.it)

## RESUMEN

Los productos eruptivos de la última erupción pliniana (430 años D.C.) de la caldera de Ilopango dieron origen a los depósitos de Tierra Blanca Joven (TBJ), que han cubierto gran extensión del territorio y sobre sus depósitos ha sido edificada la ciudad de San Salvador y otros municipios contiguos a dicha ciudad. Debido al alto crecimiento demográfico de la capital y áreas aledañas, la presión que sobre la tenencia de la tierra se genera y a las condiciones de pobreza, se construye inclusive sobre los taludes en este tipo de depósitos produciendo situaciones de amenaza por derrumbes y deslizamientos de la TBJ. Este hecho indujo a llevar a cabo el presente estudio, con el objetivo de proceder a una revisión crítica de todos los datos disponibles en la literatura y realizar nuevos ensayos geotécnicos, mineralógicos y químicos sobre muestras representativas. En los laboratorios del Departamento de Ciencias de la Universidad G. d'Annunzio Chieti-Pescara, en el marco del Proyecto AICS-CASTES, se llevaron a cabo nuevos ensayos de clasificación y caracterización geotécnica (ensayos triaxiales), análisis difractométricos, fluorescencia, etc.). En este artículo los autores ilustran los resultados alcanzados destacando la variabilidad de algunos parámetros físico-mecánicos del TBJ, fundamentales e indispensables para el correcto diseño de obras de ingeniería que involucran dicho terreno.

Palabras clave: *Terra Blanca Joven*

## ABSTRACT

The eruptive products of the last Plinian eruption (430 AD) of the Ilopango caldera gave rise to the Tierra Blanca Joven (TBJ) deposits, which have covered a large area of the territory and the city of San Salvador and other municipalities adjacent to the city have been built on its deposits. Due to the high demographic growth of the capital and surrounding areas, the pressure on land ownership and the conditions of poverty, even the slopes of this type of deposits are built on, producing situations of threat due to landslides and landslides of the TBJ. This fact led to the carrying out of this study, with the objective of proceeding to a critical review of all the data available in the literature and to carry out new geotechnical, mineralogical and chemical tests on representative samples. In the laboratories of the Department of Sciences of the University G. d'Annunzio Chieti-Pescara, within the framework of the AICS-CASTES Project, new tests of classification and geotechnical characterization (triaxial tests), diffractometric analysis, fluorescence, etc.) were carried out. In this article the authors illustrate the results achieved by highlighting the variability of some physical-mechanical parameters of the TBJ, fundamental and indispensable for the correct design of engineering works involving such terrain.

Key words: *Terra Blanca Joven*

# EL IMPACTO DE LOS GRANDES FENÓMENOS NATURALES EN LA HISTORIA DE LOS PUEBLOS: LA CIVILIZACIÓN MAYA Y EL VOLCÁN DE ILOPANGO – EL SALVADOR

**Abstrac ID 216**

THE IMPACT OF MAJOR NATURAL PHENOMENA ON THE HISTORY OF PEOPLES: THE MAYAN CIVILIZATION AND THE ILOPANGO VOLCANO - EL SALVADOR

**Heriberto Erquicia<sup>1</sup>, Walter. Hernández<sup>2</sup>, Luis Alfonso Castillo Ramos<sup>3,4</sup>, Monia Calista<sup>4</sup> & Mario Luigi Rainone<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Pedagógica de El Salvador.

<sup>2</sup>Geólogo Consultores – El Salvador

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad de El Salvador

<sup>4</sup>Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G.d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

Email: [monia.calista@unich.it](mailto:monia.calista@unich.it)

## RESUMEN

“La civilización existe a través de un consenso geológico que está sujeto a cambios sin previo aviso” (Will Durant). La paradójica afirmación del filósofo estadounidense no puede ser más apropiada, teniendo en cuenta los múltiples fenómenos vinculados a la evolución de la Tierra que pueden transformar un proceso natural en una calamidad. La colosal erupción volcánica de Ilopango, que se produjo hacia el 431/435 d.C., se manifestó con una serie de flujos piroclásticos que provocaron el colapso de la caldera volcánica y con una dispersión de las cenizas que alcanzaron alturas de unos 40-45 km, extendiéndose en una buena parte del hemisferio norte, hasta Groenlandia. Ilopango hizo una erupción que arrojó aproximadamente 55.000 metros cúbicos de material piroclástico, un volumen diez veces mayor que el producido por la erupción del Vesubio en el 79 d.C., responsable del fin de Pompeya y cincuenta veces mayor que la erupción del St. Helen ocurrida en 1980 en el estado de Washington E.E.U.U. La erupción de Ilopango extinguió toda vida en un radio de 40 km, dejando la zona deshabitada por mucho tiempo. A partir de lo ocurrido en la zona de San Salvador, los autores abordan el tema de cómo podemos convivir, en zonas caracterizadas por la presencia de grandes fenómenos naturales, con condiciones de alto riesgo, a través de la adquisición de marcos cognitivos adecuados, acciones específicas de seguimiento, planes de resiliencia y protección civil.

Palabras clave: *erupciones volcánicas y Mayas; Volcán Ilopango*

## ABSTRACT

“Civilization exists through a geological consensus that is subject to change without warning” (Will Durant). The paradoxical statement of the American philosopher could not be more appropriate, considering the multiple phenomena linked to the evolution of the Earth that can transform a natural process into a calamity. The colossal volcanic eruption of Ilopango, which occurred around 431/435 AD, manifested itself with a series of pyroclastic flows that caused the collapse of the volcanic caldera and with a dispersion of ashes that reached heights of about 40-45 km, extending over a good part of the northern hemisphere, as far as Greenland. Ilopango erupted, producing approximately 55,000 cubic meters of pyroclastic material, a volume ten times greater than that produced by the eruption of Vesuvius in 79 AD, responsible for the end of Pompeii, and fifty times greater than the eruption of St. Helen's in 1980 in Washington State, USA. The Ilopango eruption wiped out all life within a 40 km radius, leaving the area uninhabited for a long time. Based on what happened in the San Salvador area, the authors address the issue of how we can coexist in areas characterized by the presence of major natural phenomena, with high-risk conditions, through the acquisition of appropriate cognitive frameworks, specific follow-up actions, resilience plans and civil protection.

Key words: Volcanic Eruptions and Maya; Ilopango Volcano

## SESIÓN 3

### Geofísica



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# AVANCES EN LA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA ONSHORE DE HIDROCARBUROS EN EL ORIENTE DE EL SALVADOR

*Abstrac ID 301*

## ADVANCES IN ONSHORE GEOPHYSICAL EXPLORATION FOR HYDROCARBONS IN EASTERN EL SALVADOR

**Alejandra Ileana Delgado Menjívar<sup>1</sup>, Luis Adrián Mayén Flamenco<sup>1</sup>, Gustavo Adolfo Morán<sup>2</sup>, Keren Jeanette Ventura Huezos<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), Centro de Gobierno, San Salvador, El Salvador

<sup>2</sup>Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Santa Ana Centro, Santa Ana, El Salvador,

<sup>3</sup>Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas, San Salvador, El Salvador.

Email: [aidelgado@cel.gob.sv](mailto:aidelgado@cel.gob.sv)

### RESUMEN

El Salvador, con geología predominantemente volcánica, no suele considerarse un territorio con potencial hidrocarburífero; no obstante, no se cuenta con estudios geocientíficos detallados que puedan concluir si existe o no un sistema de estas características en el país. En este sentido, recientemente la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) ha impulsado la exploración de posibles yacimientos en el Oriente del país, motivada por la presencia de emanaciones superficiales de gas natural. Estas evidencias llevaron a la aplicación de métodos geofísicos potenciales, como gravimetría y magnetometría, en la región circundante a la manifestación, abarcando un área que se extiende desde el borde Sur de la ZFES hasta los límites de la cordillera Jucuarán. Los estudios incluyeron la adquisición de 29 perfiles aeromagnéticos, cubriendo un área de 40 km<sup>2</sup>, empleando un magnetómetro fluxgate MagDrone R3 de Sensys acoplado a un dron DJI Matrice 300 RTK. Los datos obtenidos fueron procesados y se calculó la Intensidad del Campo Magnético Total (TMI), Campo Magnético Residual, Reducción al Polo para resaltar anomalías y, se aplicó un filtro Butterworth pasa-altas de orden 8 para resaltar y eliminar las interferencias causadas por el ruido. Esta metodología permitió identificar potenciales lineamientos estructurales que coinciden con fallas mayores de la zona. Además, se reprocesaron y reinterpretaron 332 estaciones gravimétricas, permitiendo la identificación de una región con anomalía de Bouguer baja relativa, posiblemente vinculada a los materiales lacustres de baja densidad mencionados en estudios geológicos realizados en la zona. La anomalía también coincide con los bordes de los segmentos de la deformación transtensiva no coaxial observada en la región y con los fallamientos de Chinameca y Jucuarán. Los resultados han permitido optimizar la recopilación de datos geofísicos de alta resolución y proponer la ampliación del área de interés inicial para futuras exploraciones.

Palabras clave: *Drones; Exploración; Estructuras; Fallas; Geofísica; Gravimetría; Hidrocarburos; Lineamientos; Magnetometría*

### ABSTRACT

El Salvador, with predominantly volcanic geology, is not typically considered a territory with hydrocarbon potential; however, there are no detailed geoscientific studies that can conclusively determine whether or not such a system exists in the country. In this context, the Executive Hydroelectric Commission of the Lempa River (CEL) has recently promoted the exploration of potential deposits in the eastern region of the country, motivated by the presence of natural gas surface emissions. These indications led to the application of potential geophysical methods, such as gravimetry and magnetometry, in the area surrounding the manifestation, covering a region extending from the southern edge of the ZFES to the limits of the Jucuarán mountain range. The studies included the acquisition of 29 aeromagnetic profiles, covering an area of 40 km<sup>2</sup>, using a Sensys MagDrone R3 Fluxgate magnetometer coupled to a DJI Matrice 300 RTK drone. The data obtained were processed, and the Total Magnetic Intensity (TMI), Residual Magnetic Field, and Reduction to the Pole were calculated to highlight anomalies. An 8th-order high-pass Butterworth filter was applied to emphasize and reduce noise-induced interference. This methodology enabled the identification of potential structural lineaments that coincide with major faults in the area. Additionally, 332 gravimetric stations were reprocessed and reinterpreted, allowing the identification of a region with a relatively low Bouguer anomaly, possibly linked to the low-density lacustrine materials mentioned in geological studies conducted in the area. The anomaly also coincides with the edges of the non-coaxial transtensive deformation segments observed in the region and with the Chinameca and Jucuarán faults. The results have optimized the collection of high-resolution geophysical data and propose the expansion of the initial area of interest for future explorations.

Key words: *Drones; Exploration; Structures; Faults; Geophysics; Gravimetrics; Hydrocarbon; Lineaments; Magnetic Survey.*

# AVANCE DEL LEVANTAMIENTO MAGNÉTICO TERRESTRE EN LA ZONA AZUL DE LA PENÍNSULA DE NICOYA

*Abstrac ID 302*

PROGRESS OF THE TERRESTRIAL MAGNETIC SURVEY IN THE BLUE ZONE OF THE NICOYA PENINSULA

**Waldo Taylor Castillo<sup>1</sup> & Diego Badilla Elizondo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Costarricense de Electricidad

Email: [WTaylor@ice.go.cr](mailto:WTaylor@ice.go.cr) ; [DBadillaE@ice.go.cr](mailto:DBadillaE@ice.go.cr)

## RESUMEN

La Península de Nicoya ha sido reconocida mundialmente como una de las cinco zonas azules existentes en el mundo que se caracterizan por la longevidad de sus habitantes. El promedio de edad de los 43 centenarios vivos en el año 2017, era de 102 años. Además de los hábitos alimenticios y de estilo de vida, se quería determinar si el campo magnético terrestre sufría algún cambio en esa región. El levantamiento magnético terrestre se inició en el 16/2/2021 y hasta la fecha, se han realizado más de 1600 mediciones, abarcando tanto la Península de Nicoya como a las cordilleras volcánicas de Guanacaste y Tilarán. El espaciamiento de los puntos de medición (ubicados lejos de líneas de transmisión), en la medida de lo posible, tienen una distancia máxima de 5 km, sin embargo, por condiciones topográficas o falta de caminos, no siempre se logró ese objetivo. Los datos fueron calibrados con las mediciones permanentes del Observatorio Magnético de Costa Rica ubicado en el Sector Santa Elena del Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Se hizo una reducción al polo y también un análisis de la señal analítica usando el Oasis Montaj. Los resultados del campo magnético total, muestran una anomalía magnética en Nicoya que varía hasta en un 3% del campo magnético (1000 nano teslas). Los mapas de anomalías magnéticas sugieren además la existencia de zonas geotérmicas en las cordilleras volcánicas, zonas de falla y posibles reservorios asociados a yacimientos de gas natural, sobre todo en una zona cercana al río Tempisque. También fue posible identificar las áreas mineralizadas de la Cordillera volcánica de Tilarán.

# NUEVAS PERSPECTIVAS GEOLÓGICAS: ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE LA SUBCUENCA GUACERIQUE MEDIANTE TÉCNICAS GEOFÍSICAS

*Abstrac ID 303*

NEW GEOLOGICAL PERSPECTIVES: UPDATING THE MAP OF THE GUACERIQUE SUB – BASIN USING GEOPHYSICAL TECHNIQUES

**Marcio Josue Chirinos Escobar**

<sup>1</sup>Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, Honduras.

Email: [marcio.chirinos@unah.edu.hn](mailto:marcio.chirinos@unah.edu.hn)

## RESUMEN

La cuenca Guacerique declarada como “Zona Forestal Protegida del Patrimonio Público Forestar inalienable” por la Secretaria de Recursos Naturales, es una región vital para el suministro hídrico de la ciudad de Tegucigalpa, albergando el embalse Los Laureles que abastece aproximadamente el 23% de su población. Este estudio se centra en la caracterización geológica de la subcuenca, utilizando ensayos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) para mejorar la precisión del Mapa de la Geología Superficial. Los resultados obtenidos no solo enriquecen la base de datos geología existente, sino que también permiten una identificación mas precisa de las unidades litológicas, lo que es crucial para la gestión sostenible de los recursos hídricos. La metodología empleada incluyo la integración de datos geofísicos con información geológica previamente disponible, validada mediante talleres con geólogos expertos. Este enfoque interdisciplinario garantiza la fiabilidad de la información generada, lo que es fundamental para la toma de decisiones en la gestión del agua y la planificación territorial en la región. Los hallazgos subrayan la necesidad de adoptar estrategias de conservación y manejo que promuevan la sostenibilidad ambiental, garantizando la protección de los ecosistemas que sustentan los recursos hídricos de la subcuenca. Este trabajo no solo contribuye al conocimiento geológico e hidrogeológico de la Subcuenca Guacerique, sino que también establece un modelo aplicable a otras regiones con características similares, enfatizando la importancia de la investigación científica en la gestión de recursos hídricos y la protección del medio ambiente.

Palabras clave: *ensayos geofísicos, geología superficial, gestión de recursos hidricos, hidrogeología, subcuenca Guacerique*

## ABSTRACT

The Guacerique sub-basin, declared as “Protected Forest Zone of the inalienable Public Forest Heritage” by the Secretarial of Natural Resources, is a vital región for the wáter supply of the city of Tegucigalpa, housing the Los Laureles reservoir that supplies approximately 23% of its population. This study focuses on the geological characterization of the sub-basin, using Electrical Resistivity Tomography (ERT) tests to improve the accuracy of the Surface Geology Map. The results obtained not only enrich the existing geological database, but also allow a more accurate identification of lithological units, wich is crucial for sustainable water resources management. The methodology employed included the integration of geophysical data with previously available geological information, validated through workshops whit expert geologists. This interdisciplinary approach ensures the reliability of the information generated, wich is fundamental for decisión makin in water management and territorial panning in the región. The findings underscore the need to adopt conservation and management strategies that promote enviroamental sistainability, ensuring the protection of the ecosystems that sustain the sub-basin’s water resources. This work not only contributes to the geological and hydrogeological knowledge of the Guacerique sub-basin, but also establishes a model aplicable to other regions with similar characteristics, emphasizing the importance of scientific research in water resource management and environmental protection.

Key words: Geophysical testing, Surface geology, water resources management, hidrogeology, Guacerique sub-basin

# EXPLORACIÓN GEOLÓGICA-GEOFÍSICA Y EVALUACIÓN DE UN DEPÓSITO DE PUZOLANA: GEOLOGÍA DE CAMPO, MODELADO Y ESTIMACIÓN DE RECURSOS

*Abstrac ID 304*

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL EXPLORATION AND EVALUATION OF PUZOLANA DEPOSITS:  
FIELDWORK, MODELLING, AND RESOURCE ESTIMATION

**Jaime Requena<sup>1</sup>, Alejandro Cacao<sup>1</sup>, Petr Blaha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Cementos Progreso, S.A.,

<sup>2</sup>Apbp consulting

Email: [jrequena@cempro.com](mailto:jrequena@cempro.com) ; [acacao@cempro.com](mailto:acacao@cempro.com) ; [petr.blaha@apbp.ch](mailto:petr.blaha@apbp.ch)

## RESUMEN

La puzolana es esencial para la industria del cemento debido a su habilidad para remplazar el clinker en el cemento. Esta no sólo reduce el costo de la producción de cemento, sino también contribuye significativamente en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y de la huella de carbono global del concreto.

Este estudio representa una exploración y evaluación exhaustivas de un depósito de puzolana útil para fabricación de cemento. La investigación incluyó trabajo de campo geológico, estudios geofísicos, análisis de laboratorio, modelado geológico y el cálculo de modelo de bloques para estimar los recursos y reservas de puzolana. Los resultados indican reservas significativas de puzolana, lo que sugiere un alto potencial para la explotación comercial. Este artículo discute los métodos utilizados y las implicaciones de los resultados para futura optimización de actividades de exploración y explotación de las reservas.

Palabras clave: *Puzolana, geología de campo, geofísica, modelo de bloques, estimación de recursos.*

## ABSTRACT

Pozzolana is essential to the cement industry due to its ability to replace clinker in cement. This not only reduces the cost of cement production, but also makes a significant contribution to CO<sub>2</sub> emissions and the overall carbon footprint of concrete.

This study represents a comprehensive exploration and evaluation of a pozzolana deposit. The investigation included geological fieldwork, geophysical surveys, geological modelling and the calculation of a block model to estimate pozzolana resources. The results indicate significant pozzolana reserves, suggesting a high potential for commercial exploitation. This paper discusses the methods used and the implications of the results for future exploration and mining activities.

Key words: Pozzolana, geological fieldwork, geophysics, geological modelling, block model, resource estimation.

# ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA (ERT), IP Y GRAVIMETRÍA EN SITIO DE LA TORRE 47 LT ARENAL-BARRANCA

*Abstrac ID 305*

ELECTRICAL TOMOGRAPHY (ERT), IP AND GRAVIMETRY STUDY AT THE TOWER 47 LT ARENAL-BARRANCA SITE

**Maureen Bonilla Hidalgo**

<sup>1</sup>Grupo Geociencias, Proceso de Ingeniería, IC-Dirección Gestión de Servicios no Regulados del Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Apartado postal 1000-10032, Mata Redonda, Costa Rica

Email: [mbonillah@ice.go.cr](mailto:mbonillah@ice.go.cr)

## RESUMEN

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en su División de Transmisión, administra la Línea de Transmisión (LT) Arenal-Barranca ubicada en la región Pacífico Central y Chorotega del Costa Rica, esta línea transporta una tensión de 230 kV, a lo largo de 64 km sostenida por alrededor de 137 torres, comunicando las Subestaciones de Barranca al sur y Arenal al noroeste del país.

La torre 47 de tipo TR y clasificada en condición especial debido a su altura de 62,7 m, se localiza hacia el sector central noroeste de la línea, en la provincia de Guanacaste, cantón de Abangares y distrito de Sierra, en un sector históricamente minero en el que se ha desarrollado la minería artesanal de oro, mediante el uso de excavaciones improvisadas y manuales, ya sean en forma de túneles, pozos o trincheras a lo largos de las vetas enriquecidas en metales.

Debido la condición especial de la torre 47 y a la cercanía de a la actividad minera artesanal, se presume que pueda existir algún tipo de socavación en la cimentación de la torre, por lo que se solicitan estudios de geofísica de tomografía eléctrica, polarización inducida y gravimetría, al Grupo de Geociencias del Proceso de Ingeniería de IC, para detectar estructuras antrópicas o geológicas cercanas o bajo la torre. A partir de los resultados se determina que existen al menos dos estructuras geológicas importantes asociadas a posibles vetas enriquecidas, las cuales se localizan de forma lateral y profunda, así como pequeñas estructuras cercanas a la torre.

Palabras clave: *torre, minería, geofísica, socavación, cimentación*

## ABSTRACT

The Costa Rican Institute of Electricity (ICE) in its Transmission Division, manages the Arenal-Barranca Transmission Line (LT) located in the Central Pacific and Chorotega region of Costa Rica, this line transports a voltage of 230 kV, along 64 km supported by around 137 towers, connecting the Barranca Substations to the south and Arenal to the northwest of the country.

Tower 47 of type TR and classified in special condition due to its height of 62.7 m, is located towards the central northwest sector of the line, in the province of Guanacaste, canton of Abangares and district of Sierra, in a historically mining area in which artisanal gold mining has been developed, through the use of improvised and manual excavations, whether in the form of tunnels, wells or trenches along the veins enriched in metals.

Due to the special condition of tower 47 and its proximity to artisanal mining activity, it is presumed that there may be some type of scour in the foundation of the tower, which is why geophysical studies of electrical tomography, induced polarization and gravimetry are requested, to the IC Engineering Process Geosciences Group, to detect anthropogenic or geological structures near or under the tower. From the results, it is determined that there are at least two important geological structures associated with possible enriched veins, which are located laterally and deeply, as well as small structures near the tower.

# APLICACIONES DEL MÉTODO GEOFÍSICO MASW 2D Y PARTICULARIDADES DEL ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE DISPERSIÓN EN TRES CASOS APLICADO A ESTUDIOS TECTÓNICOS Y GEOTÉCNICO EN COSTA RICA

*Abstrac ID 306*

APPLICATIONS OF THE 2D MASW GEOPHYSICAL METHOD AND PARTICULARITIES OF DISPERSION CURVE ANALYSIS IN THREE CASES APPLIED TO TECTONIC AND GEOTECHNICAL STUDIES IN COSTA RICA

**Carlos Leandro**

<sup>1</sup>Empresa Ingeofica Dos Mil S.A.

Email: [cleandro@ingeofica.com](mailto:cleandro@ingeofica.com)

## RESUMEN

El método MASW 2D, (multichannel analysis of Surface waves 2D), fue usado en Costa Rica por vez primera en el año 2010 por la empresa Ingeofica Dos Mil en soluciones aplicados a la ingeniería geotécnica, desde la fecha, se ha acumulado gran experticia en el procesamiento de datos e interpretación a partir del análisis de las ondas superficiales (onda Rayleigh), que guarda gran relación con la velocidad de la onda secundaria (aproximadamente  $0.92V_s$ ), por ello, las salidas gráficas finales de las secciones con los tomogramas sísmicos, se escalan con ese valor de  $V_s$ . En el análisis toman importancia las longitudes de onda, velocidades de fase, los valores de frecuencia y principalmente el gráfico de curva de dispersión (frecuencia vs. velocidad de fase), con el cual se eligen los “modos” fundamental u otros que alimentan al software empleado para el modelo final de capas. En el presente trabajo se muestran los contrastes entre las curvas de dispersión de una misma sección, para identificar rasgos estructurales (fallas) o asentamientos por mala compactación de un relleno en tres casos reales tomados en tres sitios en sectores del este y occidente de Costa Rica, en los cuales se ejemplifica una falla normal, una falla inversa y un caso de asentamiento por mala compactación del relleno, de forma conexa, el método ha venido tomando importancia en la clasificación del tipo de sitio definido en el código sísmico vigente para Costa Rica a partir del cálculo del parámetro  $V_{s30}$ .

Palabras clave: *MASW, tomografía sísmica, dispersión de onda Rayleigh, ensayo REMI,  $V_{s30}$*

## ABSTRACT

The 2D MASW method (Multichannel Analysis of Surface Waves 2D) was first used in Costa Rica in 2010 by the company Ingeofica Dos Mil for solutions applied to geotechnical engineering. Since then, extensive expertise has been accumulated in data processing and interpretation through the analysis of surface waves (Rayleigh waves), which have a strong correlation with the secondary wave velocity (approximately  $0.92V_s$ ). Therefore, the final graphic outputs of the sections with seismic tomograms are scaled with this  $V_s$  value. The analysis focuses on wavelengths, phase velocities, frequency values, and especially the dispersion curve graph (frequency vs. phase velocity), which is used to select the fundamental or other modes that feed into the software for the final layer model. This paper presents contrasts between dispersion curves from the same section to identify structural features (faults) or settlements caused by poor compaction of a fill in three real cases taken from sites in the eastern and western regions of Costa Rica. These cases illustrate a normal fault, a reverse fault, and a case of settlement due to poor compaction of the fill. Additionally, the method has gained importance in site classification, as defined in the current seismic code for Costa Rica, by calculating the  $V_{s30}$  parameter.

Key words: MASW, seismic tomography, Rayleigh wave dispersion, REMI test,  $V_{s30}$

# IDENTIFICACIÓN DE TIROS Y GALERÍAS MINERAS HISTÓRICAS CON IMÁGENES DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA 2D (DURANGO, MÉXICO)

*Abstrac ID 307*

HISTORIC MINESHAFT AND MINE GALLERY IDENTIFICATION WITH 2D ELECTRICAL RESISTIVITY IMAGING (DURANGO, MEXICO)

**Héctor R. Hinojosa Prieto**

<sup>1</sup>Cordillera Geo-Services LLC, Cedar Park, TX 78613, USA

Email:

## RESUMEN

La plata se minaba y extraía en Durango, México, en grandes cantidades en la época colonial. Pequeñas operaciones mineras también ocurrieron en tiempos históricos (década de 1930) después de la colonia española, como el denuncia minero La Soledad, al noroeste de la ciudad de Gómez Palacio, Durango. Dentro del denuncia La Soledad, el área de estudio, se reportan mineralización tipo veta y tipo manto de origen hidrotermal y una mina abandonada. Relatos históricos hablan de un tiro de mina abandonado, perdido y sin marcar que detuvo sus operaciones hace casi un siglo. Para verificar donde existió el antiguo tiro de la mina abandonado y sin marcar, se realizó un estudio de imágenes de resistividad eléctrica (ERI) bidimensional (2D) y un reconocimiento del área. La campaña de exploración geofísica tenía como objetivo, además de encontrar el tiro abandonado, mapear su extensión subsuperficial y explorar la presencia de zonas de mineralización (plata). El estudio ERI 2D comprendió cinco perfiles medidos con el arreglo dipolo-dipolo extendido con electrodos separados a 5 m. Se utilizaron los métodos de inversión de mínimos cuadrados amortiguado, robusto y suave para invertir los datos 2D; sin embargo, los resultados exitosos no se atribuyen a un único método de inversión. La profundidad de investigación es en promedio de ~65 m. Las observaciones de campo y los resultados del levantamiento ERI 2D revelan colectivamente los siguientes hallazgos: (a) el reconocimiento revela una infraestructura minera consistente con la actividad minera histórica, que incluye un complejo habitacional, una pila de procesamiento de mineral cerca de una losa de concreto al lado de un camino de terracería y dos estructuras cuadradas tabulares hechas con bloques de piedra caliza interpretadas como la entrada de dos tiros mineros abandonados y rellenados, aquí nombrados Mesquite y Lechuguilla; (b) las anomalías de alta resistividad eléctrica sugieren vestigios de trabajos mineros subterráneos poco profundos, incluidos pozos de minas rellenados que conectan un complejo de galerías mineras, y (c) varias anomalías de baja resistividad, yuxtapuestas a las galerías mineras interpretadas, que sugieren vetas poco profundas aún no minadas y mineralización de tipo manto de origen hidrotermal. El histórico minado de plata subterráneo se direcciono hacia el sur y se limitó a ~40 m de profundidad.

## ABSTRACT

Silver was mined in Durango, Mexico in Colonial times. Small mining operations also happened in historic times (1930s), like in the La Soledad mining claim, northwest of Gomez Palacio, Durango. Here, historical accounts call for an unmarked, lost, abandoned mine shaft that stopped operations nearly a century ago. Vein-type and manto-type mineralization of hydrothermal origin and an abandoned mine are reported within the mining claim. To explore for the lost unmarked, old, and abandoned mineshaft, a two-dimensional (2D) Electrical Resistivity Imaging (ERI) survey coupled with reconnaissance of the area was performed within the La Soledad mining claim. In addition to find the abandoned mineshaft, the 2D ERI survey aimed to map its subsurface extent, and explore the occurrence of mineralization zones (silver ore). The 2D ERI survey comprised five profiles measured with the extended dipole-dipole array with a consistent electrode spacing of 5 m. The smooth, robust, and damped least-squares inversion methods were used to invert the 2D ERI data; however, successful results are not attributed to a single inversion method. The imaging depth is estimated at ~65 m. Field observations and 2D ERI survey results collectively reveal the following findings: (a) reconnaissance reveals infrastructure consistent with historical mining activity; the infrastructure includes a complex of habitational rooms, an ore-processing pit near a concrete slab next to a dirt road, and two square limestone-wall structures interpreted as the entrance of abandoned backfilled mineshafts, here named the Mesquite and Lechuguilla; (b) high-resistivity anomalies suggest vestiges of shallow, underground mine workings including backfilled mineshafts that connect a mine gallery complex, and (c) various low-resistivity anomalies, juxtaposed against the interpreted mine galleries, suggestive of unmined shallow vein-type and manto-type silver mineralization of hydrothermal origin. Underground silver mining moved southwards and was limited to ~40 m depth.

# POTENCIAL Y DESAFÍOS DE LA ARQUEOSISMOLOGÍA EN MÉXICO

*Abstrac ID 308*

## ARCHAEOSEISMOLOGICAL POTENTIAL AND CHALLENGES IN MEXICO

**Héctor R. Hinojosa Prieto**

<sup>1</sup>Cordillera Geo-Services LLC, Cedar Park, TX 78613, USA

Email:

### RESUMEN

Puede ser un desafío encontrar evidencia clara o irrefutable de terremotos antiguos en el registro arqueológico; sin embargo, una vez encontrada, la evidencia se inspecciona con métodos arqueosismológicos con el objetivo de expandir el catálogo de terremotos pre-instrumentales (antiguos) e instrumentales y evaluar mejor el peligro sísmico de la región. México es un laboratorio arqueosismológico. La sismicidad activa de México antecede por mucho tiempo al surgimiento y caída de varias civilizaciones mesoamericanas precolombinas (tales como, olmeca, zapoteca, teotihuacana, tolteca, mixteca, maya y azteca), las sociedades de los periodos colonial y poscolonial español, y los pueblos indígenas, y sigue siendo un peligro sísmico para la sociedad moderna del país. Las regiones sísmicas activas de México en y alrededor de su masa continental incluyen la Zona de Subducción Mexicana (ZSM) y la provincia extensional de rift oblicuo del Golfo de California, que pueden generar grandes terremotos; el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), que cruza toda la geografía central del país, y una región en el norte de México (Sonora-Durango) que también puede generar terremotos sísmicos significativos. La arquitectura o infraestructura de las sociedades mesoamericanas, coloniales y poscoloniales se erigió principalmente en las regiones centrales y del sur de México actuales; por lo tanto, los terremotos de la zona ZSM y del CVT fueron los peligros sísmicos más próximos, tanto en costa afuera como en tierra, para estos antiguos centros de población. La arquitectura colonial también se extendió a los territorios del norte de México, incluyendo partes del suroeste y sur de los Estados Unidos de América (por ejemplo, las Misiones Españolas de California, Arizona, Nuevo México y Texas). Si estas fueron dañadas o destruidas por terremotos antiguos en México, la arquitectura precolombina y colonial puede servir como sismoscopios y, por lo tanto, convertirse en el objeto de estudio de terremotos pasados no documentados o poco documentados. No obstante, la guerra asociada con la conquista española dañó, en algunos casos destruyó, la arquitectura precolombina, y en casos extremos, se construyeron estructuras de coloniales sobre estructuras precolombinas; en consecuencia, la investigación arqueosismológica en áreas que contienen arquitectura mesoamericana contemporánea a la conquista española y su establecimiento podría verse desafiada por los efectos de episodios bélicos, haciendo que la distinción entre patrones de destrucción por guerra y co-sísmicos sea problemática y debatible. Por el contrario, los registros arqueológicos e históricos de la arquitectura de estilo colonial probablemente estén mejor preservados y sean más abundantes, y podrían proporcionar información amplia sobre posibles o reales daños antiguos relacionados con eventos sísmicos. Finalmente, la sismicidad en el norte de México es la fuente sísmica más cercana a los territorios ocupados por los pueblos indígenas en Baja California, Sonora, Chihuahua y Durango; sin embargo, dado que estos pueblos indígenas no construyeron estructuras masivas que pudieran ser preservadas en el registro arqueológico o en el patrimonio cultural, encontrar registros de daños a su infraestructura debido al movimiento sísmico es aún más complicado. En su lugar, sus construcciones eran estructuras modestas hechas de adobe, barro, ramas, y madera. También tenían actividades agrícolas, por lo que las estructuras relacionadas con el riego y las áreas de cultivo podrían servir como marcadores geomorfológicos y sismoscopios si se fueron afectadas por antiguos terremotos corticales.

### ABSTRACT

It can be challenging to find clear or irrefutable evidence of ancient earthquakes in the archaeological record; however, once found, the evidence is inspected with archaeoseismological means with the aim of increasing the pre-instrumental (past) and instrumental earthquake catalog and better assessing the seismic hazard of the region. Mexico is an archaeoseismological laboratory. The active seismicity of Mexico long predates the rise and fall of several pre-Columbian Mesoamerican civilizations (i.e., Olmec, Zapotec, Teotihuacan, Toltec, Mixtec, Maya, and Aztec), the societies of the Spanish colonial and post-colonial periods, the indigenous peoples, and continues to be a seismic hazard to the country's modern society. Mexico's active seismic regions in and around its landmass include the Mexican Subduction Zone (MSZ) and the Gulf of California spreading center/transform boundary, which can generate large earthquakes; the east-west trending Trans-Mexican Volcanic Belt (TMBV), which crosses the entire central geography of the country, and a region in northern Mexico (Sonora and Durango) that can also generate significant large crustal earthquakes. The architecture or infrastructure of Mesoamerican, Colonial, and post-colonial societies were erected mainly in nowadays central and southern regions of Mexico; therefore, earthquakes from the MSZ zone and the TMBV were the most proximal offshore and onshore seismic hazards to these past population centers. Colonial-style architecture also spread out to northern Mexican territories, including parts of the southwestern and southern United States of America (e.g., the Spanish Missions of California, Arizona, New Mexico, and Texas). If damaged or destroyed by ancient Mexican earthquakes, pre-Columbian and colonial architecture can serve as seismoscopes and, therefore, become the subject study of undocumented or poorly documented past earthquakes. Nevertheless, the warfare associated with the Spanish conquest damaged, in some cases destroyed, pre-Columbian architecture, and in extreme cases, Colonial-style buildings were constructed on top of pre-Columbian structures; consequently, archaeoseismic research in areas containing Mesoamerican architecture contemporaneous to the Spanish conquest and their establishment might be challenged by the effects of warfare episodes, making the distinction between warfare versus co-seismic destruction patterns problematic and debatable. Contrarywise, archaeological and historical records of colonial-style architecture are likely to be better preserved and more abundant, and they might provide ample information about possible or actual ancient co-seismic-related damage. Lastly, the seismicity in northern Mexico is the most proximal seismogenic source to territories occupied by Indigenous peoples in Baja California, Sonora, Chihuahua, and Durango, Mexico; however, because these Indigenous peoples did not build massive structures that could be preserved in the archaeological record or architectural heritage, finding records of damage to their infrastructure due to earthquake-related ground motion is even more complicated. Instead, their constructions were modest structures made of adobe, mud, grass, and timber. They also had agricultural activities, so irrigation-related structures and farming areas might serve as geomorphological markers and seismoscopes if they are affected by past crustal earthquakes.

# DESCIFRANDO LAS FACIES MODERNAS DEL CAMPO DE ESFUERZOS TECTÓNICOS EN COSTA RICA Y VECINDAD MEDIANTE MECANISMOS FOCALES DE TERREMOTO Y APOYO GNSS

*Abstrac ID 309*

DECIPHERING THE MODERN STRESS FIELD FACIES IN COSTA RICA AND VICINITY FROM EARTHQUAKE FOCAL MECHANISMS AND GNSS SUPPORT

Allan López<sup>1,2</sup>, Luis Carvajal Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ISRM Commission on Crustal Stress and Earthquakes

<sup>2</sup>Universidad Latina, Ingeniería Civil

Email: [allan.lopez@geologos.or.cr](mailto:allan.lopez@geologos.or.cr) ; [506carvajal@gmail.com](mailto:506carvajal@gmail.com)

## RESUMEN

Se recopilaron 2547 mecanismos focales de terremotos para modelar el campo de esfuerzo tectónico en Costa Rica, sur de Nicaragua y norte de Panamá, determinando 86 tensores regionales de esfuerzo. La orientación del esfuerzo horizontal máximo (SH Max) es subparalela a la dirección de convergencia de la placa de Cocos con la placa Caribe, con una rotación horaria de  $\pm 20^\circ$  a más de 30 km de profundidad. Se identifican tres órdenes de esfuerzos: uno debido al movimiento absoluto de la placa de Cocos, otro por la interacción triple con las placas Caribe y Nazca, y un tercero por contrastes de densidad relacionados con cordilleras volcánicas y fallas regionales, que desvían los esfuerzos locales hacia el norte y oeste. Los datos GNSS del campo de velocidades horizontales muestran una fuerte correlación con las direcciones interpoladas del SH Max en la capa superior. Estas observaciones, junto con las permutaciones locales y regionales del elipsoide de esfuerzos, explican las interacciones de los regímenes tectónicos y sus complejidades neotectónicas. Se genera un escenario 2D-3D detallado con límites sísmo tectónicos realistas, utilizando categorías de regímenes de esfuerzo y la relación tectónica  $R'$ . Los resultados son aplicables en estudios de amenaza y riesgo sísmico, exploración de recursos naturales, geotecnia y medio ambiente.

Palabras clave: *mecanismos focales, inversión, tensor de esfuerzo, permutación, órdenes del esfuerzo*

## ABSTRACT

A database containing 2547 earthquake focal mechanisms from Costa Rica, southern Nicaragua, and northern Panama is analyzed to model the modern tectonic stress field through inversion. 86 regional stress tensors are derived, revealing the general orientation of the maximum horizontal stress (SH Max) to be sub-parallel to the N  $32^\circ$  E convergence direction of the Cocos plate with the Caribbean plate along the Middle America Trench. A clockwise rotation of approximately  $\pm 20^\circ$  is observed below 30 km depth. Three orders of stress are identified: the first attributed to the absolute motion of the Cocos plate, the second characterized by high magnitude boundary forces from the triple interaction of the Cocos plate with the Caribbean and Nazca plates, and the third due to density contrasts imposed by trench-parallel active volcanic, igneous, and sedimentary mountain ranges. These features, combined with regional faults and their interactions, deflect the local tectonic stress north and westward. Observed and modelled GNSS data of the NNE-oriented horizontal velocity field correlate well with the direction of interpolated SH Max in the upper layer. These findings along with the local and regional permutations of the stress axes ellipsoid elucidate the interactions of tectonic regimes and their neo-tectonic complications. A detailed 2D-3D scenario is generated, offering realistic seismotectonic boundaries using stress regime categories and the tectonic  $R'$  relationship. The results hold significant practical implications for seismic hazard and risk assessment, as well as the exploration and exploitation of natural resources.

Key words: focal mechanism, inversion, stress tensor, permutation, stress orders

## SESIÓN 4

# Geopatrimonio



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

## ALGUNOS SITIOS DE PATRIMONIO GEOLÓGICO EN EL SALVADOR

*Abstrac ID 401*

### SOME GEOLOGICAL HERITAGE SITES IN EL SALVADOR

**Walter Hernández<sup>1</sup>, Carles Fernández<sup>2</sup>, Jacqueline Rivera<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Geólogo consultor

<sup>2</sup>Geólogo consultor

<sup>3</sup>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Email: [whernandez@geologist.com](mailto:whernandez@geologist.com)

### RESUMEN

El patrimonio geológico trata de elementos geológicos de valor singular científico, que son necesarios conservar. La geoconservación es una disciplina geocientífica cada vez con mayor extensión en el ámbito académico en los países de la región. La legislación salvadoreña reconoce los patrimonios natural y cultural, pero no el geológico. Se espera en un futuro su consideración en la legislación. La Laguna de Alegría ubicada en Usulután en el oriente del país, es una laguna cratérica con aguas y arcillas azufradas y niveles de aguas oscilantes marcados durante el año. La falla de Chirilagua también en el oriente del país, tiene interés geológico por su plano de falla bien preservado que registra un pasado geológico de deformación tectónica y volcánica. La boca eruptiva Los Pinos en la ladera del volcán El Boquerón contiene en su interior un registro volcánico de los últimos 2,500-3,000 mil años, al que se suman el cráter del volcán, y el sitio arqueológico Joya de Cerén conocida como La Pompeya de América, que hacen de estos lugares un atractivo turístico y cultural.

Palabras clave: *patrimonio geológico, Puerta del Diablo, geoconservación, turismo, plano de falla.*

### ABSTRACT

Geological heritage is related with geological elements with unique scientific value, necessary to preserve. Geoconservation is a geoscientific discipline with increasing extension in the academic field in the countries of the region. Salvadoran legislation recognizes natural and cultural heritage, but not geological heritage. Its consideration in legislation is expected in the future. Laguna de Alegría located in Usulután in the east of the country, is a crater lagoon with sulfurous waters and clays and oscillating water levels marked throughout the year. The Chirilagua fault, also in the east of the country, is of geological interest due to its well-preserved fault plane that records a geological past of tectonic and volcanic deformation. Los Pinos eruptive vent on the slope of El Boquerón volcano contains inside a volcanic record of the last 2,500-3,000 thousand years, including the crater of the volcano and the Joya de Cerén archaeological site known as The Pompeii of America, make these places a touristic and cultural attraction.

Key words: geological heritage, Puerta del Diablo, geoconservation, tourism, fault plane.

# EL PATRIMONIO FOSILÍFERO DE COTO BRUS, COSTA RICA: DE LA RECOLECCIÓN A LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y PÚBLICA

*Abstrac ID 402*

THE FOSSIL HERITAGE OF COTO BRUS, COSTA RICA: FROM COLLECTION TO SCIENTIFIC AND PUBLIC DISCLOSURE

**César Sequeira<sup>1</sup>, Valentin Chesnel<sup>1,2,3</sup>, María Isabel Sandoval<sup>1,2</sup>, Viviana Gamboa<sup>1,2</sup>, Thais Ramírez<sup>1</sup> & Guillermo E. Alvarado<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica

Email: [cesar.sequeira@ucr.ac.cr](mailto:cesar.sequeira@ucr.ac.cr) ; [valentin.chesnel@ucr.ac.cr](mailto:valentin.chesnel@ucr.ac.cr) ; [mariaisabel.sandoval@ucr.ac.cr](mailto:mariaisabel.sandoval@ucr.ac.cr) ; [viviana.gamboa@ucr.ac.cr](mailto:viviana.gamboa@ucr.ac.cr) ; [thais.ramirez@ucr.ac.cr](mailto:thais.ramirez@ucr.ac.cr) ; [galvaradoinduni15@gmail.com](mailto:galvaradoinduni15@gmail.com)

## RESUMEN

Los yacimientos fosilíferos que contienen abundantes restos de fauna y flora del Mioceno tardío al Pleistoceno son escasos en la América intertropical y, especialmente, en América Central. En las últimas décadas, se han descubierto fósiles importantes en Costa Rica, particularmente en San Gerardo de Limoncito, cantón de Coto Brus, proporcionando valiosa información sobre la historia geológica del país, ya que incluyen restos de mamíferos continentales. La mayoría de estos fósiles se encuentran en el Museo Nacional de Costa Rica y, en menor medida, en la colección de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, con acceso público limitado debido a su rareza y fragilidad. Esto excluye a muchos residentes cercanos a los yacimientos, quienes no pueden costear un viaje a San José. Para democratizar el acceso a este patrimonio y fomentar la geoalfabetización en geología, paleontología e historia natural, se plantea la creación de un museo local que acerque estos descubrimientos a la población. Además, promoverá rutas geo- y ecoturísticas, impulsando emprendimientos locales. En los alrededores de Santa Clara y Sabanillas de Coto Brus se han descubierto cientos de fósiles de gran valor científico, incluidos perezosos, armadillos, proboscídeos, caballos, camellos, capibaras, carnívoros, serpientes, tortugas, cocodrilos, tiburones y rayas, junto a una rica paleobiota. Estos hallazgos son ideales para una nueva colección accesible a lugareños y turistas. Actualmente, se gestionan los trámites para crear un museo local como extensión socio-científica de la Universidad de Costa Rica, con la colaboración de tesis en curso y paleontólogos internacionales.

Palabras clave: *acción social, fósiles, mamíferos, museo, San Vito*

## ABSTRACT

Fossil deposits containing abundant fauna and flora remains from the late Miocene to the Pleistocene are scarce in the intertropical Americas, particularly in Central America. In recent decades, remarkable fossils have been discovered in Costa Rica, particularly in San Gerardo de Limoncito, Coto Brus, providing valuable information about the country's geological history, as they include continental mammal remains. Most of these fossils are stored in the National Museum of Costa Rica and, to a lesser extent, in the collection of the Central American School of Geology at the University of Costa Rica, with limited public access due to their rarity and fragility. Furthermore, many residents near the fossil sites face substantially less access because they cannot afford to travel to San José. We propose the creation of a local museum to bring these discoveries closer to the public, and to promote geoliteracy in geology, paleontology and natural history. The museum will also promote geo- and ecotourism routes, fostering local entrepreneurship. Hundreds of scientifically valuable fossils, including sloths, armadillos, proboscideans, horses, camels, capybaras, carnivores, snakes, turtles, crocodiles, sharks, and rays, along with a rich paleobiota, have been discovered around Santa Clara and Sabanillas, Coto Brus. These findings are ideal for a new collection accessible to locals and tourists alike. Paperwork is currently underway to establish a local museum as a socio-scientific outreach of the University of Costa Rica, with the collaboration of ongoing theses and international paleontologists.

Key words: fossils, mammals, museum, outreach, San Vito

## APUNTES PARA VER EL MUNDO CON MIRADA GEOLÓGICA

*Abstrac ID 403*

### NOTES TO SEE THE WORLD FROM A GEOLOGICAL POINT OF VIEW

**Luis Ismael Ortega Ruiz**

<sup>1</sup>Geólogo profesional. (Colegiado 7241 ICOG). c/ Poeta Luis Chamizo, nº8-b 28214 Fresnedillas de la Oliva. (Madrid). España.

Email: [li.ortegarui@gmail.com](mailto:li.ortegarui@gmail.com)

### RESUMEN

El texto recoge una reflexión personal derivada de la experiencia profesional y de la observación en el modo en que se muestra la geología a profanos en talleres, encuentros o cursos de divulgación o de primer contacto con la geología.

El texto está dirigido a personas que se dirigen a la geología por primera vez y de cualquier persona que este sensibilizada en la divulgación de la geología, o tenga interés especial en el modo en que se enseñan las ciencias de la tierra. Los motivos del texto descansan en la convicción de cómo una mirada entrenada en el lenguaje geológico puede enriquecer la comprensión del mundo y de nosotros mismos, y por ello se anima a los profanos a acercarse sin temor a las ciencias naturales y en especial a la geología como vía de conocimiento general, y en especial en cuanto a vehículos de interpretación del espacio, de las formas, de la materia y del tiempo.

Palabras clave: *divulgación científica, filosofía de la geología, aprendizaje*

### ABSTRACT

The text is a personal thought derived from professional experience and observation of the way in which geology is shown to beginners in the discipline, in workshops, meetings or courses of first contact with geology. The text is addressed to people who are approaching geology for the first time and to anyone who is involved in popular science, or who has a special interest in the way in which the earth sciences are taught. The aim of the text is based on the belief that a look trained in the geological language can enhance the understanding of the world and of ourselves, and therefore encourages the general public to approach without fear to the natural sciences and especially to geology as a way of knowledge, and especially as a tool for the interpretation of space, forms, matter and time.

Key words: Popular science, philosophy of geology, learning

# EL INVENTARIO ITALIANO DE GEOSITIOS: UNA HERRAMIENTA ÚTIL PARA EL CONOCIMIENTO, LA PROMOCIÓN Y LA GEOCONSERVACIÓN.

**Abstrac ID 404**

## THE ITALIAN GEOSITE INVENTORY: A USEFUL TOOL FOR KNOWLEDGE, PROMOTION AND GEOCONSERVATION

**Brustia Elisa<sup>1</sup>, Garzarella Adele<sup>1</sup>, Pompili Roberto<sup>1</sup>, Primerano Paolo<sup>1</sup>, Giuseppe Nerilli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ISPRA, Via Vitaliano Brancati, 48, Roma

<sup>2</sup>Giuseppe Nerilli, Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo

Email: elisa.brustia@isprambiente.it

### RESUMEN

La importancia de un Inventario de Geositios está vinculada principalmente a la creciente necesidad de conocer el patrimonio geológico dentro del territorio nacional con fines científicos, educativos y geoturísticos.

El ISPRA (Servicio Geológico de Italia), recopila información sobre los “geositios” desde principios de los años 2000. Fue impulsado por el deseo común de la comunidad geológica de aumentar el conocimiento del patrimonio geológico italiano. Actualmente, el Inventario de Geositios Italianos (ING) es una geodatabase pública publicada en el sitio web del ISPRA; su consulta es de acceso libre y está disponible toda la información sobre cada geosito.

También está disponible un visor de mapas, donde es posible buscar geositios en un área seleccionada. Una de las actividades más importantes llevadas a cabo por el ISPRA en colaboración con el Servicio Geológico Regional de Italia es un documento sobre “Criterios y Definición”; es una guía necesaria para evaluar correctamente cada geosito. Esta directriz se ha elaborado a partir de las europeas (Wimbledon et al., 1995) y contiene la definición de geosito, aclarando los términos “raro”, “representativo” y “ejemplificativo”. Sobre esta base, todos los geositios que se han recopilado en la primera fase de catalogación del Inventario de Geositios se encuentran en un proceso de revisión, todavía en curso.

Aunque algunas regiones italianas están avanzando hacia la introducción de leyes regionales, el patrimonio geológico italiano no está protegido actualmente por una ley nacional. Por este motivo, el Inventario podría ser una herramienta útil para la planificación territorial y la geoconservación.

Palabras clave: *geositios, geodatabase, servicio geologico, Ispra, patrimonio geológico*

### ABSTRACT

The importance of a Geosite Inventory is mainly linked to the growing need to know geoheritage within the national territory for scientific, educational and geotouristic purposes.

The ISPRA (Geological Survey of Italy), (ISPRA) collects information about “geosites” since the first 2000s. It was driven from the common desire of the geological community to increase the knowledge of the Italian geoheritage. Currently the Italian Geosite Inventory (ING) is a public geodatabase published on the ISPRA website, its consultation is free access and all the informations about each geosite are available.

A map viewer is also available, where is possible to search geosites in a selected area. One of the most important activities carried on by ISPRA in collaboration with the Geological Regional Survey of Italy is a document about “Criteria and Definition”; it’s a necessary guideline to evaluate correctly every geosite. This guideline is developed on the basis of the European ones (Wimbledon et al., 1995) and contains the definition of geosite, clarifying the terms “rare”, “representative” and “exemplificative”. On this basis, all the geosites that have been collected in the first phase of cataloguing of the Geosite Inventory are under a reviewing process, still in progress.

Although some Italian regions are moving towards the introduction of regional laws, Italian geoheritage is not now protected by a national one. For this reason, the Inventory could be a useful tool for territorial planning and geoconservation.

Key words: *geosites, geodatabase, geological service, Ispra, geological heritage*

# LOS GEOPARQUES ITALIANOS Y LA VALORIZACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO: BUENAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN Y GEOTURISMO

*Abstrac ID 405*

ITALIAN GEOPARKS AND THE VALORISATION OF GEOLOGICAL HERITAGE: GOOD CONSERVATION AND GEOTOURISM PRACTICES

**Garzarella Adele<sup>1</sup>, Brustia Elisa<sup>1</sup>, Giuseppe Nerilli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ISPRA, Via Vitaliano Brancati, 48, Roma

<sup>2</sup>Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo

Email: [adele.garzarella@isprambiente.it](mailto:adele.garzarella@isprambiente.it)

## RESUMEN

La Red de Geoparques Italianos incluye once Geoparques distribuidos en todo el territorio nacional, desde los Alpes hasta la Sicilia más meridional. El creciente número en los últimos años demuestra cómo los gestores de áreas protegidas han comprendido la importancia de conservar la geodiversidad, definida como la madre silenciosa de la biodiversidad. La estrecha conexión entre la esfera litológica y biológica, y su preservación y valorización, permiten aplicar el enfoque holístico a la gestión de un territorio como lo requieren las Directrices de la UNESCO. El reconocimiento de la UNESCO promueve todas las acciones que conducen al apoyo activo de las microeconomías locales, a través, por ejemplo, de la preservación del patrimonio material e inmaterial, el desarrollo del geoturismo como motor económico, la activación de proyectos de inclusión que reduzcan también la brecha de género y aumenten los puestos de trabajo. La participación en conferencias y talleres internacionales y nacionales permite el intercambio de ideas y proyectos y la puesta en común de procesos virtuosos en colaboración con la población local. Los Geoparques italianos contienen un patrimonio geológico diversificado y difundido en todo el país que, gracias a la Red Global de Geoparques (GGN), está ganando visibilidad e importancia. La comparación, el intercambio, la participación en proyectos conjuntos, la difusión y divulgación de los contenidos de la actividad de un Geoparque entre la población contribuyen a promover el proceso "de abajo a arriba" que aumenta la conciencia de los ciudadanos de ser parte integrante de su propio territorio. Esto puede reforzarse aún más con la organización de cursos para administradores y operadores de centros de visitas turísticas, proyectos de educación ambiental para escuelas, la formación de actores interesados y administradores locales.

Palabras clave: *Geoparques, UNESCO, servicio geológico, Ispra, patrimonio geológico*

## ABSTRACT

The Italian Geopark Network includes eleven Geoparks across the entire national territory, from the Alps to the most southern Sicily. The growing number in recent years demonstrates how the managers of protected areas have understood the importance of conserving the geodiversity, defined as the silent mother of the biodiversity. The close connection between the lithological and the biological sphere, and their preservation and valorisation, allow to apply the holistic approach to the management of a territory as required by the UNESCO Guidelines. UNESCO recognition promotes all those actions which lead to active support of local micro-economies, through, for example, the preservation of tangible and intangible heritage, the development of geotourism as an economic driving force, the activation of inclusion projects also reducing the gender gap and increasing new job positions. Participation in international and national conferences and workshops allows for the exchange of ideas and projects and the sharing of virtuous processes in collaboration with the local population. Italian Geoparks contain a diversified and widespread geological heritage throughout the country which, thanks to the Global Geopark Network (GGN), is gaining visibility and importance. Comparison, exchange, participation in joint projects, diffusion and dissemination of the contents of a Geopark's activity to the population, contribute to promoting the "bottom-up" process which increases citizens' awareness in being an integral part of their own territory. This can be further strengthened with the organization of courses for managers and operators of tourist visit centres, environmental education projects for schools, the training of stakeholders and local administrators.

Key words: Geoparks, UNESCO, geological service, Ispra, geological heritage.

# 73 SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO DE IBEROAMÉRICA AVALADOS POR ASGMI: YACIMIENTO PALEOMASTOZOOLÓGICO DEL PLEISTOCENO EN CHIVACABÉ, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, GUATEMALA Y SECUENCIA OFIOLÍTICA Y MELANGES DE SERPENTINITAS DE LA PLACA CARIBE EN GUATEMALA

*Abstrac ID 406*

73 SITES OF GEOLOGICAL INTEREST IN IBEROAMERICA ENDORSED BY ASGMI: PALEOMASTOZOOLICAL SITE OF THE PLEISTOCENE IN CHIVACABÉ, DEPARTMENT OF HUEHUETENANGO, GUATEMALA AND OPHIOLITIC SEQUENCE AND MELANGES OF SERPENTINITES OF THE CARIBBEAN PLATE IN GUATEMALA

**Jaime Requena<sup>1</sup>, Luciano López<sup>1</sup> y Sergio David Morán<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Asociación Guatemalteca de Geociencias Ambientales (ASGA)

<sup>2</sup>Carrera de Geología (USAC-CUNOR)

## RESUMEN

En 2017 la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericana creó el Grupo de Expertos de Patrimonio Geológico con la misión de elaborar una metodología de trabajo para el Inventario de Lugares de Interés Geológico aplicable por los servicios geológicos miembros de la Asociación. Este grupo inició labores bajo la coordinación de la Dra. Marcela Gómez (Servicio Geológico de Colombia), con el apoyo del Dr. Luis Carcavilla (Instituto Geológico y Minero de España), y el Dr. Fernando Miranda (Servicio Geológico y Minero de Argentina).

La principal misión de este proyecto es la realización de estudios de caracterización del patrimonio geológico y de contextos geológicos con interés patrimonial. Así mismo, el grupo busca ser un referente internacional en lo relativo al inventario, caracterización, protección y puesta en valor del patrimonio geológico y paleontológico, como base para el desarrollo económico y social, especialmente en los países iberoamericanos.

Debido al contexto tectónico Guatemala posee una diversidad geológica espectacular con paisajes únicos en el mundo. Para contribuir a la conservación y la promoción del geo-patrimonio en el país, se han propuesto dos sitios de interés geológico en el país, los cuales se presentarán junto a otros sitios de interés geológico ubicados en 16 países de Iberoamérica, siendo un total de 73 geo-sitios recopilados en un libro publicado en formato digital e impreso por parte de ASGMI, titulado como "Sitios de Interés Geológico de Iberoamérica", el cual busca ser una ventana al pasado geológico e invita a explorar y valorar el patrimonio geológico.

El primer sitio es el parque Prehistórico de Cazadores Recolectores TTZI'KAB'E', se ubica en Chivacabé, departamento de Huehuetenango, al noroeste de Guatemala. Es uno de los pocos yacimientos paleomastozoológicos reportados en Guatemala, se encuentra inmerso en el accidentado relieve de los Altos Cuchumatanes, cubierto por sucesiones estratigráficas consideradas de origen aluvial y coluvial de arenas finas a levemente arcillosas y paleosuelos intercalados con algunos guijarros ígneos y capas de suelo bien formadas, las cuales rellenan un valle considerablemente plano que está rodeado por zonas de pendientes con inclinaciones considerables.

Descubierto en 1976 por la familia Villatoro, propietaria del terreno y excavado por primera vez en 1977 por el arqueólogo Dr. Herbert Alexander. Con base en las dataciones realizadas utilizando radiocarbono, se definió que la megafauna de Chivacabé data entre 15 700 y 12 920 años (Pleistoceno tardío). Las taxonomías reportadas para este yacimiento son: Cuvieronius hyodon, Odocoileus sp, Glyptotherium sp., Equus sp.

Este yacimiento es fundamental para el estudio del Gran Intercambio Biótico Americano, los canales migratorios durante este evento faunístico y los paleoambientes existentes derivados de la unión de las masas continentales de América del Norte con América del Sur, a través del levantamiento del terreno por la configuración tectónica regional. El segundo sitio es la secuencia ofiolítica y melanges de serpentinitas de la placa Caribe en Guatemala, ubicado en las cercanías del Puente Las Cabezas sobre la ruta al Atlántico, en el kilómetro 50 (Sanarate, El Progreso), específicamente en la aldea Las Cabezas, donde afloran las lavas en almohadilla en el río y los cortes de carretera. Se han identificado en Guatemala 5 grandes cuerpos ofiolíticos que se denominaron: Baja Verapaz, Sierra Santa Cruz, Juan de Paz, Motagua del Norte y Motagua del Sur, cabalgados sobre el Bloque Maya y Chortis.

La Zona de Sutura Motagua representa actualmente el margen noroeste de la Placa Caribe en Guatemala y contiene una parte del límite de placas Norteamérica-Caribe, constituida por extensos cinturones deformados producto de varios episodios compresionales iniciados durante el Cretácico, posteriormente afectados por tectónica tensional y desplazamiento lateral.

La unidad Motagua Sur consiste en peridotitas del manto serpentinizadas y gabros foliados, seguidos por una secuencia gruesa de basaltos en almohadilla (pillow lavas) con afinidad con dorsales medio oceánicas, cherts con radiolarios, metasiltilas y metarenitas intercaladas con lavas basálticas. El techo de la secuencia está representado por mármoles y metacalcarenitas alternadas con filitas (Cretácico Superior, Fm. Cerro de la Virgen).

La unidad Motagua Sur aflora al sur del Río Motagua y está limitada al norte por la Falla de Cabañas y varias escamas tectónicas se emplazan al sur sobre el basamento continental del Bloque Chortís (Grupo Las Ovejas y Fm. Filitas San Diego). La unidad Motagua Sur es sobreyacida discordantemente por la Fm. Subinal, rocas volcánicas calco alcalinas (Terciarias) y sedimentos aluviales.

Se ha interpretado la Zona de Sutura del Motagua como el resultado de una única colisión progresiva entre un arco de islas intra oceánico pegado al Bloque Chortís continental, y un margen pasivo representado por el Bloque Maya, a lo largo de un sistema sinistral transpresivo en una cuenca oceánica proto-caribeña. Sin embargo, para este escenario geodinámico se han propuestos múltiples eventos tectónicos debido a las numerosas edades metamórficas encontradas y a los patrones Presión/Temperatura registrados en rocas de alta presión y baja temperatura a ambos lados de la Zona de Falla del Motagua. Los estudios sobre el melange de serpentinitas y los cuerpos metavolcánicos sugieren procesos de subducción, acreción, colisión y exhumación. Por lo tanto, se considera a la Zona de Falla del Motagua como un increíble laboratorio natural de clase mundial.

## SESIÓN 5

# Cartografía



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA Y TEXTURAS PRESENTES EN LOS BASALTOS Y KOMATIITAS DEL COMPLEJO DE NICOYA, ABANGARES, GUANACASTE, COSTA RICA

*Abstrac ID 501*

PETROGRAPHIC DESCRIPTION AND TEXTURES PRESENT IN THE BASALTS AND KOMATIITES OF THE NICOYA COMPLEX, ABANGARES, GUANACASTE, COSTA RICA

**Arelys Sánchez<sup>1</sup>, Gabriela Palma<sup>2</sup>, Daniel Cascante<sup>3</sup>, Silvia Jiménez<sup>4</sup>, Daniel Vargas<sup>5</sup>, Wilmer Mora<sup>6</sup> & Federico Rivera Flores<sup>7</sup>**

Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

Email: [jose.riveraflores@ucr.ac.cr](mailto:jose.riveraflores@ucr.ac.cr)

## RESUMEN

En Colorado de Abangares, Guanacaste, afloran rocas de composición basáltica y komatiítica asociadas al complejo ígneo denominado Complejo de Nicoya. Los basaltos se describen como rocas hipocristalinas porfiríticas de grano fino, con fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno y ocasional olivino. La matriz de los basaltos consiste en agregados microcristalinos de plagioclasa, clinopiroxeno y olivino, con opacos de textura esquelética. Esta textura se asocia con los basaltos en almohadilla de corteza oceánica que pertenecen al CLIP (*Caribbean Large Igneous Province*).

Por su parte, las komatiitas son rocas hipocristalinas altamente meteorizadas, con fenocristales de olivino y espinela; con una alteración abundante a serpentina y clorita. Las muestras del sector de Colorado presentan textura spinifex de orientación aleatoria, así como en el sector de Tortugal se observan fenocristales de grano grueso (mayor a 5 mm) de olivino, algunos con textura en malla, que se describen como las zonas basales de cúmulos de olivino en las coladas komatiíticas. Las texturas observadas en las muestras se asocian a facies basales e intermedias de coladas descritas en otros sitios como en la isla Gorgona, Colombia. La ausencia de texturas spinifex orientadas y otras texturas asociadas a las facies superiores de una colada de komatiita en las muestras indica que el sector superior de esta unidad no aflora debido a la meteorización y su posterior erosión de la zona.

Palabras clave: *basalto, komatiita, olivino, petrografía, spinifex.*

## ABSTRACT

In Colorado de Abangares, Guanacaste, basaltic and komatiitic rocks associated with the igneous complex known as the Nicoya Complex outcrop. The basalts are described as fine-grained hypocrySTALLINE porphyritic rocks with phenocrysts of plagioclase, clinopyroxene, and occasional olivine. The basalt matrix consists of microcrystalline aggregates of plagioclase, clinopyroxene, and olivine, with opaque minerals exhibiting skeletal textures. This texture is associated with pillow basalts from oceanic crust belonging to the CLIP (*Caribbean Large Igneous Province*).

On the other hand, the komatiites are highly weathered hypocrySTALLINE rocks with phenocrysts of olivine and spinel, exhibiting abundant alteration to serpentine and chlorite. Samples from the Colorado area present randomly oriented spinifex texture, while in the Tortugal area, coarse-grained (greater than 5 mm) olivine phenocrysts are observed, some with mesh textures, which are described as the basal zones of olivine cumulates in komatiitic flows. The textures observed in the samples are associated with basal and intermediate facies of flows described in other locations, such as Gorgona Island, Colombia. The absence of oriented spinifex textures and other textures associated with the upper facies of a komatiite flow in the samples indicates that the upper sector of this unit does not outcrop due to weathering and subsequent erosion of the area.

Key words: basalt, komatiite, olivine, petrography, spinifex.

# ANÁLISIS COMPOSICIONAL PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES ÍGNEOS DE LA FORMACIÓN SURETKA, LIMÓN SUR, COSTA RICA

*Abstrac ID 502*

COMPOSITIONAL ANALYSIS AND ATYPICALITY INDEX STUDY FOR THE CLASSIFICATION OF IGNEOUS ROCKS IN THE SURETKA FORMATION, LIMÓN, COSTA RICA.

**Federico Rivera Flores<sup>1</sup>, Pilar Madrigal<sup>2</sup>, Guaria Cárdenes<sup>3</sup> & Maximiliano Garnier<sup>4</sup>**

Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

Email: [jose.riveraflores@ucr.ac.cr](mailto:jose.riveraflores@ucr.ac.cr); [mariadelpilar.madrigal@ucr.ac.cr](mailto:mariadelpilar.madrigal@ucr.ac.cr); [guaria.cardenes@ucr.ac.cr](mailto:guaria.cardenes@ucr.ac.cr); [maximiliano.garniervillarreal@ucr.ac.cr](mailto:maximiliano.garniervillarreal@ucr.ac.cr)

## RESUMEN

La Formación Suretka es un conglomerado polimíctico de edad Plioceno – reciente, depositado en la cuenca Limón Sur, cuyo origen se atribuye al rápido levantamiento y erosión de la cordillera de Talamanca, en el sureste de Costa Rica. Con el fin de caracterizar las variaciones espaciales de aporte de materiales al conglomerado, se recolectaron 56 muestras representativas de bloques en tres localidades (Valle de Talamanca, Reserva Biológica Hitoy Cerere y Turrialba), para análisis petrográfico y comparación con las litologías aflorantes descritas en Talamanca. Se realizó un análisis composicional utilizando un índice de atipicidad, que compara las muestras recolectadas con la composición reportada para litologías de referencia. Este índice oscila entre 0 y 1: cuanto más se acerca a 1, más atípica es la composición dada, y se toma como norma que un índice de atipicidad mayor a 0,9 significa que la muestra no presenta una composición representativa de la unidad de referencia. Los resultados permiten identificar 33 muestras de lavas y 5 muestras de intrusivos descritos en la cordillera de Talamanca. También se encontraron muestras como tobas indiferenciadas, dacitas, andesitas y basaltos que mineralógicamente se asocian con la actividad volcánica postintrusivo del arco volcánico de Talamanca, pero que previamente no habían sido descritas en Talamanca. En Turrialba predominan materiales de vulcanismo post intrusivo, en Hitoy Cerere andesitas de edad Mioceno y en el Valle de Talamanca se observa el aporte más variado, con bloques de intrusivos y materiales de los arcos volcánicos del Mioceno y Plio-Pleistoceno.

Palabras clave: *análisis composicional, conglomerado, Cordillera de Talamanca, índice de atipicidad, petrografía.*

Key words: Atypicality Index, compositional analysis, conglomerate, petrography, Talamanca Mountain Range.

# CLASIFICACION GEOMECHANICA DEL MACIZO ROCOSO DEL YACIMIENTO DE SAN LORENZO CON METODOLOGIA Q BARTON Y RMR

*Abstrac ID 503*

## GEOMECHANICAL CLASSIFICATION OF THE ROCK MASS OF THE SAN LORENZO DEPOSIT WITH Q BARTON AND RMR METHODOLOGY

**Melissa Madrigal<sup>1</sup>, Federico Leandro<sup>2</sup>, Pablo Morales<sup>3</sup> & Kenneth Montero<sup>4</sup>**

1: Terrasun Resources

2: Compañía Río Minerales

Email: [amelissageol@gmail.com](mailto:amelissageol@gmail.com); [fedeleandroc@gmail.com](mailto:fedeleandroc@gmail.com); [kmontero@riomin.com](mailto:kmontero@riomin.com)

### RESUMEN

El yacimiento de oro San Lorenzo ubicado en Miramar de Puntarenas, es un yacimiento epitermal de baja sulfuración. La exploración de este yacimiento consta de 12 perforaciones diamantinas de 2472 m, realizada en 1998.

Basado en el logueo realizado se analizó la caracterización geomecánica del macizo rocoso del yacimiento de San Lorenzo, utilizando las metodologías Q de Barton y RMR. La investigación tiene como objetivo evaluar la estabilidad y calidad del macizo rocoso para optimizar las prácticas de desarrollo minero y reducir riesgos asociados.

Las 3 fallas principales, la Falla Liz, la Falla San Lorenzo y la Falla 140, definen los 3 dominios estructurales. Los resultados obtenidos revelaron que las fallas son las zonas con calidades de roca clasificadas entre muy mala a mala, que se necesita un sostenimiento con marcos de madera o acero y paredes revestidas. Las zonas de vetas presentan calidades de muy malas a regulares, se debe tomar en cuenta para el método de extracción y para las vetas que no se van a extraer colocar el sostenimiento adecuado. Las rocas cajas (andesitas, basaltos y brechas) tienen buena calidad desde el punto de vista geomecánico. Por esta razón no es necesario soporte ni estabilización para la construcción de túneles, en ciertos sectores que presenta clasificación de mala calidad, esta zona se puede eludir para evitar el sostenimiento de estas áreas.

Palabras clave: *Modelado, geomecanica, RMR, Q Barton, yacimiento*

### ABSTRACT

The San Lorenzo gold deposit located in Miramar de Puntarenas, is a low sulfidation epithermal deposit. The exploration of this deposit consists of 12 diamond drill holes of 2472 m, carried out in 1998.

Based on the logging carried out, the geomechanical characterization of the rock mass of the San Lorenzo deposit was analyzed using Barton's Q and RMR methodologies. The research aims to evaluate the stability and quality of the rock mass in order to optimize mining development practices and reduce associated risks.

The 3 main faults, the Liz Fault, the San Lorenzo Fault and the 140 Fault, define the 3 structural domains. The results obtained revealed that the faults are the zones with rock qualities classified as very poor to poor, requiring support with timber or steel frames and lined walls. The vein zones present very poor to fair qualities, which must be taken into account for the extraction method and for the veins that are not going to be extracted to place adequate support. The box rocks (andesites, basalts and breccias) have good quality from the geomechanical point of view. For this reason it is not necessary support or stabilization for the construction of tunnels, in certain sectors that present poor quality classification, this zone can be avoided to avoid the support of these areas.

Key words: Modeling, geomechanics, RMR, Q Barton, reservoir.

## **ACTUALIZACIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA CARIBE SUR DE COSTA RICA**

*Abstrac ID 504*

UPDATE OF THE GEOLOGIC MAP OF THE SOUTHERN CARIBBEAN BASIN OF COSTA RICA

**Luis David Jara Díaz<sup>1</sup>, Evelyn Rodríguez Coto<sup>2</sup>, Sofia Huapaya Rodríguez Parra<sup>3</sup>, Martin Rojas Barrantes<sup>4</sup>, German González Marín<sup>5</sup>, Christian Vargas Bolaños<sup>6</sup>**

Dirección de Geología y Minas-Ministerio de Ambiente y Energía, San José, Costa Rica

Email: [ljara@minae.go.cr](mailto:ljara@minae.go.cr)

### **RESUMEN**

La Cuenca Caribe Sur de Costa Rica es una cuenca sin-orogénica de tras-arco relacionada a la evolución tectónica del cinturón deformado de Panamá, la fase tectónica compresiva del Mioceno Superior y el emplazamiento del intrusivo de la cordillera de Talamanca, lo que provocó fallas inversas de alto ángulo y plegamientos asociados, favoreciendo el levantamiento de una parte de la cuenca asociada a la evolución del arco de islas y contribuyendo con la progradación de sedimentos deltaicos provenientes de la erosión de rocas preexistentes en áreas internas de la cuenca y de la plataforma. Fue objeto de estudio en el pasado, principalmente por la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), la cual durante las décadas de los años 50 hasta los 90 realizó varias campañas para la exploración de hidrocarburos, elaborando una compilación de las hojas 1:50 000.

La Dirección de Geología y Minas (DGM) según el artículo 97 inciso 6 de la Ley 6797 del Código de Minería, tiene la función de elaborar el mapa geológico de Costa Rica, y actualmente desarrolla el programa cartográfico del Mapa Geológico de Costa Rica a escala 1:50 000. Como parte de este programa, a partir del año 2019 el Departamento de Investigación de la DGM realiza 3 campañas geológicas con el objetivo de actualizar y oficializar la geología de la cuenca Caribe Sur.

A la fecha se ha realizado el levantamiento geológico de 5 hojas topográficas a escala 1:50 000; cada hoja tiene un área promedio de 505 Km<sup>2</sup>. Se han publicado los mapas geológicos de las hojas San Andrés y Sixaola, ambas a escala 1:50 000, con sus respectivos folletos explicativos. Un mapa está en proceso de edición (Hoja Amubri), y 2 mapas en procesamiento de datos de campo y revisiones (Hojas Cahuita y Estrella).

Los estudios han dado como resultado la corroboración y actualización de la secuencia vertical y horizontal de los sedimentos, los cuales comienzan para la zona de estudio desde el Mioceno Superior con rocas sedimentarias de plataforma continental silicoclástica, heterolítica interna y externa de la Formación Uscari; sedimentos de estuarios, bahías y sedimentos asociados a abanicos deltaicos (fan delta) propios de la Fm. Río Banano durante el Plioceno; depósitos de abanicos aluviales que se originaron durante el Plioceno y que se extendieron hasta la totalidad del Pleistoceno, representado por facies proximales hasta distales de conglomerados de la Formación Suretka y finalmente los depósitos recientes del Holoceno representados por rocas formadas a partir de sedimentos terrígenos, depositados en ambientes marginal marinos y marinos, asociados a la última regresión oceánica y al relleno final de la cuenca de Limón Sur.

Parte de los resultados con base en los análisis de laboratorio de las muestras de roca, permiten identificar un diacronismo de las formaciones Río Banano y Uscari (Mioceno Superior – Plioceno Inferior) probablemente relacionado al proceso de regresión - transgresión marina, así como al levantamiento cortical de la corteza y subsidencia local; además, la definición de la Formación Uscari en algunas zonas donde no se había identificado como tal, con base en dataciones bioestratigráficas.

**UNA DÉCADA DE CARTOGRAFÍA SISTEMÁTICA OFICIAL EN COSTA RICA -  
APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS Y ESTÁNDARES, MAPA GEOLÓGICO  
ESCALA 1:50 000  
*Abstrac ID 505***

A DECADE OF OFFICIAL SYSTEMATIC CARTOGRAPHY IN COSTA RICA - APPLICATION OF GUIDELINES  
AND STANDARDS, GEOLOGIC MAP SCALE 1:50 000

**Christian Vargas Bolaños<sup>1</sup>**

Dirección de Geología y Minas-Ministerio de Ambiente y Energía, San José, Costa Rica

Email: [cvargas@minae.go.cr](mailto:cvargas@minae.go.cr)

**RESUMEN**

Los lineamientos y estándares cartográficos para construir mapas Geológicos facilitan la generación de productos con mayor y mejor eficiencia, mejorando la distribución de los elementos en las plantillas a trabajar, el uso de leyendas, notaciones y simbologías más acordes según la escala nacional o regional en la que se trabaje, así como colores y tramas para cada roca que conforman la composición de unidades cronoestratigráficas.

Es debido a esta tendencia en la mejora constante para la producción de mapas oficiales con temática Geológica en escala 1:50 000 que en Costa Rica desde el año 2012 se le asigna esta tarea a la Dirección de Geología y Minas (DGM) adscrita al Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de generar lineamientos y estándares para el Mapa Geológico, esto incluye la edición y oficialización.

Actualmente para cumplir con esta encomienda el territorio costarricense se componen de 133 hojas cartográficas, de las cuales se han publicado a la fecha 32 y se está en proceso de construcción 7 esto es un equivalente al 24%, ya que cada hoja en escala 1:50 000 abarca una media de 505 km<sup>2</sup>.

Desde que se publicó la primera edición de los lineamientos y estándares para 2017, el material disponible se ha acompañado de una memoria explicativa donde se amplían las unidades geológicas encontradas para cada mapa, y el respaldo en el trabajo de campo planeado en la colecta de información y sistematización de una base de datos para los puntos de afloramiento que acompañan los resultados del proceso.

Actualmente se trabaja en una segunda edición de los lineamientos y estándares que incorporan nuevos colores en la paleta cronoestratigráfica, una actualización en geometría de símbolos (puntos, líneas, tramas de polígonos según textura de rocas), se agregaron nuevas nomenclaturas en la leyenda; además de una nueva codificación en colores y elementos de la simbología.

Finalmente, se espera generar conciencia en la comunidad científica centroamericana para que en un futuro cercano entre cada uno de los países que conforman la región se pueda llegar a un consenso para la aplicación de lineamientos de forma estandarizada en la generación de cartografía geológica, logrando con ello una mejor armonización entre los productos publicados y de uso científico.

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL CUADRÁNGULO EL CHOL A  
ESCALA 1:50 000, GUATEMALA**  
*Abstrac ID 506*

GEOLOGICAL MAPPING OF THE EL CHOL QUADRANGLE AT 1:50,000 SCALE, GUATEMALA

**Sergio David Morán Ical<sup>1</sup>**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología. Finca Sachamach, Cobán Alta Verapaz. Guatemala<sup>1</sup>

Email: [sergiomical@yahoo.com](mailto:sergiomical@yahoo.com)

**RESUMEN**

Varias estructuras de tendencia E-W con morfología no tan evidentes se encuentran paralelas tanto al norte y sur al sistema de falla del Motagua (ZFM) y marcar importantes límites litológicos. Los límites de estos bloques litológicos parecen acomodarse o seguir una configuración arqueada de arco abierto al norte, como el arreglo más notorio tanto al norte de la zona de falla de Cuilco-Chixoy-Polochic (ZFP) y las que quedan encerradas dentro de ambas zonas de falla, como el contexto en la que se ubica y cubre el cuadrángulo El Chol de  $\pm 497 \text{ km}^2$ .

Se han reconocido por lo menos seis bloques litológicos al sur de la zona de cizalla de baja Verapaz y dentro de la zona del Motagua. Una compuesta por el Complejo Chuacús, formada por gneis migmatítico y eclogita (Chgme), gneis cuarzo feldespático (Chgcf), gneis biotítico (gb), junto a un intervalo compuesto de esquistos con granate, cuarcitas y mármoles (Checm), esto evidenciando metamorfismo retrogrado. Otra división comprende los cuerpos de peridotitas serpentinizadas o serpentinitas. Este bloque se ha subdividido en dos: una que frecuentemente posee bloques de anfibolita, y otra que aparecen asociadas con bloque de jadeíta y esquistos azules dentro una matriz de serpentinita, pertenecientes al Complejo El Tambor, que se expone a lo largo del río Motagua. Cuerpos aislados de caliza con chert con foraminíferos, junto a filitas a pizarras, son encontrados al sur del cuadrángulo. Así mismo, una secuencia de lutitas a pizarras con mayor frecuencia de niveles de caliza, adjudicadas a la unidad Cerro la Virgen. Por otra parte, existe afloramiento compuesto por arenisca, conglomerados y capas rojas (Formación Subinal), aflorando mayormente tanto al este como oeste del cuadrángulo El Chol. El último comprende depósitos volcánicos, tales como flujos de lava, tobas y material piroclástico.

Los planos de foliación, predominantemente se encuentran orientación media de N60W/55SW, formando parte de pliegues isoclinales, presentando pliegues superpuestos de tipo 3, donde sus flancos o ejes presentan una dispersión espacial variada.

Palabras clave: *Cuadrángulo El Chol, Complejo Chuacús, Complejo El Tambor, Caliza Cerro la Virgen y capas rojas.*

# **CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL CUADRÁNGULO GRANADOS A ESCALA 1:50,000, GUATEMALA**

**Abstrac ID 507**

GEOLOGICAL MAPPING OF THE GRANADOS QUADRANGLE AT A SCALE OF 1:50,000, GUATEMALA

**Jaime Requena<sup>1</sup>, Sergio Morán<sup>2</sup>, Luis Chiquín<sup>3</sup>**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología

Finca Sachamach, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala

Email: [katmical@gmail.com](mailto:katmical@gmail.com)

## **RESUMEN**

Este informe presenta la información compilada en 2001, cuyo proyecto fue financiado por la Dirección General de Investigación (DIGI) de la Universidad de San Carlos de Guatemala; e incluye las actualizaciones a la fecha. La Zona de Falla del Motagua (ZFM) define una sutura cuya expresión es el valle del Motagua, a lo largo de la cual los bloques Maya y Chortís con diferentes historias geológicas están ahora unidos. Al Norte de la zona, en el cuadrángulo Granados, las montañas de la Sierra de Chuacús están compuestas de un complejo de rocas metasedimentarias y metaintrusivas denominadas Complejo Chuacús, el que fue subdividido en seis unidades litoestratigráficas de carácter informal: Gneis feldespático, Gneis migmatítico-anfibolita, Gneis cuarzo-feldespático, Esquistos Granatíferos, Gneis cuarzo-feldespático-biotita y Gneis de cuarzo-mica (del Bloque Maya), del Paleozoico inferior o más antiguas. Al Sur de la ZFM se mapearon Filitas, que representan metasedimentos del Complejo El Tambor, que ha sido atribuido al Cretácico Superior. La parte central de la ZFM está representada por rocas del complejo ofiolítico del Complejo El Tambor, que formaron parte de un océano que dividía a los bloques Maya y Chortís. Las rocas de este complejo son peridotitas serpentinizadas, pillow lavas, chert radiolarico?, lutitas y calizas fosilíferas, las cuales han sido atribuidas tentativamente al Cretácico Superior. Pero, durante la colisión Cretácico/Terciario, estas rocas cabalgaron tanto al Norte como al Sur. Esta colisión, también produjo metamorfismo en las rocas preexistentes, como se observa en la unidad de esquistos granatíferos, cuyos granates están parcialmente sustituidos por clorita, evidenciando un metamorfismo retrógrado. Además, hubo fusión parcial de rocas preexistentes, lo cual generó una serie de intrusivos, como el Granito Tres Sábanas (plutón San Pedro Ayampuc), de edad Cretácico/Terciario. Posteriormente, el área en estudio principió a emerger y los procesos de erosivos dieron origen a los sedimentos que conforman la Formación Subinal. La actividad volcánica Terciaria/Cuaternaria, también produjo material que cubrió ampliamente la zona estudiada. Finalmente, Aluviones y Coluviones son los depósitos Cuaternarios que afloran en el área estudiada. La historia estructural de las rocas metamórficas del Complejo Chuacús involucra varias fases, evidenciada por la sobreimpresión de pliegues en afloramientos aislados de la esquina noreste del cuadrángulo, observándose en capas de cuarcitas, donde pliegues cerrados o apretados P1, cuya traza de la superficie axial Norte-Sur es S1, esta sobreimpreso el pliegue abierto P2, cuyas trazas de la superficie axial S2 se orienta Este-Oeste, con vergencia hacia el Norte e inmersión de sus ejes hacia el sureste. La complejidad tectónica de la zona hace sumamente difícil la reconstrucción de la sucesión estratigráfica. La definición en la sucesión de los cuerpos rocosos separados cartográficamente, presenta serias dificultades, debido a la deformación poliepisdica de las rocas, poca datación radiométrica y escasos estudios estructural detallados. Asimismo, los datos estructurales revelan, a pesar de toda la complejidad expresada, la existencia de una dirección de paleoesfuerzo. El análisis de las fallas, define dos direcciones de compresión: N10E y N45E. Las fallas normales orientadas tanto al NE-SW, pueden corresponder a zonas de transtensión o al fallamiento normal que se da a lo largo de las charnelas de los pliegues. Por otro lado, las fallas inversas orientadas NW-SE pueden ser producto de transpresión que se generan a lo largo de ambientes transcurrentes. Entre los recursos minerales mapeados con condiciones económicas, identificamos cuarzo, pegmatitas de feldespato y granates; rocas ornamentales: peridotitas serpentinizadas (mármol verde), mármol, gneises, y calizas. Pero estos merecen más trabajos exploratorios, para determinar su potencial, lo cual redundará en beneficio de las comunidades que habitan en el cuadrángulo Granados.

Palabras clave: *geología, cartografía, Motagua, Granados, recursos.*

# **CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL CUADRÁNGULO SALAMÁ A ESCALA 1:50,000, GUATEMALA**

**Abstrac ID 508**

## **GEOLOGICAL MAPPING OF THE SALAMÁ QUADRANGLE AT A SCALE OF 1:50,000, GUATEMALA**

**Jaime Requena**

Carrera de Geología - Dirección General de Investigación Universidad de San Carlos de Guatemala

Email: jaimereq@gmail.com

### **RESUMEN**

Este informe contiene la información geológica recopilada durante la ejecución del proyecto "Geología del Cuadrángulo Salamá" el cual fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, durante 1999; e incluye las actualizaciones de varios autores. El cuadrángulo Salamá se localiza en la Cordillera Central de Guatemala, en el departamento de Baja Verapaz, entre las fallas transcurrentes Polochic y Motagua, que se consideran los límites actuales de las placas de América del Norte y Caribe. En esta zona la litología aflorante la constituyen 9 unidades: a) El Complejo Chuacús de pre-Silúrico o más antiguo, constituido de ortogneis, augen gneis, gneis biotita-plagioclasa y esquistos de muscovita-granate, mármoles-anfibolitas; b) Unidad San Gabriel del pre-Silúrico, constituida por rocas siliciclásticas levemente metamorfizadas; c) Suite Granítico Rabinal, calcoalcalino, de 462 – 453 Ma; d) el Grupo Santa Rosa del Mississippico, constituido por meta: calizas-areniscas-conglomerados y filitas-pizarras, agrupados en la Formaciones Sacapulas y Tactic; e) Formación Cobán (Miembro Superior) del Cenomaniano-Santoniano, constituido por wackstone y packstone fosilíferos; f) Ofolitas del Cretácico Superior, integradas por harzburgitas, lherzolitas, micro gabros, parcialmente serpentinizadas; g) Formación Sepur del Maastrichtiano, constituida por areniscas y lutitas turbidíticas; h) Depósitos Pomáceos Eólicos e i) Aluviones del Cuaternario. Las rocas del Complejo Chuacús muestran un patrón preferencial de foliación con rumbo E-W, cuyo último evento metamórfico se ha datado del Cretácico Superior, y ha sido relacionado a la colisión entre los bloques Maya y Chortís. Un fallamiento inverso pone en contacto al Complejo Chuacús sobre el Grupo Santa Rosa, aunque las rocas actualmente presentan lineaciones horizontales, posiblemente producto de una tectónica más reciente. El bajo grado metamórfico regional y de dislocación que presenta el Grupo Santa Rosa, es el responsable de elevar a este grupo a las subfacies de cuarzo-albita-muscovita-clorita de las facies de esquistos verdes. El fallamiento inverso, plegamiento isoclinal, inversión de las sucesiones estratigráficas Cretácicas y el cabalgamiento de las ofiolitas, ponen de manifiesto la intensa actividad tectónica que ha afectado el área estudiada.

Palabras clave: *geología, Salamá, geología estructural, recursos.*

### **ABSTRACT**

This report contains the geological information collected during the execution of the project "Geology of the Salamá Quadrangle" which was funded by the National Council of Science and Technology during 1999; and includes the updates of several authors. The Salamá quadrangle is located in the Central Mountain Range of Guatemala, in the Baja Verapaz department, between the Polochic and Motagua strike-slip faults, which are considered the current limits of the North American and Caribbean plates. In this area the outcropping lithology is made up of 9 units: a) The pre-Silurian or older Chuacús Complex, made up of orthogneiss, augen gneiss, biotite-plagioclase gneiss and muscovite -garnet schists, marbles-amphibolites; b) the pre-Silurian San Gabriel Unit, made up of slightly metamorphosed siliciclastic rocks; c) the Rabinal Granite Suite; calc-alkaline, from 462-453 Ma; d) the Santa Rosa Group of the Mississippian, consisting of meta: limestone-sandstone-conglomerates and phyllites-slates, grouped in the Sacapulas and Tactic Formations; e) Cobán Formation (Upper Member) of the Cenomanian-Santonian, consisting of fossiliferous wackstone and packstone; f) Ophiolites of the Upper Cretaceous, consisting of harzburgites, lherzolites, micro gabbros, partially serpentinized; g) Sepur Formation of the Maastrichtian, consisting of turbidite sandstones and lutites; h) Aeolian Pomaceous Deposits and i) Quaternary Alluvium. The rocks of the Chuacús Complex show a preferential EW-trending foliation pattern, whose last metamorphic event has been dated to the Upper Cretaceous, and has been related to the collision between the Maya and Chortís blocks. A reverse faulting puts the Chuacús Complex in contact with the Santa Rosa Group, although the rocks currently present horizontal lineations, possibly the product of more recent tectonics. The low regional metamorphic and dislocation grade presented by the Santa Rosa Group is responsible for elevating this group to the quartz-albite - muscovite -chlorite subfacies of the greenschist facies. The reverse faulting, isoclinal folding, inversion of the Cretaceous stratigraphic successions and the thrusting of the ophiolites reveal the intense tectonic activity that has affected the studied area.

Keywords : geology, Salamá, structural geology, resources.

# GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO EL PROGRESO

*Abstrac ID 509*

## GEOLOGY OF THE EL PROGRESO QUADRANGLE

**Mauricio Chiquin Yoj**

Carrera de Geología - Dirección General de Investigación Universidad de San Carlos de Guatemala

Email: [chiquin@inteln.net.gt](mailto:chiquin@inteln.net.gt)

### RESUMEN

Este informe contiene la información geológica recopilada durante la ejecución del proyecto "Cartografía Geológica del Cuadrángulo El Progreso"; este proyecto tuvo el apoyo del Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, durante el 2003. Entre los objetivos principales se encuentran: la caracterización y descripción de las unidades litológicas existentes en el cuadrángulo, la geología estructural, geología económica y algunas consideraciones de geología ambiental. Como producto de esta investigación, se reconocieron las siguientes diecinueve unidades litológicas: Gneis cuarzo-feldespático (Grupo Chuacús), Migmatitas (Grupo Chuacús), Granulita (Grupo Chuacús), Peridotita Serpentinizada (Grupo El Tambor), Anfibolita (Grupo El Tambor), Pizarra y filitas (Grupo El Tambor), Esquisto Micáceo (Grupo El Tambor), Mármol (Caliza Cerro de La Virgen), Caliza Cerro de La Virgen, Lavas Almohadilladas-Espilitas (Grupo El Tambor), Mélange, Diorita, Capas Palo Amontonado, Formación Subinal, Formación Guastatoya, Depósitos Volcánicos, Coluviones, y Aluvión. En este informe, basado en aspectos litológicos, químicos, y relaciones del campo, se sugiere que mucho de lo que ha sido considerado Grupo Chuacús, es de hecho, una sucesión gruesa de metasedimentos que incluye a un miembro de mármol; posiblemente una unidad alóctona asociada a ofiolitas. Otro hecho importante aquí establecido es la existencia de una asociación caótica de bloques ofiolíticos en una matriz pelágica y serpentinitica, llamado Mélange. La existencia de una asociación mineral de alta presión y baja temperatura en esta unidad hace pensar en la posibilidad de la existencia primitiva de un prisma de acreción. Muchos autores durante muchos años han reconocido esta asociación mineral y han pensado en estas rocas como inclusiones tectónicas en serpentinita, idea que podría ser equivocada. Con estos criterios, se reconoce la existencia de un cinturón metamórfico apareado, típico de zonas de la subducción: una de baja temperatura-alta presión, la asociación ofiolítica, y otra de presión baja, el Grupo de Chuacús. La geología estructural es muy compleja, considerando que en el cuadrángulo hay tres unidades tectónicas: el Bloque maya, la Motagua Sutura Zona, y el Bloque de Chortis; cada uno con historias de deformación diferentes, así como es su geología en general. Se reconocieron rocas y minerales de posible interés económico, para estos se señalaron ejemplos de afloramientos potenciales; existen materiales no metálicos y metálicos. Finalmente se presentan algunas consideraciones medioambientales, acerca de riesgos geológicos en el área. Éstos son sísmicos, deslizamientos, derrumbes, inundaciones y contaminación de agua. Este informe no pretende ser exhaustivo, ninguno es, sino recoger toda la información posible de campo y escrita sobre el cuadrángulo, poner algunas nuevas ideas con respecto a la geología de Zona de Sutura y ayudar en la comprensión de la geología regional. Para eso, es todavía necesario continuar con el estudio de otros cuadrángulos, como El Chol, San Jerónimo, Gualán, San Diego, como los ejemplos.

Palabras clave: *Atitlán, geología, El Progreso, geología estructural, geología económica.*

### ABSTRACT

This report contains de geologic information gathered during the execution of the project "Cartografía Geológica del Cuadrángulo El Progreso"; this project had the support of the Dirección General de Investigación of the San Carlos University in Guatemala, during 2003. Among the main objectives were the characterization and description of the different lithological units in the quadrangle, the structural geology, economic geology and some considerations of environmental geology. As product of this research, there were recognized the following nineteen lithological units: Quartz-feldspar gneis (Chuacús Group), Migmatites (Chuacús Group), Granulite (Chuacús Group), Serpentinized Peridotite (El Tambor Group), Amphibolite (El Tambor Group), Slate and phyllites (El Tambor Group), Mica Schist (El Tambor Group), Marble (Caliza Cerro de La Virgen), Cerro de La Virgen Limestone, Pillow Lavas, Espilites (El Tambor Group), Mélange, Diorite, Palo Amontonado Beds, Subinal Formation, Guastatoya Formation, Volcanic Deposits, Coluvions, Aluvions. In this report, due to lithological, chemical, and field relations, it is made the suggestion that much of what has been considered Chuacús Group, is indeed, a thick sequence of metasediments, which includes a marble member; a allocthonous unit associated to the ophiolites. Another important fact here stated is the existence of a chaotic assemblage of ophiolitic blocks in a pelagic and serpentinitic mass, called Mélange. The existence of a high pressure and low temperature mineral association in this unit suggest the possibility of the existence of a primitive accretion prism. Many authors have for many years recognized this mineral association and have thought of these rocks as tectonic inclusions in serpentinite, which could be wrong. With these criteria, it is recognized the existence of a paired metamorphic belt, typical of subduction zones: one of high pressure-low temperature, the ophiolitic association, and another of low pressure, the Chuacús Group. The structural geology is very complex, considering that in the quadrangle there are three tectonic units: the Mayan Block, the Motagua Suture Zone, and the Chortis Block; each with different deformation histories, so is their geology in general. There were recognized many rocks and minerals that could have economic interest, so they were described pointing out examples of outcrops; there are non metallic and metallic materials. Finally, there are some environmental considerations about geological hazards in the area. These are seismic, landslides, rock falling, floods and water contamination. This report does not mean to be exhaustive, none is, but gather all the field and written information about the quadrangle, put some new ideas regarding the Suture Zone geology and help in the understanding of the regional geology. For that, it is still necessary to continue with the study of other quadrangles, as El Chol, San Jerónimo, Gualán, San Diego, as examples.

Key words: geology, El Progreso, structural geology, economic geology.

# CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL CUADRÁNGULO SAN PEDRO AYAMPUC A ESCALA 1:50,000, GUATEMALA

*Abstrac ID 510*

## GEOLOGICAL MAPPING OF THE SAN PEDRO AYAMPUC QUADRANGLE AT A SCALE OF 1:50,000, GUATEMALA

**Jaime Requena, Alejandro Cacao**

Departamento de Geología y Minas, Cementos Progreso, S.A.

Email: [jaimereq@gmail.com](mailto:jaimereq@gmail.com)

### RESUMEN

En la década de los 90's hubo un intercambio de equipo e información científica entre Insivumeh y la Carrera de Geología de la Universidad de San Carlos de Guatemala; fue en esa ocasión en que conocimos el borrador del mapa de la Geología del Cuadrángulo San Pedro Ayampuc (SPA) no publicado por Montgomery Warren, quien desafortunadamente había fallecido. En seguimiento y actualización de dicho mapa presentamos estos resultados, con el objeto de enriquecer el conocimiento geológico de nuestro país. Guatemala está constituida por fragmentos de las placas tectónicas de América del Norte, Caribe y Cocos. La región central del país limitada por fallas transcurrentes Polochic-Motagua-Jocotán, actualmente se denomina Zona de Sutura de Guatemala (ZSG) ya que para su formación se han requerido múltiples eventos tectónicos (subducción, acreción, colisión, obducción y exhumación) que se han podido observar en las múltiples edades metamórficas y en los patrones de presión/temperatura registrados en las rocas de alta presión/baja temperatura. En este contexto, en el cuadrángulo SPA hemos mapeado: a) Complejo Las Ovejas (CLO) del Carbonífero-Jurásico, en una restringida distribución, constituido por rocas de alto grado metamórfico: gneiss, migmatitas, metasedimentos y metaígneas, muy deformadas; y b) Complejo El Tambor (CET) del Cretácico Superior-Jurásico en amplia distribución (25 % del área), constituido por metasedimentos y metabasaltos oceánicos, metacherts, mármol, anfibolitas, eclogitas en matriz de serpentinitas. Estas rocas son láminas tectónicas que cabalgan al CLO. Ambos Complejos forman el basamento de esta región; c) Filitas Agua Salóbrega del Cretácico Superior?, compuestas por una intercalación de filitas, calizas y grauwasas; d) Formación Cerro La Virgen del Cretácico Superior; compuesta de calizas (algunas con chert), dolomitas y siliciclásticos; e) Formación Átima (Grupo Yojoa) del Aptiano-Albiano, compuesta de calizas de aguas someras, andesitas, conglomerados y chert, constituyendo una secuencia vulcano-sedimentaria; f) Suite Granítico Tres Sábanas y Buena Vista, integrada por granitos y dioritas, datadas por K-Ar en 91 Ma., intruyendo a las anterior unidades de roca; g) Grupo Valle de Ángeles del Cretácico/Paleógeno, una secuencia de aguas someras de capas rojas de grano fino y conglomeráticas, además de calizas de aguas someras y conglomeráticas. Finalmente, todas estas unidades de roca están cubiertas por rocas de naturaleza volcánica (basaltos, andesitas, riolitas, cenizas volcánicas piroclásticas) producto de actividad volcánica reciente (Terciario-Cuaternario); y por Aluviones Cuaternarios. Las rocas volcánicas descritas son producto del segundo escenario geotectónico del país: subducción; el cual es responsable de crear el arco volcánica de América Central (CAVA) desde el Mioceno Temprano. La característica del vulcanismo silícico en Guatemala procede de la fusión de las rocas de basamento cristalino Paleozoicas o más antiguas del Bloque Chortís, de naturaleza continental.

Palabras clave: *geología, San Pedro Ayampuc, geología estructural, recursos.*

### ABSTRACT

In the 1990s, there was an exchange of equipment and scientific information between Insivumeh and the Geology Department of the University of San Carlos of Guatemala; it was on that occasion that we learned about the unpublished draft of the San Pedro Ayampuc Quadrangle (SPA) Geology map by Montgomery Warren, who unfortunately had passed away. In follow-up and updating of said map, we present these results, with the aim of enriching the geological knowledge of our country. Guatemala is made up of fragments of the North American, Caribbean and Cocos tectonic plates. The central region of the country, limited by the Polochic-Motagua-Jocotán strike-slip faults, is currently called the Guatemala Suture Zone (ZSG) since its formation required multiple tectonic events (subduction, accretion, collision, obduction and exhumation) that have been observed in the multiple metamorphic ages and in the pressure/temperature patterns recorded in the high pressure/low temperature rocks. In this context, in the SPA quadrangle a) Las Ovejas Complex (CLO) from the Carboniferous-Jurassic, in a restricted distribution, consisting of high grade metamorphic rocks: gneiss, migmatites, metasediments and metaigneous, very deformed; and b) El Tambor Complex (CET) from the Upper Cretaceous-Jurassic in wide distribution (25 % of the area), consisting of oceanic metasediments and metabasalts, metacherts, marble, amphibolites, eclogites in a serpentine matrix. These rocks are tectonic sheets that ride on the CLO. Both Complexes form the basement of this region; c) Agua Salóbrega Phyllites from the Upper Cretaceous?, composed of an intercalation of phyllites, limestones and greywackes; d) Cerro La Virgen Formation from the Upper Cretaceous; (e) Aptian-Albian Atima Formation (Yojoa Group), composed of shallow-water limestones, andesites, conglomerates and chert, constituting a volcano-sedimentary sequence; (f) Tres Sábanas and Buena Vista Granite Suite, composed of granites and diorites, dated by K-Ar at 91 Ma, intruding the previous rock units; (g) Valle de Ángeles Group, Cretaceous/Paleogene, a shallow-water sequence of fine-grained and conglomeratic red layers, as well as shallow-water and conglomeratic limestones. Finally, all these rock units are covered by volcanic rocks (basalts, andesites, rhyolites, pyroclastic volcanic ash) resulting from recent volcanic activity (Tertiary-Quaternary); and by Quaternary Alluvium. The volcanic rocks described are the product of the second geotectonic scenario of the country: subduction; which is responsible for creating the Central American Volcanic Arc (CAVA) since the Early Miocene. The characteristic of silicic volcanism in Guatemala comes from the fusion of the Paleozoic or older crystalline basement rocks of the Chortís Block, of continental nature.

Keywords: geology, San Pedro Ayampuc, structural geology, resources.

# GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL VOLCÁN CACHO NEGRO (COSTA RICA) Y SUS ENIGMAS TECTÓNICOS Y TERMALES

**Abstrac ID 511**

## GEOMORPHOLOGY AND GEOLOGY OF THE CACHO NEGRO VOLCANO (COSTA RICA) AND ITS TECTONIC AND THERMAL ENIGMAS

**Alejandro Argüello-Sáenz<sup>1,2</sup>, Gerardo J. Soto<sup>1,3</sup> & Andrés Ulloa<sup>1, 2</sup>**

1: Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

2: Centro Investigación en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica

3: Consultor geológico

Email: [alejandro.arguello@ucr.ac.cr](mailto:alejandro.arguello@ucr.ac.cr); [katomirodriguez@yahoo.com](mailto:katomirodriguez@yahoo.com); [andres.ulloa@ucr.ac.cr](mailto:andres.ulloa@ucr.ac.cr)

### RESUMEN

El volcán Cacho Negro es un estratovolcán relativamente desconocido ubicado en la vertiente norte del volcán Barva, provincia de Heredia, Costa Rica. Se encuentra emplazado dentro de una caldera de erosión que produjo los flujos piroclásticos de Tiribí hace 322 mil años. Este volcán se encuentra en el trasarco proximal y la relación con la caldera sugiere una edad menor a los 300 mil años. Pese a que este volcán es una estructura prominente y visible desde diferentes puntos clave de rutas nacionales, continúa siendo una de las formaciones volcánicas menos estudiadas y exploradas del país, debido a la densa jungla que lo rodea. Este trabajo presenta un análisis geomorfológico detallado del macizo a partir de una base cartografía a escala 1:10 000 y en un fotomapeo exhaustivo. El Cacho Negro se caracteriza por un cono desportillado hacia el NW, con un volumen de  $\sim 5.5 \text{ km}^3$ , de 6 km de diámetro en su base, con una altitud máxima de 2130 metros sobre el nivel del mar. El volcán se eleva unos 1000 metros por encima de su base noreste y 600 metros sobre su base occidental. Las pendientes de sus laderas promedian  $22^\circ$ , mientras que las zonas distales muestran inclinaciones entre  $10^\circ$  y  $15^\circ$ . El patrón de drenaje es predominantemente radial. Los alrededores del volcán presentan importante erosión, con cañones y barrancos profundos, así como cataratas reportadas que superan los 150 metros de altura, lo cual denota un alto grado de actividad fluvial y erosión en la zona. En términos geomorfológicos, se identificaron dos unidades principales: el Cacho Negro Viejo, con signos evidentes de erosión avanzada y laderas empinadas que alcanzan inclinaciones de hasta  $23^\circ$  en algunas zonas, y la unidad del Cacho Negro Nuevo, una unidad más reciente, caracterizada por flujos de lava más jóvenes, pendientes menos pronunciadas y menor disección erosiva. En el flanco sur del volcán se encuentran dos conos parásitos, Cachito 1 y Cachito 2, que se formaron durante fases eruptivas posteriores y tienen un volumen conjunto de  $1-6 \times 10^3 \text{ km}^3$ . Análisis geoquímicos previos de muestras rocosas revelan una composición de traquiandesitas basálticas. Aunque la región es de difícil acceso, algunos excursionistas expertos han reportado la presencia de aguas termales en el cañón central del volcán, así como varias cascadas, lo que sugiere un alto potencial para investigaciones futuras. La existencia de fallas neotectónicas que afectan el área y el cono refuerza la necesidad de un análisis geológico más profundo para comprender mejor los patrones tectónicos y termales asociados con esta estructura volcánica.

Palabras clave: *Geomorfología, vulcanología, Cacho Negro, Volcán Barva, Costa Rica.*

### ABSTRACT

Cacho Negro is a relatively unknown stratovolcano located on the northern slope of Barva Volcano, in the province of Heredia, Costa Rica. It is situated within an erosional caldera that produced the Tiribí pyroclastic flows 322,000 years ago. This volcano is in the proximal back-arc region, and its relationship with the caldera suggests an age of less than 300,000 years. Despite being a prominent structure visible from key points along national routes, it remains one of the least studied and explored volcanic formations in the country, mainly due to the dense jungle surrounding it. This work presents a detailed geomorphological analysis of the massif based on a 1:10,000 scale cartographic base and exhaustive photomapping. Cacho Negro is characterized by a breached cone towards the NW, with a volume of  $\sim 5.5 \text{ km}^3$ , a base diameter of 6 km, and a maximum altitude of 2,130 meters above sea level. The volcano rises approximately 1,000 meters above its northeastern base and 600 meters above its western base. The average slope of its flanks is  $22^\circ$ , while distal areas show inclinations between  $10^\circ$  and  $15^\circ$ . The drainage pattern is predominantly radial. The surrounding area shows significant erosion, with deep canyons and ravines, as well as waterfalls reported to exceed 150 meters in height, indicating a high degree of fluvial activity and erosion. In geomorphological terms, two main units were identified: the Old Cacho Negro, showing signs of advanced erosion and steep slopes reaching up to  $23^\circ$  in some areas, and the New Cacho Negro, a more recent unit characterized by younger lava flows, gentler slopes, and less erosional dissection. Two parasitic cones, Cachito 1 and Cachito 2, are located on the southern flank of the volcano, formed during later eruptive phases, with a combined volume of  $1-6 \times 10^3 \text{ km}^3$ . Previous geochemical analyses of rock samples reveal a composition of basaltic trachyandesites. Although the region is difficult to access, some experienced hikers have reported the presence of hot springs in the central canyon of the volcano, as well as several waterfalls, suggesting high potential for future investigations. The existence of neotectonic faults affecting the area and the cone underscores the need for a deeper geological analysis to better understand the tectonic and thermal patterns associated with this volcanic structure.

Key words: Geomorphology, volcanology, Cacho Negro, Barva Volcano, Costa Rica

# EL BASAMENTO PRECÁMBRICO DE GUATEMALA: UN ESTUDIO PETROGRÁFICO Y GEOCRONOLÓGICO EN ROCAS PERTENECIENTES AL COMPLEJO CHUACÚS Y RABINAL, AL OCCIDENTE DE CUBULCO, BAJA VERAPAZ

*Abstrac ID 512*

THE PRECAMBRIAN BASEMENT OF GUATEMALA: A PETROGRAPHIC AND GEOCHRONOLOGICAL STUDY IN ROCKS BELONGING TO THE CHUACUS AND RABINAL COMPLEX, WEST OF CUBULCO, BAJA VERAPAZ

**Helen Morán<sup>1,2</sup>, Roberto Maldonado<sup>3</sup>, Sergio Morán<sup>4</sup>**

1. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología.

2. Instituto de Investigaciones de Ingeniería, Matemática y Ciencias Físicas, Ine3. Universidad Mariano Gálvez de Guatemala.

3. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

Email: [helen.moran@umg.edu.gt](mailto:helen.moran@umg.edu.gt), [maldonadovr@gmail.com](mailto:maldonadovr@gmail.com), [moran.sergio@usac.edu.gt](mailto:moran.sergio@usac.edu.gt)

## RESUMEN

La región central de Guatemala está conformada por unidades plutónico-metamórficas que incluyen a los complejos Chuacús y Rabinal, que representan dos de los basamentos pre-mesozoicos más importantes de Guatemala. Estas rocas están siendo afectadas por la Zona de Cizalla de Baja Verapaz que es el límite aparente entre ambos complejos. Existen numerosos estudios petrológicos y geocronológicos sobre esta área, sin embargo, hacen falta estudios a detalle sobre el origen de estas unidades de basamento. Por ello, se llevó a cabo un estudio en los alrededores del municipio de Cubulco, Baja Verapaz, que incluyó cartografía, petrografía y geocronología de U-Pb en circón (LA-ICPMS), de muestras representativas, con el fin de conocer y describir las unidades aflorantes. Durante el trabajo de campo se observó que las unidades expuestas presentan grados metamórficos contrastantes y una deformación milonítica variable, principalmente al contacto entre ambos complejos. Se dataron dos muestras de gneiss granítico, una perteneciente al Complejo Chuacús en el área de Cubulco y otra colectada a partir de un xenolito dentro del Granito Rabinal. Los circones datados arrojaron una edad de cristalización de ca. 1.0 Ga, correlacionable con edades en rocas más al sur del Complejo Chuacús.

Palabras clave: *Deformación milonítica, Complejo Rabinal, Complejo Chuacús, Geocronología de U-Pb.*

## ABSTRACT

The central region of Guatemala is conformed by plutonic-metamorphic units that include the Chuacús and Rabinal complexes, which represent two of the most important pre-Mesozoic basement of Guatemala. These rocks are being affected by the Baja Verapaz Shear Zone which is the apparent boundary between both complexes. There are numerous petrological and geochronological studies on this area, however, detailed studies on the origin of these basement units are lacking. Therefore, a study was carried out in the surroundings of the municipality of Cubulco, Baja Verapaz, which included mapping, petrography and U-Pb geochronology in zircon (LA-ICPMS), of representative samples, in order to know and describe the outcropping units. During the field work it was observed that the exposed units present contrasting metamorphic grades and variable mylonitic deformation, mainly at the contact between both complexes. Two samples of granitic gneiss were dated, one belonging to the Chuacús Complex in the Cubulco area and the other collected from a xenolith within the Rabinal Granite. The dated zircons yielded a crystallization age of ca. 1.0 Ga, correlatable with ages in rocks further south in the Chuacús Complex.

Key words: Mylonitic deformation, Rabinal Complex, Chuacús Complex, U-Pb geochronology.

# MAPAS GEOLÓGICOS DE LAS HOJAS TÉRRABA (3442 I) Y CHÁNGUENA (3542 IV) A ESCALA 1:50000, COSTA RICA

**Abstrac ID 513**

Geological maps of the Térraba (3442 I) and Chánguena (3542 IV) sheets at a scale of 1:50000, Costa Rica.

**Valentin Chesnel<sup>1,2,3</sup>, César Sequeira<sup>4</sup>, Jonathan Godínez<sup>5</sup>**

1: Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

2: Centro de Investigación en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica

3: Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica

Email: [valentin.chesnel@ucr.ac.cr](mailto:valentin.chesnel@ucr.ac.cr); [cesar.sequeira@ucr.ac.cr](mailto:cesar.sequeira@ucr.ac.cr); [jonathan.godinezvargas@ucr.ac.cr](mailto:jonathan.godinezvargas@ucr.ac.cr)

## RESUMEN

La Fila Costeña es un cinturón plegado y fallado que se extiende 150 km en dirección NW-SE, desde el río Savegre en Costa Rica hasta el río Chiriquí Viejo en Panamá. De las 14 hojas geográficas costarricenses a escala 1:50,000 que abarcan esta cadena montañosa, solo seis cuentan con un mapa geológico publicado. En las dos hojas aquí cartografiadas afloran cuatro formaciones sedimentarias: Fm. Fila de Cal (Eoceno-Oligoceno), Fm. Térraba (Oligoceno), Fm. Curré (Mioceno) y Fm. Paso Real (Plioceno-Pleistoceno). Rocas intrusivas de la Fm. Puerto Nuevo (Mioceno) afloran exclusivamente en la hoja Chánguena. La Fm. Fila de Cal, del Eoceno, está compuesta por calizas y margas someras a profundas depositadas en una plataforma continental, y aflora en ambas hojas. Las areniscas se encuentran principalmente en el noreste de la hoja Térraba y en el noroeste de Chánguena. El Oligoceno incluye calciturbiditas de la Fm. Fila de Cal (Miembro Palmar Sur-Coobó) intercaladas con turbiditas siliciclásticas distales de la Fm. Térraba. El Miembro Zapote-Lagarto (Aquitano-Burdigaliano) de la Fm. Curré está presente en ambas hojas, con depósitos turbidíticos y megaturbidíticos intercalados con lutitas. El Miembro Curré-Escuadra (¿Mioceno Medio-Superior?) aflora en el noreste de la hoja Chánguena y está compuesto por intercalaciones masivas de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados de ambiente somero. La Fm. Paso Real aflora en Chánguena con conglomerados fluviales gruesos. Se identificaron cuatro fallas inversas paralelas a la estratificación y pliegues asociados, tres fallas dextrales con rumbo N-S, y dos fallas sinestrales con rumbo SW-NE.

Palabras clave: *mapa geológico, Chánguena, Térraba, Fila Costeña, Costa Rica*

## ABSTRACT

The Fila Costeña is a fold-and-thrust belt that extends 150 km in a NW-SE direction, from the Savegre River in Costa Rica to the Chiriquí Viejo River in Panama. Of the 14 official quadrangles at a 1:50,000 scale that encompass this mountain range, only six have a published geological map. Four sedimentary formations outcrop in the two mapped quadrangles presented here: Fila de Cal Fm. (Eocene-Oligocene), Térraba Fm. (Oligocene), Curré Fm. (Miocene), and Paso Real Fm. (Pliocene-Pleistocene). Intrusive rocks from the Puerto Nuevo Fm. (Miocene) outcrop exclusively in the Chánguena quadrangle. The Fila de Cal Fm., from the Eocene, is composed of shallow to deep marine limestones and marls deposited in a continental platform, and it outcrops in both sheets. Sandstones are mainly found in the northeast of the Térraba sheet and the northwest of Chánguena. The Oligocene includes calciturbidites from the Fila de Cal Fm. (Palmar Sur-Coobó Member) interbedded with distal siliciclastic turbidites from the Térraba Fm. The Zapote-Lagarto Mb. (Aquitano-Burdigalian) of the Curré Fm. is present in both sheets, with turbiditic and megaturbiditic deposits interbedded with shales. The Curré-Escuadra Mb. (Middle-Upper Miocene?) outcrops in the northeast of the Chánguena sheet and consists of massive interbeddings of shales, siltstones, sandstones, and shallow marine conglomerates. The Paso Real Fm. outcrops in Chánguena with coarse fluvial conglomerates. Four thrust faults parallel to stratification with associated folds, three dextral faults trending N-S, and two sinistral faults trending SW-NE were identified.

Key words: *geologic map, Chánguena, Térraba, Fila Costeña, Costa Rica*

# ENSEÑANZA EXPERIENCIAL Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS: DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO A LA INTERPRETACIÓN DE LOS FENÓMENOS NATURALES. EL PROYECTO CASTES, UN EJEMPLO DE BUENAS PRÁCTICAS EN COOPERACIÓN INTERNACIONAL

**Abstrac ID 514**

EXPERIENTIAL TEACHING AND KNOWLEDGE TRANSFER: FROM FIELD RESEARCH TO INTERPRETATION OF NATURAL PHENOMENA. THE CASTES PROJECT, AN EXAMPLE OF GOOD PRACTICE IN INTERNATIONAL COOPERATION

**Sergio Calabrese<sup>1,2\*</sup>, Miguel Angel Hernández Martínez<sup>3</sup>, Christian Conoscenti<sup>1</sup>**

1. Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università degli Studi di Palermo, Via Archirafi 36, 90123 Palermo, Italy

2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sez. Palermo, Via Ugo La Malfa, 90 Palermo Italy

3. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Email: [sergio.calabrese@unipa.it](mailto:sergio.calabrese@unipa.it)

## RESUMEN

Hay muchas formas de transmitir información en el aula: conferencia, instrucción directa, recitación de libros de texto, aprendizaje cooperativo, método de debate, aprendizaje basado en problemas y método de descubrimiento, por mencionar algunas [1]. Algunos de estos métodos son más pasivos y otros más activos. El “Curso de monitoreo volcánico: la geoquímica de fluidos” celebrado en El Salvador en mayo de 2023 fue una oportunidad para experimentar una metodología de enseñanza activa con un enfoque de aprendizaje experiencial. El curso organizado en el marco del proyecto CASTES contó con la participación activa de seis profesores y seis alumnos de la Carrera de Geología de la Universidad de El Salvador. Comprendió 72 horas de actividades divididas en seminarios presenciales, ejercicios prácticos de campo y laboratorio, procesamiento de datos brutos e interpretación de resultados. Las actividades de campo se desarrollaron en los principales sistemas volcánicos activos del país: La Viejona, Cráter El Hoyón, Laguna de Alegría, Lago de Coatepeque, Cerro Pacho, San Salvador (Infiernillo), Santa Ana. Se adoptó el enfoque didáctico del aprendizaje experimental, que requiere la participación activa de los alumnos, así como del instructor, que actúa como facilitador del proceso de aprendizaje. Pretende ser una alternativa activa y dinámica a la enseñanza tradicional en el aula, que debe resultar interactiva y colaborativa para los participantes. El curso fue muy apreciado, y los resultados científicos producidos por el grupo de trabajo (profesores y estudiantes) se presentaron en el congreso internacional “Cities on Volcanoes 12” celebrado recientemente en Guatemala [2,3].

Palabras clave: *aprendizaje experimental; geoquímica de fluidos; volcanes activos.*

## ABSTRACT

There are multiple ways to deliver information in classroom settings: lecturing, direct instruction, textbook recitation, cooperative learning, discussion method, problem-based learning, and Discovery method to mention a few [1]. Some of these delivery methods are more passive and others are more active. The “Curso de monitoreo volcánico: la geoquímica de fluidos” held in El Salvador in May 2023 was an opportunity to experience an active teaching methodology with a learning-experiential approach. The course organised as part of the CASTES project actively involved six lecturers and six students from the University of El Salvador's Geology Course. It comprised 72 hours of activities divided into classroom seminars, practical field and laboratory exercises, processing of raw data and interpretation of results. Field activities took place on the country's main active volcanic systems: La Viejona, Cráter El Hoyón, Laguna de Alegría, Lago de Coatepeque, Cerro Pacho, San Salvador (Infiernillo), Santa Ana. The experiential learning didactic approach was adopted, which requires the active engagement of the students as well as the instructor who serves as the facilitator of the learning process. It is intended to be an active, dynamic alternative to traditional classroom instruction that should be interactive and collaborative for those involved. The course was highly appreciated, and the scientific results produced by the working group (professors and students) were presented at the international congress “Cities on Volcanoes 12” held recently in Guatemala [2,3].

Key words: *experiential learning; fluid geochemistry; active volcanoes.*

# CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y ESTRATIGRÁFICA DEL CERRO BLANCO, PITAL, SAN CARLOS, COSTA RICA

*Abstrac ID 515*

PETROGRAPHIC AND STRATIGRAPHIC CHARACTERIZATION OF CERRO BLANCO, PITAL, SAN CARLOS, COSTA RICA

**Arelys Sánchez<sup>1</sup>, Federico Rivera Flores<sup>2</sup> & Andrés Ulloa Carmiol<sup>3</sup>**

Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

Email: [arelys.sanchez@ucr.ac.cr](mailto:arelys.sanchez@ucr.ac.cr), [jose.riveraflores@ucr.ac.cr](mailto:jose.riveraflores@ucr.ac.cr), [andres.ulloa@ucr.ac.cr](mailto:andres.ulloa@ucr.ac.cr)

## RESUMEN

El Cerro Blanco se ubica en Pital, San Carlos, y consiste en un cerro relicto que preserva una secuencia volcanosedimentaria asociada al arco volcánico de Sarapiquí, que tuvo su actividad en el Mioceno (22,2 – 14,1 Ma). En la cima del Cerro se encuentra una colada de lava de composición basáltica subyacida por una secuencia de depósito de cenizas, en las que se observan varios pulsos eruptivos que presentan espesores entre 1,5 y 2 m, con gradación normal. En la base de los eventos eruptivos se observan bloques prismáticos angulares y subangulares de tamaño entre 30 y 50 cm, con una matriz vítrea entre los bloques compuesta por litoclastos angulares y ceniza, gradándose a depósitos laminares de ceniza cada vez más fina, con presencia de fragmentos de vidrio angular, fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno y ortopiroxeno altamente fracturado. En contacto directo con la colada de lava se observa una zona de metamorfismo de contacto, con variaciones texturales y mineralógicas. En el tope de la secuencia de materiales piroclásticos se ubica una cueva pequeña de 7m cuyo origen aún es debatido. El domo cuspidal consiste en basaltos con textura glomeroporfirítica, fenocristales abundantes y poca matriz. Se interpreta que el flujo de lava, pese a ser de composición basáltica, presenta una viscosidad alta debido al contenido de fenocristales.

Palabras clave: *cueva, cerro relicto, domo basáltico, flujo de bloques y cenizas, petrografía.*

## ABSTRACT

Cerro Blanco is located in Pital, San Carlos, and consists of a relict hill that preserves a volcanosedimentary sequence associated with the Sarapiquí volcanic arc, which was active during the Miocene (22.2 – 14.1 Ma). At the summit of the hill, there is a basaltic lava flow underlain by a sequence of ash deposits, where several eruptive pulses with thicknesses between 1.5 and 2 meters are observed, showing normal grading. At the base of the eruptive events, angular and subangular prismatic blocks between 30 and 50 cm in size are observed, with a glassy matrix between the blocks composed of angular lithoclasts and ash, grading into increasingly fine laminar ash deposits with the presence of angular glass fragments, highly fractured plagioclase, clinopyroxene, and orthopyroxene phenocrysts. In direct contact with the lava flow, a contact metamorphism zone is observed, with textural and mineralogical variations. At the top of the pyroclastic material sequence, there is a small cave of 7 meters, the origin of which is still debated. The summit dome consists of basalts with a glomeroporphyritic texture, abundant phenocrysts, and little matrix. It is interpreted that the lava flow, despite being basaltic in composition, has high viscosity due to the phenocryst content.

Key words: basaltic dome, block-and-ash flow, cave, petrography, relict hill.

# NUEVAS PERSPECTIVAS GEOLÓGICAS: ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE LA SUBCUENCA GUACERIQUE MEDIANTE TÉCNICAS GEOFÍSICAS

*Abstrac ID 516*

NEW GEOLOGICAL PERSPECTIVES: UPDATING THE MAP OF THE GUACERIQUE SUB-BASIN USING GEOPHYSICAL TECHNIQUES

**Marcio Josué Chirinos Escobar<sup>1</sup>, Manuel de Jesús Rodríguez Maradiaga<sup>2</sup>, Mynor Alberto Ruz<sup>3</sup>**

1. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, Honduras<sup>1</sup>

Email: [marcio.chirinos@unah.edu.hn](mailto:marcio.chirinos@unah.edu.hn)

## RESUMEN

La subcuenca Guacerique, declarada como “Zona Forestal Protegida del Patrimonio Público Forestal inalienable” por la Secretaría de Recursos Naturales, es una región vital para el suministro hídrico de la ciudad de Tegucigalpa, albergando el embalse Los Laureles que abastece aproximadamente el 23% de su población. Este estudio se centra en la caracterización geológica de la subcuenca, utilizando ensayos de Tomografía de Resistencia Eléctrica (ERT) para mejorar la precisión del Mapa de la Geología Superficial. Los resultados obtenidos no solo enriquecen la base de datos geológicos existente, sino que también permiten una identificación más precisa de las unidades litológicas, lo que es crucial para la gestión sostenible de los recursos hídricos. La metodología empleada incluyó la integración de datos geofísicos con información geológica previamente disponible, validada mediante talleres con geólogos expertos. Este enfoque interdisciplinario garantiza la fiabilidad de la información generada, lo que es fundamental para la toma de decisiones en la gestión del agua y la planificación territorial en la región. Los hallazgos subrayan la necesidad de adoptar estrategias de conservación y manejo que promuevan la sostenibilidad ambiental, garantizando la protección de los ecosistemas que sustentan los recursos hídricos de la subcuenca. Este trabajo no solo contribuye al conocimiento geológico y hidrogeológico de la Subcuenca Guacerique, sino también establece un modelo aplicable a otras regiones con características similares, enfatizando la importancia de la investigación en la gestión de recursos hídricos y la protección del medio ambiente.

*Palabras clave: Ensayos geofísicos, Geología superficial, Gestión de recursos hídricos, Hidrogeología, Subcuenca Guacerique.*

## ABSTRACT

The Guacerique sub-basin, declared as “Protected Forest Zone of the inalienable Public Forest Heritage” by the Secretariat of Natural Resources, is a vital region for the water supply of the city of Tegucigalpa, housing the Los Laureles reservoir that supplies approximately 23% of its population. This study focuses on the geological characterization of the sub-basin, using Electrical Resistance Tomography (ERT) tests to improve the accuracy of the Surface Geology Map. The results obtained not only enrich the existing geological database, but also allow a more accurate identification of lithological units, which is crucial for the sustainable water resources management. The methodology employed included the integration of geophysical data with previously available geological information, validated through workshops with expert geologists. This interdisciplinary approach ensures the reliability of the information generated, which is fundamental for decision making in water management and territorial planning in the region. The findings underscore the need to adopt conservation and management strategies that promote environmental sustainability, ensuring the protection of the ecosystems that sustain the sub-basin's water resources. This work not only contributes to the geological and hydrogeological knowledge of the Guacerique sub-basin, but also establishes a model applicable to other regions with similar characteristics, emphasizing the importance of scientific research in water resource management and environmental protection.

**Key words:** Geophysical testing, Surface geology, Water resources management, Hydrogeology, Guacerique sub-basin.

# RECOPIACIÓN DE DATOS ESTRUCTURALES BRÚJULA VS CLINO APP

## COMPASS VS CLINO APP STRUCTURAL DATA COLLECTION

**Luis Alfredo Godoy Morales**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología  
Finca Sachamach km 2010, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala

Email: [luisgodoygeo@gmail.com](mailto:luisgodoygeo@gmail.com)

## RESUMEN

La caracterización de estructuras geológicas en rocas metamórficas es fundamental para comprender los procesos tectónicos que las han deformado. En este contexto, la precisión y confiabilidad de las herramientas de medición son importantes.

Tradicionalmente, la brújula geológica, como la Brunton, ha sido el instrumento estándar para medir estructuras geológicas. Sin embargo, el avance de las tecnologías digitales ha introducido aplicaciones como FieldMOVE Clino, que prometen mayor eficiencia en la adquisición y análisis de datos.

Esta investigación se llevó a cabo en un afloramiento de rocas metamórficas plegadas ubicado en la Comunidad Pacalaj, Salamá, Baja Verapaz, con el objetivo de comparar los datos estructurales obtenidos mediante ambos métodos.

Se midieron y analizaron parámetros clave, como foliación (S1), ejes de pliegue (Ep), planos axiales (S2) y planos S3. Posteriormente, los datos fueron graficados en estereogramas utilizando el software Stereonet, permitiendo evaluar la consistencia y variabilidad entre los métodos.

Los resultados de este estudio fueron diferencias de hasta 07° en las direcciones de rumbo y hasta 05° en buzamientos de las distintas estructuras medidas en campo. Este análisis resalta la necesidad de evaluar el contexto geológico y los requerimientos específicos del estudio para seleccionar la herramienta más adecuada, considerando las implicaciones de las diferencias observadas en la interpretación estructural.

Recomendación: Integrar ambas herramientas en estudios futuros para aprovechar sus fortalezas complementarias, asegurando resultados más confiables y eficientes.

Palabras clave: Brújula Brunton, *Clino app*, *Estructuras Geológicas*, CUNOR

## ABSTRACT

The characterization of geological structures in metamorphic rocks is fundamental to understand the tectonic processes that have deformed them. In this context, the accuracy and reliability of measurement tools are important. Traditionally, the geological compass, such as the Brunton, has been the standard instrument for measuring geological structures. However, the advance of digital technologies has introduced applications such as FieldMOVE Clino, which promise greater efficiency in data acquisition and analysis.

This research was carried out in an outcrop of folded metamorphic rocks located in the Pacalaj Community, Salamá, Baja Verapaz, with the objective of comparing the structural data obtained by both methods.

Key parameters such as foliation (S1), fold axes (Ep), axial planes (S2) and S3 planes were measured and analyzed. Subsequently, the data were plotted in stereograms using Stereonet software, allowing the consistency and variability between methods to be evaluated.

The results of this study were differences of up to 07° in strike directions and up to 05° in dips of the different structures measured in the field. This analysis highlights the need to evaluate the geological context and the specific requirements of the study to select the most appropriate tool, considering the implications of the differences observed in the structural interpretation.

Recommendation: Integrate both tools in future studies to take advantage of their complementary strengths, ensuring more reliable and efficient results.

*Key words:* Brunton Compass, *Clino app*, Geological Structures, CUNOR.

## SESIÓN 6

### Tectónica



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# CAPAS ROJAS CONTINENTALES EOCENAS EN EL BLOQUE CHORTIS: ¿QUE NOS DICE LA SEDIMENTOLOGÍA Y LA PROCEDENCIA SEDIMENTARIA SOBRE SU POSIBLE CONEXIÓN CON LA CUENCA DE OAXACA?

*Abstrac ID 601*

EOCENE CONTINENTAL RED LAYERS IN THE CHORTIS BLOCK: WHAT DO SEDIMENTOLOGY AND SEDIMENTARY PROVENANCE TELL US ABOUT THEIR POSSIBLE CONNECTION WITH THE OAXACA BASIN?

**Uwe Matens<sup>1</sup>, María Sierra<sup>2</sup>, Axel Gutiérrez<sup>3</sup>, Víctor Valencia<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Boulevard Juriquilla 3001, Querétaro, Querétaro, Mexico

<sup>2</sup>Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología Finca Sachamach km 2010, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia

<sup>4</sup>School of Earth and Environmental Sciences, Washington State University, Pullman, WA 99164

Email:

## RESUMEN

Estudios de sedimentología y procedencia sedimentaria en capas rojas en Guatemala han revelado detalles sobre la evolución tectónica de cuencas continentales del Eoceno y Oligoceno en la zona occidental del límite transformante Norteamérica-Caribe. Proponemos al menos dos depocentros diferentes: uno localizado adyacente al actual límite de placas y producido por un *pull apart*, el cual fue llenado con sedimentos clásticos continentales representados por la Formación Subinal. El segundo depocentro se localiza al sur del actual límite de placas, en el Bloque Chortis, y lo representan los lechos rojos de la Formación Esquipulas. Proponemos que la sección tipo de la Formación Esquipulas aflora al sureste de Guatemala, en la carretera entre Concepción Las Minas y Esquipulas; sin embargo, los afloramientos se extienden al norte hacia Jocotán y al sur hacia territorio de El Salvador y Honduras. La Formación Esquipulas se encuentra en contacto discordante y por falla con rocas metamórficas (Filita San Diego) y calizas (Formación Átima). El contacto superior es con piroclastitas del Grupo Padre Miguel del Mioceno. Composicionalmente, se caracteriza por presentar una sucesión de brechas, conglomerados, areniscas y lodolitas depositadas por flujos de lodos y escombros, así como depósitos fluviales. Los conglomerados y areniscas de la Formación Esquipulas están compuestos predominantemente de rocas volcánicas intermedias a ácidas, con presencia subordinada de cuarzo lechoso, calizas y rocas metamórficas. Las características sedimentológicas y composicionales, así como la reconstrucción tectónica de depocentros paleógenos asociados al límite transformante Norteamérica-Caribe, sugieren una conexión entre el Bloque Chortis y el sur de México (cuenca Oaxaca) durante el Paleógeno. Proponemos que la Formación Esquipulas fue depositada en el Eoceno en un ambiente donde el relieve pudo estar controlado por edificios volcánicos, en un ambiente húmedo con intermitencia entre procesos fluviales y volcanoclásticos.

# TRANSFERENCIA DE ESFUERZOS ESTÁTICOS EN LA PENÍNSULA DE AZUERO, PANAMÁ: IMPLICACIONES PARA LA AMENAZA SÍSMICA LOCAL Y REGIONAL

*Abstrac ID 602*

STATIC STRESS TRANSFER IN THE AZUERO PENINSULA, PANAMA: IMPLICATIONS FOR LOCAL AND REGIONAL SEISMIC HAZARD.

**Allan López<sup>1</sup>, Eduardo Camacho<sup>2</sup>, Néstor Luque<sup>3</sup>, Arkin Tapia<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Latina de Costa Rica, Ingeniería Civil

<sup>2</sup>ISRM Commission on Crustal Stress and Earthquakes

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, Departamento de Física

<sup>4</sup>Universidad de Panamá, Instituto de Geociencias

Email: [allan.lopez@geologos.or.cr](mailto:allan.lopez@geologos.or.cr)

## RESUMEN

La península de Azuero, situada en el pacífico sur de Panamá, se encuentra en una región tectónicamente compleja modelada por la interacción muy dinámica de las placas de Nazca, Cocos y Caribe y con gran influencia de la subducción. Esta ha experimentado una actividad sísmica significativa, lo que subraya su vulnerabilidad a los terremotos. El reporte más antiguo se remonta al 2 de octubre de 1516, el primero en su tipo de los conquistadores españoles en todo el continente. A pesar de su importancia tectónica, la península de Azuero no ha sido estudiada en términos de la transferencia de los esfuerzos estáticos de Coulomb (CFS), que ocurre después de eventos sísmicos significativos, cuando estos se redistribuyen en 3D, adelantando en ciertos casos y atrasando en otros, la reactivación de fallas existentes o generando nuevas estructuras. Por lo tanto, el modelado presentado en esta investigación es esencial por las implicaciones críticas para discernir el potencial de futuros terremotos y las evaluaciones de la peligrosidad sísmica asociada. El terremoto del 1 de octubre de 1913 con Ms 6.5, profundidad de 10 km y plano activo 110°, 37°, 80° causó muchos deslizamientos, daño a edificaciones y desplazamientos de cauces de ríos, en el suroeste de Azuero y su epicentro está muy cercano a un desplazamiento lateral de la falla Torio-Guanico. Utilizamos el hipocentro relocalizado de este evento para calcular el CFS generado y encontramos dentro de sus lóbulos con aumento en la concentración de esfuerzos, una importante población de los hipocentros más recientes de las últimas décadas, reportados por las redes sismológicas locales e internacionales. Este resultado ya indica que esos volúmenes corticales presentan una mayor propensión relativa a la reactivación y validan el modelo. Esto es confirmado por los resultados de la inversión de una población original de 58 mecanismos focales regionales de alta calidad, que definen un tensor inestable con  $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3 = 0.02$ , de calidad A de acuerdo con el régimen respectivo del Mapa Mundial de esfuerzos, con sigma 1 hacia 213° con 13°, sigma 2 orientado 309° hacia 24° y sigma 3 hacia 097° con 62°, en un régimen compresivo inverso. A los planos nodales activos y a los auxiliares, se le calcularon las tendencias al deslizamiento (Ts) y a la dilatación (Td), encontrándose que las fallas sísmicas orientadas al NE, NNE y NS son las que tienen valores más altos de dichos índices y por lo tanto son más proclives a su reactivación. A las fallas cartografiadas en superficie se les determinaron las mismas propiedades a 10 km de profundidad, que es el promedio de la población de sismos colectados instrumentalmente, asignándoles parámetros geo-mecánicos teóricos en esos ambientes corticales. El comportamiento observado indica que las estructuras orientadas hacia el NE, NS presentan los valores más altos de Ts y Td, mientras que en las NNW y EW son intermedios y las NW son muy bajas, teóricamente en todos estos rangos. Los resultados de este análisis, que contiene una serie de mapas, perfiles, rosetas e histogramas temáticos, permitirán mejorar la gestión del riesgo en Panamá y sus alrededores. Ante la posibilidad de eventos destructivos, su relevancia es considerable para la comunidad científica y las autoridades locales, contribuyendo de manera oportuna al análisis de los peligros sísmicos.

# RECONOCIMIENTO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FALLAS POTENCIALMENTE ACTIVAS: CASO DE ESTUDIO, FALLA RÍO CACHIL, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA

*Abstrac ID 604*

STRUCTURAL RECOGNITION AND ANALYSIS OF POTENTIALLY ACTIVE FAULTS:  
CASE STUDY, RÍO CACHIL FAULT, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA

**Sergio Morán, Luis Chiquín y Luis Godoy**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología. Finca Sachamach, Cobán Alta Verapaz. Guatemala

Email: [sergiomical@yahoo.com](mailto:sergiomical@yahoo.com)

## RESUMEN

La zona de falla de Cuilco-Chixoy-Polochic (ZFP), conforma una serie de fallas de cinemática lateral izquierda, que atraviesa de E-W el territorio de Guatemala. Geomorfológicamente se ha generado una depresión tectónica, ocupada por el lago de Izabal, donde desemboca el río Polochic y separa las sierras de la Minas y la de Santa Cruz, al norte. En su extremo oeste, limita con las Tierras Altas de los Cuchumatanes y la cadena volcánica del sur, por ejemplo, el volcán Tacaná.

La ZFP, en su parte intermedia, se ha desarrollado una estructura de dominio frágil, que define una estructura dúplex de una longitud de  $\pm 115$  km y ancho  $\pm 21$  km que se considera como transpresiva, donde bloque litológicos tales como el Grupo Santa Rosa y formaciones Chochal, Todos Santos, Cobán y peridotitas son afectadas. A lo largo de ella, se han dado importantes eventos sísmicos, por ejemplo: evento del 11 octubre de 1985, cuya fuente fue localizado en Uspantán, Quiché, con una magnitud de 5,0 y profundidad de 5 km. Del registro sísmico, es evidente, la frecuente agrupación de una serie de nubes de puntos que refieren a epicentros, que si se contrastan con un mapa de rasgos estructurales (lineamientos), surge la duda de conocer cuáles son activos.

A partir del programa IGeoES y el Proyecto Sobre La Evaluación De Las Amenazas Naturales En Escuelas Públicas, principalmente en la escuela de la comunidad de Llano Largo, Baja Verapaz, se ha identificado una estructura que conforma el borde sur, de un alto estructural, con evidencia de actividad sísmica y creación de grietas en dirección N60-80W/75NE. Por la morfología y arreglo el sistema de grietas observadas en la pared de las viviendas, pueden asociarse a un esfuerzo por flexión, mecanismo que sugiere un levantamiento y reacomodamiento del terreno, debido a una deformación transpresiva. La actividad sísmica reciente como del año 2019, de magnitud 3,8 y profundidad 13,2 km se ha asociado a la falla del "Río Cachil" reactivada durante el sismo de 1976, donde las fracturas se dieron a lo largo de un desnivel de  $\pm 2$  m de altura de los depósitos superficiales (coluvios).

Palabras clave: Falla Cuilco-Chixoy-Polochic, sismo, grietas, transpresiva

## ABSTRACT

The Cuilco-Chixoy-Polochic fault zone (ZFP) is a series of left-lateral kinematic faults, which crosses the territory of Guatemala from E-W. Geomorphologically, a tectonic depression has been generated, occupied by the Izabal Lake, where the Polochic river flows and separates the Sierra de las Minas and Santa Cruz to the north.

At its western end, it borders the Cuchumatanes Highlands and the volcanic chain to the south, for example, the Tacaná volcano.

The ZFP, in its intermediate part, has developed a fragile domain structure, which defines a duplex structure with a length of  $\pm 115$  km and width  $\pm 21$  km that is considered as transpressive, where lithological blocks such as the Santa Rosa Group and Chochal, Todos Santos, Cobán and peridotite formations are affected.

Along it, there have been important seismic events, for example: the event of October 11, 1985, whose source was located in Uspantán, Quiché, with a magnitude of 5.0 and a depth of 5 km. From the seismic record, it is evident, the frequent grouping of a series of clouds of points that refer to epicenters, that if they are contrasted with a map of structural features (lineaments), the doubt arises to know which are active.

From the IGeoES Program and the Project on The Evaluation Of Natural Hazards In Public Schools, mainly in the school of the community of Llano Largo, Baja Verapaz, a structure has been identified that forms the southern edge of a structural high, with evidence of seismic activity and creation of cracks in the direction of N60-80W/75NE. Due to the morphology and arrangement of the crack system observed in the wall of the houses, they can be associated to a bending stress, a mechanism that suggests a ground uplift and rearrangement, due to a transpressive deformation. Recent seismic activity such as in 2019, magnitude 3.8 and depth 13.2 km has been associated with the "Rio Cachil" fault reactivated during the 1976 earthquake, where fractures occurred along a  $\pm 2$  m height difference of the superficial deposits (colluvium).

Key words: Cuilco-Chixoy-Polochic fault; earthquake, cracks, transpressional

# LA CUENCA DE ANTEPAÍS SEPUR DEL CRETÁCICO TARDÍO–PALEÓGENO: REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE LA COLISIÓN ENTRE EL MARGEN PASIVO DE NORTEAMÉRICA Y LA PLACA DEL CARIBE EN GUATEMALA Y CHIAPAS

*Abstrac ID 605*

THE LATE CRETACEOUS-PALEOGENE SEPUR FORELAND BASIN: STRATIGRAPHIC RECORD OF THE  
COLLISION BETWEEN THE PASSIVE MARGIN OF NORTH AMERICA AND THE CARIBBEAN PLATE IN  
GUATEMALA AND CHIAPAS

**Ricardo Enrique Milián de la Cruz<sup>1</sup>, Luigi Solari<sup>2</sup>, Uwe Martens<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geociencias Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Email: [milianric@geociencias.unam.mx](mailto:milianric@geociencias.unam.mx); [umartens@geociencias.unam.mx](mailto:umartens@geociencias.unam.mx);  
[m.sierrarojas@uniandes.edu.co](mailto:m.sierrarojas@uniandes.edu.co); [solari@unam.mx](mailto:solari@unam.mx).

## RESUMEN

En el norte de Guatemala y en Chiapas, México, yacen sucesiones sedimentarias acumuladas en un sistema de antepaís que atestiguan la convergencia y colisión del sur del bloque Maya (margen continental de Norteamérica) con el Arco del Caribe (placa del Caribe) durante el Cretácico tardío–Paleógeno. Este registro sedimentario está constituido por los depósitos turbidíticos de las formaciones Sepur, Guatemala, y Soyaló, Chiapas. La Formación Sepur se deposita sobre calizas de la Formación Campur, durante el Campaniano–Maastrichtiano. La transición de las condiciones de plataforma a cuenca se da en la biozona de Globotruncanita calcarata del Campaniano tardío. La Formación Soyaló se deposita sobre calizas de plataforma de la Formación Angostura o sobre brechas asociadas al bólido de Chicxulub, durante el Paleoceno. Aunque la discrepancia temporal en el inicio de la acumulación de ambas sucesiones de turbiditas sugiere un carácter diacrónico de la colisión Norteamérica–Caribe, esta suposición no es definitiva. Con el objetivo de elucidar la intrincada historia tectónica de la colisión Caribe–Norteamérica en Guatemala y Chiapas, hemos realizado trabajo de campo, petrografía y geocronología U–Pb de circones detríticos de areniscas de las formaciones Sepur y Soyaló. En ambas formaciones se identificaron sucesiones rítmicas de areniscas y lodolitas con secuencias Bouma Ba–d y Bbd, sucesiones de conglomerado y arenisca de grano grueso, calcarenitas y, en menor proporción, niveles de caliza hemipelágica. El almacén de las areniscas está constituido por serpentina, cuarzo, plagioclasa, clastos de caliza, clastos de rocas ígneas, cromita y piroxenos. Las edades U–Pb de circones detríticos de la Formación Sepur se caracterizan por un grupo principal entre 86–60 Ma, un grupo secundario entre 480–430 Ma y edades muy dispersas entre 1500 Ma y 600 Ma. Estas edades contrastan con las reportadas para la Formación Soyaló, que se caracterizan por grupos entre 1,250–930 Ma, 310–220 Ma y 74–62 Ma. Preliminarmente se puede concluir que ambas sucesiones de turbiditas poseen como fuentes detríticas a rocas de piso oceánico (proto-Caribe), plataforma carbonatada y rocas asociadas al Arco del Caribe. Además, la Formación Sepur posee como posible fuente a rocas asociadas a la suite Granito Rabinal, y la Formación Soyaló a rocas del Macizo de Chiapas y al Complejo Chuacús.

# DESCIFRANDO LAS FACIES MODERNAS DEL CAMPO DE ESFUERZOS TECTÓNICOS EN COSTA RICA Y VECINDAD MEDIANTE MECANISMOS FOCALES DE TERREMOTO Y APOYO GNSS

*Abstrac ID 606*

DECIPHERING THE MODERN STRESS FIELD FACIES IN COSTA RICA AND VICINITY FROM EARTHQUAKE FOCAL MECHANISMS AND GNSS SUPPORT

Allan López<sup>1</sup>, Luis Carvajal Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ISRM Commission on Crustal Stress and Earthquakes

<sup>2</sup>Universidad Latina, Ingeniería Civil

Email: [allan.lopez@geologos.or.cr](mailto:allan.lopez@geologos.or.cr), [506carvajal@gmail.com](mailto:506carvajal@gmail.com)

## RESUMEN

Se recopilieron 2547 mecanismos focales de terremotos para modelar el campo de esfuerzo tectónico en Costa Rica, sur de Nicaragua y norte de Panamá, determinando 86 tensores regionales de esfuerzo. La orientación del esfuerzo horizontal máximo (SH Max) es subparalela a la dirección de convergencia de la placa de Cocos con la placa Caribe, con una rotación horaria de  $\pm 20^\circ$  a más de 30 km de profundidad. Se identifican tres órdenes de esfuerzos: uno debido al movimiento absoluto de la placa de Cocos, otro por la interacción triple con las placas Caribe y Nazca, y un tercero por contrastes de densidad relacionados con cordilleras volcánicas y fallas regionales, que desvían los esfuerzos locales hacia el norte y oeste. Los datos GNSS del campo de velocidades horizontales muestran una fuerte correlación con las direcciones interpoladas del SH Max en la capa superior. Estas observaciones, junto con las permutaciones locales y regionales del elipsoide de esfuerzos, explican las interacciones de los regímenes tectónicos y sus complejidades neotectónicas. Se genera un escenario 2D-3D detallado con límites sismo tectónicos realistas, utilizando categorías de regímenes de esfuerzo y la relación tectónica R'. Los resultados son aplicables en estudios de amenaza y riesgo sísmico, exploración de recursos naturales, geotecnia y medio ambiente.

Palabras clave: *mecanismos focales, inversión, tensor de esfuerzo, permutación, órdenes del esfuerzo*

## ABSTRACT

A database containing 2547 earthquake focal mechanisms from Costa Rica, southern Nicaragua, and northern Panama is analyzed to model the modern tectonic stress field through inversion. 86 regional stress tensors are derived, revealing the general orientation of the maximum horizontal stress (SH Max) to be sub-parallel to the N 32° E convergence direction of the Cocos plate with the Caribbean plate along the Middle America Trench. A clockwise rotation of approximately  $\pm 20^\circ$  is observed below 30 km depth. Three orders of stress are identified: the first attributed to the absolute motion of the Cocos plate, the second characterized by high magnitude boundary forces from the triple interaction of the Cocos plate with the Caribbean and Nazca plates, and the third due to density contrasts imposed by trench-parallel active volcanic, igneous, and sedimentary mountain ranges. These features, combined with regional faults and their interactions, deflect the local tectonic stress north and westward. Observed and modelled GNSS data of the NNE-oriented horizontal velocity field correlate well with the direction of interpolated SH Max in the upper layer. These findings along with the local and regional permutations of the stress axes ellipsoid elucidate the interactions of tectonic regimes and their neo-tectonic complications. A detailed 2D-3D scenario is generated, offering realistic seismotectonic boundaries using stress regime categories and the tectonic R' relationship. The results hold significant practical implications for seismic hazard and risk assessment, as well as the exploration and exploitation of natural resources.

Keywords: focal mechanism, inversion, stress tensor, permutation, stress orders

# VARIACIÓN EN LA DIRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS EN EL FLANCO SUR DE LOS MACIZOS DEL BARVA Y ZURQUÍ, COSTA RICA

*Abstrac ID 607*

VARIATION IN THE STRESS DIRECTION ON THE SOUTHERN FLANK OF THE BARVA AND ZURQUI VOLCANOES, COSTA RICA

**Andrés Leandro<sup>1</sup>, Lepolt Linkimer<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

<sup>2</sup>Escuela Centroamericana de Geología y Red Sismológica Nacional (RSN: URC-ICE)

Email: [andres.leandroaguilar@ucr.ac.cr](mailto:andres.leandroaguilar@ucr.ac.cr), [lepolt.linkimer@ucr.ac.cr](mailto:lepolt.linkimer@ucr.ac.cr)

## RESUMEN

Costa Rica presenta un complejo marco tectónico debido a su ubicación en una zona de subducción. En la parte central del país se encuentra el arco volcánico activo y el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), la cual es un área de alta deformación cortical que incluye la Gran Área Metropolitana (GAM), en donde vive la mayor parte de la población. Este estudio analiza la sismicidad y la dirección de los esfuerzos en una zona entre San José, Heredia y las cimas de los macizos volcánicos Barva y Zurquí. Utilizando datos de la Red Sismológica Nacional (RSN), se relocalizaron 334 sismos ocurridos entre 2000 y 2024, con magnitud momento ( $M_w$ ) entre 2,0 y 4,5 y profundidades menores a 30 km y se determinaron 59 mecanismos focales. Los resultados indican la coexistencia de fallas de desplazamiento de rumbo y en menor presencia fallas normales e inversas. Los mecanismos focales muestran que los ejes de presión tienen rumbos promedio N-S, en concordancia con estudios previos. Sin embargo, se observó una rotación en sentido antihorario de los ejes de aproximadamente 30° a través de la zona estudiada. El análisis de los tensores confirma la rotación de sigma 1, con un cambio de N17°E en el sur a N13°W cerca de las cimas volcánicas. Esta variación en la dirección de los tensores podría estar relacionada con la actividad volcánica o con la proximidad al límite norte del CDCCR, y su interpretación es clave para comprender la geodinámica de Costa Rica.

**Palabras clave:** *deformación cortical, macizos volcánicos, mecanismos focales, sismicidad, esfuerzos tectónicos.*

## ABSTRACT

Costa Rica has a complex tectonic framework due to its location in a subduction zone. In the central part of the country lies the active volcanic arc and the Central Costa Rica Deformed Belt (CDCCR), which is an area of high crustal deformation that includes the Greater Metropolitan Area (GAM), where most of the population lives. This study analyzes the seismicity and stress direction in a zone between San José, Heredia, and the summits of the Barva and Zurquí volcanoes. Using data from the National Seismological Network (RSN), 334 earthquakes that occurred between 2000 and 2024 were relocated, with  $M_w$  between 2.0 and 4.5 and depths less than 30 km, as well as 59 focal mechanisms determined for this study. The results indicate the coexistence of strike-slip faults with fewer normal and reverse faults. The focal mechanisms show that the pressure axes have an average N-S trend, consistent with previous studies. However, a counterclockwise rotation of the axes of approximately 30° was observed throughout the studied area. The tensor analysis confirms the rotation of sigma 1, with a shift from N17°E in the south to N13°W near the volcanic summits. This variation in the direction of the tensors could be related to volcanic activity or the proximity to the northern boundary of the CDCCR, and its interpretation is key to understanding the geodynamics of Costa Rica.

**Key words:** crustal deformation, volcanoes, focal mechanisms, seismicity, tectonic stress.

**FIRMA MORFOTECTONICA DE LA PENINSULA DE AZUERO, PANAMÁ****Abstrac ID 608****MORPHOTECTONIC SIGNATURE OF THE AZUERO PENINSULA, PANAMA****Allan López**

Universidad Latina de Costa Rica, Ingeniería Civil

Email:

**RESUMEN**

La Península de Azuero, ubicada en el suroeste de Panamá, representa una región de gran interés geológico debido a sus complejos patrones de deformación, controlados por la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa del Caribe. Este póster profundiza en su morfometría tectónica al extraer características topográficas de un modelo de elevación digital (MED) SRTM con una resolución de 30 m. Esto permite calcular una serie de índices morfotectónicos que ayudan a desentrañar y caracterizar las intrincadas interacciones entre las fuerzas deformacionales y los procesos superficiales que definen su paisaje geomorfológico contemporáneo. Estos índices proporcionan medidas cuantificables de la influencia tectónica en los sistemas fluviales, las cuencas que los contienen y la evolución del paisaje erosivo. El índice de pendiente normalizada ( $K_{sn}$ ) resalta las variaciones en el poder erosivo de los ríos y las tasas de incisión en relación con la deformación, alcanzando valores de hasta 363, concentrándose en sectores con topografía más abrupta y correlacionando en un alto porcentaje con los lineamientos estructurales conocidos. Por su parte, el índice Chi, que ofrece información sobre las relaciones de elevación relativa en función del área de drenaje, presenta valores que oscilan entre 4 y 10,731, indicando una fuerte componente tectónica. El índice de longitud del cauce (SI) cuantifica la desviación de los perfiles longitudinales de los ríos desde su condición estable, debido a cambios en sus pendientes. Este índice está fuertemente relacionado con la resistencia litológica y la neotectónica, alcanzando en Azuero valores máximos de 6,690 en localidades con abundancia de fallas. Se recalculó el índice SI aplicando procedimientos geoestadísticos que confirmaron y realzaron los valores con mayor significado tectónico. La integral hipsométrica y sus curvas identifican la madurez relativa de las cuencas, habiéndose determinado para siete de ellas, lo que indica que los sectores sur y noroeste son los más desarrollados. Además, se identificaron 1,884 puntos de quiebre prominentes (Kps) en los perfiles longitudinales de los ríos, con altitudes que oscilan entre 20 y 181 m, evidenciando el control tectónico sobre la dinámica fluvial y su grado de disección. Estos resultados en los perfiles longitudinales de los ríos reflejan las respuestas de los sistemas fluviales a la deformación activa, en las que también se involucran las diversas litologías y sus contrastes. Los resultados preliminares, presentados en mapas y perfiles, indican una variabilidad espacial significativa en los índices morfotectónicos, correlacionándose con estructuras tectónicas conocidas y zonas de deformación. Las áreas con altos valores de  $K_{sn}$ , SI y Chi están alineadas con estructuras activas y regiones elevadas, sugiriendo actividad tectónica en curso, como ocurre con las fallas regionales Sona-Azuero y, en menor grado, con la Ocú-Parita. Estos hallazgos subrayan la marcada influencia tectónica en la evolución del paisaje de la Península de Azuero, donde la integración de índices morfotectónicos con datos de modelos de elevación digital de alta resolución proporciona un marco robusto para desentrañar la compleja interacción entre la tectónica y los procesos superficiales. Este enfoque, que combina un análisis detallado de los índices con su interpretación, revela de manera cualitativa y cuantitativa cómo la deformación impulsada por la subducción ha moldeado el paisaje y continúa siendo muy activa en la actualidad, con manifestaciones particulares según las litologías y estructuras geológicas involucradas. Ofrece no solo una mejor comprensión del entorno tectónico regional, sino también valiosas perspectivas para la gestión del riesgo, al aplicar herramientas tecnológicas analíticas versátiles y gratuitas en regiones tectónicamente activas.

## ESCENARIO DEL ESFUERZO TECTÓNICO EN AMÉRICA CENTRAL: DEL GRAN AMBIENTE REGIONAL AL CONTEXTO LOCAL

*Abstrac ID 609*

SCENARIO OF TECTONIC STRESS IN CENTRAL AMERICA:  
FROM THE LARGE REGIONAL ENVIRONMENT TO THE LOCAL CONTEXT

**Allan López<sup>1,3</sup>, Luis A. Carvajar<sup>1</sup>, Amelia García<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Latina de Costa Rica, Ingeniería Civil

<sup>2</sup>ISRM Commission on Crustal Stress and Earthquakes

<sup>3</sup>Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, Observatorio de Amenazas Naturales-Sismología

Email: [allan.lopez@geologos.or.cr](mailto:allan.lopez@geologos.or.cr)

### RESUMEN

América Central es una región geológicamente muy dinámica, moldeada por la compleja interacción de las placas tectónicas Cocos, Caribe, Nazca y Norteamérica. Este póster presenta un análisis exhaustivo del escenario de los esfuerzos tectónicos, y se enfoca en los indicadores de su estado, tanto en el ámbito regional como local, derivados del análisis de los mecanismos focales de los terremotos y datos GNSS. La continua deformación en esta área está controlada por diversos regímenes de esfuerzos, lo que genera muchos eventos sísmicos y actividad volcánica intensos que representan amenazas sustanciales para las comunidades densamente pobladas e infraestructuras críticas. Comprender el entorno, propiedades y características de los esfuerzos tectónicos es esencial para evaluar el riesgo asociado. Estos conocimientos son fundamentales para la implantación de estrategias efectivas para la gestión del riesgo. Al integrar hallazgos recientes de los autores con la base de datos del International Seismological Center y aplicando rigurosamente el esquema de clasificación de calidad del World Stress Map, se analizan los campos de esfuerzos regionales, se identifican sus orientaciones y magnitudes principales y se exploran las variaciones en sus patrones de acuerdo con los diferentes entornos tectónicos, incluidos las zonas de subducción, arcos volcánicos y sistemas de fallas, locales y regionales. Esta investigación ilustra cómo los procesos tectónicos a gran escala se traducen en campos de esfuerzos localizados, a veces inestables, que son cruciales para anticipar el comportamiento geodinámico, la evaluación del riesgo, el aprovechamiento de los hidrocarburos y otros recursos naturales, así como las aplicaciones ingenieriles. Estos hallazgos, presentados a través de mapas y diagramas, aclaran las implicaciones de las orientaciones del esfuerzo tectónico en la actividad sísmica y la reactivación de las estructuras geológicas en América Central. Además, enfatizamos la importancia de realizar investigaciones locales más detalladas sobre el esfuerzo, mediante otros métodos geológicos y geofísicos, para mejorar y ampliar las evaluaciones del riesgo y su gestión al alimentar las estrategias de mitigación, y contribuir a una mayor resiliencia sísmica en esta región tan vulnerable y expuesta.

## SESIÓN 7

# Vulcanología



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS FLUIDOS EMITIDOS DESDE EL SISTEMA HIDROTHERMAL DEL VOLCÁN MOYUTA Y LAGUNA IXPACO (VOLCÁN TECUAMBURRO), GUATEMALA

*Abstrac ID 701*

GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE FLUIDS EMITTED FROM THE HYDROTHERMAL SYSTEM OF THE MOYUTA VOLCANO AND IXPACO LAGOON (TECUAMBURRO VOLCANO), GUATEMALA.

**Felipe Aguilera<sup>1</sup>, Manuel Inostroza<sup>2</sup>, Carla Chun<sup>3</sup>, Franco Tassi<sup>4</sup>, Susana Layana<sup>5</sup>, Graciela Olmos<sup>6</sup>, Francesco Capecchicci<sup>7</sup>, Fausto Grassa<sup>8</sup>, Dulce González<sup>9</sup>, Kevin Chun<sup>10</sup>, Byron Paiz<sup>11</sup>, Divi Yat<sup>12</sup>, Cristóbal González<sup>13</sup>**

Millennium Institute on Volcanic Risk Research - Ckelar Volcanoes, Angamos 0610, 1270398, Antofagasta, Chile

Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Angamos 0610, 1270398, Antofagasta, Chile

Servicio Vulcanológico de Guatemala, Universidad Mariano Gálvez, 3a. Avenida 9-00 zona 2, 01002, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Department of Earth Sciences, University of Florence, Via G. La Pira 4, 50121, Florence, Italy

Institute of Geosciences and Earth Resources, National Research Council (CNR-IGG), Via G. La Pira 4, 50121, Florence, Italy

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Via Ugo La Malfa 153, 90146, Palermo, Italy

Email: [feaguilera@ucn.cl](mailto:feaguilera@ucn.cl)

## RESUMEN

Diversas zonas con potencial geotérmico se encuentran a lo largo del arco volcánico de América Central. Entre estas, Guatemala presenta un total de 27 zonas de interés, siendo las más importantes los campos geotérmicos de Zunil II, Tecuamburro, San Marcos, Moyuta y Tonicapán. En este trabajo presentamos datos de la química de las aguas y gases emitidos alrededor del volcán Moyuta y de la laguna Ixpaco (volcán Tecuamburro), con el objetivo de caracterizar químicamente dichas emisiones y establecer las temperaturas de sus reservorios hidrotermales. Las emisiones corresponden a fumarolas, piscinas burbujeantes y de barro, y surgentes termales. En Moyuta, las temperaturas varían entre 22 y 97 °C, y las aguas presentan una composición sulfatada (bicarbonatada)-cálcica con aumentos de bicarbonato hacia las zonas periféricas, mientras que los gases emitidos provienen de una fuente hidrotermal rica en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S. De acuerdo con la isotopía de He y δ<sup>13</sup>C-CO<sub>2</sub>, estas emisiones son calentadas por una fuente magmática profunda, con aportes tanto del manto superior como de sedimentos subductados en el slab. Los aportes corticales detectados se asocian a rocas sedimentarias ricas en materia orgánica, que parecen formar parte del basamento en las zonas periféricas del volcán Moyuta. Por otro lado, la laguna de Ixpaco presenta emisiones fumarólicas con temperaturas de 88 °C, abundante CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, y concentraciones significativas de CH<sub>4</sub>, mientras que la laguna ácida presenta una composición sulfatada-cálcica. A pesar de la presencia de componentes de origen hidrotermal, se observan composiciones isotópicas de He y δ<sup>13</sup>C-CO<sub>2</sub> similares a Moyuta, sugiriendo aportes del manto y sedimentos carbonatados subductados. De acuerdo a la geotermometría en fase gaseosa (sistema CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>), se estiman temperaturas de reservorio entre 280 y 290 °C en condiciones relativamente oxidantes (R<sub>H</sub> = -3,4) para el caso de Moyuta, mientras que en Ixpaco la temperatura alcanza los 280 °C, aunque en condiciones más reducidas (R<sub>H</sub> = -3). En consecuencia, tanto las zonas de Moyuta como Ixpaco representan zonas de alto interés para el aprovechamiento del recurso geotérmico.

# IMPORTANCIA DE LAS EMISIONES DE SO<sub>2</sub> DURANTE UNA ERUPCIÓN BASÁLTICA EN CENTROAMÉRICA: EL CASO DE LA ERUPCIÓN DEL 29 DE DICIEMBRE DE 2013 DEL VOLCÁN SAN MIGUEL, EL SALVADOR, C.A.

*Abstrac ID 702*

SIGNIFICANCE OF SO<sub>2</sub> EMISSIONS DURING A BASALTIC ERUPTION IN CENTRAL AMERICA: THE CASE OF THE DECEMBER 29, 2013 ERUPTION OF THE CENTRAL AMERICA: THE CASE OF THE DECEMBER 29, 2013 ERUPTION OF THE SAN MIGUEL VOLCANO, EL SALVADOR, C.A. SAN MIGUEL VOLCANO, EL SALVADOR, C.A.

**Agustín Hernández<sup>1,2,3</sup>, Domingo Gimeno<sup>1</sup>, Vladimir Conde<sup>4</sup>, Rodolfo A. Olmos<sup>3,5</sup>, Miguel A. Hernández<sup>3</sup>, Francisco A. Barahona<sup>6</sup> y Daniela Novembre<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona (España),

<sup>2</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral, Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>4</sup>Department of Radio and Space Science, Chalmers University of Technology, 41296 Gothenburg, Sweden

<sup>5</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesus Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador

<sup>6</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>7</sup>Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi "G.D'Annunzio", Via dei Vestini 30, 66013 Chieti,

Email: [agustin.hernandez@ues.edu.sv](mailto:agustin.hernandez@ues.edu.sv)

## RESUMEN

La erupción del 29 de diciembre de 2013 del volcán San Miguel (VEI-2), puede considerarse representativa de un gran número de erupciones similares que emitieron nubes de cenizas a la atmósfera; en este caso de este a oeste, a lo largo de unos 90 km. Se presentan los resultados del monitoreo diario detallado de la emisión de SO<sub>2</sub> (con estaciones móviles) durante un mes y medio inmediatamente después de la erupción. Además, se tomó un conjunto completo de muestras de cenizas prístinas a lo largo del transecto de dispersión y se caracterizaron textural, química y mineralógicamente. Estos datos resultan ser superiores en los momentos de máxima emisión (casi el doble en algunos casos) que los publicados anteriormente desde una pequeña red de estaciones permanentes y muestran la existencia de varios ciclos de desgasificación. Se parte de valores base pre-eruptivos estimados en poco más de 300 t SO<sub>2</sub>/día, hasta valores pico máximos que alcanzan 4,300 y 2,000 t SO<sub>2</sub>/día en el primer y segundo ciclo, respectivamente. Podemos concluir que los valores disponibles de emisiones de SO<sub>2</sub> en los días previos a la erupción mostraron un pobre comportamiento predictivo en términos de previsión de la erupción.

Palabras clave: *El Salvador, magma basáltico, SO<sub>2</sub>, volcán San Miguel.*

## ABSTRACT

The December 29, 2013 eruption of the San Miguel volcano (VEI-2) can be considered representative of a large number of similar eruptions that emitted ash clouds into the atmosphere; in this case from east to west, for about 90 km. The results of detailed daily monitoring of SO<sub>2</sub> emission (with mobile stations) for a month and half immediately after the eruption are presented. Additionally, a complete set of pristine ash samples were taken along the dispersal transect and characterized texturally, chemically, and mineralogically. These data turn out to be higher at times of maximum emission (almost double in some cases) than those previously published from a small network of permanent stations and show the existence of several degassing cycles. It starts from pre-eruptive base values estimated at just over 300 t SO<sub>2</sub>/day, up to maximum peak values that reach 4,300 and 2,000 t SO<sub>2</sub>/day in the first and second cycles, respectively. We can conclude that the available values of SO<sub>2</sub> emissions in the days before the eruption showed poor predictive behavior in terms of forecasting the eruption.

Keywords: El Salvador, basaltic magma, SO<sub>2</sub>, San Miguel volcano

# CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DE LOS CONOS MONOGENÉTICOS EN EL FLANCO SURESTE DEL VOLCÁN BARVA, COSTA RICA

Abstrac ID 703

GEOMORPHOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE MONOGENETIC CONES ON THE SOUTHEASTERN FLANK OF BARVA VOLCANO, COSTA RICA

**Andrea Vindas Umaña<sup>1</sup>, Paulo Ruiz<sup>2</sup>, Federico Rivera<sup>1</sup>, Esteban Jarquín<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>: Escuela Centroamericana de Geología, Costa Rica

<sup>2</sup>: Red Sismológica Nacional (RSN-UCR), Costa Rica

<sup>3</sup>: Afiliación 3; Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad China de Geociencias (Pekín), China

Email: [andrea.vindasumana@ucr.ac.cr](mailto:andrea.vindasumana@ucr.ac.cr); [jose.riveraflores@ucr.ac.cr](mailto:jose.riveraflores@ucr.ac.cr), [paulo.ruizcubillo@ucr.ac.cr](mailto:paulo.ruizcubillo@ucr.ac.cr), [ejarquins@hotmail.com](mailto:ejarquins@hotmail.com)

## RESUMEN

El volcán Barva, ubicado en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, es un estratovolcán complejo con una historia eruptiva en proceso de estudio. Este trabajo se enfoca en seis conos monogenéticos en la ladera sureste, alineados a lo largo de una fractura volcano-tectónica de dirección NW-SE. La investigación abarca geomorfología, petrografía y geoquímica para caracterizar la dinámica volcánica regional y los procesos eruptivos en un contexto monogenético. La metodología incluye análisis de campo, fotogrametría con drones, fotointerpretación de imágenes aéreas y satelitales, secciones delgadas y análisis químicos. Los resultados revelan una variabilidad morfológica entre los conos, desde estructuras cónicas bien conservadas hasta formas elipsoidales más erosionadas, reflejando diversas etapas de actividad y preservación. El análisis geoquímico de las muestras, realizado mediante SEM-EDX, muestra composiciones que varían entre basaltos y andesitas basálticas, lo que evidencia procesos de diferenciación magmática. Petrográficamente, predominan plagioclasa y clinopiroxeno, con menor presencia de ortopiroxeno y olivino, lo que sugiere diferentes condiciones de cristalización y enfriamiento entre los conos. Las secciones delgadas exhiben texturas como ofítica, fluidal y vesicular, además de glomérulos minerales y reabsorción del fundido, lo que indica una dinámica eruptiva compleja. En conclusión, el estudio revela la complejidad eruptiva del flanco sureste del volcán Barva, destacando la interacción entre las fuentes magmáticas y la evolución eruptiva, así como su impacto en la configuración geomorfológica de la región.

Palabras clave: *Conos monogenéticos, Diferenciación magmática, Geomorfología, Geoquímica, Volcán Barva.*

## ABSTRACT

Barva Volcano, located in the Central Volcanic Range of Costa Rica, is a complex stratovolcano with an eruptive history still under study. This work focuses on six monogenetic cones on the southeastern slope, aligned along a NW-SE volcano-tectonic fracture. The research encompasses geomorphology, petrography, and geochemistry to characterize regional volcanic dynamics and eruptive processes in a monogenetic context. The methodology includes field analysis, drone photogrammetry, aerial and satellite image interpretation, thin section analysis, and chemical analyses. The results reveal morphological variability among the cones, ranging from well-preserved conical structures to more eroded ellipsoidal forms, reflecting different stages of activity and preservation. The geochemical analysis of samples, performed using SEM-EDX, shows compositions ranging from basalts to basaltic andesites, indicating magmatic differentiation processes. Petrographically, plagioclase and clinopyroxene predominate, with lesser amounts of orthopyroxene and olivine, suggesting different crystallization and cooling conditions among the cones. The thin sections exhibit textures such as ophitic, fluidal, and vesicular, along with mineral glomerocrysts and evidence of melt resorption, indicating complex eruptive dynamics. In conclusion, the study reveals the eruptive complexity of the southeastern flank of Barva Volcano, highlighting the interaction between magmatic sources and eruptive evolution, as well as its impact on the region's geomorphological configuration.

Key words: Monogenetic cones, Magmatic differentiation, Geomorphology, Geochemistry, Barva Volcano.

# EMISIONES DIFUSAS DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) DE SUELO, DURANTE EL PERÍODO 2017-2024, EN UNA PEQUEÑA ÁREA DE OBSERVACIÓN AL SUR ESTE DEL BOQUERÓN, VOLCÁN SAN SALVADOR.

*Abstrac ID 704*

DIFFUSE CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>) EMISSIONS FROM SOIL, OVER THE PERIOD 2017-2024, IN A SMALL PERIOD 2017-2024, IN A SMALL OBSERVATION AREA SOUTHEAST OF THE BOQUERÓN, SAN SALVADOR VOLCANO. BOQUERÓN, SAN SALVADOR VOLCANO.

**Francisco A. Barahona<sup>1</sup>, Aleyda C. Castillo<sup>1</sup>, Xenia G. Mejía<sup>1</sup>, Adriana A. Siguenza<sup>1</sup>, Rodolfo A. Olmos<sup>2</sup>, Agustín Hernández de la Cruz<sup>3</sup>, Miguel A. Hernández<sup>4</sup> y Nelson E. Gómez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

<sup>2</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesus Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador

<sup>3</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral. Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

Email: [francisco.barahona@ues.edu.sv](mailto:francisco.barahona@ues.edu.sv)

## RESUMEN

Emisiones difusas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) han sido medidas entre los años 2017 y 2024 en un área de experimentación o de control, ubicada a 3 kilómetros al sureste del Boquerón, del Volcán San Salvador. Se aplicó el método de la cámara de acumulación, para medir el flujo por unidad de área en 77 puntos de observación en un área de sección rectangular plana de 30 por 48 metros, durante nueve medidas en diferentes fechas. Para cada conjunto de medidas, se elaboró un mapa de flujo de CO<sub>2</sub> de suelo, aplicando el método de Kriging y el software Surfer y se estimó para el mismo, la cantidad total de CO<sub>2</sub> liberada por dicha área durante la fecha observada; estas emisiones oscilaron entre 3.1 y 56.4 Kg/d, observándose cambios en un orden de magnitud, particularmente al comparar las medidas realizadas durante los meses de junio de cada año estudiado, lo cual podría estar relacionado con los procesos de cambio de presión y ascenso magmático ocurriendo en este sistema volcánico durante el período observado. El propósito de este trabajo es generar datos de base para la implementación de un programa de monitoreo del complejo volcánico San Salvador con miras a generar nuevo conocimiento, complementario al sísmico, que pudieran hacer posible la generación de señales de alerta temprana ante una potencial reactivación de este volcán y de esta manera contribuir a la reducción del riesgo volcánico de alrededor de 2 millones de personas viviendo actualmente en los flancos de este volcán.

Palabras clave: *dióxido de carbono, volcán de San Salvador, vulcanología.*

## ABSTRACT

Diffuse emissions of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) have been measured between 2017 and 2024 in an experimental or control area, located 3 kilometers southeast of Boquerón, from the San Salvador Volcano. The accumulation chamber method was applied to measure the flow per unit area at 77 observation points in a flat rectangular section area of 30 by 48 meters, during nine measurements on different dates. For each set of measurements, a soil CO<sub>2</sub> flux map was prepared, applying the Kriging method and the Surfer software, and the total amount of CO<sub>2</sub> released by said area during the observed date was estimated; These emissions ranged between 3.1 and 56.4 Kg/d, with changes observed in an order of magnitude, particularly when comparing the measurements made during the months of June of each year studied, which could be related to the processes of pressure change and magmatic rise. occurring in this volcanic system during the observed period. The purpose of this work is to generate baseline data for the implementation of a monitoring program of the San Salvador volcanic complex with a view to generating new knowledge, complementary to seismic, that could make possible the generation of early warning signals in the event of a potential reactivation of this volcano and in this way contribute to the reduction of the volcanic risk of around 2 million people currently living on the flanks of this volcano.

Keywords: carbon dioxide, San Salvador volcano, vulcanology.

# NUEVO CICLO DE EXTRUSIÓN EN EL DOMO CALIENTE, VOLCÁN SANTA MARÍA-SANTIAGUITO

*Abstrac ID 705*

*NEW EXTRUSION CYCLE AT CALIENTE DOME, SANTA MARIA-SANTIAGUITO VOLCANO*

**Roberto Mérida<sup>1</sup>, Gustavo Chigna<sup>1</sup>, Wendel Gutiérrez<sup>1</sup>, Amilcar Roca<sup>1</sup>, María Paula Valdes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sección de Vulcanología, Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 7a Avenida 14-57 zona 13, código postal 01013, Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Email: [ermerida@insivumeh.gob.gt](mailto:ermerida@insivumeh.gob.gt), [gachigna@insivumeh.gob.gt](mailto:gachigna@insivumeh.gob.gt), [wagutierrez@insivumeh.gob.gt](mailto:wagutierrez@insivumeh.gob.gt), [aeroca@insivumeh.gob.gt](mailto:aeroca@insivumeh.gob.gt), [mpvaldes@insivumeh.gob.gt](mailto:mpvaldes@insivumeh.gob.gt)

## RESUMEN

Desde que comenzó su actividad en 1922, el domo Caliente del volcán Santa María-Santiago ha tenido al menos ocho ciclos de extrusión de lava, durante los cuales el apilamiento de nuevo material hace crecer el domo y cambia la configuración de sus cauces. A finales del año 2020 se empezó a registrar un aumento en la cantidad de caída de rocas o “avalanchas” desde la cúpula del domo hacia su flanco oeste, producto de una nueva etapa de extrusión. Esta actividad formó flujos de lava en el flanco oeste durante el año 2021. Estos flujos de lava colapsaron a finales de enero del año 2022 produciendo corrientes de densidad piroclástica que avanzaron hasta 4.5 kilómetros hacia el suroeste en el cauce San Isidro. Menos de una semana después empezó a formarse otro flujo de lava que avanzó 4.5 kilómetros de distancia en aproximadamente 8 meses, rellenando parcialmente los cauces de Zanjón Seco y San Isidro. Desde 2023 la actividad volcánica ha consistido en explosiones, extrusión de lava en bloques y corrientes de densidad piroclástica de corto alcance, que en conjunto han favorecido el apilamiento de material piroclástico en los flancos suroeste y sur, formando promontorios inestables, los cuales pueden colapsar en cualquier momento. Previendo estas situaciones, entre 2021 y 2023 se actualizaron los mapas de amenaza por corrientes de densidad piroclástica y por lahares en el domo Caliente del volcán Santiago, tomando en cuenta los cambios que se han producido durante este nuevo ciclo de extrusión.

**Palabras clave:** *domo, extrusión, lava, colapso, piroclástico.*

## ABSTRACT

Since the onset of its activity in 1922, the Caliente dome of the Santa Maria-Santiago volcano has experienced at least eight cycles of lava extrusion, during which the pile up of new material causes the dome to grow and changes the configuration of its channels. By the end of the year 2020, an increase in the amount of rock fall or "avalanches" from the dome's summit towards its western flank began to be recorded, resulting from a new stage of extrusion. This activity formed lava flows on the western flank during the year 2021. These lava flows collapsed in late January of the year 2022, producing pyroclastic density currents that advanced up to 4.5 kilometers southwestward in the San Isidro channel. Less than a week later, another lava flow began to form, advancing 4.5 kilometers in approximately 8 months, partially filling the Zanjón Seco and San Isidro channels. Since 2023, volcanic activity has consisted of explosions, lava extrusion in blocks, and short-range pyroclastic density currents, which together have favored the pile up of pyroclastic material on the southwest and south flanks, forming unstable promontories that can collapse at any time. Anticipating these situations, between 2021 and 2023, threat maps for pyroclastic density currents and lahars were updated at the Caliente dome of the Santiago volcano, taking into account the changes that have occurred during this new extrusion cycle.

**Keywords:** *dome, extrusion, lava, collapse, pyroclastic.*

# ESTUDIO PRELIMINAR DE DESGASIFICACIÓN DIFUSA DE CO<sub>2</sub> EN EL SUELO DEL VOLCÁN EL HOYÓN

Abstrac ID 706

## PRELIMINARY STUDY OF DIFFUSE OUTGASSING OF CO<sub>2</sub> IN THE SOIL OF THE EL HOYÓN VOLCANO

Emerson Gustavo Martínez Hernández<sup>1</sup>, Norbis Salvador Solano Melara<sup>1</sup>, Miguel Ángel Hernández Martínez<sup>2</sup>, Marco Antonio Castro Mendoza<sup>2</sup>, Melissa Abigail González Aguilera<sup>2</sup>, Ruth Deli Campos Cortez<sup>2</sup>, Doris Michelle Hernández Martínez<sup>2</sup>, Carlos Daniel Cañas Parada<sup>2</sup>, Wendy Arely Hernández Meléndez<sup>2</sup>, María Guadalupe Campos Coreas<sup>2</sup>, Walter D'Alessandro<sup>3</sup>, Lorenza Li Vigni<sup>4</sup>, Sergio Calabrese<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sez. Palermo. Via Ugo La Malfa, 153, 90146 Palermo, Italy.

<sup>4</sup>Dipartimento di Scienze della Terra y del Mare, Università degli Studi di Palermo. Via Archirafi 22, 90123 Palermo, Italy.

Email: [emerson.martinez@ues.edu.sv](mailto:emerson.martinez@ues.edu.sv)

## RESUMEN

El cráter El Hoyón se caracteriza por anomalías térmicas significativas, desgasificación difusa, aguas termales hirvientes, zonas fumarólicas y un impresionante chorro de vapor. Se realizaron tres sondeos en mayo y agosto de 2023 y enero de 2024 con el objetivo de cartografiar por primera vez la desgasificación de CO<sub>2</sub> y las anomalías térmicas del suelo. Se realizaron 155 mediciones de flujo de CO<sub>2</sub> con el método de la cámara de acumulación, simultáneamente con mediciones de temperatura del suelo a 10 y 40 cm de profundidad. Los mayores flujos de CO<sub>2</sub> se midieron en la primera campaña (mediana: 215 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; rango: 83.4 a 723 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>). Los flujos en la segunda campaña fueron mucho menores (mediana: 0.98 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; rango: 0.19 a 31.8 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>). Los flujos de la tercera campaña fueron superiores a las dos anteriores (mediana: 3.95 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; rango de 0.01 a 106.36 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>). Una diferencia tan grande podría estar relacionada con las condiciones climáticas durante estas campañas, con un fuerte impacto en la permeabilidad del suelo. Los gráficos de probabilidad sugieren una contribución de la desgasificación profunda ligada al sistema volcánico activo. Esto se confirma además por la correlación positiva entre el flujo de CO<sub>2</sub> y la temperatura del suelo, lo que indica una vía común de escape de gas y calor del sistema hidrotermal. Se necesitan más investigaciones y nuevas campañas de mediciones para cuantificar la producción total de CO<sub>2</sub>, identificar más anomalías e investigar la huella isotópica de carbono para establecer su origen.

Palabras clave: *desgasificación difusa, dióxido de carbono, vigilancia volcánica.*

## ABSTRACT

Crater El Hoyón is characterized by significant thermal anomalies, diffuse outgassing, boiling thermal waters, fumarolic areas and an impressive steam jet. Three surveys were carried out in May and August 2023 and January 2024, with the aim to map for the first time the CO<sub>2</sub> degassing and soil thermal anomalies. One hundred fifty-five CO<sub>2</sub> flux measurements were carried out with the accumulation chamber method, simultaneously with soil temperature measurements at 10 and 40 cm depth. The highest CO<sub>2</sub> fluxes were measured in the first campaign, (median: 215 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; range: 83.4 – 723 gm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>). Fluxes in the second campaign were much lower (median value: 0.98 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; range: 0.19 – 31.8 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>). Fluxes in the third campaign were higher than the second one (median value: 3.95 gm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; range: 0.01 – 106.36 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>). Such a big difference could be related to the climatic conditions during these campaigns, strongly impacting on soil permeability. Probability plots suggest a contribution from deep outgassing linked to the active volcanic system. This is further confirmed by the positive correlation between CO<sub>2</sub> efflux and soil temperature, indicating a common pathway for gas and heat escape from the hydrothermal system. Further investigation and new measurements campaigns are required, in order to quantify the total CO<sub>2</sub> output, identify more anomalies, and investigate the isotopic carbon footprint to establish its origin.

Keywords: carbon dioxide, diffuse degassing, volcanic surveillance.

# EVIDENCIAS RECIENTES DE LA EVOLUCIÓN DEL VULCANISMO PLEISTOCENO EN EL EXTREMO NOROCCIDENTAL DE LA CORDILLERA VOLCÁNICA CENTRAL DE COSTA RICA, CENTROAMÉRICA.

**Abstrac ID 707**

*RECENT EVIDENCE OF THE EVOLUTION OF PLEISTOCENE VOLCANISM IN THE NORTHWESTERN END OF THE CENTRAL VOLCANIC CORDILLERA OF COSTA RICA, CENTRAL AMERICA.*

**<sup>1</sup>Ana Sofia Huapaya R.P., <sup>2</sup>Evelyn Rodríguez Coto**

<sup>1,2</sup>Dirección de Geología y Minas, MINAE, San José, Costa Rica.

Email: [shuapaya@minae.go.cr](mailto:shuapaya@minae.go.cr), [evrodriguez@minae.go.cr](mailto:evrodriguez@minae.go.cr)

## RESUMEN

Estudios recientes realizados en el sector noroccidental de la Cordillera Volcánica Central (CVC) de Costa Rica, han permitido identificar depósitos de escombros volcánicos de la Unidad Ron Ron. Estos depósitos del Pleistoceno Inferior (Proto-Platanar) de composición calcoalcalina se presumen son el producto del colapso de una estructura volcánica primitiva anterior a la ya conocida Unidad Bajos del Toro del Pleistoceno Medio (Paleo-Platanar). Las características petrográficas del depósito de escombros, el patrón estructural - sistema de fallas dextrales de rumbo NO-SE con sistema de componentes normales y la alteración hidrotermal son la evidencia del colapso de esta estructura primitiva. La migración de la cámara magmática hacia el este pudo haber resultado en el surgimiento de un nuevo volcán con la misma composición magmática, colapsando durante el Pleistoceno Medio y con episodios de actividad caldérica durante el Pleistoceno Superior (Formación Alto Palomo) al Holoceno Temprano, formándose el actual complejo caldérico Chocosuela-Palmira, y cuya expresión volcánica más reciente son estructuras resurgentes como el estratovolcán compuesto por los conos Platanar y Porvenir (Neo-Platanar). Este estudio aporta nuevos datos que demuestran que los procesos caldéricos en la región centroamericana fueron altamente activos durante el Pleistoceno, producto de la intensa deformación tectónica promovida por el cierre del Istmo Centroamericano.

Palabras clave: *Proto-Platanar, Paleo-Platanar, Neo-Platanar.*

## ABSTRACT

Recent studies conducted in the northwestern sector of the Central Volcanic Cordillera (CVC) of Costa Rica, have allowed the identification of volcanic debris deposit, the Ron Ron Unit. These deposits from the Lower Pleistocene (Proto-Platanar) with a calc-alkaline composition are presumed to be the product of the collapse of a primitive volcanic structure, prior to the already known volcanic structure, the Bajos del Toro Unit, from the Middle Pleistocene (Paleo-Platanar). The petrographic characteristics of debris deposit, the structural pattern - system of NW-SE strike-slip dextral faults with normal component system and the hydrothermal alteration are the evidence of the collapse of this primitive structure. The migration of the magmatic chamber to the east may have resulted in the emergence of a new volcano with the same magmatic composition, collapsing during the Middle Pleistocene and with episodes of calderic activity during the Upper Pleistocene (Alto Palomo Formation) to Early Holocene, forming the current Chocosuela-Palmira calderic complex, and whose most recent volcanic expression are resurgent structures such as the stratovolcano composed of the Platanar and Porvenir cones (Neo-Platanar). This studies provides new data that shows that the calderic processes in the Central American region were highly active during the Pleistocene, a product of the intensive tectonic deformation promoted by the closure of the Central American Isthmus.

Key words: Proto-Platanar, Paleo-Platanar, Neo-Platanar.

# DESGASIFICACIÓN ERUPTIVA Y NO ERUPTIVA EN SISTEMAS VOLCÁNICOS ACTIVOS DE GUATEMALA

*Abstrac ID 708*

*ERUPTIVE AND NON-ERUPTIVE OUTGASSING IN VOLCANIC SYSTEMS ACTIVE VOLCANIC SYSTEMS IN  
GUATEMALA*

**Layana, S.<sup>1</sup>, González, C.<sup>1</sup>, Aguilera, F.<sup>1,2</sup>, Inostroza, M.<sup>1</sup>, Chun, C.<sup>3</sup>, González, D.<sup>3</sup>, Olmos, G.<sup>3</sup>, Chun, K.<sup>3</sup>,  
Paiz, B.<sup>3</sup>, Yat, D.<sup>3</sup>, Wilkes, T.<sup>4</sup>, Pering, T.D.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Milenio de Investigación en Riesgo Volcánico – Ckelar Volcanes, Chile.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Chile.

<sup>3</sup>Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica, Instituto de Investigaciones de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias Físicas, Universidad Mariano Gálvez, 3a. Avenida 9-00 zona 2, 01002, Ciudad de Guatemala, Guatemala

<sup>4</sup>School of Geography and Planning, The University of Sheffield, Sheffield, United Kingdom.

Email:

## RESUMEN

Los volcanes activos pueden desgasificar en dos modos, de forma no eruptiva (también llamada pasiva o persistente) y eruptiva, inyectando de esta forma gases volcánicos a la atmósfera, los cuales son dominados por elementos como C, O, H, S, Cl, Br, F y Si, formando especies como vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF), entre otras. El SO<sub>2</sub> es típicamente el tercer gas volcánico más abundante, después del H<sub>2</sub>O y el CO<sub>2</sub>, además de ser una especie indicativa de la evolución magmática de los sistemas volcánicos. Dentro del monitoreo volcánico, los gases volcánicos permiten entender de mejor forma la dinámica y evolución de los sistemas magmáticos e hidrotermales, de forma directa o remota. En este trabajo presentamos una serie de mediciones discretas realizadas entre el 20 al 24 de febrero de 2024, mediante Cámara Ultravioleta (UV) y espectrometría de Absorción Óptica Diferencial (DOAS) en los volcanes Santiaguito, Fuego y Pacaya, además de mediciones con MultiGAS en el volcán Pacaya, con el objetivo de establecer los patrones de desgasificación de cada uno de los sitios, ligarlos a los últimos episodios eruptivos, y determinar los procesos profundos/someros que controlan dicha desgasificación. El volcán Santiaguito registra 94±74 t/d de SO<sub>2</sub>, de Fuego de 117±47 t/d de SO<sub>2</sub> y de Pacaya de 13 t/d de SO<sub>2</sub>. La composición de la pluma del volcán Pacaya es en promedio de ~92,6% mol de H<sub>2</sub>O, ~7% mol de CO<sub>2</sub>, 0,33% mol de SO<sub>2</sub> y 0,07% mol de H<sub>2</sub>S. El volcán Santiaguito en los últimos 50 años ha presentado una persistente extrusión de domos de lava acompañada de explosiones de baja intensidad. De acuerdo con el modelo propuesto por Holland et al. (2011) de fracturamiento por cizallamiento en los márgenes del conducto, la débil y continua desgasificación permea a través del sello superficial, que es interrumpida por pequeñas explosiones asociadas a convección de pequeñas fracturas por cizallamiento, lo que incrementa las tasas de desgasificación. El volcán de Pacaya presenta tasas de emisión de SO<sub>2</sub> más bajas que lo observado por Battaglia et al. (2018), asociado a la disminución de la actividad eruptiva en los últimos años, con disminución en la concentración de SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, y aumento del H<sub>2</sub>O en la pluma. El volcán de Fuego presenta un rango de 4 a 8 explosiones por hora, esta actividad genera columnas de gases y cenizas, generando emisiones pulsátiles de gas, cuyas concentraciones son acorde a lo reportado previamente.

# MEASUREMENT OF VOLCANIC GASES AT SITES OF TOURIST INTEREST IN EL SALVADOR, SALVADOR

Abstrac ID 709

## MEASUREMENT OF VOLCANIC GASES AT SITES OF TOURIST INTEREST IN EL SALVADOR SALVADOR

Norbis Salvador Solano Melara<sup>1</sup>, Emerson Gustavo Martínez Hernández<sup>1</sup>, Miguel Ángel Hernández Martínez<sup>2</sup>, Marco Antonio Castro Mendoza<sup>2</sup>, Melissa Abigail González Aguilera<sup>2</sup>, Ruth Deli Campos Cortéz<sup>2</sup>, Doris Michelle Hernández Martínez<sup>2</sup>, Walter D'Alessandro<sup>3</sup>, Andres Sandoval-Velazquez<sup>4</sup>, Lorenza Li Vigni<sup>4</sup>, Sergio Calabrese<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sez. Palermo. Via Ugo La Malfa, 153, 90146 Palermo, Italy

<sup>4</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo. Via Archirafi 22, 90123 Palermo, Italy

Email: [norbis.solano@ues.edu.sv](mailto:norbis.solano@ues.edu.sv)

## RESUMEN

Los volcanes de El Salvador son uno de los principales atractivos turísticos del país. Cada año, miles de turistas locales y extranjeros visitan estas zonas volcánicas activas. Estas zonas carecen de advertencias sobre los riesgos potenciales y no existe un seguimiento geoquímico sistemático de la actividad volcánica. Se llevó a cabo un estudio geoquímico preliminar en los lugares volcánicos más visitados. Se realizaron mediciones difusas del flujo de CO<sub>2</sub> en el suelo, además, se recogieron 11 muestras de gas para determinar su composición química e isotópica. Los valores más altos de flujo de CO<sub>2</sub> se obtuvieron en el cráter El Hoyón, con una mediana de 214.6 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, mientras que los más bajos correspondieron a El Boquerón, con una mediana de 6.7 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>. La composición química de los gases mostró un patrón de mezcla entre un miembro final de origen profundo dominado por el CO<sub>2</sub> (hasta 976.200 μmol/mol) y un componente atmosférico dominado por el N<sub>2</sub>. Los valores de helio llegaron hasta 4.6 μmol/mol. Sólo La Vieja presentó un ligero enriquecimiento en metano (hasta 155 μmol/mol), mientras que El Hoyón mostró enriquecimiento en H<sub>2</sub>S (hasta 22.800 μmol/mol). Los valores de δ<sup>13</sup>C-CO<sub>2</sub> variaron entre -12.6 y -3.1 ‰, mientras que la composición isotópica del helio dio valores de R/R<sub>A</sub> comprendidos entre 5.98 y 7.11. Tales valores indican una clara contribución magmática de origen profundo. Estos datos preliminares muestran una importante actividad volcánica potencial que requiere una vigilancia geoquímica continua; así como la evaluación de los riesgos a los que se exponen los turistas.

Palabras clave: *desgasificación difusa, dióxido de carbono, geoquímica de gases, vigilancia volcánica.*

## ABSTRACT

El Salvador's volcanoes are one of the country's main tourist attractions. Every year thousands of local and foreign tourists visit these active volcanic areas. These areas often lack of warnings on the potential risks and a robust and systematic geochemical monitoring of volcanic activity is absent. A preliminary geochemical survey was carried out at the most visited volcanic sites. It included diffuse soil CO<sub>2</sub> flux measurements, moreover, 11 gas samples were collected to determinate their chemical and isotopic compositions. The highest CO<sub>2</sub> flux values were obtained at El Hoyón crater, with a median value of 214.6 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>, whilst the lowest value were from El Boquerón, with a median value of 6.7 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>. Chemical composition of the gases showed a mixing pattern between a CO<sub>2</sub>-dominated (up to 976,200 μmol/mol) end-member of deep origin and a N<sub>2</sub>-dominated atmospheric component. Helium values arrived up to 4.6 μmol/mol. Only La Vieja site presented a slight enrichment in methane (up to 155 μmol/mol), whilst only El Hoyón site showed enrichment in H<sub>2</sub>S (up to 22,800 μmol/mol). δ<sup>13</sup>C-CO<sub>2</sub> values varied from -12.6 to -3.1 ‰, whereas the helium isotope composition, gave R/R<sub>A</sub> values comprised between 5.98 and 7.11. Such values indicate a clear magmatic contribution to the deep end-member. These preliminary data show significant potential volcanic activity that needs continuous geochemical monitoring, and the evaluation of the risks to which tourists are exposed.

Keywords: carbon dioxide, diffuse degassing, volcanic surveillance, gas geochemistry

# CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS FLUIDOS HIDROTERMALES DEL VOLCÁN EL HOYÓN, MUNICIPIO DE BERLÍN, USULUTÁN, PARA IDENTIFICAR INDICADORES DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA. EL SALVADOR. C.A.

**Abstrac ID 710**

*GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE HYDROTHERMAL FLUIDS OF EL HOYÓN VOLCANO, MUNICIPALITY OF BERLÍN, USULUTÁN, TO IDENTIFY INDICATORS OF VOLCANIC ACTIVITY. EL SALVADOR. C.A.*

**Rafael A. Zaldaña<sup>1</sup>, Agustín Hernández<sup>1,2,3</sup>, Rodolfo A. Olmos<sup>1,4</sup>, Miguel A. Hernández<sup>1</sup>, Francisco A. Barahona<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, San Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>2</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral, Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador

<sup>3</sup>Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona (España)

<sup>4</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesus Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador

<sup>5</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador.

Email: [rafael.zaldana@ues.edu.sv](mailto:rafael.zaldana@ues.edu.sv)

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es caracterizar geoquímicamente los fluidos hidrotermales del volcán El Hoyón para la identificación de anomalías que pueden ser utilizadas en futuros trabajos de vigilancia volcánica. Se realizaron muestreos en 2 fumarolas dentro del cráter para analizar los cationes y aniones en la fracción líquida; y la fracción gaseosa se analizó por la técnica de titulación volumétrica determinando la concentración de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S. Además, se determinó in situ los parámetros de temperatura, pH y conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos utilizando un equipo portátil. Los fluidos del volcán El Hoyón se caracterizan por ser aguas muy ácidas con valores de pH entre 1.6 y 4.5 y temperaturas que oscilan entre los 65°C y 104°C. A partir de la composición de los cationes mayoritarios (Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>), se determinó el carácter inmaduro de estas aguas. La presencia de gases de origen magmático (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S+SO<sub>2</sub>) se solubilizan y disocian produciendo los aniones principales del sistema (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>). La caracterización geoquímica reveló que los fluidos volcánicos asociados al volcán El Hoyón corresponden principalmente a fluidos con alto contenido de sulfatos, cloruros y magnesio caracterizados como sulfatos clorurados magnésicos.

Palabras clave: *fluidos volcánicos, gases, temperatura, titulación volumétrica.*

## ABSTRACT

The objective of this work is to geochemically characterize the hydrothermal fluids of the El Hoyón volcano for identification of anomalies that can be used in future volcanic monitoring work. Sampling was carried out in 2 fumaroles inside the crater to analyze the cations and anions in the liquid fraction; and the gas fraction was analyzed by the volumetric titration technique, determining the concentration of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S. In addition, the parameters of temperature, pH and electrical conductivity and total dissolved solids were determined in situ using portable equipment. The fluids of the El Hoyón volcano are characterized by being very acidic waters with pH values between 1.6 and 4.5 and temperatures that range between 65°C and 104°C. From the composition of the major cations (Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>), the immature character of these waters was determined. The presence of gases of magmatic origin (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S+SO<sub>2</sub>) solubilize and dissociate, producing the main anions of the system (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>). The geochemical characterization revealed that the volcanic fluids associated with the El Hoyón volcano correspond mainly to fluids with high content of sulfates, chlorides and magnesium characterized as chlorinated magnesium sulfates.

Keywords: Gases, Temperature, Volumetric titration, Volcanic fluids.

# RECONSTRUCCIÓN TEFRO- CRONOESTRATIGRÁFICA Y EVALUACIÓN DEL PELIGRO VOLCÁNICO A LARGO PLAZO EN EL VOLCÁN IRAZÚ, COSTA RICA: UN APOORTE PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

*Abstrac ID 711*

TEPHROSTRATIGRAPHIC RECONSTRUCTION AND LONG-TERM VOLCANIC HAZARD ASSESSMENT AT IRAZU VOLCANO, COSTA RICA: A CONTRIBUTION TO RISK MANAGEMENT AND LAND USE PLANNING.

**Daniela Campos Durán<sup>1</sup>, Guillermo E. Alvarado<sup>2</sup>, Joan Martí<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.

<sup>2</sup>Centro en Investigación de Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

<sup>3</sup>Departamento de Geociencias, IDAEA, CSIC, Barcelona, España

Email: -----

## RESUMEN

El volcán Irazú, uno de los más activos de Costa Rica, tuvo su última erupción histórica entre 1963-1965, causando importantes daños socioeconómicos en la Gran Área Metropolitana (GAM) debido a la caída de ceniza y lahares. Esta investigación reconstruye el registro estratigráfico del Irazú mediante trabajo de campo, datación por C-14 y revisión de registros geológicos e históricos. Se identificaron 30 unidades de tefra en los últimos 2600 años, con erupciones estrombolianas, freatomagmáticas y freáticas, alcanzando un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) de hasta 3. La frecuencia eruptiva varía entre 23 y 100 años, y la mayor parte de la actividad eruptiva se ha concentrado en la cima a lo largo de una fisura E-O (~ 4 km). La tefrocronostratigrafía y los elementos estructurales permitieron construir un análisis temporal y espacial para la evaluación de peligros a largo plazo, anticipando cuándo, dónde (susceptibilidad) y cómo podrían ocurrir futuras erupciones. Los posibles escenarios indican que la caída de ceniza afectaría principalmente al flanco suroeste, los lahares al sur y suroeste, y los flujos piroclásticos y la balística se restringirían al cráter principal. Por su parte el área del Cráter Principal, donde se han registrado todas las erupciones históricas, corresponde al sector de mayor susceptibilidad; sin embargo, en el flanco sur no es posible descartar posibles futuros focos eruptivos, ya que fisuras y conos de escoria estuvieron activos durante el Holoceno.

Con más de 2,5 millones de personas viviendo en la GAM y comunidades rurales alrededor del Irazú dependientes de las actividades agropecuarias, esta investigación es clave no solo para la planificación territorial, si no para la integración de las amenazas volcánicas en los planes de emergencia para hacer frente a futuras crisis volcánicas.

# EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA DE GASES EN LOS CAMPOS FUMARÓLICOS LAS TERMÓPILAS Y EL TORTUGUERO. EL SALVADOR. C.A.

*Abstrac ID 712*

EVALUATION OF THE GEOCHEMICAL COMPOSITION OF GASES IN THE FUMAROLIC FIELDS OF LAS TERMÓPILAS AND EL TORTUGUERO. EL SALVADOR. C.A.

**Rodolfo A. Olmos<sup>1</sup>, Miguel A. Hernández<sup>2</sup>, Doris M. Hernández<sup>2</sup>, Francisco A. Barahona<sup>3</sup>, Agustín Hernández De la Cruz<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Universidad de El Salvador. Ave Fray Felipe De Jesus Moraga Sur, Santa Ana, El Salvador.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad de El Salvador. Final de Av. Mártires y Héroes del 30 Julio, San Salvador 1101, El Salvador

<sup>4</sup>Facultad Multidisciplinaria Paracentral. Universidad de El Salvador. Avenida Crescencio Miranda, San Vicente, El Salvador

Email: [rodolfo.olmos@ues.edu.sv](mailto:rodolfo.olmos@ues.edu.sv)

## RESUMEN

Se evaluó el flujo total de gases principales en los campos geotérmicos Las Termópilas y El Tortuguero, ubicados entre la Caldera de Concepción de Ataco y volcán Santa Ana El Salvador. La composición química y las relaciones molares  $H_2O/CO_2$ ,  $H_2O/H_2S$ ,  $CO_2/H_2S$  se obtuvo con analizador portátil MultiGAS y flujos de Dióxido de Carbono con cámara de acumulación. Las relaciones molares promedio en Las Termópilas fue  $H_2O/CO_2 = 10.2 \pm 8.9$ ;  $H_2O/H_2S = 1897.3 \pm 2977.6$  y  $CO_2/H_2S = 101.4 \pm 82.4$ . Para El Tortuguero fue  $H_2O/CO_2 = 23.7 \pm 29.2$ ;  $H_2O/H_2S = 1334 \pm 1380.2$  y  $CO_2/H_2S = 105.4 \pm 83.9$ . La composición química de vapor de Agua ( $H_2O$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y azufre total (St) para Las Termópilas fue  $88.0 \pm 2.7\%$ ,  $11.8 \pm 2.6\%$  y  $0.2 \pm 0.1\%$ ; y El Tortuguero de  $95.7 \pm 2.4\%$ ,  $4.2 \pm 2.4\%$  y  $0.1 \pm 0.1\%$  respectivamente. La cantidad total promedio de vapor de agua ( $H_2O$ ) en Las Termópilas fue  $3.9 \text{ td}^{-1}$ , equivalentes a  $0.1 \text{ MW}$  y El Tortuguero de  $11.7 \text{ td}^{-1}$ , equivalentes a  $0.3 \text{ MW}$ ; mientras que el azufre total ( $H_2S + SO_2$ ) de  $4.4 \text{ Kgd}^{-1}$  y  $5.8 \text{ Kgd}^{-1}$  respectivamente. La evaluación geoquímica registrada evidencia que en periodos de actividad tectónica, su transferencia de esfuerzos distantes registrados en los sismogramas y sus cálculos de espectros de frecuencia en las estaciones más cercanas a los campos geotérmicos son importantes en la identificación de cambios en las ventanas de frecuencias dominantes por debajo de  $0.3 \text{ Hz}$ , y entre  $2.3\text{-}4.3 \text{ Hz}$ .

Palabras clave: *dióxido de carbono, gases volcánicos, MultiGAS, vulcanología.*

## ABSTRACT

The total flow of main gases was evaluated in the Las Termopilas and El Tortuguero geothermal fields, located between the Concepción de Ataco Caldera and the Santa Ana volcano in El Salvador. The chemical composition and molar ratios  $H_2O/CO_2$ ,  $H_2O/H_2S$ ,  $CO_2/H_2S$  were obtained with a portable MultiGAS analyzer and Carbon Dioxide flows with an accumulation chamber. The average molar ratios in Las Termopilas were  $H_2O/CO_2 = 10.2 \pm 8.9$ ;  $H_2O/H_2S = 1897.3 \pm 2977.6$  and  $CO_2/H_2S = 101.4 \pm 82.4$ . For El Tortuguero it was  $H_2O/CO_2 = 23.7 \pm 29.2$ ;  $H_2O/H_2S = 1334 \pm 1380.2$  and  $CO_2/H_2S = 105.4 \pm 83.9$ . The chemical composition of water vapor ( $H_2O$ ), carbon dioxide ( $CO_2$ ) and total sulfur (tS) for Las Termopilas was  $88.0 \pm 2.7\%$ ,  $11.8 \pm 2.6\%$  and  $0.2 \pm 0.1\%$ ; and El Tortuguero of  $95.7 \pm 2.4\%$ ,  $4.2 \pm 2.4\%$  and  $0.1 \pm 0.1\%$  respectively. The average total amount of water vapor ( $H_2O$ ) in Las Termopilas was  $3.9 \text{ td}^{-1}$ , equivalent to  $0.1 \text{ MW}$  and El Tortuguero was  $11.7 \text{ td}^{-1}$ , equivalent to  $0.3 \text{ MW}$ ; while the total sulfur ( $H_2S + SO_2$ ) of  $4.4 \text{ Kgd}^{-1}$  and  $5.8 \text{ Kgd}^{-1}$  respectively. The recorded geochemical evaluation shows that in periods of tectonic activity, its transfer of distant stresses recorded in the seismograms and its calculations of frequency spectra in the stations closest to the geothermal fields are important in the identification of changes in the dominant frequency windows. below  $0.3 \text{ Hz}$ , and between  $2.3\text{-}4.3 \text{ Hz}$ .

Key words: carbon dioxide, MultiGAS, volcanology, volcanic gases.

# **EVALUACIÓN DE DEFORMACIÓN EN ZONA DE FRACTURAS DEL FLANCO NO Y SE DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE SAN SALVADOR, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE INTERFEROMETRÍA DIFERENCIAL DE RADAR PARA EL PERÍODO DE 2017 A 2021.**

**Abstrac ID 713**

*EVALUATION OF DEFORMATION IN THE FRACTURE ZONE OF THE NON AND SEISMIC FLANK OF THE SAN SALVADOR VOLCANIC COMPLEX. OF THE SAN SALVADOR VOLCANIC COMPLEX, BY APPLYING DIFFERENTIAL RADAR INTERFEROMETRY FOR THE PERIOD FROM 2017 TO 2021.*

**Rodrigo Velásquez**

Email:

## **RESUMEN**

Contexto de la Investigación: La presente investigación muestra los resultados obtenidos mediante la aplicación de una técnica de sensores remotos conocida como Interferometría Diferencial de Radar, la cual permitió la evaluación, análisis y estimación de la deformación del terreno; para el presente caso enfocado en el monitoreo volcanológico los flancos NO y SE del Complejo Volcánico de San Salvador.

Objetivo General: Evaluar el comportamiento de la deformación superficial a partir de la Interferometría Diferencial de Radar (DInSAR) para el fortalecimiento del monitoreo en la zona del flanco NO y SE del Complejo Volcánico de San Salvador (CVSS) usando interferogramas de la misión NASA-SARVIEWS para el periodo de 2017 a 2021.

Resultados:

- ✓ Definición de las zonas de mayor vulnerabilidad a la deformación estructural referente a la zona de influencia del Volcán de San Salvador.
- ✓ Formulación de línea base de datos y demostración de la eficiencia y efectividad de la técnica para el monitoreo volcánico.
- ✓ Caracterización de la deformación sobre la zona de fracturas del Volcán de San Salvador.
- ✓ Atlas de mapas de deformación para los años entre 2017 a 2021 de la zona.
- ✓ Desarrollo de metodología para aplicar la técnica al monitoreo continuo de deformaciones volcánicas y validación con datos GNSS

## ARQUITECTURA VOLCÁNICA DEL PLIOCENO AL HOLOCENO EN EL SALVADOR

**Abstrac ID 714**

### VOLCANIC ARCHITECTURE FROM PLIOCENE TO HOLOCENE IN EL SALVADOR

**Walter Hernández, Brian Jicha, Luis Mixco, Carlos Pullinger**

Email:

### RESUMEN

Este trabajo presenta más de 3 millones de años de historia eruptiva de algunos volcanes de El Salvador e incluye dataciones radioisotópicas y análisis geoquímicos. Se consideran también las erupciones que sólo se conocen y se identifican en afloramientos y restringidos por la estratigrafía, así como aquellos volcanes monogenéticos cuya posición estratigráfica es conocida a partir de las relaciones de campo. También se incluyen las tefras de volcanes de Guatemala y Nicaragua que han caído en territorio salvadoreño. Las tefras distales de Los Chocoyos 75 ka de la caldera de Atitlán, Guatemala, se consideran un marcador de tiempo para el miembro de Las Tobas Color Café. Las Ignimbritas de Zaragoza con fiames de 2,86 Ma de la Formación Cuscatlán, representan el período de las ignimbritas de grandes calderas, pero no todas están fechadas. Estas se proponen para definir la base de la Formación Cuscatlán. Aquellos depósitos volcánicos más antiguos que estas ignimbritas se agruparán con la Formación Bálsamo. La gran erupción de Tierra Blanca Joven (TBJ) 540 CE es un marcador de tiempo para todos los depósitos recientes. Además, las ignimbritas de las grandes calderas forman el Miembro c1 de la Formación Cuscatlán y las lavas más antiguas de grandes calderas como el Miembro b3. Finalmente, el código de colores representa la química de las erupciones, el cual ayudará a identificar aquellas erupciones que pueden servir como guías y marcadores de tiempo, mejorando los límites estratigráficos de los miembros y formaciones locales.

Palabras clave: *Erupciones ultra-plinianas, marcadores de tiempo, Los Chocoyos, Ignimbritas de Zaragoza.*

## SESIÓN 8

# Hidrogeología



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

## SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL RÍO CIRUELAS, MINA BELLAVISTA. MONTES DE ORO, MIRAMAR DE PUNTARENAS, COSTA RICA

*Abstrac ID 801*

ENVIRONMENTAL MONITORING OF CIRUELAS RIVER, BELLAVISTA MINE. MONTES DE ORO, MIRAMAR, PUNTARENAS, COSTA RICA

**Kenneth Bolaños Irigara<sup>1</sup>, Allan F. Cascante Valladares<sup>2</sup>**

Geólogo e Ingeniero en Minas, consultor ambiental independiente  
Consultor ambiental independiente

Email: [keboir@gmail.com](mailto:keboir@gmail.com); [allan.cv1189@gmail.com](mailto:allan.cv1189@gmail.com)

### RESUMEN

La actividad minera en la subcuenca del río Ciruelas se ha desarrollado por más de 100 años y específicamente, la Mina Bellavista ha funcionado durante el período de análisis de 1998 a 2023, para la extracción de oro y plata. Fueron seleccionadas tres localidades para el análisis y monitoreo ambiental en las aguas de este río. La estación denominada SW-2008 se localiza aguas arriba de la mina, la estación SW-2006 está en el curso medio del área de la mina y la estación SW-2004 se localiza aguas abajo de la mina. Los resultados de los análisis de laboratorio realizados durante este periodo muestran un impacto despreciable en las aguas superficiales, y la ausencia de niveles significativos de metales pesados que puedan causar un deterioro en los usos potenciales y recomendados para las aguas del río Ciruelas. En los análisis reportados por los laboratorios independientes contratados por la Mina Bellavista, en ningún caso se encontraron valores de compuestos mayores o parámetros fisicoquímicos superiores a los recomendados para cuerpos de agua superficiales según la legislación vigente en Costa Rica. La calidad biológica del agua del río Ciruelas ha mejorado en el tiempo, tal y como muestran los resultados en el seguimiento para este periodo.

Palabras clave: *Mina Bellavista, monitoreo ambiental, parámetros fisicoquímicos, oro, plata.*

### ABSTRACT

Mining activity in the rio Ciruelas hydrological basin had been conducted for the last 100 years and specifically Bellavista Mine has been operating for the analysis period from 1998 to 2023, for gold and silver extraction. Three locations had been selected for the analysis and environmental monitoring of the rio Ciruelas water. The station designated SW-2008 is located up stream of the mine, the station SW-2006 is at the middle of the distance of mining activities and the station SW-2004 is located downstream of the mine. The results from the laboratory during this analysis period show minor impacts on the surface waters of the river, as well as an absence of significative levels of heavy metals that could cause any harm for the potential and recommended uses for these waters. In the reported analysis from independent laboratories contracted by the Bellavista Mine, there were not found major compounds or physical chemical parameters over the limits recommended for surface water bodies according to the Costa Rican legislation. The biological quality of the Ciruelas river shows an upgrade for this analysis period.

Key words: Bellavista Mine, environmental monitoring, physicochemical parameters, gold, silver.

## NIVELES DE FLUORUROS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE JUTIAPA: UN ENFOQUE LOCAL

*Abstrac ID 802*

FLUORIDE LEVELS IN THE GROUNDWATER OF JUTIAPA: A LOCAL APPROACH

**Carlos Manuel Caal de la Cruz<sup>1</sup>, Karla Giovanna Judith Pérez Loarca<sup>2</sup>**

Mtr. En Gestión de Recursos Hidrogeológicos

Asesora Mtr. En Recursos Hidráulicos Opción Hidrología

Email: [cmcaaldelacruz@gmail.com](mailto:cmcaaldelacruz@gmail.com), [perez.giovanna@gmail.com](mailto:perez.giovanna@gmail.com)

### RESUMEN

En el periodo entre 2007 y 2012, el INSIVUMEH monitoreó dos pozos en la cabecera municipal de Jutiapa, identificando concentraciones de fluoruros. En 2023, se analizaron nuevamente las concentraciones de fluoruros y otros compuestos en varios pozos mecánicos, utilizando datos de campo y características fisicoquímicas para evaluar la influencia de la geología. Los resultados indicaron que las aguas subterráneas presentaban concentraciones de fluoruros por debajo de 2 mg/L. Se concluyó que los niveles altos de fluoruros registrados previamente en el pozo Filtros Amayo no estaban relacionados con la litología, sino con posibles factores antrópicos.

Palabras clave: *Acuífero, flúor, hidrogeoquímica, calidad del agua, litología.*

### ABSTRACT

Between 2007 and 2012, INSIVUMEH monitored two wells in the municipal seat of Jutiapa, identifying fluoride concentrations. In 2023, fluoride concentrations and other compounds were reanalyzed in several mechanical wells, using field data and physicochemical characteristics to assess the influence of geology. The results indicated that groundwater had fluoride concentrations below 2 mg/L. It was concluded that the previously recorded high fluoride levels in the Filtros Amayo well were not related to lithology but rather to potential anthropogenic factors.

Key words: Aquifer, fluoride, hydrogeochemistry, quality of water, lithology

# GENESIS GEOLÓGICA Y POTENCIALIDAD DE GENERACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE ROCA – DAR.

*Abstrac ID 803*

GEOLOGIC GENESIS AND ACID ROCK DRAINAGE GENERATION POTENTIAL - ARD.

**Miguel Gutiérrez<sup>1</sup>**

Ingeniero de Minas y Metalúrgia

Universidad Nacional de Colombia; MSc. Ingeniería Mineral, Universidad de Sao Paulo, Brasil; QP Comisión Colombiana de Recursos y Reservas (CCRR) - CIRISCO.

Departamento de Materiales y Minerales de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Av. 80 #65-223, Villa Flora, Robledo, Medellín, Antioquia, Colombia,  
SGS LATAM, Carrera 52 #14Sur-26, Av. Guayabal, Medellín Antioquia, Colombia.

Email: [migutierrez@unal.edu.co](mailto:migutierrez@unal.edu.co), [miguel.gutierrez@sgs.com](mailto:miguel.gutierrez@sgs.com)

## RESUMEN

Las geociencias ambientales nos permiten entender de una manera integral las interacciones entre los recursos naturales renovables, no renovables y la especie humana, procurando objetivos de desarrollo sostenible. Los diferentes dominios geológicos en los que se emplazan proyectos de aprovechamiento de recursos minerales para el mejor estar de la sociedad, juegan un rol fundamental, puesto que, así como se obtienen minerales esenciales para la vida, se pueden generar impactos que afectan el logro del anhelado bienestar. Uno de estos casos es la potencialidad de generación de Drenaje Ácido de Rocas - DAR, que resulta al exponer diferentes tipos de rocas que contienen iones y aniones metálicos, así como sulfuros y sulfatos, a un proceso de lixiviación, es decir, a la disolución de sulfuros metálicos. Este proceso se puede presentar de modo natural en zonas geográficas mineralizadas y con lluvias abundantes; no es exclusivo de zonas en las que se realizan actividades de aprovechamiento de recursos minerales, también se presenta en la construcción de carreteras, presas de agua, cimentaciones, etc. La potencialidad de generación de DAR se evalúa en laboratorios de ciencias de la tierra, a través de ensayos geo ambientales. Las muestras representativas de roca se analizan geoquímica y mineralógicamente, luego se realizan pruebas geo ambientales estáticas y dinámicas y también se realizan pruebas cortas de lixiviación. Las aguas de DAR deben ser controladas y tratadas para minimizar lo potencialmente negativo del impacto ambiental, el cual está regulado por legislaciones estatales.

Palabras clave: *Drenaje Ácido de Rocas - DAR; Lixiviación; Geoquímica; Geoambiental; Sostenibilidad.*

## ABSTRACT

Environmental geosciences allow us to comprehensively understand the interactions between renewable and non-renewable natural resources and the human species, seeking sustainable development objectives. The different geological domains in which projects to exploit mineral resources for the betterment of society are located, play a fundamental role, since just as essential minerals for life are obtained, impacts can be generated that affect the achievement of the longed-for well-being. One of these cases is the potential for generating Acid Rocks Drainage - DAR, which results from exposing different types of rocks that contain metal ions and anions, as well as sulfides and sulfates, to a leaching process, that is, to dissolution. of metal sulfides. This process can occur naturally in mineralized geographic areas with abundant rainfall; It is not exclusive to areas in which mineral resource exploitation activities are carried out; it also occurs in the construction of roads, water dams, foundations, etc. The potential for generating DAR is evaluated in earth science laboratories, through geo-environmental tests. Representative rock samples are analyzed geochemically and mineralogically, then static and dynamic geo-environmental tests are performed and short leaching tests are also performed. DAR waters must be controlled and treated to minimize the potentially negative environmental impact, which is regulated by state legislation.

Key words: Acid Rocks Drainage - ARD; Geochemistry; Sustainability; Geoenvironmental; Leaching.

## APLICACIONES DE HIDROLOGÍA ISOTÓPICA EN EL SALVADOR

*Abstrac ID 805*

### ISOTOPE HYDROLOGY APPLICATIONS IN EL SALVADOR

**Ricardo Mata<sup>1</sup>**

#### RESUMEN

El Salvador cuenta con registros discontinuos de isótopos estables desde 1968, y desde 2019 se ha logrado un monitoreo más continuo gracias a los Proyectos de Cooperación Técnica llevados a cabo con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), que ha proporcionado equipos y desarrollado capacidades en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Actualmente, el MARN cuenta con un analizador isotópico de H<sub>2</sub>O modelo L2130-i de la marca Picarro, colectores de agua lluvia para análisis de isótopos estables del agua, además de un equipo RAD 7 para la medición continua de Radón y Torón.

El monitoreo ha permitido establecer una red de más de 100 puntos que incluye muestras de agua de lluvia, manantiales, pozos, ríos y lagos. Se ha generado una base de datos isotópica nacional que, junto con otras características hidrogeológicas del medio físico, facilita la identificación de zonas de recarga hídrica y la creación de mapas isotópicos (isoscapes) de oxígeno 18 en precipitación. En la actualidad, se lleva a cabo el muestreo continuo de isótopos estables (oxígeno 18 y deuterio), y de isótopos de sulfato y nitrato para identificar fuentes de contaminación.

Asimismo, se están utilizando isótopos radiactivos, como el tritio, para estimar el tiempo de residencia del agua subterránea y el Radón 222 para analizar la interacción entre agua superficial y subterránea. Los resultados y datos generados se integran en el Sistema de Información Hídrica del país para su divulgación y uso en la gestión de los recursos hídricos.

# ESTUDIO PRELIMINAR HIDROGEOQUÍMICO Y DE CO<sub>2</sub> DIFUSO EN SUELOS DE LA LAGUNA CUZCACHAPA, EL SALVADOR

Abstrac ID 806

A PRELIMINARY SURVEY OF THE HYDROGEOCHEMISTRY AND DIFFUSE CO<sub>2</sub> SOIL AT CUZCACHAPA LAGOON, EL SALVADOR

Emerson Gustavo Martínez Hernández<sup>a</sup>, Norbis Salvador Solano Melara<sup>a</sup>, Henry Gabriel Montan Flores<sup>b</sup>, Fátima Suyapa Santos Hernández<sup>b</sup>, Wendy Arely Hernández Meléndez<sup>b</sup>, Fernanda Rebeca Alfaro Zelada<sup>b</sup>, Cristian Ernesto Arucha Shupan<sup>b</sup>, Diego Rodolfo Beltrán Piche<sup>b</sup>, María Guadalupe Campos Coreas<sup>b</sup>, Carlos Daniel Cañas Parada<sup>b</sup>, Juan Diego Cornejo Rosales<sup>b</sup>, Douglas Alejandro Fuentes Cabrera<sup>b</sup>, Alessandro Paolo Lara Reyes<sup>b</sup>, Isis Nohemy Martínez de Quintanilla<sup>b</sup>, Nubia Alejandra Martínez Sánchez<sup>b</sup>, Elian Rafael Nochez Avelar<sup>b</sup>, Douglas Fernando Raimundo Acevedo<sup>b</sup>, Carlos Mauricio Reyes Polanco<sup>b</sup>, Rafael Eduardo Rodríguez Mayorga<sup>b</sup>, Christopher Aarón Soriano Rodríguez<sup>b</sup>, Kelvin Omar Guzmán Meléndez<sup>b</sup>.

a. Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

b. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Estudiantes de cátedra: Geoquímica, tercer año de Ingeniería Geológica.

Email: [emerson.martinez@ues.edu.sv](mailto:emerson.martinez@ues.edu.sv)

## RESUMEN

La Laguna Cuzcachapa es una pequeña caldera ubicada al occidente de El Salvador, es considerada de importancia histórica por formar parte de un complejo arqueológico que evidencia la cultura indígena de los Pocomames y muy visitada anualmente como un lugar de recreación. Sin embargo, es una zona que carece de advertencias sobre riesgos potenciales y no hay un seguimiento geoquímico ambiental de sus aguas y gases difusos. Se realizó por primera vez una prospección de la desgasificación de CO<sub>2</sub> en suelo y de las aguas superficiales en agosto de 2024. Las mediciones de flujo de CO<sub>2</sub> se realizaron con el método de la cámara de acumulación, simultáneamente con mediciones de temperatura del suelo a 10 y 40 cm de profundidad. Los flujos de CO<sub>2</sub> medidos reflejan una mediana: 0.57 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; y un rango: 0.06 a 1.04 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>. Además, se realizó el muestreo de aguas superficiales para su caracterización, midiendo in situ parámetros tales como pH (media: 8.43), conductividad eléctrica (media: 0.28 mS cm<sup>-1</sup>), sólidos totales disueltos (media: 138 ppm), salinidad (0.01%), y oxígeno disuelto (media: 11.4%). Se utilizaron datos hidrogeoquímicos (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), relaciones iónicas y correlaciones geoquímicas para confirmar los procesos que rigen la química del agua. De hecho, los principales diagramas geoquímicos (Langelier-Ludwig y Piper) confirman la naturaleza predominante de bicarbonatos y metales alcalinotérreos. Como metales en traza predomina el hierro con una concentración media de 184.13 µg L<sup>-1</sup>. Estos resultados indican que una prospección geoquímica básica de fluidos puede ser útil para la caracterización de esta caldera y su monitoreo.

Palabras clave: *desgasificación difusa, dióxido de carbono, hidrogeoquímica.*

## ABSTRACT

The Cuzcachapa Lagoon is a small caldera situated in the western region of El Salvador. The site is of historical significance as it forms part of an archaeological complex that provides evidence of the indigenous Pocomames culture. It is visited annually by tourists and other visitors, who come to enjoy its recreational facilities. However, the area is lacking in warnings regarding potential risks, and there is no environmental geochemical monitoring of the waters or diffuse gases. A preliminary survey of CO<sub>2</sub> degassing in soil and surface waters was conducted in August 2024. CO<sub>2</sub> flux measurements were performed with the accumulation chamber method, simultaneously with soil temperature measurements at 10 and 40 cm depth. Measured CO<sub>2</sub> fluxes reflect a median: 0.57 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>; and a range: 0.06 to 1.04 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>. Furthermore, surface water samples were collected for characterisation, with in situ parameters such as pH (mean: 8.43), electrical conductivity (mean: 0.28 mS cm<sup>-1</sup>), total dissolved solids (mean: 138 ppm), salinity (0.01%), and dissolved oxygen (mean: 11.4%) being measured. Hydrogeochemical (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ionic ratios and geochemical correlations were used to confirm the processes governing water chemistry. Indeed, the main geochemical diagrams (Langelier-Ludwig and Piper) confirm the predominant nature of bicarbonates and alkaline earth metals. In terms of trace metals, iron is the most abundant, with an average concentration of 184.13 µg L<sup>-1</sup>. These results suggest that a basic fluid geochemical survey may be useful in characterising and monitoring this caldera.

Key words: carbon dioxide, diffuse degassing, hydrogeochemistry.

# VALIDACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL LAGO DE YOJOA EN HONDURAS: COMPARACIÓN DE DATOS SATELITALES CHIRPS Y CMORPH CON OBSERVACIONES TERRESTRES

*Abstrac ID 807*

VALIDATION OF PRECIPITATION IN THE YOJOA LAKE SUB-BASIN IN HONDURAS: COMPARISON OF CHIRPS AND CMORPH SATELLITE DATA WITH GROUND-BASED OBSERVATIONS

**Dayan Pichardo** <sup>(1,2)</sup>, **Lenín Henríquez-Dole** <sup>(3)</sup>

1. Unidad de Hidrología - Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE)

2. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT), Tegucigalpa, Honduras

3. Red Interdisciplinaria para la Sostenibilidad de los Ecosistemas (EcoAgsus), Mendoza, Argentina

Email: [mishellpichardo@gmail.com](mailto:mishellpichardo@gmail.com), [l.henriquez@ecoagsus.com](mailto:l.henriquez@ecoagsus.com)

## RESUMEN

Los datos de precipitación son esenciales en la gestión de recursos naturales, estudios hidrológicos, y planificación de infraestructuras hidráulicas. No obstante, la medición de la precipitación es escasa, limitada o nula en muchas regiones del mundo, lo que ha impulsado el uso de productos satelitales para estimarla. Este estudio evalúa la precisión de los datos diarios (y su agregación mensual y anual) de precipitación satelitales CHIRPS y CMORPH mediante la comparación con observaciones terrestres en la subcuenca del Lago de Yojoa, Honduras. Se utilizaron datos de precipitación diaria de 10 estaciones hidroclimatológicas para un periodo comprendido entre 1981 y 2015. A nivel diario, los datos satelitales de CHIRPS mostraron un bajo ajuste con los datos observados, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre 0.02 y 0.07. La revisión de la distribución de los datos diarios indicó que los datos satelitales presentan pocos días con precipitación y tienden a acumular la lluvia durante esos días, a diferencia de las observaciones terrestres. A nivel mensual, los datos satelitales presentaron un mejor ajuste, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre 0.63 y 0.84. Estos resultados subrayan la importancia de la validación regional de datos satelitales para su aplicación en estudios hidrológicos, y sugieren que, aunque los datos satelitales son útiles a nivel mensual, su uso a nivel diario aún requiere mayor estudio y desarrollo de métodos de corrección del sesgo. Las implicaciones de estos hallazgos son significativas para la gestión de recursos hídricos en regiones con limitaciones en la infraestructura de monitoreo.

Palabras clave: *Meteorología, Climatología, Pluviometría, Satélite, Hidroclimatología*

## ABSTRACT

Precipitation data are essential in natural resource management, hydrological studies, and hydraulic infrastructure planning. However, precipitation measurement is sparse, limited, or nonexistent in many regions of the world, prompting the use of satellite products to estimate it. This study evaluates the accuracy of daily (and their monthly and annual aggregation) satellite precipitation data from CHIRPS and CMORPH by comparing them with ground observations in the Lake Yojoa sub-basin, Honduras. Daily precipitation data from 10 hydroclimatological stations were used for the period from 1981 to 2015. At the daily level, CHIRPS satellite data showed a poor fit with observed data, with coefficients of determination ( $R^2$ ) between 0.02 and 0.07. A review of the daily data distribution indicated that the satellite data had few days with precipitation and tended to accumulate rain on those days, unlike terrestrial observations. At the monthly level, satellite data showed a better fit, with  $R^2$  values between 0.63 and 0.84. These results highlight the importance of regional validation of satellite data for their application in hydrological studies and suggest that while satellite data are useful at the monthly level, their use at the daily level still requires further study and development of bias correction methods. The implications of these findings are significant for water resource management in regions with limited monitoring infrastructure.

Key words: Meteorology, Climatology, Pluviometry, Satellite, Hydroclimatology

**CALIDAD DEL AGUA Y CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN LA MICROCUENCA RÍO CALDERAS: APORTES DE LA MAPE DE ORO, EN EL CORPUS, CHOLUTECA HONDURAS.**  
**Abstrac ID 808**

WATER QUALITY AND MERCURY POLLUTION IN THE MICRO-BASIN RÍO CALDERAS: GOLD ASM CONTRIBUTIONS IN EL CORPUS-CHOLUTECA.

**Rodrigo Alejandro Palacios Ordenes<sup>1</sup>**

a. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras

**RESUMEN**

Históricamente El Corpus-Choluteca, se conoce como uno de los primeros municipios mineros en beneficiar oro con mercurio en Honduras. En el estudio se tomaron como muestra cinco aldeas del municipio, en época seca y lluviosa del año 2022 en las matrices de agua y sedimentos. La metodología de la investigación es del tipo mixta (cuantitativa-cualitativa) descriptiva. Se analizó Hg-total en época lluviosa y se detectó contaminación en dos fuentes superficiales con concentraciones de 2.6 y 1.3 µg/L respectivamente. Respecto a metales traza, en época seca el Fe excede el máximo admisible (0.3 mg/L) para todos los sitios detectados (11) y para Pb se excede (0.01 mg/L) en 1 sitio. En lluviosa, el Fe lo excede en 4 sitios y el Mn excede (0.5 mg/L) para 4 sitios.

En sedimentos las mayores concentraciones detectadas para Hg-total fueron para lagunas de descarga, seguido de sedimentos de río que presentan una descarga directa de rastras y, por último, en sedimentos de río que no reciben descargas. En época seca las concentraciones oscilan entre 52.1 a 30,400 µg/kg, y en lluviosa entre 100 a 11,000 µg/kg. Debido a la presencia de Hg-total en sedimentos de ríos y lagunas de descarga, agua superficial y subterránea, asimismo concentraciones de Fe, Mn que exceden los máximos admisibles; el agua no es apta para uso, consumo humano y animal, ni está presente en niveles seguros para la protección de la vida ecosistémica

Palabras clave: *Contaminación, hidroquímica, MAPE, mercurio, metales traza*

**ABSTRACT**

Historically, El Corpus-Choluteca is known as one of the first mining municipalities to benefit gold with mercury in Honduras. The study sampled five villages in the municipality, in the dry and rainy season of 2022 in the water and sediment matrices. The research methodology is of the mixed (quantitative-qualitative) descriptive type. Hg-total was analyzed in rainy season and contamination was detected in two surface sources with concentrations of 2.6 and 1.3 µg/L respectively. For trace metals, in dry season the Fe exceeds the maximum allowable (0.3 mg/L) for all sites detected (11) and for Pb it is exceeded (0.01 mg/L) at 1 site. In rainy season, Fe exceeds it in 4 sites and Mn exceeds (0.5 mg/L) for 4 sites.

In sediments the highest concentrations detected for Hg-total were for discharge lagoons, followed by river sediments that present a direct discharge of rastras and, finally, in river sediments that do not receive discharges. In dry season concentrations range from 52.1 to 30,400 µg/kg, and in rainy season from 100 to 11,000 µg/kg. Due to the presence of total Hg in sediments from rivers and discharge ponds, surface, and groundwater, as well as concentrations of Fe and Mn; water is not suitable for human and animal use, nor is it present at safe levels for the protection of ecosystem life.

Key words: ASM, hydrochemistry, mercury, pollution, trace metals

# VARIABILIDAD HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHIQUITO: IMPACTO DE SULFATOS Y METALES TRAZA

*Abstrac ID 809*

## HYDROCHEMICAL EVALUATION AND DRINKING WATER QUALITY IN THE RÍO CHIQUITO SUB-BASIN: SULFATES AND TRACE METALS

**Tania María Peña Paz<sup>a</sup>**

a. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra – Facultad de Ciencias; Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras

### RESUMEN

El estudio de la subcuenca del río Chiquito analizó la variabilidad estacional y las características hidroquímicas del agua, recolectando 219 muestras en distintos periodos. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos, iones mayoritarios, sulfato y metales traza, destacando una alta concentración de sulfato en la zona baja sur durante la temporada seca, influenciada por la disolución de yeso y procesos redox. En las épocas lluviosas, el sulfato disminuye debido a la dilución por la recarga de agua de lluvia. El análisis identificó niveles elevados de metales tóxicos, como arsénico y cadmio, lo que resalta la necesidad de intervenciones para mitigar los riesgos de contaminación.

La metodología incluyó balances iónicos, clasificación hidroquímica y análisis de metales, evidenciando variaciones espaciales y temporales en la calidad del agua. Los resultados subrayan la importancia de un enfoque integral que considere la geología, la química del agua y las actividades humanas. Se propone una zonificación de riesgos que clasifica las áreas en niveles de riesgo bajo, medio y alto, proporcionando una herramienta útil para la gestión sostenible del recurso hídrico. Además, se destaca la urgencia de implementar programas de monitoreo continuo y políticas públicas para garantizar la calidad del agua y la protección de la salud pública.

Palabras clave: *Hidroquímica, sulfato, metales traza, calidad del agua.*

### ABSTRACT

The study of the Río Chiquito sub-basin analyzed the seasonal variability and hydrochemical characteristics of the water, collecting 219 samples over different periods. Physicochemical parameters, major ions, sulfate, and trace metals were evaluated, highlighting a high concentration of sulfate in the southern lowland area during the dry season, influenced by gypsum dissolution and redox processes. During the rainy season, sulfate concentrations decrease due to dilution from rainfall recharge. The analysis also identified elevated levels of toxic metals, such as arsenic and cadmium, emphasizing the need for interventions to mitigate contamination risks.

The methodology included ionic balance calculations, hydrochemical classification, and metal analysis, revealing spatial and temporal variations in water quality. The results underline the importance of an integrated approach that considers geology, water chemistry, and human activities. A risk zoning was proposed, classifying areas into low, medium, and high-risk levels, providing a valuable tool for sustainable water resource management. Additionally, the study highlights the urgent need to implement continuous monitoring programs and public policies to ensure water quality and protect public health.

Key words: Hydrochemistry, sulfate, trace metals, water quality.

# INCERTIDUMBRE Y ERRORES EN HIDROGEOLOGÍA: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN MONTE CARLO UTILIZANDO EXCEL

*Abstrac ID 810*

UNCERTAINTY AND ERRORS IN HYDROGEOLOGY: APPLICATION OF THE MONTE CARLO SIMULATION USING EXCEL

**Rudy Machorro Sagastume<sup>1</sup>**

Asociación Guatemalteca de Geociencias Ambientales - ASGA

Email: [rudy.machorro@yahoo.com](mailto:rudy.machorro@yahoo.com)

## RESUMEN

Los monitoreos hidrogeológicos involucran mediciones ambientales que no son perfectas y difíciles de cuantificar con exactitud y precisión en un contexto con incertidumbres aleatorias y epistémicas. En la presente investigación se utiliza la Simulación Monte Carlo (SMC) basada en Excel como herramienta predictiva para evaluar la incertidumbre mensual y anual de la lluvia en el Corredor Seco de Zacapa. El análisis exploratorio de datos revela una fuerte fluctuación aleatoria de lluvia mensual y anual, con los meses de verano manifestando un fuerte contraste en la desviación estándar especificada y presencia de extremos pluviales. Se describe la configuración de la SMC en Excel para implementar 1,000 iteraciones, generar las variables de valor aleatorio, verificar los valores simulados de lluvia, y visualizar los datos aleatorios generados. La comparación de los datos de campo y los datos simulados de lluvia generados con la SMC revelan un muy buen ajuste mensual, con ciertas diferencias en junio y octubre, y un comportamiento estacional de lluvia que puede aproximarse con una distribución tipo Gaussiana con asimetría positiva.

La SMC implementada con Excel aporta una muy buena primera aproximación para la predicción de la lluvia en el Corredor Seco. Sin embargo, para generar escenarios hidrogeológicos de menor incertidumbre puede requerirse software mucho más avanzado tal como SPSS y SAS. La mayoría de los procesos hidrogeológicos pueden considerarse variables aleatorias, pero para producir un modelo integrado más eficiente es necesario combinar los métodos estadísticos con métodos determinísticos de modo que se logre una mejor planificación, desarrollo y manejo de los recursos hídricos

Palabras clave: *Excel, Simulación Monte Carlo, Corredor Seco, Lluvia.*

## ABSTRACT

Hydrogeological monitoring involves environmental measurements that are not perfect and difficult to quantify accurately and precisely in a context with random and epistemic uncertainties. In this research, Excel-based Monte Carlo Simulation (MCS) is used as a predictive tool to evaluate the monthly and annual uncertainty of rainfall in the Zacapa Dry Corridor. Exploratory data analysis reveals a strong random fluctuation of monthly and annual rainfall, with the summer months manifesting a strong contrast in the specified standard deviation and presence of rainfall extremes. The configuration of the MCS in Excel is described to implement 1,000 iterations, generate the random value variables, verify the simulated rainfall values, and visualize the generated random data. The comparison of the field data and the simulated rainfall data generated with the SMC reveals a very good monthly fit, with certain differences in June and October, and a seasonal rainfall behavior that can be approximated with a Gaussian-type distribution with positive asymmetry.

The MCS implemented with Excel provides a very good first approximation for predicting rainfall in the Dry Corridor. However, much more advanced software such as SPSS and SAS may be required to generate lower uncertainty hydrogeological scenarios. Most hydrogeological processes can be considered random variables, but to produce a more efficient integrated model it is necessary to combine statistical methods with deterministic methods so that better planning, development and management of water resources is achieved..

Key words: Excel, Monte Carlo Simulation, Dry Corridor, rainfall.

# CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ÁREA CENTROAMERICANA, LA REDUCCIÓN DE RIESGOS HIDROGEOLÓGICOS: UN RETO Y UNA OPORTUNIDAD, PERO CREANDO CAPACIDADES PARA EL FUTURO.

**Abstrac ID 811**

CLIMATE CHANGE IN CENTRAL AMERICA, REDUCING HYDROGEOLOGICAL RISKS: A CHALLENGE AND AN OPPORTUNITY, BUT CREATING CAPACITIES FOR THE FUTURE.

**Massimiliano Fazzini<sup>1</sup>, Giuseppe Nerilli<sup>2</sup> & Mario L. Rainone<sup>3</sup>**

1. URDIS - Università degli Studi di Camerino, - Italia

2. Dipartimento di Scienze– Università degli Studi “G. d’Annunzio” Chieti-Pescara, Italia

3. AICS - Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo, San Salvador

Email: [mario.rainone@unich.it](mailto:mario.rainone@unich.it)

## RESUMEN

Mucho se ha escrito sobre lo que está sucediendo en Centroamérica y los impactos que eventos climáticos extremos o largos períodos secos, también atribuibles al cambio climático, tienen en el territorio, en la población y en las actividades humanas; especialmente agrícolas y turísticos, que representan un alto valor económico, en particular para el lado caribeño.

La reducción de las precipitaciones y la diferente distribución de las mismas en el llamado “corredor seco” (Honduras, Guatemala, El Salvador) ya ha mostrado importantes consecuencias para la agricultura y la seguridad alimentaria, especialmente para las medianas empresas y para las poblaciones indígenas de las montañas, cuyas condiciones están destinadas a empeorar, según las proyecciones.

En el escenario más optimista la precipitación en el área centroamericana disminuirá con un promedio para toda la región del 11%, mientras que en el escenario más pesimista se espera una disminución de la precipitación con un promedio del 28%. Este descenso también va acompañado de la modificación temporal de las precipitaciones con mayores niveles de precipitación al inicio de la temporada (entre mayo y julio). En la segunda mitad del XXI siglo es probable que las precipitaciones se concentren más en un intervalo de tiempo más corto con el consiguiente alargamiento del período seco. El aumento medio de la temperatura, respecto a la media del período CLINO 1980-2010, ha sido de unos 0,5°C en los últimos 50 años y se estima un nuevo aumento de 2,5°C para el próximo siglo en un escenario más optimista o 4,2°C. C en el más pesimista.

Sin embargo, el cambio de uso del suelo, debido principalmente al crecimiento poblacional, la urbanización, la expansión agrícola y la creciente demanda de recursos naturales, además de la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos, reducen la capacidad de mitigar los efectos de las perturbaciones hacen que el fenómeno aún más agudo y devastador. Por lo tanto, las capacidades de afrontamiento son aún más limitadas y hacen que los enfoques multidisciplinarios e integrados sean más necesarios e indispensables que nunca, para reducir todos los múltiples riesgos resultantes. Es necesario y deseable pasar de la gestión de desastres a su prevención, como también lo indican las directrices del Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres de la UNDRR.

En este artículo los autores indican las acciones deseables para reducir los efectos del cambio climático mediante la adopción de "Planes de Adaptación" y ilustran las experiencias adquiridas en el contexto italiano.

## ABSTRACT

Much has been written about what is happening in Central America and the impacts that extreme weather events or long dry periods, also attributable to climate change, have on the territory, the population and human activities, especially agriculture and tourism, which represent a high economic value, particularly on the Caribbean side.

The reduction in rainfall and the different distribution of rainfall in the so-called “dry corridor” (Honduras, Guatemala, El Salvador) has already shown important consequences for agriculture and food security, especially for medium-sized businesses and for indigenous populations in the mountains, whose conditions are destined to worsen, according to projections.

In the most optimistic scenario, rainfall in the Central American area will decrease with an average for the entire region of 11%, while in the most pessimistic scenario a decrease in rainfall is expected with an average of 28%. This decrease is also accompanied by the temporary modification of rainfall with higher levels of precipitation at the beginning of the season (between May and July). In the second half of the XXI century, precipitation is likely to be concentrated more in a shorter time interval, with a consequent lengthening of the dry period. The average temperature increase, compared to the average for the timespan CLINO 1980-2010, has been about 0.5°C over the last 50 years and a further increase of 2.5°C is estimated for the next century in a more optimistic scenario or 4.2°C in the most pessimistic.

However, land use change, mainly due to population growth, urbanization, agricultural expansion and the increasing demand for natural resources, in addition to the loss of biodiversity and ecosystem services, reduce the capacity to mitigate the effects of disturbances, making the phenomenon even more acute and devastating. Coping capacities are therefore even more limited and make multidisciplinary and integrated approaches more necessary and indispensable than ever, to reduce all the resulting multiple risks. It is necessary and desirable to move from disaster management to prevention, as also indicated by the guidelines of the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction of the UNDRR.

In this paper the authors indicate the desirable actions to reduce the effects of climate change by adopting "Adaptation Plans" illustrating the experiences acquired in the Italian context.

## RETOS EN LA GOBERNANZA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN COSTA RICA

*Abstrac ID 812*

### CHALLENGES IN GROUNDWATER GOVERNANCE IN COSTA RICA

**Ingrid Vargas-Azofeifa<sup>1,2\*</sup> & Paola Alvarado Piedra<sup>3</sup>**

1. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

2. Maestría en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos, Posgrado en Geología

3. Hidrogeóloga consultora

Email: [ingrid.vargas@ucr.ac.cr](mailto:ingrid.vargas@ucr.ac.cr)

### RESUMEN

Costa Rica depende del uso del agua subterránea, ya que es la principal fuente concesionada en el abastecimiento público, en la industria, en la actividad turística y comercial. Aunque en el sector agropecuario y agroindustrial también se usa el agua subterránea, existe un subregistro, por lo que su uso aparente es bajo. Este recurso no recibe la atención que debería de tener, debido a los múltiples servicios que brinda, por ejemplo, en Guanacaste, la existencia de acuíferos contribuye considerablemente a alcanzar la seguridad hídrica. Los retos en la gobernanza parten de una mejora en la gobernabilidad, donde se actualice y aplique el marco regulatorio vigente. Asimismo, se deben fortalecer los controles para medir la extracción de agua concesionada en pozos tubulares y prevenir la sobreexplotación. Por otro lado, la falta de ordenamiento del territorio ha provocado impactos en la calidad del agua de algunas fuentes de abastecimiento. Cada vez son más frecuentes los conflictos en torno al aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo, donde la participación de la ciudadanía ha sido clave en la búsqueda de soluciones de los problemas. La mejora en la gestión del agua subterránea comienza con el entendimiento de su dinámica en el ciclo hidrológico, por lo que deben invertirse más recursos en la caracterización y el monitoreo de los acuíferos del país.

Palabras clave: *gobernanza, gobernabilidad, agua subterránea, acuíferos, Costa Rica.*

### ABSTRACT

Costa Rica depends on groundwater use, since it is the main concessioned source in public supply, in industry, in tourism and commercial activity. Although groundwater is also used in the agricultural and agroindustrial sector, there is under-recording, so its apparent use is low. This resource does not receive the attention it should have, due to the multiple services it provides, for example in Guanacaste, the existence of aquifers contributes considerably to achieve water security. The challenges in governance start from an improvement in governability, where the current regulatory framework is updated and applied. Likewise, controls must be strengthened to measure the extraction of concessioned wells and prevent overexploitation. On the other hand, the lack of land planning has caused impacts on the source's water quality. Conflicts regarding the groundwater resources use are becoming more and more frequent, where citizen participation has been key in the search for solutions of the problems. Improving groundwater management begins with understanding its dynamics in the hydrological cycle, that is why more resources should be invested in the characterization and monitoring of the country's aquifers..

Key words: *governance, governability, groundwater, aquifers, Costa Rica*

## EL USO DE ZEOLITAS EN LA PURIFICACIÓN DE AGUA: PERSPECTIVAS EN CENTROAMÉRICA A TRAVÉS DE LA EXPERIENCIA ITALIANA

**Abstrac ID 813**

THE USE OF ZEOLITES IN WATER PURIFICATION: PERSPECTIVES IN CENTRAL AMERICA THROUGH THE ITALIAN EXPERIENCE

**Daniela Novembre<sup>1\*</sup>, Domingo Gimeno<sup>2</sup>, Monia Calista<sup>3</sup>, M.L. Rainone<sup>3</sup>, A.H. De la Cruz<sup>4</sup>, L. A. Castillo Ramos<sup>5</sup>**

1. Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi "G. D'Annunzio" Via dei Vestini 30, 66013 Chieti, Italy.

2. Dept. Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, Spain.

3. Dipartimento di Scienze Psicologiche, della Salute e del Territorio, Università degli Studi "G. D'Annunzio" Via dei Vestini 30, 66013 Chieti, Italy

4. Grupo de Investigaciones Vulcanologicas de la Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.

5. Department of Geophysics, University of El Salvador, San Salvador, El Salvador.

### RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es centrar la atención en el uso potencial de los recursos volcánicos de zeolita de Centroamérica en la eliminación de amoníaco de aguas residuales locales a partir de la experiencia italiana. En este trabajo se presenta el uso de una roca volcánica zeolitizada de la región del Lacio (Italia central) en la eliminación de iones amonio de un pequeño curso de agua cercano al área del canal de San Giustino (Región de Abruzzo, Italia central) mediante un proceso de intercambio catiónico. Los tiempos de saturación de una zeolita con chabazita y phillipsita se definen mediante pruebas preliminares de laboratorio. Posteriormente se construye una planta piloto en un pequeño curso de agua cerca de la zona del canal de San Giustino (Región de Abruzzo, Italia Central). Las aguas residuales, caracterizadas por un valor inicial de amoníaco comprendido entre 5 y 120 mg/l, se filtran con un lecho zeolítico. Los primeros resultados experimentales indican una reducción positiva de amoníaco de alrededor del 80-90% y, en todos los casos, valores de concentración de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> por debajo de los límites de la legislación de la UE.

Palabras clave: *eliminación de amoníaco, chabazita, intercambio iónico, phillipsita, zeolitas.*

### ABSTRACT

The main purpose of this work is to focus attention on the potential use of zeolite volcanic resources of Central America in ammonia removal from local sewage waters starting from the Italian experience. The use of a volcanic zeolitized rock from Lazio Region (Central Italy) in the removal of ammonium ion from a little water course near the area of San Giustino channel (Abruzzo Region, Central Italy) through cationic exchange process is presented in this work. The saturation times of a zeolite at chabazite and phillipsite are defined through preliminary laboratory tests. Subsequently a pilot plant is built up on a little water course near the area of San Giustino channel (Abruzzo Region, Central Italy). Wastewaters, characterised by starting ammonia value ranging between 5 and 120 mg/l, are filtered with a zeolitic bed. The first experimental results indicate a positive ammonia reduction of about 80-90% and, in all cases, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> concentration values under the EU law limits.

Key words: ammonia removal, chabazite, ionic exchange, phillipsite, zeolites.

# EL CAMBIO CLIMATICO EN EL SALVADOR: EL APOORTE DE LA GEOLOGÍA

## Abstrac ID 814

### CLIMATE CHANGE IN EL SALVADOR: THE CONTRIBUTION OF GEOLOGY

**Massimiliano Fazzini<sup>1</sup>, Mario Luigi Rainone<sup>2</sup> & Monia Calista<sup>2\*</sup>**

1. URDIS – Università degli Studi di Camerino, Italia

2. Dipartimento di Scienze – Università degli Studi “G. d’Annunzio” Chieti-Pescara , Italia

Email: [monia.calista@unich.it](mailto:monia.calista@unich.it)

## RESUMEN

El cambio climático también está teniendo un impacto creciente en Centroamérica, provocando consecuencias cada vez más devastadoras y afectando gravemente no sólo a las poblaciones, sino también al tejido productivo. Después de períodos particularmente secos, para ejemplo, se producen violentas inundaciones.

El Salvador no es ajeno a estos fenómenos y las consecuencias de los últimos eventos pluviales muy intensos, incluidos los ciclónicos, han demostrado el enorme impacto en los territorios, en las vías fluviales principales y menores, provocando deslizamientos de tierra, causando víctimas y daños a la infraestructura pública y privado. Los daños sufridos por la producción agrícola son importantes y sus consecuencias económicas no son nada despreciables.

Pero, ¿qué tienen que ver las Ciencias de la Tierra y en particular la Geología con esto? Para definir correctamente las especificidades de las modificaciones climáticas y las consiguientes acciones de mitigación sobre el medio ambiente, la Geología es crucial. De hecho, nos permite comprender la evolución del sistema morfo-climático de una región y, mediante habilidades geomorfológicas, hidrogeológicas y geológicas aplicadas, evaluar los impactos en los territorios, tanto entrozados como no. La Geología, y por tanto el Geólogo, tienen las claves para comprender la evolución en el espacio y el tiempo de los efectos, por ejemplo, de fenómenos meteóricos extremos sobre el equilibrio de procesos naturales complejos. Permitiéndole identificar y definir acciones para mitigar riesgos.

En este trabajo, los autores ilustran la experiencia italiana y cómo traducirla efectivamente a la realidad salvadoreña y, en general, centroamericana.

Palabras clave: *Cambio climatico en El Salvador.*

## ABSTRACT

Climate change is also having a growing impact in Central America, causing increasingly devastating consequences and seriously affecting not only populations, but also the productive fabric. After particularly dry periods, for example, violent floods occur.

El Salvador is no stranger to these phenomena and the consequences of the latest very intense rainfall events, including cyclonic ones, have demonstrated the enormous impact on the territories, on the main and minor waterways, causing landslides, causing victims and damage to public and private infrastructure. The damage suffered by agricultural production is significant and its economic consequences are by no means negligible.

But what do Earth Sciences and in particular Geology have to do with this? In order to correctly define the specificities of climate modifications and the consequent mitigation actions on the environment, Geology is crucial. In fact, it allows us to understand the evolution of the morfo-climatic system of a region and, through applied geomorphological, hydrogeological and geological skills, to evaluate the impacts on territories, both entombed and not. Geology, and therefore the Geologist, hold the keys to understanding the evolution in space and time of the effects, for example, of extreme meteoric phenomena on the balance of complex natural processes. Allowing him to identify and define actions to mitigate risks.

In this work, the authors illustrate the Italian experience and how to effectively translate it to the Salvadoran and, in general, Central American reality.

Key words: Climate change in El Salvador.

## SESIÓN 9

### Recursos Mineros



**XV Congreso Geológico de América Central  
V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

# **EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD MINERA INFORMAL EN CRUCITAS DE SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA. CONTROL ESPACIAL Y MONITOREO AMBIENTAL, PARA EL PERIODO 2017-2024.**

**Abstrac ID 901**

EVOLUTION OF INFORMAL MINING ACTIVITY IN CRUCITAS DE SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA. SPATIAL CONTROL AND ENVIRONMENTAL MONITORING, FOR THE PERIOD 2017-2024.

**Maikol Rojas Araya<sup>1</sup>**

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)

Email: [marojas@minae.go.cr](mailto:marojas@minae.go.cr)

## **RESUMEN**

Se tienen registros históricos de la explotación de Oro en Costa Rica al menos desde 1884, con la reclamación de la denominada Mina Tres Hermanos, en la zona de Abangares.

Más recientemente y de la mano de exploraciones mineras realizadas en la cuenca tras arco, desde 1992 y al declive de la actividad minera metálica en el país, favorecida por la puesta en marcha de la ley N°8904, es que en el 2017 se registraría el inicio de un nuevo capítulo en la historia aurífera del país.

Este nuevo capítulo estaría marcado por la invasión masiva de oreros, al hasta entonces poco conocido poblado de Crucitas y sería el promotor del accionar institucional que daría origen al seguimiento de esta actividad.

La fiebre del oro generada por los buenos rendimientos obtenidos, se caracterizó inicialmente por la instauración de una actividad minera artesanal de superficie, aprovechando principalmente depósitos coluviales, enriquecidos por los procesos erosivos de los yacimientos detectados durante la exploración que se dio en los noventas y algunos nuevos hallazgos.

Actividad minera artesanal que fue en escalada hacia un modelo subterráneo de poca profundidad, que evoluciono hacia una tecnificación de las metodologías de extracción y a la migración de los centros de recuperación de oro.

A la fecha se contabilizan al menos 58 hectáreas impactadas por esta actividad ilícita e incidencia en las concentraciones de mercurio de la biota, agua y sedimento en los alrededores del poblado de Crucitas.

Palabras clave: *Azogue. Coligallero. Minería artesanal. Rastra.*

## **ABSTRACT**

There are historical records of gold mining in Costa Rica at least since 1884, with the claim of the so-called Tres Hermanos Mine, in the Abangares area.

More recently, and thanks to mining explorations carried out in the basin behind the arc, since 1992 and the decline of metal mining activity in the country, favored by the implementation of Law No. 8904, 2017 would see the beginning of a new chapter in the country's gold history.

This new chapter would be marked by the massive invasion of gold miners, to the until then little-known town of Crucitas and would be the promoter of the institutional action that would give rise to the monitoring of this activity.

The gold rush generated by the good returns obtained was initially characterized by the establishment of an artisanal surface mining activity, mainly taking advantage of colluvial deposits, enriched by the erosive processes of the deposits detected during the exploration that took place in the nineties and some new discoveries.

Artisanal mining activity that was escalating towards a shallow underground model, which evolved towards a technification of the extraction methodologies and the migration of gold recovery centers.

To date, at least 58 hectares have been impacted by this illegal activity and the impact on the concentrations of mercury in the biota, water and sediment in the town of Crucitas and surrounding areas.

**CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL Y QUÍMICA DE ESTRUCTURAS  
VETIFORMES MINERALIZADAS EN EL DISTRITO MINERO DE VETAS, SANTANDER,  
COLOMBIA**  
*Abstrac ID 902*

MICROSTRUCTURAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF MINERALIZED VETIFORM STRUCTURES  
IN THE MINING DISTRICT OF VETAS, SANTANDER, COLOMBIA

**Carlos A. Quiroz-Prada<sup>1</sup>, Ana M. Suarez-Arias<sup>1</sup>, Dylan S. Osorio-Arias<sup>1</sup>, Carlos M. Pacheco-Hernández<sup>1</sup>**  
Programa de Geología, Universidad de Pamplona, Autopista Internacional Vía Los Álamos Villa Antigua, Villa  
del Rosario, Colombia

Email: [Carlos.quiroz@unipamplona.edu.co](mailto:Carlos.quiroz@unipamplona.edu.co)

**RESUMEN**

En los depósitos minerales la caracterización de los controles estructurales y tectónicos son fundamentales para entender las condiciones de formación, transporte y precipitación de la mineralización. La génesis de los depósitos hidrotermales de oro y plata se ha asociado con ambientes tectónicos compresivos, extensivos y transcurrentes que determinan las rutas de migración y acumulación de la mineralización. Estos ambientes se caracterizan por zonas y redes de deformación que controlan la mineralización, favoreciendo el aumento de la permeabilidad, la circulación de fluidos mineralizantes y la precipitación de minerales en las rocas hospedantes. En la porción norte de la Cordillera Oriental de los Andes de Colombia se destaca el Distrito Minero de Vetás y California que se caracteriza por la ocurrencia de mineralización de tipo epitermal de oro y plata hospedada en rocas metamórficas del Ordovícico. A partir del mapeo macro y micro estructural, petrografía, análisis geoquímicos y geoestadísticos (análisis de componentes principales) se determinaron tres trenes mineralizados con direcciones NNE-SSW, NE-SW y ENE-WSW que despliegan correlaciones directas entre la mineralización de oro y las relaciones elementales 1) Sr/W; 2) (Sr+Ti+Sb+Cu)/(Au+Mn+W); 3) Zn/Sb; (Zn+Cd)/Sb. A partir de los análisis de geometría y cinemática, se ha podido determinar que las estructuras se asocian con ambientes transtensivos con direcciones de esfuerzos principales:  $\sigma_1$ :  $40^\circ \rightarrow 322^\circ$ ;  $\sigma_2$ :  $00^\circ \rightarrow 052^\circ$ ;  $\sigma_3$ :  $50^\circ \rightarrow 142^\circ$ . Por lo tanto, se infiere que este paleoesfuerzo posiblemente facilitó el emplazamiento de los fluidos mineralizantes de oro y plata en la zona de estudio.

Palabras clave: *microestructural, epitermales, mineralización, geoquímica*

# GENESIS GEOLÓGICA Y POTENCIALIDAD DE GENERACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE ROCA – DAR

*Abstrac ID 903*

Geologic Genesis and Acid Rock Drainage Generation Potential – ARD

**Miguel Gutiérrez**

<sup>1</sup>Ingeniero de Minas y Metalúrgia, Universidad Nacional de Colombia; MSc. Ingeniería Mineral, Universidad de Sao Paulo, Brasil; QP Comisión Colombiana de Recursos y Reservas (CCRR) - CRIRSCO.

<sup>2</sup>Departamento de Materiales y Minerales de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Av. 80 #65-223, Villa Flora, Robledo, Medellín, Antioquia, Colombia,

<sup>3</sup>SGS LATAM, Carrera 52 #14Sur-26, Av. Guayabal, Medellín Antioquia, Colombia.

Email: [migutierrezs@unal.edu.co](mailto:migutierrezs@unal.edu.co) ; [miguel.gutierrez@sgs.com](mailto:miguel.gutierrez@sgs.com)

## RESUMEN

Las geociencias ambientales nos permiten entender de una manera integral las interacciones entre los recursos naturales renovables, no renovables y la especie humana, procurando objetivos de desarrollo sostenible. Los diferentes dominios geológicos en los que se emplazan proyectos de aprovechamiento de recursos minerales para el mejor estar de la sociedad, juegan un rol fundamental, puesto que , así como se obtienen minerales esenciales para la vida, se pueden generar impactos que afectan el logro del anhelado bienestar. Uno de estos casos es la potencialidad de generación de Drenaje Ácido de Rocas - DAR, que resulta al exponer diferentes tipos de rocas que contienen iones y aniones metálicos, así como sulfuros y sulfatos, a un proceso de lixiviación, es decir, a la disolución de sulfuros metálicos. Este proceso se puede presentar de modo natural en zonas geográficas mineralizadas y con lluvias abundantes; no es exclusivo de zonas en las que se realizan actividades de aprovechamiento de recursos minerales, también se presenta en la construcción de carreteras, presas de agua, cimentaciones, etc. La potencialidad de generación de DAR se evalúa en laboratorios de ciencias de la tierra, a través de ensayos geo ambientales. Las muestras representativas de roca se analizan geoquímica y mineralógicamente, luego se realizan pruebas geo ambientales estáticas y dinámicas y también se realizan pruebas cortas de lixiviación. Las aguas de DAR deben ser controladas y tratadas para minimizar lo potencialmente negativo del impacto ambiental, el cual está regulado por legislaciones estatales.

Palabras clave: *Drenaje Ácido de Rocas - DAR; Lixiviación; Geoquímica; Geoambiental; Sostenibilidad.*

## ABSTRACT

Environmental geosciences allow us to comprehensively understand the interactions between renewable and non-renewable natural resources and the human species, seeking sustainable development objectives. The different geological domains in which projects to exploit mineral resources for the betterment of society are located, play a fundamental role, since just as essential minerals for life are obtained, impacts can be generated that affect the achievement of the longed-for well-being. One of these cases is the potential for generating Acid Rocks Drainage - DAR, which results from exposing different types of rocks that contain metal ions and anions, as well as sulfides and sulfates, to a leaching process, that is, to dissolution. of metal sulfides. This process can occur naturally in mineralized geographic areas with abundant rainfall; It is not exclusive to areas in which mineral resource exploitation activities are carried out; it also occurs in the construction of roads, water dams, foundations, etc. The potential for generating DAR is evaluated in earth science laboratories, through geo-environmental tests. Representative rock samples are analyzed geochemically and mineralogically, then static and dynamic geo-environmental tests are performed and short leaching tests are also performed. DAR waters must be controlled and treated to minimize the potentially negative environmental impact, which is regulated by state legislation.

Key words: Acid Rocks Drainage - ARD; Geochemistry; Sustainability; Geoenvironmental; Leaching.

## AGRADECIMIENTOS

El Comité Organizador desea expresar su gratitud y agradecer a los siguientes socios por su generoso apoyo:

### Oro



**GreenRock**

**JADE MAYA**  
established 1974  
The original jade factory and archaeology museum

### Plata



### Bronce



*Somos*  
**COOPERATIVA COBÁN**

**PISOS**  
**CASA BLANCA**  
Una inversión para toda la vida



### Instituciones colaboradoras



Ministerio de  
**Energía y Minas**



## **Sumario / Contents**

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>Sesión 1. Amenazas Naturales</b> | <b>01</b>  |
| <i>Session 1. Natural Hazards</i>   |            |
| <b>Sesión 2. Proyecto Castes</b>    | <b>27</b>  |
| <i>Session 2. Proeyecto Castes</i>  |            |
| <b>Sesión 3. Geofísica</b>          | <b>61</b>  |
| <i>Session 3. Geophysics</i>        |            |
| <b>Sesión 4. Geopatrimonio</b>      | <b>81</b>  |
| <i>Session 4. Geoheritage</i>       |            |
| <b>Sesión 5. Cartografía</b>        | <b>95</b>  |
| <i>Session 5. Mapping</i>           |            |
| <b>Sesión 6. Tectónica</b>          | <b>131</b> |
| <i>Session 6. Tectonic</i>          |            |
| <b>Sesión 7. Vulcanología</b>       | <b>151</b> |
| <i>Session 7. Vulcanology</i>       |            |
| <b>Sesión 8. Hidrogeología</b>      | <b>183</b> |
| <i>Session 8. Hidrogeology</i>      |            |
| <b>Sesión 9. Recursos Minerales</b> | <b>213</b> |
| <i>Session 9. Mineral Resources</i> |            |

ISSN 2410-728X



# Resúmenes

## Book of Abstracts

ISSN 2410-728X



**XV Congreso Geológico de América Central**  
**V Congreso Guatemalteco de Geociencias Ambientales**

**Del 27 al 29 de noviembre 2024, Antigua Guatemala**

By: @caravanstudiodesigns 2019 Cortesía:  
@caravanstudiodesigns 2019