



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO



Proyecto de formación aplicada a los Escenarios de Riesgo con la medición y monitoreo de los fenómenos volcánicos, sísmicos e geohidrológicos en América Central (RIESCA)

Progetto regionale di formazione applicata agli Scenari di Rischio con la Sorveglianza e il Monitoraggio dei fenomeni Vulcanici, Sismici e Geoidrologici in Centro America (RIESCA)



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA



IGG-CIGEO
INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA
UNAN-MANAGUA



INFORME JORNADA 7

Período del 23 de junio al 4 de julio 2019, El Salvador
Sismología, Sismotectónica y Geohidrología

Período del 23 de junio al 1 de julio 2019, Nicaragua
Vulcanología

Redactado en agosto 2019, por:

Abel Alexei Argueta Platero (UES) y Giuseppe Giunta (UNIPA)
Coordinado por: Giuseppe Giunta (UNIPA)

Los reportes de los talleres temáticos han sido elaborados por los especialistas designados por los grupos, en Coordinación con los integrantes y con los especialistas italianos:
Amelia García Castro -MARN/OA (Sismología y Sismotectónica);
Eduardo Gutiérrez-MARN/OA y Dolors Ferrés-UNAM (Volcanología);
Jacqueline Rivera- MARN/OA y Miguel Hernández-UES (Geohidrología)
Luis Montenegro (Protección Civil)

Contenido

1. Introducción	2
2. Antecedentes y página web	3
3. Desarrollo actividades de RIESCA.....	9
3.1. SISMOLOGIA	9
3.2 SISMOTECTÓNICA	15
3.3. VULCANOLOGIA.....	27
3.4 GEOHIDROLOGÍA.....	43
4. Conclusiones.....	58

1. Introducción

Como parte de las actividades de la Jornada número 7, se continua con una serie de actividades de carácter técnico para la elaboración de productos útiles para también poder ser entregados a la Protección Civil de cada uno de los países RIESCA.

Esto se traduce en la convergencia mediante una reunión plenaria de los especialistas en las diferentes temáticas como lo son Sismología, Sismotectónica, Vulcanología y Geohidrología.

El trabajo de los diferentes especialistas en las mesas temáticas se ha continuado sin pausa desde jornadas pasadas, algunas tareas concluidas y otras por concluir mediante la generación de productos específicos para la contribución del proyecto a mejorar el accionar de las instituciones en tareas de preparación y respuesta ante la ocurrencia de eventos adversos.

Como siempre, y por ser parte de los objetivos del proyecto, se continua con la participación de la Protección Civil de los países RIESCA como lo son Nicaragua, Guatemala, El Salvador y Honduras fortaleciendo los conocimientos técnicos a través del intercambio de experiencias de diversos tipos y de la generación de conocimiento a partir de productos generados.

Como es de esperar los resultados y avances en los últimos meses han sido sustanciosos en las diferentes temáticas, favorecidos por la riqueza de conocimientos vertidos mediante la comunicación continua y el acompañamiento de las instituciones italianas, tal es el caso, por ejemplo, de la casi finalizada aplicación de catalogación sísmica MARCA-GEHN, la cual se utilizará para la generación de una base de datos macrosísmica a nivel regional, o, en otro de los casos las modelaciones realizadas por la mesa de vulcanología con el objetivo de generar escenarios posibles de ocurrencia de eventos adversos de diversos edificios volcánicos y de esta manera activar los mecanismos de respuesta adecuados a implementar dentro del Sistema Nacional de Protección Civil de cada país. Por otro lado, la presentación y culminación de las diversas etapas del trabajo realizado por la mesa de geohidrología, brinda la pauta para generar en el futuro intercambios técnicos que den continuidad al trabajo como por ejemplo la determinación de deslizamientos a nivel nacional necesarios para la calibración de los modelos utilizados por MARN.

Por lo anterior, este informe pretende resumir de forma concreta los aportes generados en las diferentes temáticas, para su posterior divulgación, cosa que es posible mediante la colaboración conjunta de manera regional e internacional con la ayuda de Agencia Italiana para la Cooperación e instituciones amigas de Italia como UNIPA (Coordinadora del Proyecto), OGS, CNR, IILA, la Universidad Autónoma de México y también la Universidad Nacional de Costa Rica, UNA.

2. Antecedentes y página web

A medida se ha avanzado en los trabajos técnicos a cargo de las diferentes mesas temáticas, se ha vuelto de vital importancia también sostener el funcionamiento adecuado de las herramientas informáticas que se han implementado desde el principio del proyecto para el intercambio de información entre especialistas de los diferentes participantes RIESCA.

Este aporte permitirá en el futuro dar seguimiento a las actividades de una manera sistemática a medida se vayan desarrollando más productos fruto del análisis de los datos utilizados para dicha tarea.

La plataforma del Aula Virtual (<http://eduvirtual.cimat.ues.edu.sv>), accesible desde el sitio oficial del proyecto RIESCA (<http://proyectoriesca.agronomia.ues.edu.sv>), actualmente se mantiene en continua actualización para garantizar que la información generada de los análisis especialistas, se mantenga disponible para los usuarios participantes del proyecto, de la misma manera se busca la publicación de todos los informes generados hasta la fecha para cada una de las jornadas realizadas.

Desde un principio el proyecto RIESCA mantiene como objetivo la capacitación continua del personal técnico especialista, por ello las herramientas de este tipo abonan a ese objetivo, siendo estas también una forma ordenada de trabajar la información y al mismo tiempo permite retomarla por parte de personal nuevo integrante del mismo.

2.1 Programación de la Jornada Plenaria 7

La jornada se desarrolló en dos sedes en la misma fecha:

- Nicaragua del 23 de junio al 1 de julio de 2019 en la temática de Vulcanología y en El Salvador del 23 de junio al 4 de julio para las mesas de Sismología, Sismotectónica y Geohidrología.

Programa de Jornada 7 RIESCA

23 de junio al 4 de julio de 2019, El Salvador Mesas de Sismología, Sismotectónica y Geohidrología

Fecha	Hora	Actividad	Lugar	Coordinación
<i>Domingo</i> 23 junio		<i>Llegada de las delegaciones Centroamericanas e italiana a El Salvador</i>	<i>Aeropuerto Internacional Monseñor Romero Terminal de autobús</i>	<i>Abel Argueta</i>
<i>Lunes</i> 24 junio	8:00 - 16:00	Taller Temático Geohidrología Revisión de los avances jornada 6 Base de datos y revisión metodológicas	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Jacqueline Rivera Miguel Hernández</i>
	8:00 - 16:00	Taller Temático Sismología – Sismotectónica Introducción a la jornada, calendario y programa general hasta el final del proyecto	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Amelia García Luis Castillo Eliana Esposito Laura Peruzza</i>
<i>Martes</i> 25 junio	8:00 - 16:00	Taller Temático Geohidrología Revisión sistemática de los catálogos de deslizamientos	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Jacqueline Rivera Miguel Hernández</i>
	8:00 - 16:00	Taller Temático Sismología – Sismotectónica a) Transición de la base de datos MARCA- GEHN de Google a Midop b) Características de los datos introducidos en la plataforma online c) Control de parámetros y eventos de la versión Beta, planificación de cambios y adiciones necesarias para el lanzamiento de la versión final 1.0 (noviembre de 2019) d) Evaluación de la posibilidad de reubicación instrumental conjunto por subset de los eventos estudiados, o de revaluación homogénea de la magnitud y mecanismos de eventos fuertes (M> 6.5) a partir de 1960 e) Soluciones para mantener / actualizar el servidor web más allá del final del proyecto	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Amelia García Luis Castillo Eliana Esposito Laura Peruzza</i>

<i>Miércoles 26 junio</i>	8:00 - 16:00	Taller Temático Geohidrología Análisis de los datos de los eventos generadores de movimientos en masa (lluvia y sismo)	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Jacqueline Rivera Miguel Hernández</i>
	8:00 - 16:00	Taller Temático Sismología – Sismotectónica f) Discusión y preparación del material para la publicación de terremotos reportados en MARCA-GEHN (Monografía que se publicará como suplemento bilingüe en la revista internacional de OGS http://www3.inogs.it/bgta/ ; otras propuestas) g) Revisión y actualización de la bibliografía utilizada para el estudio de terremotos h) Detalles finales, lanzamiento “social” de la plataforma online	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Amelia García Luis Castillo Eliana Esposito Laura Peruzza</i>
<i>Jueves 27 junio</i>	8:00 - 16:00	Taller Temático Geohidrología Análisis de los datos de los eventos generadores de movimientos en masa (lluvia y sismo)	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Jacqueline Rivera Miguel Hernández</i>
	8:00 - 16:00	Taller Temático Sismología – Sismotectónica i) Evolución del módulo de inserción del punto de intensidad utilizado para MARCA-GEHN para uso futuro (eventos pasados no analizados, eventos nuevos que ocurren en el área) j) Ejercicios de Openquake para la inversión de los parámetros fuente y para la realización de escenarios expeditivos de resentimiento	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Amelia García Luis Castillo Eliana Esposito Laura Peruzza</i>
<i>Viernes 28 junio</i>	8:00 - 16:00	Taller Temático Geohidrología Análisis de los datos de los eventos generadores de movimientos en masa (lluvia y sismo)	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Jacqueline Rivera Miguel Hernández</i>

<i>Viernes 28 junio</i>	8:00 - 16:00	<p>Taller Temático Sismología – Sismotectónica</p> <p>k) Discusión sobre bases de datos de fallas en proceso de publicación (por ejemplo https://www.nat-hazards-earth-syst-sci-discuss.net/nhess-2019-46/)</p> <p>l) Revisar fallas regionales en DEM, fallas sismogénicas y activas</p> <p>m) Caracterizar fallas de l) en un archivo</p> <p>n) Elegir sismicidad conectada con fallas elegidas</p> <p>o) Revisar mecanismos focales, en particular los conectados a fallas elegidas</p> <p>p) En base a mapa de profundidad de Moho poner los sismos interface y intraplate en su posición correcta</p> <p>q) En conexión con los datos sismológicos proponer un mejoramiento de las zonas sismogénicas, corticales, intergac e intraplate</p> <p>r) Monografías descriptivas principales fallas (Contribución a las publicaciones del punto f)</p>	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Amelia García Luis Castillo Eliana Esposito Laura Peruzza</i>
<i>Sábado 29 junio</i>	8:30 - 12:00	<p>Taller Protección Civil</p> <p>Reunión sobre Protocolos de transferencia de información técnica hacia Protección Civil</p>	<i>UES, Facultad de Ciencias Agronómicas</i>	<i>Abel Argueta Eduardo Gutiérrez Luis Montenegro David Monterroso</i>
<i>Domingo 30 junio</i>		Visita de campo		<i>Abel Argueta</i>
<i>Lunes 1 julio</i>	8:00 - 16:00	<p>Taller Temático Geohidrología</p> <p>Organización del documento final a publicar</p>	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Jacqueline Rivera Miguel Hernández</i>
	8:00 - 16:00	<p>Taller Temático Sismología – Sismotectónica</p> <p>Organización del documento final a publicar</p>	<i>MARN Sala por confirmar</i>	<i>Amelia García Luis Castillo Eliana Esposito Laura Peruzza</i>
<i>Martes 2 julio</i>	9:00 - 11:00	<p>Jornada Plenaria El Salvador y</p> <p>videoconferencia con Coordinador General: <i>Giuseppe Giunta</i></p> <p>Resultados de la jornada, Informe y programas finales</p>	<i>UES, Facultad de Ciencias Agronómicas</i>	<i>Abel Argueta Giuseppe Giunta Eduardo Gutiérrez</i>

<p><i>Martes</i> <i>2 julio</i></p>	<p><i>11:00 –</i> <i>13:30</i></p>	<p><i>Reunión coordinadores</i> <i>Plan Operativo de los meses restantes 2019</i></p>	<p><i>UES, Facultad de</i> <i>Ciencias</i> <i>Agronómicas</i></p>	<p><i>Giuseppe Giunta</i> <i>Abel Argueta</i> <i>Eduardo Gutiérrez</i> <i>Julio Luna</i> <i>Maynor Ruíz</i> <i>Carlos Rubí</i></p>
<p><i>Miércoles</i> <i>3 julio</i></p>		<p><i>Salida de las delegaciones Centroamericanas e</i> <i>Italiana a sus países de origen</i></p>	<p><i>Aeropuerto</i> <i>Internacional</i> <i>Monseñor</i> <i>Romero</i> <i>Terminal de</i> <i>autobús</i></p>	<p><i>Abel Argueta</i></p>

Programa de Jornada 7 RIESCA 23 de junio al 1 de julio de 2019, Nicaragua Mesa de Vulcanología

Fecha	Hora	Actividad	Lugar	Coordinación
<i>Domingo 23 junio</i>		<i>Llegada de la delegación de El Salvador</i>	<i>Aeropuerto Internacional de Nicaragua, Terminal de bus</i>	<i>Edwin Castrillo Eduardo Gutiérrez Alejandra Delgado</i>
<i>Lunes 24 junio</i>	<i>8:00 - 16:00</i>	Taller Temático Vulcanología Desarrollo de Simulaciones probabilísticas para la determinación de zonas que podrían ser impactadas por flujos de lava	<i>UNAM –IGG- CIGEO</i>	<i>Edwin Castrillo Eduardo Gutiérrez Alejandra Delgado</i>
<i>Martes 25 junio</i>	<i>8:00 - 16:00</i>	Taller Temático Vulcanología Desarrollo de Simulaciones probabilísticas para la determinación de zonas que podrían ser impactadas por flujos de lava	<i>UNAM –IGG- CIGEO</i>	<i>Edwin Castrillo Eduardo Gutiérrez Alejandra Delgado</i>
<i>Miercoles 26 junio</i>	<i>8:00 - 16:00</i>	Taller Temático Vulcanología Desarrollo de Simulaciones probabilísticas para la determinación de zonas que podrían ser impactadas por flujos de lava	<i>UNAM –IGG- CIGEO</i>	<i>Edwin Castrillo Eduardo Gutiérrez Alejandra Delgado</i>
<i>Jueves 27 junio</i>	<i>8:00 - 16:00</i>	Taller Temático Vulcanología Desarrollo de Simulaciones probabilísticas para la determinación de zonas que podrían ser impactadas por flujos de lava	<i>UNAM –IGG- CIGEO</i>	<i>Edwin Castrillo Eduardo Gutiérrez Alejandra Delgado</i>
<i>Viernes 28 junio</i>	<i>8:00 - 16:00</i>	Taller Temático Vulcanología Desarrollo de Simulaciones probabilísticas para la determinación de zonas que podrían ser impactadas por flujos de lava	<i>UNAM –IGG- CIGEO</i>	<i>Edwin Castrillo Eduardo Gutiérrez Alejandra Delgado</i>
<i>Sábado 29 junio</i>	<i>8:00 - 16:00</i>	Taller Temático Vulcanología Desarrollo de Simulaciones probabilísticas para la determinación de zonas que podrían ser impactadas por flujos de lava Organización del documento final a publicar	<i>UNAM –IGG- CIGEO</i>	<i>Edwin Castrillo Eduardo Gutiérrez Alejandra Delgado</i>
<i>Domingo 30 junio</i>		Visita de campo		<i>Edwin Castrillo</i>
<i>Lunes 1 julio</i>	<i>8:00 - 16:00</i>	<i>Salida de la Delegación de El Salvador</i>	<i>Aeropuerto Internacional de Nicaragua, Terminal de bus</i>	<i>Edwin Castrillo</i>

3. Desarrollo actividades de RIESCA en Sismología, Sismotectónica, Vulcanología y Geohidrología presentado en la Jornada 7

3.1. SISMOLOGIA

3.1.1. Introducción

El objetivo de esta reunión es consolidar los avances individuales de los países miembros del proyecto con el propósito de dar cumplimiento regional a las metas establecidas en el proyecto, incluso la transferencia de productos a las entidades de protección civil, y la organización del trabajo de elaboración del informe/publicación final en los próximos meses hacia la finalización del proyecto.

3.1.2. Consolidado en mesa de Sismología

Una de las contribuciones más destacadas de la mesa de sismología es la recolección de datos macrosísmicos de terremotos históricos para la región centroamericana, los datos de intensidad macrosísmica nos permiten describir el nivel de daño causado por un terremoto en una lista de lugares.

La recolección hasta ahora, de los datos para 49 terremotos ocurridos entre 1719 y 2018 nos dio la posibilidad de construir el primer archivo prototípico de puntos de intensidad macrosísmica para cuatro países de Centroamérica (MARCA-GEHN).

Como parte de los productos de la mesa temática de sismología, surge la posibilidad de publicar la información recopilada haciendo uso de “Midop” (macroseismic intensity data online publisher). Esta herramienta genera un sitio web, que nos permitirá:

- ✓ Publicar una lista de terremotos (catalogo).
- ✓ Publicar una lista de lugares afectados por algún grado de intensidad, visualizar mapas interactivos de los puntos de intensidad macrosísmico.
- ✓ Publicar estudios históricos de referencia.
- ✓ Visualizar la historia sísmica por localidad, etc.

Durante la jornada 7 se desarrollaron las siguientes actividades:

- ✓ Transición de la base de datos MARCA-GEHN de Google a Midop (figura 1). Al ser una versión pre-beta, “query by place” presenta una serie de problemas con respecto a la visualización de la información para el usuario final, derivados de errores en la codificación de sitio (SiteID), faltas de ortografía y de software. Por ello, se procedió a la corrección de los múltiples errores observados con el fin de lograr una correcta

visualización de la historia sísmica de sitio (cambios serán visibles en la versión beta 01).

- ✓ Control de parámetros y eventos de la versión Beta, con la realización de cambios y adiciones necesarias para el lanzamiento de la versión final 1.0 (noviembre de 2019)
- ✓ Discutir y encontrar soluciones para mantener / actualizar el servidor web después de finalizado el proyecto.
- ✓ Discutir el material a preparar para la publicación de terremotos reportados en MARCA-GEHN (Monografía que se publicará como suplemento bilingüe en la revista internacional de OGS <http://www3.inogs.it/bgta/>; otras propuestas)
- ✓ Discutir la evolución del módulo de inserción del punto de intensidad para MARCA-GEHN para uso futuro (eventos pasados no analizados, eventos nuevos que ocurren en el área). El Google form debe contener ventanas de selección (país, departamento, municipio, localidad) y SITEID automáticos, con herramienta de selección SITEID en el mapa.

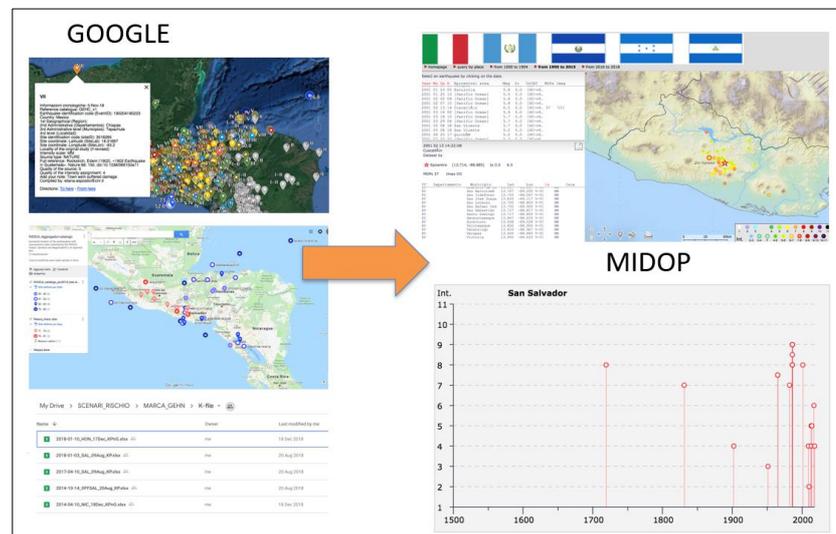


Figura 1: Transición de la base de datos MARCA-GEHN de Google a Midop

El listado de terremotos estudiados y que forman parte del catálogo de MARCA-GEHN se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1. Listado de terremotos estudiados dentro del catálogo MARCA - GEHN

GUATEMALA	EL SALVADOR	NICARAGUA	HONDURAS
1742-08-10	1719-03-05	1898-04-29	1774-10-19
1751-03-04	1742-00-00	1931-03-31	1855
1773-07-29	1748-03-13	1972-12-23	1856
1816-07-23	1831-02-07	1996-04-01	2007-09-15
1830	1859-12-08	2000-07-06	2009-05-28
1870	1860	2014-04-10	2009-06-06
1902-04-19	1862-12-19	2014-04-14	2009-06-30
1913	1878-10-02		2010-01-11
1915-09-07	1951-05-06		2010-02-11
1917-12-25	1965-05-03		2012-02-06
1976-02-04	1982-06-19		2012-02-07
2012-08-02	1986-10-10		2013-04-10
2012-11-07	2001-01-13		2018-01-10
	2001-02-13		

	2008-08-30		
	2013-07-08		
	2013-12-13		
	2014-10-14		
	2017-04-10		
	2018-01-03		

Una visualización en MIDOP de los 1,677 puntos de intensidad para los 49 terremotos que forman parte de MARCA-GEHN se presenta a continuación:

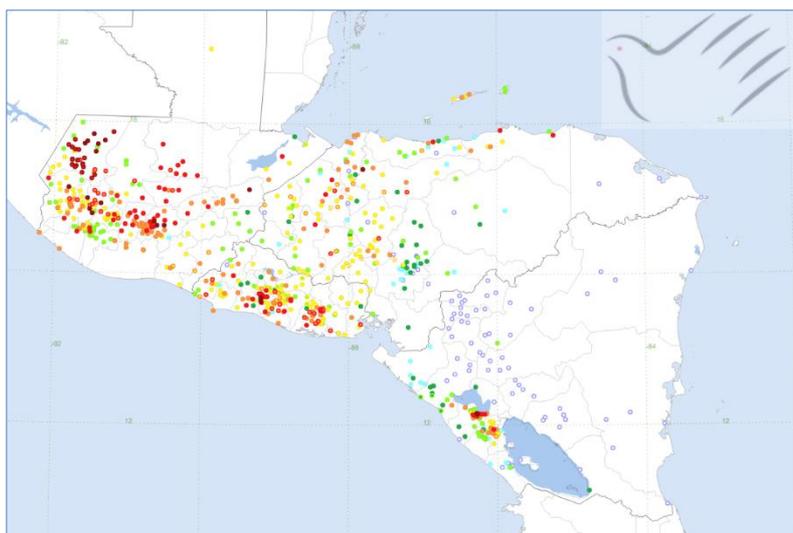


Figura 2: Vista de puntos de intensidad máxima en MIDOP, 1083 terremotos en catálogo, 49 eventos con Macroseismic Data Point sets, 1677 IDP (Intensity Data Point) y ~ 800 localidades.

3.1.2.1. Trabajo de revisión del catálogo MARCA GEHN por cada país.

Todos los países solucionaron problemas de georreferenciación de sitios, ortografía y localidad versus municipios. Superponiendo los MDPs y los sideID en el mapa, se solucionaron los casos problemáticos; además, se verificó a nivel del query by place/query by earthquake el campo macrosísmico de cada uno los terremotos.

Para el caso de Nicaragua se rectificaron un total de 245 puntos, donde se verifica para cada punto, aspectos de región, departamento, municipios y en algunos casos localidad, los puntos esenciales son los valores de coordenadas, rectificación de nombres, que en algunos casos se repetían. Fueron revisados un total de 425, y quedaron listos para ser integrados en la base de datos unificada en MIDOP.

Para El Salvador se corrigieron 388 puntos, se revisó los códigos ID de los sitios, las coordenadas y los nombres de los mismos. Algunos ejemplos de puntos corregidos son: Coatepeque, Acajutla y Zacateloluca

Cada país realizó la revisión y corrección de sus datos, estos archivos Excel fueron enviados a los coordinadores (Peruzza y Rodriguez), para su posterior integración en la base de MARCA GEHN en MIDOP.

3.1.2.2. Pasantía de Félix Rodríguez (UNAH) en OGS Trieste

La pasantía se llevó a cabo en OGS Trieste del 4 al 23 de mayo de 2019, el objetivo fue reestructurar las hojas de trabajo de cada uno de los eventos al formato de entrada de datos que actualmente admite la herramienta.

Una de las primeras tareas fue la generación de 3 tablas (tabla de catálogo, tabla de puntos de intensidad macrosísmica, y tabla de referencias), preservando los campos inicialmente establecidos y añadiendo nuevos campos esenciales para la generación del sitio web. Entre lo nuevo destaca la adición de códigos (MDPid, MDPsetID, StudyCode, SiteID, etc) de identificación los cuales permiten la comunicación/relación entre las tablas ya mencionadas. El código añadido con más relevancia sin duda es el SiteID, ya que este nos permite generar la “historia sísmica” por localidad.

Como resultado del trabajo realizado durante la pasantía, se presenta la versión pre-beta 00 (junio de 2019) de la base de datos MARCA-GEHN, la cual está disponible actualmente en la dirección: <http://marca-riesca.inogs.it>

Donde podemos hacer una consulta por terremoto (query by earthquake), o una consulta por localidad (query by place). La versión pre-beta consta de:

1. Un catálogo con 1083 terremotos.
2. 49 eventos que poseen datos de intensidad macrosísmica.
3. 1677 datos de puntos de intensidad (IDP)
4. 750 localidades con historia sísmica.

3.1.3. Pendientes en mesa de Sismología

Cambios y adiciones necesarias a futuro para el lanzamiento de la versión final 1.0 (noviembre de 2019):

1. Modificación de la página de inicio (en desarrollo).
2. Modificación del diseño de banner dentro de la consulta por terremoto y localidad (en desarrollo).
3. Propuesta del web server de cada país.
4. Detalles finales sobre el lanzamiento “social” de la plataforma online (marca-riesca.inogs.it).
5. Revisión y actualización de la bibliografía utilizada para el estudio de terremotos, actualizar árbol de referencias
6. Ejercicios de Openquake para la inversión de los parámetros fuente y para la realización de escenarios sísmicos.

7. Evolución del módulo de inserción del punto de intensidad utilizado para MARCA-GEHN para uso futuro (eventos pasados no analizados, eventos nuevos que ocurren en el área)
8. Hacer propuesta para web server de cada país.
9. Seleccionar el epicentro preferible para los terremotos históricos en base al comportamiento del campo macrosísmico.
10. Definir propuesta con la Protección Civil para el simulacro de octubre en El Salvador.

3.1.4.-Problemas en mesa de Sismología

1. Respecto a MIDOP Actualmente se presenta un pequeño error de carácter informático, en la visualización de una fracción de la historia sísmica de la sección “consulta por localidad”, que se espera esté solucionado para el lanzamiento de la versión beta 01 (final de julio de 2019).
2. Al descargar el kml desde plataforma de MIDOP éste no contiene los campos con información de intensidad para cada punto, se debe revisar que no se pierda información en el proceso de conversión de la información.

3.1.5. Productos para protección civil

1. Sitio web, donde los usuarios (público en general) podrán consultar los eventos contenidos en el archivo prototípico MARCA-GEHN, ya sea para fines educativos/científicos.
2. Proporcionar información a protección civil sobre campo macrosísmico del terremoto del 10 de octubre de 1986, para ser utilizada en el simulacro del 10 de octubre de 2019 en la ciudad de San Salvador, El Salvador.

3.1.6. Propuestas de seguimiento para Sostenibilidad

Posterior al lanzamiento de la versión final 1.0, se hará una serie de cambios con la finalidad de mejorar el producto, como ser:

1. Modificar el Google form (RIESCA_ARC_MAP) para uso futuro (inclusión de menú desplegable en algunos campos para la correcta inserción de la información).
2. Protocolo inicial para poder introducir nuevos datos (parámetros mínimos necesarios para expandir MARCA-GEHN).
3. Actualizaciones periódicas del catálogo de terremotos, mediante la inclusión de nuevas fuentes de información macrosísmica ya identificadas.
4. Mantenimiento periódico (cada 6 meses) de la base de datos y del sitio web.

3.2 SISMOTECTÓNICA

3.2.1. Introducción

Durante la séptima jornada plenaria del proyecto RIESCA llevada a cabo del 23 de junio al 4 de julio de 2019 en El Salvador y Nicaragua La mesa de sismotectónica realizó una revisión de los avances obtenidos hasta agosto de 2019 y continuó con las metas propuestas en la jornada pasada.

3.2.2. Consolidada mesa de Sismotectónica

La mesa de sismo-tectónica cuenta con un shape de fallas para la región centroamericana clasificadas en: existentes, activas y sismogénicas, en base a información recopilada en la jornada anterior. Además, se cuenta con una capa depurada de mecanismos focales correspondientes a sismos por fallamiento local y cortical para cada país.

Se posee un proyecto en QGIS en el que se han integrado los puntos de intensidad del catálogo de MARCA GEHN (versión de febrero de 2019) sobre el ambiente sismo tectónico con las diferentes fallas y mecanismos focales, para asociar los sismos con condiciones tectónicas locales y regionales.

Es importante recordar que consideramos como fallas activas sismogénicas aquellas con mayores dimensiones (mayores a 5.0 km de longitud) y mayor potencial de generar sismos grandes (terremoto característico o registrado mayor a 5.0), así como aquellas con evidencia de actividad sísmica histórica destructiva.

Para las principales estructuras tectónicas sismogénicas, se han elaborado tablas resumen con atributos cinemáticos y sismológicos útiles para el análisis del riesgo sísmico (geometría y cinemática de la falla, tasa de deslizamiento, fecha del último evento sísmico, referencias bibliográficas y cualquier otra información importante), complementado con la ubicación de los puntos de intensidad macrosísmica de los sismos atribuidos a la estructura tectónica que se examina. En las siguientes tablas y figuras se presentan algunos ejemplos.

3.2.2.1. Terremoto del 4 de febrero de 1976 en Guatemala

Se presenta el mapa del campo macrosísmico del terremoto de 4 de febrero de 1976 ocurrido en Guatemala, superpuesto al ambiente sismotectónico y la tabla resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla Motagua.

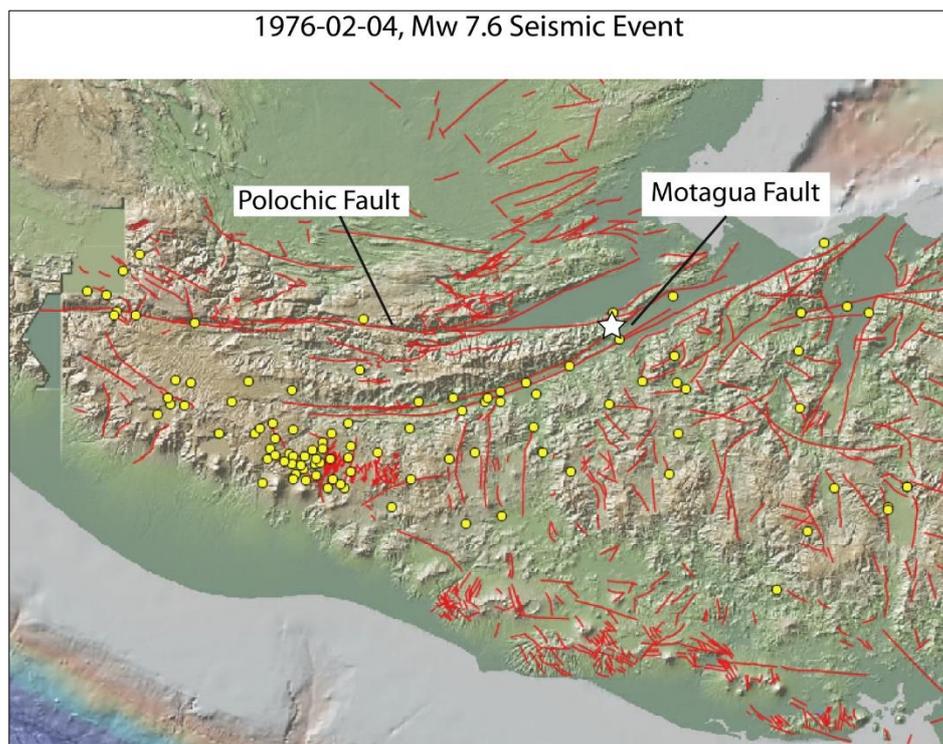


Figura 3: campo macrosísmico del terremoto de 4 de febrero de 1976

Tabla 2. Resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla Motagua

Attribute	Value	Comments and specific reference
Name of the fault	Motagua	
Name of the fault system	Motagua-Polochic	
Strike	SW-NE	
Dip direction	-----	
Dip	-----	
Slip type	Sinistral strike-slip	
Strike slip rate	Up to 20 mm/yr	
Activity	Active and seismogenic	
Surface rupture	230 km long	(Plafker, 1976)
Maximum surface displacement	2-3 m of displacement during the 1976 earthquake in the western segment of the fault	(Stroyer et al., 2019)
Last movement	1976-02-04, Mw 7.6, 5 km depth	
Reference	Stroyer et al., 2019	
Any relevant notes	<ul style="list-style-type: none"> estimates of the recurrence interval for large earthquakes range from 160 yr (Plafker 1976) to 180–755 yr (Schwartz et al. 1979) total displacement across the fault averaged 110 cm (Bucknam et al., 1978) 	

3.2.2.2. Terremoto del 13 de febrero de 2001 en El Salvador

Mapa con campo macrosísmico de terremoto de 13 de febrero de 2001 ocurrido en El Salvador superpuesto al ambiente sismotectónico y tabla resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla San Vicente.

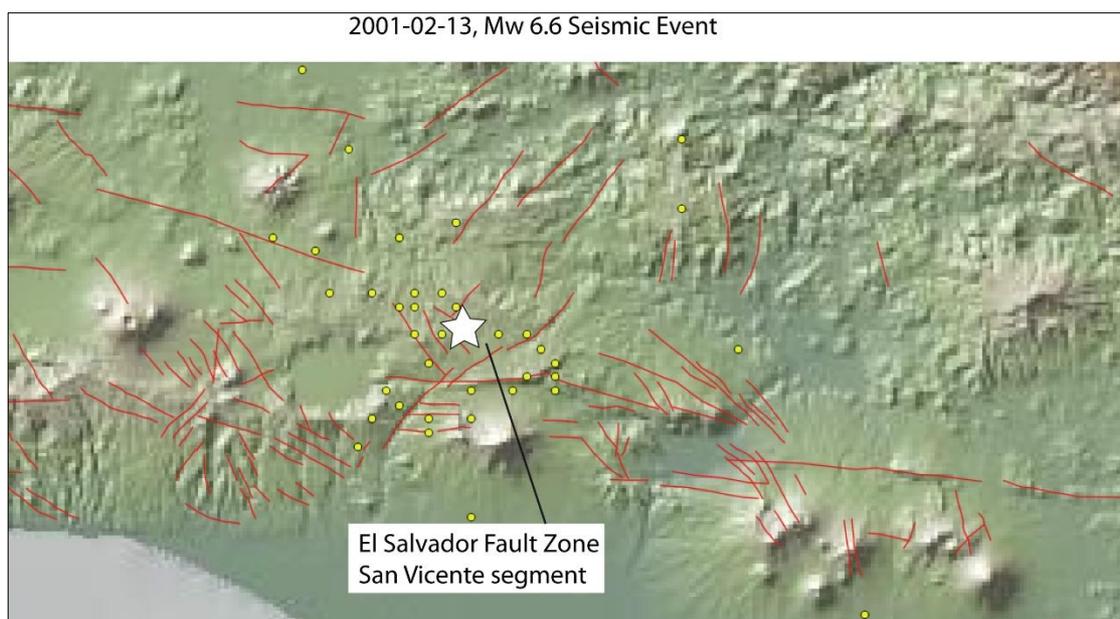


Figura 4: Campo macrosísmico de terremoto de 13 de febrero de 2001

Tabla 3. Resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla San Vicente

Attribute	Value	Comments and specific reference
Name of the fault	San Vicente	
Name of the fault system	El Salvador Fault Zone	
Strike	N 90° - 100° E	
Dip direction	South	
Dip	70° - 90°	Canora et al, 2010
Slip type	Dextral strike-slip	
Strike slip rate	4 mm/yr	Canora et al, 2012
Activity	Active and seismogenic	
Surface rupture	Yes	
Maximum surface displacement	0.60 m	Canora et al, 2010
Last movement	2001-02-13, Mw 6.6, 10 km depth	
General reference	Canora et al, 2010; Martínez-Díaz et al., 2004	

Any relevant notes		

3.2.2.3. Terremoto del 23 de diciembre de 1972 en Nicaragua (Managua Graben)

Se presenta el mapa con el campo macrosísmico del terremoto del 23 de diciembre de 1972 ocurrido en Nicaragua (Managua Graben) superpuesto al ambiente sismotectónico, así como la tabla resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla Tiscapa.

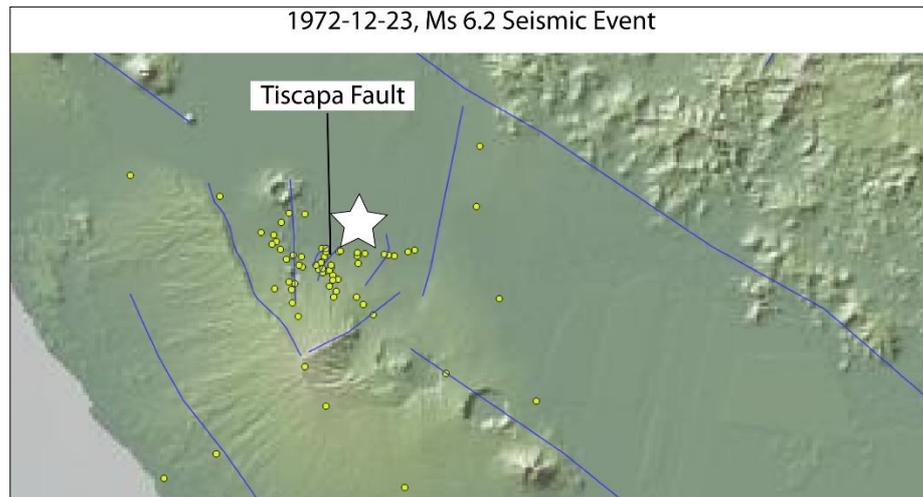


Figura 5: campo macrosísmico del terremoto del 23 de diciembre de 1972

Tabla 4. Tabla resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla Tiscapa

Attribute	Value	Comments or specific reference
Name of the fault	Tiscapa	
Name of the fault system	Managua graben	
Strike	NNE - SSW ($N24^{\circ}E \pm 7^{\circ}$)	
Dip direction	East	
Dip	$80^{\circ}-90^{\circ}$	
Slip type	Left strike-slip*	Minor normal displacement*
Strike slip rate	Probably 0-5 mm/yr	
Activity	Active and seismogenic	
Surface rupture	-----	
Maximum surface displacement	Aggregate horizontal movements in the range of 2 to 38 cm, down to the ESE	Brown et al., 1973; Ward et al., 1974

Last movement	1972-12-23, Ms 6.2	
General reference	Cowan et al., 2002	
Any relevant notes	<ul style="list-style-type: none"> • * these values are related to the 1972-12-23 seismic event, though field studies suggest several times more rapid vertical than horizontal displacement • diffuse microseismicity associated with aftershock activity • east-facing scarp up to 20 m high in the SW segment • this fault moved in a left-lateral sense over a zone about 15 km long extending from shallow depth to a depth of 8 or 10 km 	<p>Brown et al., 1973 Freundt et al., 2010</p> <p>Hernandez et al., 1994</p> <p>Ward et al., 1974</p>

3.2.2.4 Terremoto del 6 de Julio de 2000 en Nicaragua

Mapa con campo macrosísmico de terremoto de 6 de Julio de 2000 en Nicaragua (Volcán Apoyo – Caldera Masaya) superpuesto al ambiente sismotectónico y tabla resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla.

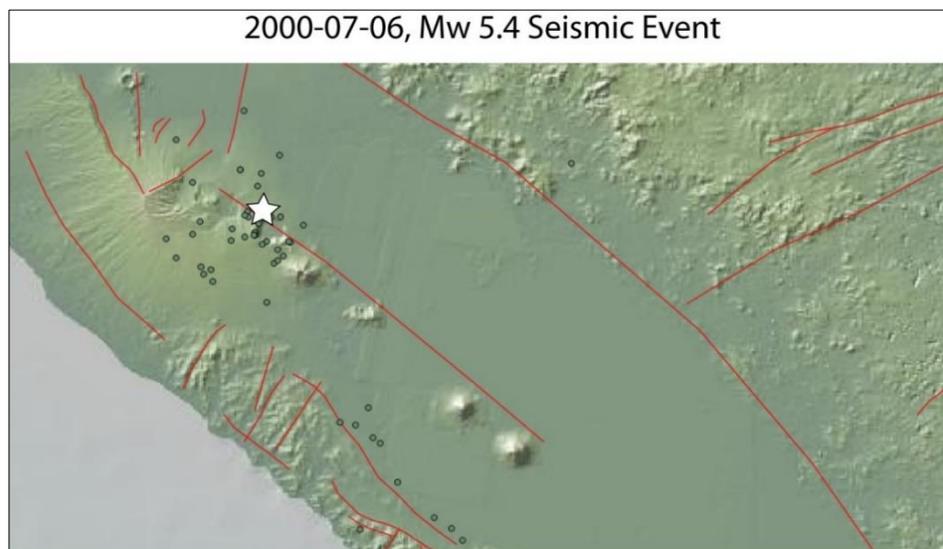


Figura 6: campo macrosísmico de terremoto de 6 de Julio de 2000 en Nicaragua (Volcán Apoyo – Caldera Masaya)

Tabla 5 resumen de los atributos cinemáticos y sismológicos de la falla

Attribute	Value	Comments or specific reference
Name of the fault	unnamed	
Name of the fault system	Volcano Apoyo – Caldera Masaya	
Strike	NE – SW	El acimut del plano seleccionado es de 22°
Dip direction	Est	
Dip	-----	El buzamiento del plano seleccionado es de 63°
Slip type	Sinistral strike-slip	
Strike slip rate	undetermined	
Activity	Active and seismogenic	
Surface rupture	Mainly oriented SW-NE	
Last movement	2000-07-06, Mw 5.4, 33 km depth	
General reference	Global Volcanism Program, 2000. Report on Apoyo (Nicaragua). Bulletin of the Global Volcanism Network, 25:7. https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN200007-344802	
Any relevant notes	During July 2000 there were over 300 earthquakes near Laguna de Apoyo (Apoyo volcano) and Masaya, determined to be of tectonic rather than volcanic origin. The 2000-07-06 earthquake caused numerous landslides down the Apoyo volcano's crater walls.	

3.2.2.5. *Pendiente hasta la fecha de la mesa de Sismotectónica*

- ✓ Verificar que se cuente con la información suficiente de las fallas principales sismogénicas y activas.
- ✓ Describir las principales características cinemáticas y sísmicas en la tabla de atributos, aspectos geométricos, cinemáticos y sismológicos de las fallas. Así como crear un número de identificación único.
- ✓ Asociar las fallas sismogénicas con los terremotos del Catálogo MARCA-GHEN.
- ✓ Revisar mecanismos focales, en particular los conectados a fallas elegidas.
- ✓ En base a mapa de profundidad de Moho ubicar los sismos interface e intraplaca en su posición correcta.

- ✓ En conexión con los datos sismológicos proponer un mejoramiento de las zonas sismogénicas, corticales, interface e intraplaca.

3.2.3. Problemas por mesa

Durante la jornada número VII no se tuvo avances en la mesa de sismotectónica, ya que todos los participantes se encargaron de corregir los errores del catálogo de MARCA GEHN propios de la mesa de sismología.

Sin embargo, se realizó la unión de los shapes de fallas trabajados por cada país en la jornada pasada, pero dicho proceso no fue exitoso ya que no todos los shapes tienen los mismos campos y por ende al hacer la unión, ellos se duplican. Lo que se traduce en columnas vacías sin información para las fallas.

Adicionalmente, países como Nicaragua y Guatemala no cuentan con un shape de fallas con suficiente información, ya sea porque no se dispone de dicha información o porque no se ha introducido en la tabla de atributos del shape de fallas. Son insuficientes los datos sobre la geometría de las fallas, el tipo de ruptura, magnitudes máximas asociadas, entre otros parámetros.

3.2.4.-Productos para protección civil

Protección civil requiere de mapas con la delimitación de zonas propensas a ser afectadas ante terremotos (mapas con zonas sismogénicas), ya que necesitan priorizar esfuerzos en caso de eventos sísmicos fuertes. Esta información será sumamente útil para el plan nacional ante terremotos.

3.2.5.-Propuestas de seguimiento para Sostenibilidad

Para sismotectónica se propone asociar los eventos estudiados en MARCA GEHN con las posibles fallas generadoras de los sismos, e incluir información del mecanismo focal para comprender mejor el tipo de movimiento y las dimensiones de la falla.

Inicialmente se ha propuesto una lista de terremotos a ser revisados para cada país, esta se muestra a continuación.

Tabla 6: lista de terremotos a ser revisados para cada país

GUATEMALA	EL SALVADOR	NICARAGUA	HONDURAS
1830 sequence	1986-10-10	1972-12-23	2009-05-28
1976-02-04	2001-02-13	2000-07-06	
	1965-05-03		

En la próxima jornada se trabajará en la conexión del campo macrosísmico de los terremotos anteriores con el ambiente sismotectónico, esperando que dicho análisis nos brinde mayor información de las características del sismo, la falla generadora, efecto de sitio y la distribución de las intensidades.

Además, se espera proponer un mejoramiento de las zonas sismogénicas, corticales, interface e intraplaca en base a los análisis a realizar.

3.2.6 Anexo

3.2.6.1. Pasantía en OGS

MARCA-GEHN (Archivo macrosísmico de Centroamérica, para Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua), contiene un conjunto de puntos de intensidad macrosísmica (MDPs) de una serie de eventos sísmicos ocurridos en los países ya mencionados. Como un aporte más del proyecto RIESCA, “Midop” (macroseismic intensity data online publisher) surge como una buena alternativa para publicar los datos de intensidad macrosísmica en la web.

Esta herramienta nos permite:

- ✓ Publicar una lista de terremotos (catalogo).
- ✓ Publicar una lista de lugares afectados por algún grado de intensidad.
- ✓ visualizar la distribución de los puntos de intensidad macrosísmica mediante mapas interactivos.
- ✓ Publicar estudios históricos de referencia.
- ✓ Visualizar la historia sísmica por localidad.

Del 4 al 23 de mayo del presente año, el representante de IHCIT (Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra) y miembro activo de la mesa de sismología del proyecto RIESCA, Félix Enrique Rodríguez García realizó su pasantía en Italia; específicamente en el “Instituto Nacional de Oceanografía y Geofísica Aplicada” (OGS)-Trieste, bajo la coordinación de la Dra. Laura Peruzza.

Objetivos de la pasantía:

1. Adecuar la información recopilada de la base de datos al formato de tablas de datos de entrada que admite Midop.
2. Publicar la base de datos MARCA-GEHN en la web, y que esta sea visible para todo público.

Actividades desarrolladas:

- ✓ Complementar la información faltante en las hojas de trabajo por cada terremoto (Figura 1).
- ✓ Creación de 3 nuevas tablas: catálogo de terremotos, mdp (puntos de datos macrosísmicos) y referencia bibliográfica.

- ✓ Adición de nuevos campos (EQid, MDPset, MDPid, SiteID, Intensity Num, etc) según el tipo de tabla, para relacionarlas entre sí (Figura 8).
- ✓ Creación de base de datos en MySql, asignación del tipo de dato de entrada para cada campo (text, char, varchar, etc), y posteriormente cargar las tablas a MySql (Figura 9).
- ✓ Establecer la conexión entre midop y MySql, indicar la lectura de cada campo en el panel de control, etc (Figura 10).
- ✓ Generación de los archivos de salida necesarios para la publicación del sitio web (Figura 11).

1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P		
2	Date	Time	Err	RMS	Latitude	Longitude	Sma	Smin	Az	Depth	Err	Ndef	Nsta	Gap	mdist	Mdist	Qu
3	1996/04/01	00:00:00	0.50	1.320	12.0500	-86.7497	5.5	4.958	0	97.9	5.6	13	2.00	153.00	miuk	ISC	2061273
4	http://www...-bin/web-db-v4?event_id=956538&out_format=IMS1.0&REFID=5																
5	laura...os field (mandatory), unknown format problem at J15, REFID=5																
6	sara...ded, J15 format corrected, REFID 5																
7																	
8																	
9																	
10	Earthquake	Reference catalogue	Identification code (EventID)	Country	1st Geographical (Region)	2nd Administrative (Departamento)	3rd Administrative level (Municipios)	4th level (Localidad)	Site identification code (siteID)	Site coordinate : Latitude (SiteLat)	Site coordinate : Longitude (SiteLon)	Locality of the original study (if revised)	Intensity scale	Intensity assigned	Source type	Full reference	
11	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	León	León	Poneloya		12.3738	-87.03317		MM	IV-V	Seismologic	Acosta, A., I		
12	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	León	León	Puerto Sandino		12.19	-86.76		MM	IV-V	Seismologic	Acosta, A., I		
13	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Chinandega	Chinandega	Chinandega		12.6261	-87.1327		MM	IV	Seismologic	Acosta, A., I		
14	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	León	León	León		12.4369	-86.9052		MM	IV-V	Seismologic	Acosta, A., I		
15	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	León	Nagarote	Nagarote		12.266	-86.557		MM	IV	Seismologic	Acosta, A., I		
16	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Managua	Managua	Managua		12.1468	-86.2471		MM	IV	Seismologic	Acosta, A., I		
17	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Carazo	Jinotepe	Jinotepe		11.85	-86.2		MM	III	Seismologic	Acosta, A., I		
18	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	León	Telica	Telica		12.518	-86.856		MM	II-III	Seismologic	Acosta, A., I		
19	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Masaya	Masaya	Masaya		11.9706	-86.103		MM	II-III	Seismologic	Acosta, A., I		
20	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Rivas	Belén	Belén		11.438	-85.822		MM	II-III	Seismologic	Acosta, A., I		
21	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Rivas	San Juan de	San Juan de Sur		11.436	-85.85		MM	III	Seismologic	Acosta, A., I		
22	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Rivas	Rivas	La Virgen		11.484	-86.09		MM	III	Seismologic	Acosta, A., I		
23	ISC - Bulletin	956538	Nicaragua	Pacifico	Granada	Granada	Granada		11.934	-85.956		MM	III-IV	Seismologic	Acosta, A., I		
24																	

Figura 7: Completación de la información faltante.

Source type	Full reference	Quality of the source	Quality of the intensity assignment	Add your note	Compiled by	Last Data	MDPid	Country Code	Intensity Num
Scientific mate	MG29		4	1	gmarroquin@marn.gob.sv	19/05/19	1122	SV	4
Scientific mate	MG28		4	1	rgarcia@marn.gob.sv	19/05/19	1428	SV	3
Scientific mate	MG27		4	1	gmarroquin@marn.gob.sv	19/05/19	1473	SV	4
Unpublished re	MG2		5	4	rgarcia@marn.gob.sv	19/05/19	292	SV	7
Scientific mate	MG30		4	4	tanyafisic@yahoo.es	19/05/19	673	HN	5
Seismological E	MG9		5	5	saratguevara@gmail.com	19/05/19	1315	NI	1.5



Figura 8: Adición de códigos de identificación para relacionar las tablas entre sí.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra	Acción
1	FIRSTINP	text	utf8_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más
2	REFCAT	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
3	EVENTID	char(12)	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
4	COUNTRY	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
5	REGION	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
6	DEPART	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
7	MUNIC	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
8	LOCAL	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
9	SITEID	int(12)			Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
10	SITELAT	decimal(10,3)			Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
11	SITELON	decimal(10,3)			Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
12	INITLOC	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
13	INTSCALE	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
14	INTASSIGNED	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
15	SOURCE	text	utf8_general_ci		Sí	NULL			Cambiar Eliminar Más
16	REFERID	text	utf8_general_ci		No	Ninguna			Cambiar Eliminar Más

Figura 9: Base de datos MARCA-GEHN en MySQL, estructura de la tabla de puntos de intensidad macrosísmica (mdp).

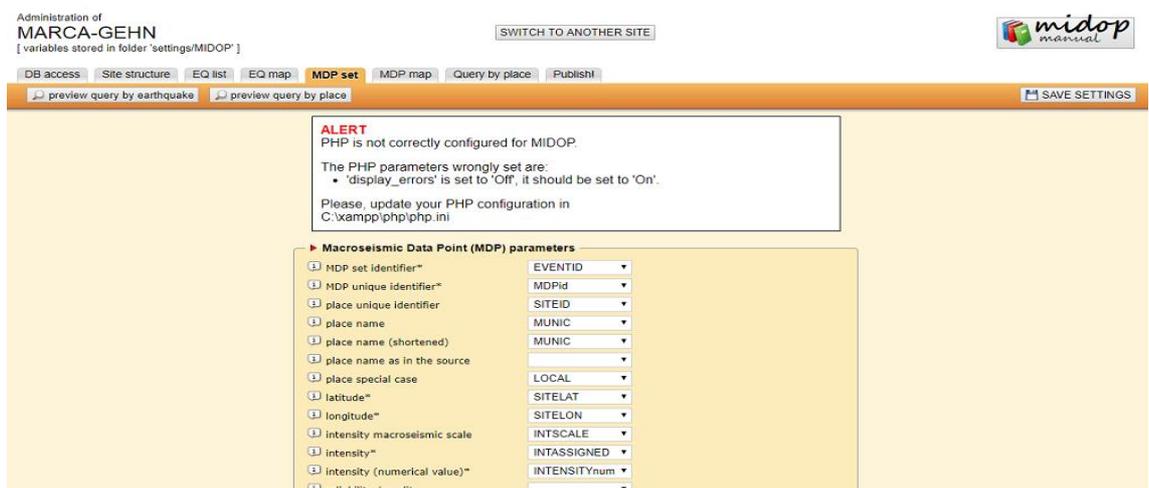


Figura 10: Configuración del panel de control en midop 2015.

Como resultado del trabajo elaborado, actualmente está disponible la versión “pre-beta” de la base de datos MARCA-GEHN, mediante el enlace:

<http://marca-riesca.inogs.it/>

Donde se puede acceder a la información mediante:

1. Consulta por Terremoto.
2. Consulta por Localidad (historia sísmica).

El sitio web (Figura 11) expone la información macrosísmica recopilada de 49 eventos de un catálogo de 1083 terremotos dividido en periodos (histórico, instrumental), donde por cada evento seleccionado se detalla una lista de lugares afectados por algún grado de intensidad. De igual forma se puede visualizar la historia sísmica de más de 750 localidades.

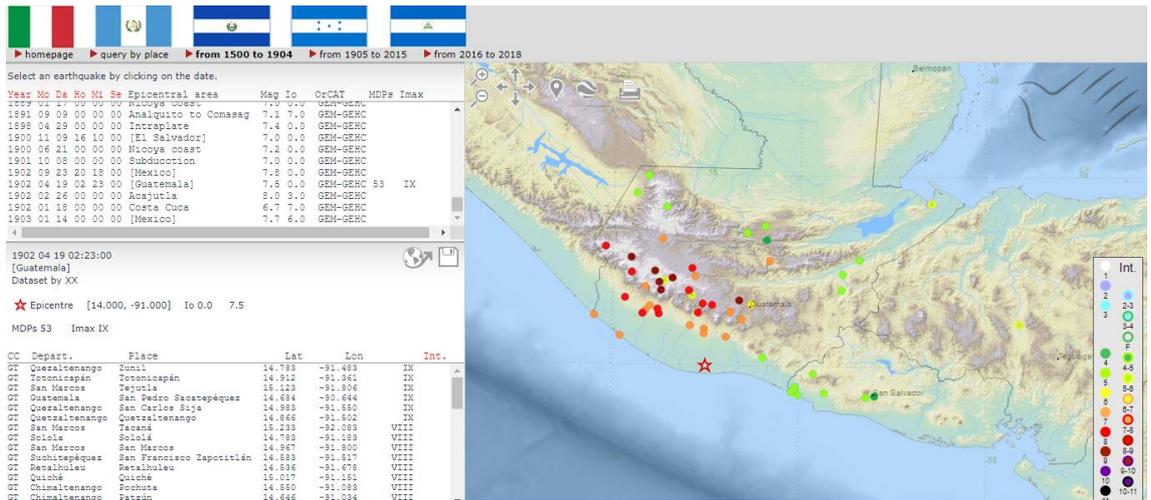
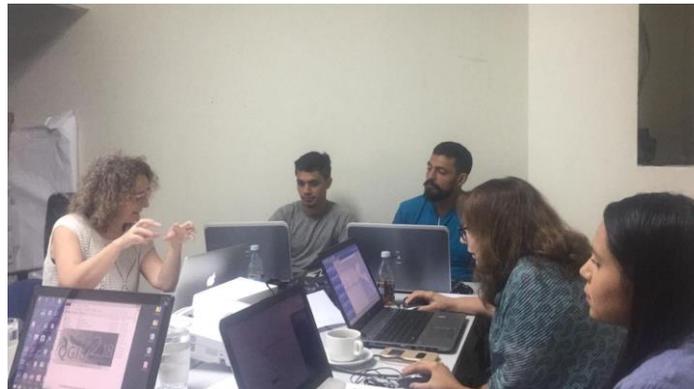


Figura 11: Vista previa de la sección “consulta por terremoto” de la base de datos MARCA-GEHN; terremoto ocurrido en Guatemala el 19/04/1902.

3.2.7. Integrantes de la Mesa de Sismología-Sismotectónica



Nº	Nombre	Institución
1	Amelia García	El Salvador/DGOA-MARN
2	Luis Castillo	El Salvador/UES
3	Pablo Santos	Guatemala/USAC
4	Maynor Ruiz	Honduras/UNAH
5	Eliana Esposito	Italia/CNR
6	Carlos Rubi Téllez	Nicaragua/UNAN-CIGEO
7	Felix Rodríguez	Honduras/UNAH
8	Mauro Agate	UNIPA/Italia
9	Laura Peruzza	OGS/Italia

3.3. VULCANOLOGIA

3.3.1. Introducción

En este séptimo informe, se presentan los avances que la mesa de vulcanología ha realizado para alcanzar los objetivos planteadas en la pasada sexta jornada del proyecto RIESCA. El propósito final es la generación de los insumos necesarios sobre zonificación de peligros volcánicos en caso de erupción volcánica, estos insumos servirán para formular las medidas de mitigación encausadas a salvaguardar la vida humana.

3.3.2. Consolidado.

La mesa temática de vulcanología del proyecto RIESCA, realizó la séptima jornada de trabajo entre el 24 al 28 de junio 2019 en la ciudad de Managua, no omitiendo mostrar nuestro agradecimiento a la Dra. Heyddy Calderon, quien apoyo el desarrollo de la misma en el Instituto de Geología y Geofísica de Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (IGG-CIGEO /UNAN Managua). La finalización de la jornada fue en El Salvador, con el respectivo reporte de la mesa durante la asamblea plenaria el 2 de julio 2019, evento que tuvo lugar en la Unidad de Postgrado de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de El Salvador (UES). El principal objetivo de este documento es compartir la metodología implementada previo y durante el trabajo realizado en la jornada y está basada en la utilización del software Etna Lava Flow Model (ELFM) para simular Flujos de Lava y el trabajo realizado a través de pasantías de dos miembros de la mesa de vulcanología. Durante la séptima jornada, se realizaron dos salidas de reconocimiento al volcán Masaya y Volcán Mombacho, y se continuó con la corrida de las simulaciones de flujos de lavas.

A efecto de obtener los productos planeados en los objetivos de la Mesa de Vulcanología RIESCA, se han desarrollado las acciones específicas que han permitido tener los insumos para realizar las respectivas simulaciones de las amenazas volcánicas en las tres zonas piloto: complejos volcánicos de San Salvador (El Salvador) y Chiltepa-Nejapa (Nicaragua), y volcán Pacaya (Guatemala). La cronología del trabajo conjunto entre asesores italianos y miembros de la mesa centroamericana de vulcanología puede ser consultado en los informes de las seis jornadas anteriores, con énfasis en la 6ta jornada RIESCA.

La Universidad de Florencia (UNIFI) elaboró el mapa de probabilidad de apertura de nuevos centros de emisión (vents) para las tres áreas piloto. Las coordenadas obtenidas de estos mapas son utilizadas como puntos de partida en las simulaciones que se están realizando en cada uno de los volcanes de los diferentes países y para las diferentes amenazas volcánicas.

La obtención de estos mapas fue posible gracias al trabajo desarrollado en los dos primeros años del proyecto, siguiendo las siguientes etapas:

- Durante la parte inicial, se consolidó la recopilación de datos históricos y geológicos disponibles en bases de datos. En cada escenario, se asignaron rangos de valores a los principales parámetros que los definen (volumen de material emitido, altura de la columna, energía de la erupción). Además, se seleccionaron e instalaron los softwares con los cuales serán simuladas las distintas amenazas volcánicas.

- En la segunda etapa, se trabajó en el análisis estadístico de la posición de las bocas eruptivas geológicas e históricas y en el sistema de fallamiento de los volcanes en estudio. En la Universidad de Florencia (UNIFI), se realizó la evaluación probabilística del surgimiento de bocas eruptivas utilizando una Dimensión Kernel de 2.5 km,
- En la tercera etapa (Universidad de Florencia, Italia), se alimentó el modelo con la información estructural, de la posición y orientación de fallas y se realizó el modelaje probabilístico de nuevos centros emisores, obteniendo la distribución probabilística de 10,000 puntos, los cuales pueden constituir nuevos centros eruptivos, cubriendo de esta manera, las zonas pilotos y dando una probabilidad de ocurrencia en cada uno de ellos.
- Asimismo, se impartió el taller “Elaboración de mapas de amenaza por flujos de lava”, donde se instaló el código Etna Lava Flow Model (ELFM; Damiani et al., 2006), logrando la calibración del software para las respectivas áreas de estudio y la obtención de parámetros de partida para la preparación de la simulación de diferentes escenarios por flujos de lava.
- Durante la cuarta etapa, aún en proceso, se están realizando simulaciones para las distintas amenazas, tomando como puntos de origen (fuente) las coordenadas de los 10,000 puntos generados en la etapa tres previas.

3.3.2.1. Pasantía y Taller durante el primer semestre de 2019

Las metodologías para la simulación de las diversas amenazas volcánicas, ha sido impartida durante la presente jornada de trabajo del proyecto RIESCA y a partir de la participación de dos vulcanólogos centroamericanos en dos pasantías (actualmente en curso) en Europa. Carla Chun, vulcanóloga del INSIVUMEH, participó en una pasantía de dos semanas en la Universidad de Florencia (Italia), y Rodolfo Castro, vulcanólogo de la DGOA-MARN, participó en el curso-taller de Especialización certificada en Evaluación y manejo de riesgo geológico y climático (CERG) en Ginebra (Suiza), ambos gestionados por los asesores italianos y el coordinador general del proyecto RIESCA.

3.3.2.2. Pasantía en la Universidad de Florencia (junio 2019)

Crear capacidades para las instituciones centroamericanas es importante para el desarrollo efectivo de talleres en asuntos de monitoreo y análisis de datos volcánicos, para la elaboración de mapas de amenazas volcánicas a nivel regional. Con este objetivo se coordinó el desarrollo de una pasantía en la Universidad de Florencia, en la cual Carla Chun (INSIVUMEH), fue capacitada durante el periodo 24 de junio al 5 de julio 2019.

Los objetivos de la pasantía consistieron en:

- Análisis de datos volcánicos para elaborar mapas de amenaza volcánica por flujos de lava para el volcán de Pacaya.
- Aprender a utilizar modelos numéricos de la dinámica de las amenazas volcánicas.

- Crear capacidad en los observatorios vulcanológicos para el análisis y monitoreo volcánico.

La descripción de las actividades realizadas incluyó:

- ✓ Se instalaron los programas a utilizar: MrLavaLoba, ECMapProb y Box
- ✓ Se recibió capacitación sobre los simuladores, como funcionan y para qué sirven.
- ✓ Se realizaron simulaciones de flujos de lava con el programa MrLavaLoba, estos de acuerdo a la base de datos que se tiene del volcán de Pacaya.
- ✓ Se llevaron a cabo simulaciones de flujos de lava específicos para definir parámetros para correr este simulador.
- ✓ Se hizo un mapa de flujos de lava para varios “vents” con diferentes parámetros para el volcán de Pacaya.
- ✓ Se realizaron tres posibles escenarios de flujos de lava para el “vent” actual con diferentes volúmenes, del volcán de Pacaya.
- ✓ Se realizaron simulaciones en el programa ECMapProb, el cual se utiliza para corrientes de densidad piroclástica.
- ✓ Se realizaron simulaciones para el volcán de Fuego con ECMapProb, con el objetivo de calibrar el simulador para este volcán.
- ✓ Comparación de las zonas definidas en mapas de amenaza volcánica y los resultados de las simulaciones para el volcán de Fuego.
- ✓ La calibración del simulador se realizó con 23 diferentes simulaciones en las cuales se utilizaron diferentes parámetros, el número de corridas de las simulaciones varía entre 10, 50 y 300.
- ✓ Aprender a utilizar TephraProb, se definieron los parámetros necesarios para las simulaciones, sin embargo, para utilizar el programa es necesario la implementación de Matlab.

Los resultados obtenidos durante esta pasantía fueron los siguientes:

- Aprendizaje de simuladores para realizar mapas de amenaza volcánica como flujos de lava y corrientes de densidad piroclástica, en mapas generales y casos específicos.
- Elaboración de 3 informes: (estos informes estarán disponibles próximamente en la página web del proyecto RIESCA)
 1. Elaboración de informe sobre el flujo de lava de Pacaya en la actualidad, identificando 3 posibles escenarios.
 2. Informe sobre la comparación de simulaciones de corrientes de densidad piroclástica para el Volcán de Fuego y las zonas definidas en el mapa de amenazas volcánicas realizado para la crisis del 3 de junio.
 3. Informe de cómo llevar a cabo las modelaciones utilizando los simuladores mencionados anteriormente.

3.3.2.3. Taller: “Evaluación y gestión de riesgos geológicos y climáticos relacionados”, Universidad de Ginebra (Suiza), CERG-C (abril-junio 2019)

La esencia del trabajo en CERG-C (www.unige.ch/hazards) es capacitar a participantes, procedentes de todo el mundo y con diversos antecedentes académicos y profesionales, para incorporar la ciencia del riesgo relacionada con los peligros naturales en la vida cotidiana en un intento de reducir los impactos y pérdidas en desastres. Los componentes principales incluyen la capacitación de los participantes para evaluar el riesgo, desde el peligro hasta la vulnerabilidad, y la comunicación efectiva con las agencias gubernamentales, los medios de comunicación, los sectores público y privado antes, durante y después de los desastres naturales. Nueve semanas de capacitación incluyen 5 semanas de conferencias en Ginebra, 2 semanas de inmersión en el campo y 2 semanas de exámenes. La experiencia del participante culmina con la finalización de una memoria de investigación independiente realizada durante 6 meses adicionales. El curso se divide en cinco módulos: el módulo de gestión de riesgos, que incluye humanidades y ciencias sociales y reúne a un equipo multidisciplinario de expertos para proporcionarles a los participantes las herramientas que pueden utilizar para evaluar peligros, vulnerabilidad y riesgo y brindar soluciones a los problemas de gestión de riesgos en sus propios países; y cuatro módulos de riesgo temático, es decir, riesgo volcánico, riesgo sísmico, riesgo de deslizamientos de tierra y riesgo relacionado con inundaciones y clima. Como parte del módulo de riesgo volcánico, también llevamos a cabo un ejercicio de juego de roles en la escuela primaria en la isla Vulcano, Italia, en colaboración con la Protección Civil Italiana, con el doble objetivo de sensibilizar a los participantes del CERG-C sobre la importancia del riesgo de entrenamiento y el riesgo en una etapa temprana de la vida de las personas, así como para aumentar la concienciación de la población local sobre temas como la evaluación de riesgos y riesgos volcánicos, la gestión de una crisis volcánica, y la importancia de la colaboración entre ciudadanos e instituciones oficiales, como la Protección Civil.

Rodolfo Castro de la mesa temática de vulcanología fue seleccionado para asistir al taller, su propuesta de tema de investigación fue la siguiente:

“Evaluar el riesgo probabilístico debida a la caída de balísticos de futuras erupciones del Complejo Volcánico de San Salvador (CVSS), con el objetivo de determinar las áreas que podrían verse afectadas y que sirven de base a la Dirección de Protección Civil en la preparación de sus Planes de evacuación. El CVSS, que incluye un edificio volcánico principal (volcán Boquerón) y una serie de conos monogenéticos que han surgido en los últimos 3000 años, está rodeado por 13 municipios que suman más de 1.5 millones de personas, lo que hace que la evaluación de los volcanes amenaza una prioridad. Teniendo en cuenta el tipo de volcán y su estilo eruptivo, se ha determinado que presentaba erupciones con un índice de explosivos volcánicos entre 1 y 6. Además, la formación de maares y cráteres explosivos en sus flancos aumenta el riesgo de la población. La metodología utilizada en este proyecto servirá como base para ser replicada en

otros volcanes salvadoreños. Además, este trabajo busca hacer una actualización de los mapas ya que en este momento solo hay mapas deterministas para algunos de los volcanes”.

Para el logro de este trabajo se ha planteado la siguiente metodología:

- Clasificar la información para comprender el pasado eruptivo.
- Inversión de datos de campo para obtener condiciones iniciales y definir posibles escenarios
- Simulaciones utilizando el código Great Ball of Fire (Biass et al., 2016) con condiciones críticas obtenidas para mapear el peligro.
- Análisis de exposición y vulnerabilidad según la energía de impacto.
- Evaluación del riesgo de superposición de peligro, exposición y vulnerabilidad.

3.3.3. Pendiente

Cada país, está comprometido a elaborar los mapas probabilísticos de las amenazas volcánicas en sus zonas piloto. Para su cumplimiento se requiere de las siguientes acciones específicas:

Continuar con las modelaciones de amenaza por flujo de lava en los volcanes Pacaya (Guatemala), Complejo Volcánico San Salvador (El Salvador) y Momotombo (Nicaragua). Para el caso de Nicaragua se gestatoria el apoyo de la Universidad de Florencia para elaborar la distribución probabilística de al menos 1000 puntos.

Es necesario llevar a cabo la transferencia del conocimiento adquirido en las pasantías. Para este efecto, se gestionará que Carla Chun y Rodolfo Castro Puedan visitar Guatemala, El Salvador y Nicaragua con el objetivo iniciar los respectivos procesos de simulación.

Curso de MultiGAS, se propondrá realizar un taller con sede en Nicaragua, para dar a conocer el monitoreo geoquímico que se realiza con la utilización de equipo MutiGAS. Esta acción requiere gestionar y coordinar el apoyo del Profesor Alessandro Aiuppa (UNIPA) y el Dr. Marteen de Moor (OVSICORI). Además, se solicitará el apoyo de Francisco Montalvo, Mirian Villalobos (MARN) para apoyar las jornadas de campo y el tratamiento de los datos obtenidos

3.3.4. Problemas

Los productos finales consistentes en los mapas probabilísticos de amenaza por flujos de lava, caída de proyectiles balísticos, caída de ceniza y de las corrientes de densidad piroclásticas, están en la etapa de simulación. Los tiempos requeridos para las modelaciones dependen del modelo utilizado y de la base cartográfica que se esté utilizando por lo que el consumo de tiempo para realizarlas es un factor a toma en cuenta para el logro final del producto.

El entrenamiento para la utilización de simulaciones de proyectiles balísticos, caída de cenizas y flujos piroclástico ha sido adquirido en las últimas semanas de forma individual, por lo que la

transmisión y capacitación de los mismos debe ser programada para el resto de los países que conforman la mesa temática de vulcanología

3.3.5. Productos

3.3.5.1 Nicaragua:

A continuación, se presenta la metodología para la elaboración de mapas de flujos de lava utilizando el software ELFM. Para ello, fue necesario incluir al volcán Momotombo como caso de estudio, ya que la zona piloto del complejo Chiltepe-Nejapa es una zona con historial eruptivo tipo explosivo, por lo que la generación de flujos de lava en la zona, sin descartarlos, es una amenaza con poca probabilidad de ocurrencia.

- 1) Preparación de los datos que se usaran en las simulaciones de flujo de lavas. Específicamente se necesita conocer la historia eruptiva del volcán a estudiar, de ser posible desde la erupción más antigua hasta la más reciente. Esta información, se obtuvo en el sitio web del Global Volcanism Program del Smithsonian Institution. (<https://volcano.si.edu/>)
- 2) Prepara un polígono mediante una herramienta de SIG que representa el flujo de lava que se desea modelar. Para crear este polígono se utilizó información de imágenes satelitales con la mejor resolución posible. Se ha comprobado que imágenes con hasta 5 m de resolución son útiles.
- 3) Compilar información del marco geológico-estructural del área de estudio. Esto ayudara a decidir cuales sitios tienen mayor o menores probabilidades de apertura de nuevos centros eruptivos.
- 4) Calibración del modelo y definición de escenarios. Esto consiste en simular de la manera más aproximada el flujo histórico seleccionado a través de ELFM. Para esto es necesario tener un modelo digital del terreno (DEM) del volcán a analizar y alrededores para poder realizar varios análisis. Los DEM deben tener resoluciones máximas de entre 10 m. En cada uno de estos análisis es necesario ir variando los parámetros de entrada de ELFM. De tal manera que se llegue a tener parámetros en ELFM que reproduzcan lo más aproximadamente posible el flujo histórico seleccionado. Esto puede realizarse para un único flujo de lava o se pueden desarrollar escenarios, es decir se pueden analizar diferentes alcances de flujos de lava histórico para obtener los parámetros que en ELFM mejor reproducen dichos escenarios.
- 5) Conversión de los archivos resultantes de las simulaciones ASCII a ráster y de ráster a polígono.
- 6) Combinación de los resultados logrados del paso 3 y 4. Es decir se simula con los parámetros encontrados en el paso 4, los flujos de lava que se originarían producto de los nuevos centros eruptivos definidos en el paso 3. De esta forma obtenemos resultados para poder realizar un mapa de amenaza por flujos de lava, el cual es un producto muy importante para reducir los riesgos causados por este tipo de amenaza.

Esta metodología está siendo implementada en el volcán Momotombo y se están generando los insumos para la utilización en el volcán Cerro Negro.

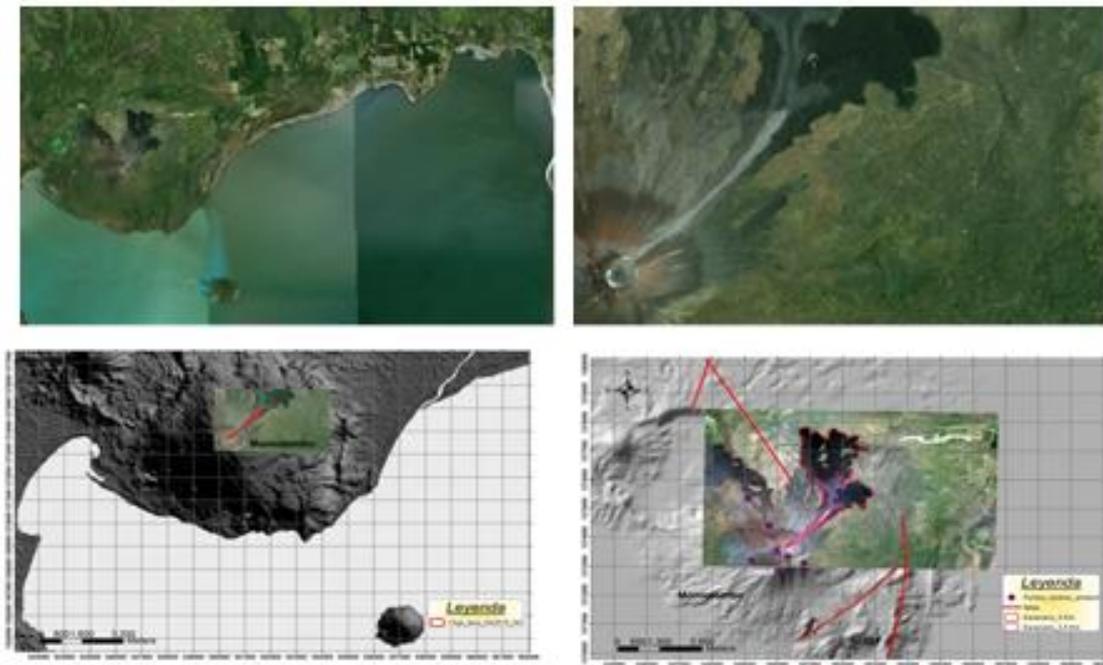


Figura 12: Volcán Momotombo: preparación previa de imágenes de satélite para determinar flujo histórico para calibración del software.

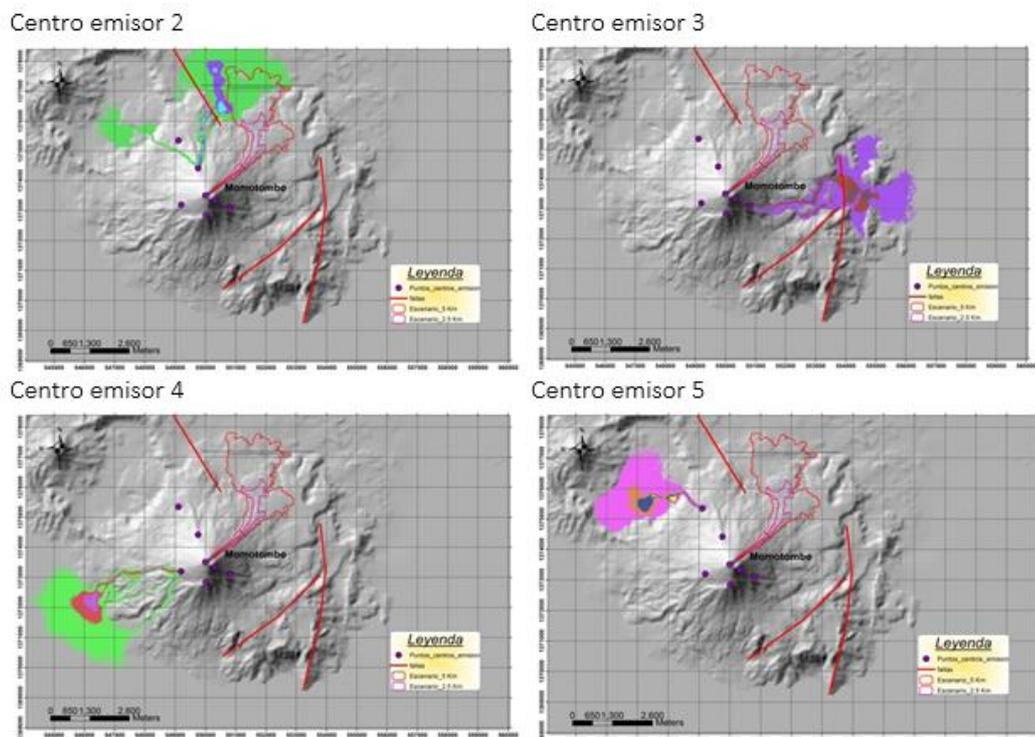


Figura 13: Volcán Momotombo: ejemplo de resultados obtenidos a través de la simulación de amenaza por flujos de lava provenientes de cuatro bocas eruptivas.

3.3.5.2. Guatemala:

Simulaciones de flujos de lava en volcán Pacaya

Los flujos de lava del volcán de Pacaya han sido la principal amenaza durante los últimos meses. Se han observado flujos de lava que van desde 15 a 500 m en dirección norte-noroeste, los que son alimentados desde distintos focos.

De acuerdo a las condiciones del flujo de lava observado en la imagen satelital del día 28 de junio (Figura 14), se reconoció la zona que es afectada por este flujo, identificando el foco de emisión de lava y su longitud.

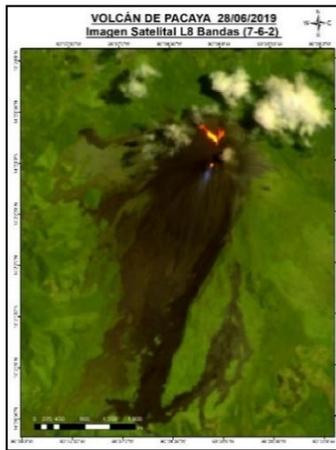


Figura 14. Flujos de lava observados en una imagen satelital Landsat8.

Debido a que el volumen y espesor de este flujo de lava no se encuentran definidos, se utilizaron tres espesores de referencia (1 m, 2 m, y 3 m) para estimar su volumen. Estos volúmenes fueron empleados para desarrollar simulaciones numéricas con el programa MrLavaLoba (de' Michieli Vitturi et al., 2018), lo que nos permitió observar posibles escenarios de flujos de lava (Tabla 7).

Tabla 7 Datos utilizados en las simulaciones de flujos de lava.

Coordenadas del vent		Espesor de lóbulos	Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3
758728	1591810	0.0896713	88000	150000	300000
758728	1591810	0.09622129	88000	150000	300000
758728	1591810	0.08060092	88000	150000	300000
758728	1591810	0.08372072	88000	150000	300000
758728	1591810	0.04830773	88000	150000	300000
758728	1591810	0.06164106	88000	150000	300000
758728	1591810	0.0784719	88000	150000	300000
758728	1591810	0.05041005	88000	150000	300000
758728	1591810	0.09791402	88000	150000	300000
758728	1591810	0.0635735	88000	150000	300000

Estas simulaciones proyectan las zonas que podrían ser afectadas por flujos de lava si el volumen de este llegara a incrementar, como se observa en la Figura 15. Los datos asociados a estas simulaciones se presentan en la Tabla 8.

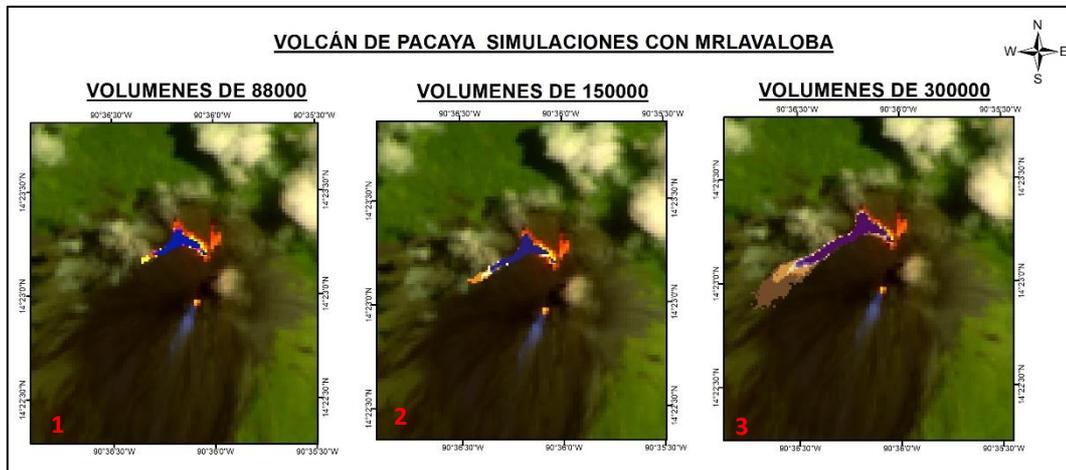


Figura 15. Simulaciones de flujos de lava utilizando MrLavaLoba, con diferentes volúmenes y espesores de lóbulos.

Tabla 8. Datos de la longitud máxima, área y volumen alcanzado por las simulaciones.

Simulación	Longitud (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
1	690	53372	88,000
2	900	80397	150,000
3	1500	252257	300,000

En base a las zonas obtenidos con las simulaciones, se definieron 3 polígonos que identifican las zonas que pueden ser afectadas por un flujo de lava con volumen de 88,000 m³ (rojo), la zona que podría ser afectada con un flujo de lava con un volumen de 150,000 m³ (naranja) y la zona que podría ser afectada con un flujo de lava de 300,000 m³ (amarillo). Esto en relación a un flujo de lava puntual el cual se encuentra activo en la actualidad. La zona que es afectada en la actualidad por flujos de lava y avalanchas se encuentra en un polígono de color morado (Figura 16).

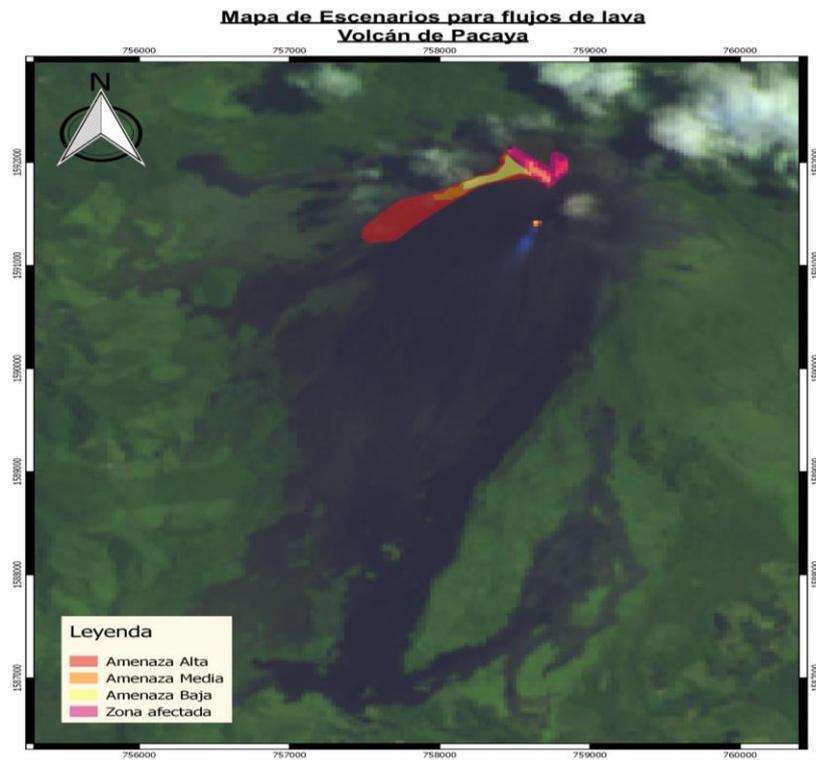


Figura 16: Escenarios por flujos de lava para el volcán de Pacaya.

Simulaciones de corrientes de densidad piroclásticas para el volcán de Fuego utilizando EMapProb.

El volcán de Fuego (Figura 17) se encuentra localizado al suroeste de la ciudad de Guatemala. El volcán de Fuego es uno de los volcanes más activos del país, que comenzó una nueva etapa eruptiva en el año 1998, con un tipo de actividad que va de estromboliana a vulcaniana.

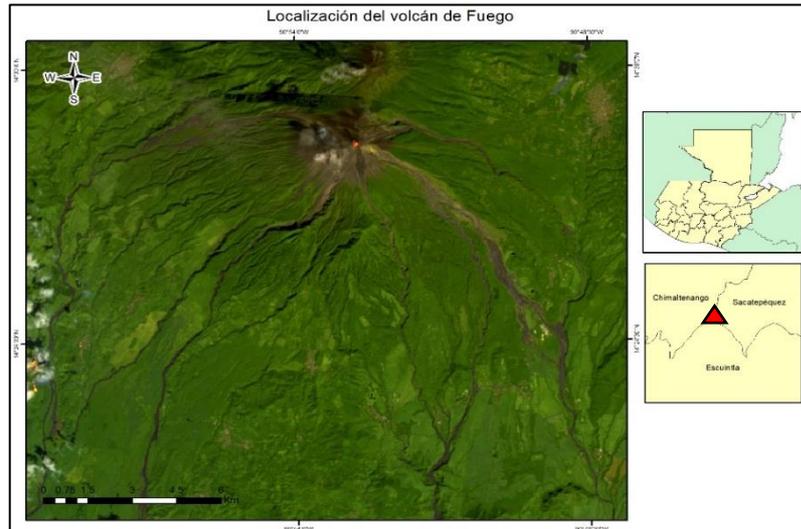


Figura 17: Localización geográfica del volcán de Fuego.

En el año 2018 se originaron 5 eventos eruptivos, de los cuales 4 originaron el descenso de corrientes de densidad piroclástica. Uno de los eventos más relevantes en los últimos años fue la erupción del 3 de junio, la cual afectó directamente a la población. Las corrientes de densidad piroclástica descendieron por las barrancas principales, recorriendo de 9 a 12 km y en la barranca Las Lajas se originó un desborde en dirección a San Miguel Los Lotes. (Figura 18)

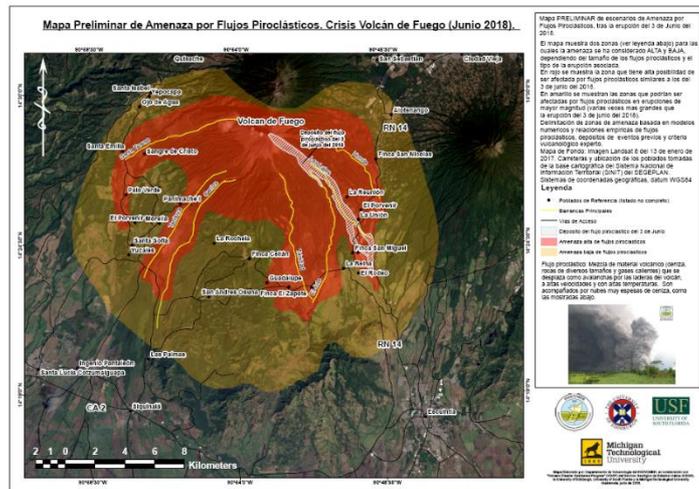


Figura 18: Mapa Preliminar de Amenaza por flujos piroclásticos del volcán de Fuego.

Los mapas de amenaza volcánica son una herramienta importante para identificar las zonas que podrían ser afectadas en una crisis volcánica. Para la elaboración de estos se necesitan datos de campo y la elaboración de posibles escenarios de afectación. Una serie de modelos

computacionales han sido desarrollados para estudiar la dinámica de corrientes de densidad piroclástica. En este documento se presentan los resultados asociados al uso de EMapProb, que nos permite identificar las zonas que pueden ser afectadas por corrientes de densidad piroclástica. EMapProb (Aravena et al., en prep.) es un modelo computacional capaz de producir mapas de probabilidad de inundación de corrientes de densidad piroclástica, que utiliza una versión mejorada del modelo de los conos de energía y permite considerar la ocurrencia de procesos de canalización de material piroclástico. Al igual que el modelo de los conos de energía, los parámetros de entrada son la altura de colapso (y su variabilidad) y la pendiente del manto de los conos de energía. Se realizaron simulaciones de PDC's para compararlas con los datos del mapa de amenaza volcánicas de INSIVUMEH, localizando la zona de alta amenaza. Se llevaron a cabo simulaciones variando los parámetros de entrada de acuerdo a los datos de la Tabla 3. Los resultados obtenidos con estas simulaciones se pueden observar en la Figura 19.

Tabla 9. Datos para las simulaciones de PDC's usando EMapProb.

Máximo orden de conos de energía considerados (cono_levels)	100
Valor esperado de altura inicial (height)	500
Variabilidad de altura inicial (var_height)	400
H/L	0.40
Variabilidad de H/L	0.05
Numero de simulaciones	300

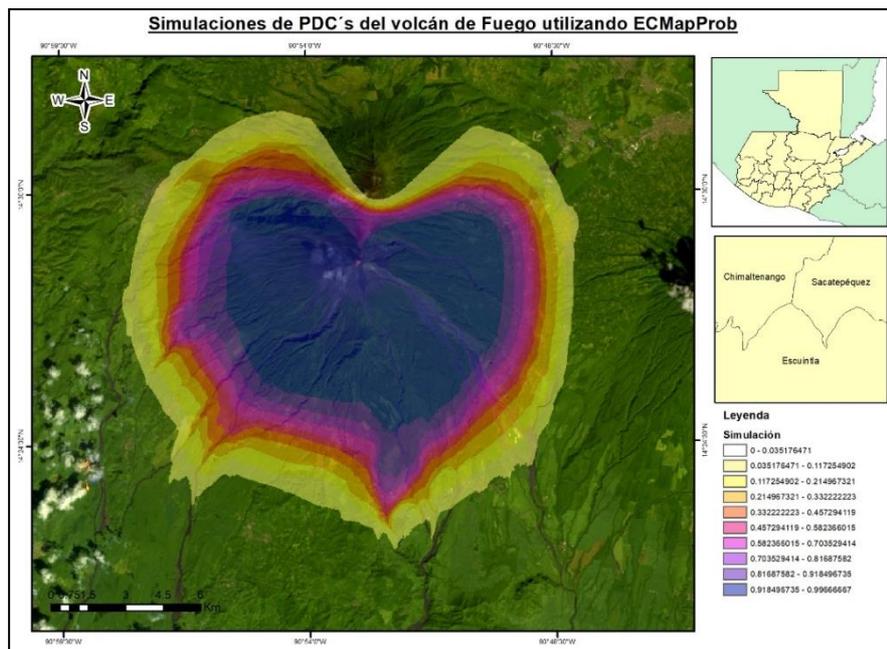


Figura 19: Resultados obtenidos de las simulaciones realizadas con EMapProb.

Se hizo una comparación entre los resultados de las simulaciones y el escenario de amenaza alta proyectado para el volcán de Fuego. Se puede observar en las Figura 20 y Figura 21, las zonas de

inundación de las simulaciones son similares a la zona de amenaza alta, así mismo se puede observar que se encuentran direccionadas a las barrancas.

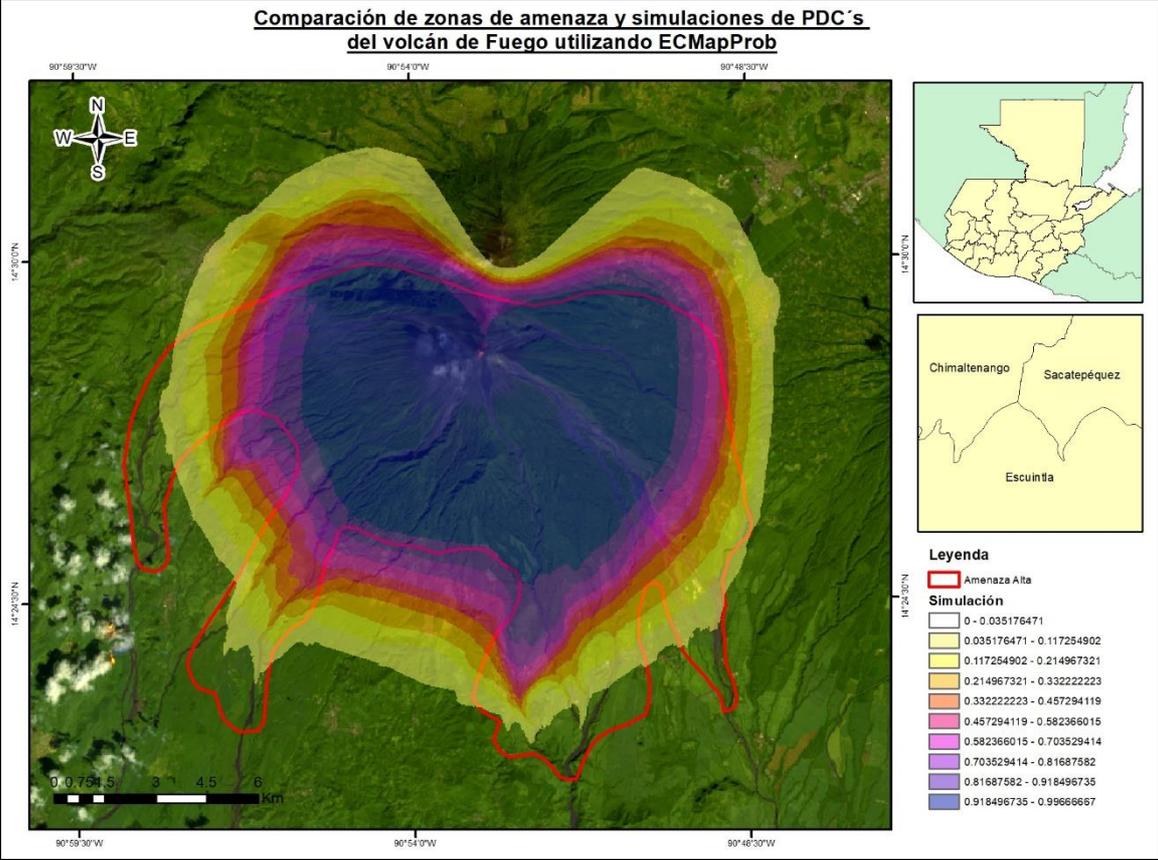


Figura 20: Comparación de simulaciones con la zona de alta amenaza.

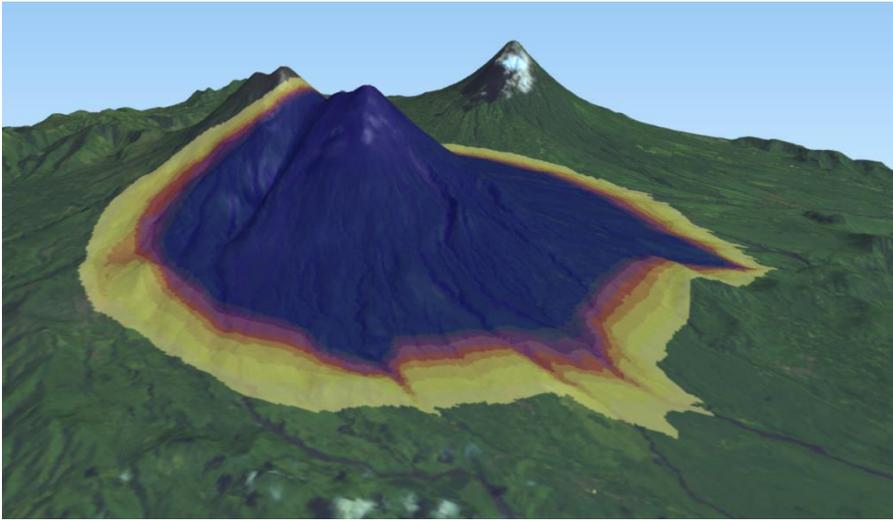


Figura 21: Simulaciones proyectadas en una imagen en 3D.

3.3.5.3. El Salvador

El trabajo realizado en el marco del Taller de Modelación de Flujos de Lava desarrollado a través del proyecto RIESCA y su continuación en la Mesa de Vulcanología, Managua (junio de 2019) ha permitido incrementar el conocimiento del historial de erupciones y de la dinámica eruptiva del volcán San Salvador, como caso de estudio, así como de los escenarios de peligro volcánico posibles en su área de influencia. Los avances en resolución de las herramientas de topografía (modelos de elevación digital DEM) y de cómputo (hardware y software) han hecho posible mejorar la calidad de la representación de los mapas de peligrosidad, así como realizar simulaciones mejor respaldadas de los flujos de lava y establecer de forma más precisa las áreas que podrían resultar afectadas por este fenómeno que podría acompañar a una futura erupción.

Para la construcción del mapa de susceptibilidad por inundación de flujos de lava provenientes del Complejo Volcánico San Salvador (CVSS), se utilizó el software probabilístico Etna Lava Flow Model (ELFM; Damiani et al., 2006), con conocimientos adquiridos en la sexta jornada RIESCA durante la cual se impartió el Taller Modelación de Flujos de Lava desarrollado en marzo de 2019.

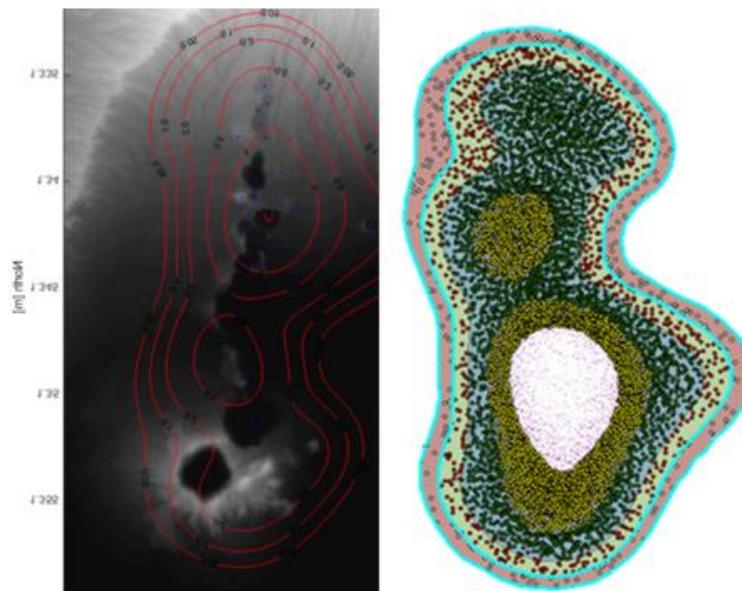


Figura 22: Distribución espacial de puntos según valor probabilístico

Las coordenadas de futuras fuentes eruptivas que se están utilizando en las simulaciones, proviene del trabajo realizado en la Universidad de Florencia, donde se determinaron 10,000 posibles puntos con peso probabilista de ocurrencia.

Hasta el momento de la elaboración de este reporte se están haciendo simulaciones sobre modelos de elevación digital con resolución de 10 y 5 m. Aunque se cuenta con información LIDAR (Detección de Luz y Medición de la Distancia) de 1 m de resolución, no se está utilizando para

realizar las simulaciones debido al peso que este tiene, por lo que se procederá a determinar áreas más pequeñas que permitan elaborar las modelaciones sobre esta base.

Los escenarios definidos se obtuvieron con base en la reconstrucción de historial eruptivo del volcán y con la selección de erupciones representativas por niveles de magnitud se definen los escenarios de peligrosidad volcánica para los que se harán los modelados. En el caso de la zonificación de la amenaza por flujos de lava, se muestra en la Figura 23, las condiciones de las variables.

Edificio Boquerón				
	h (m)	i	m (steps)	p
Escenario 1	5 - 15	1000 - 5000	1 - 4 km	1
Escenario 2	5 - 25	1000 - 5000	4 - 10 km	1
Construcción Nuevo como monogenético				
	h (m)	i	m (steps)	p
Escenario 1	5 - 15	1000 - 5000	1 - 4 km	1 y 2
Escenario 2	5 - 25	1000 - 5000	4 - 10 km	1 y 2

Figura 23: Definición de escenarios, Complejo volcánico San Salvador (CVSS)

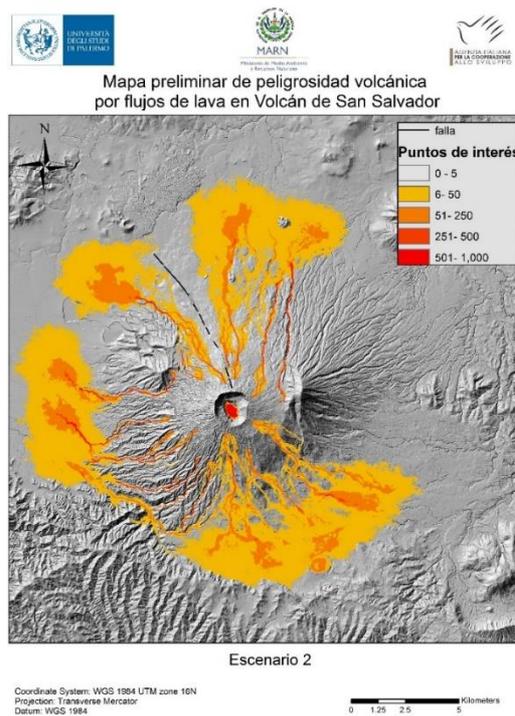
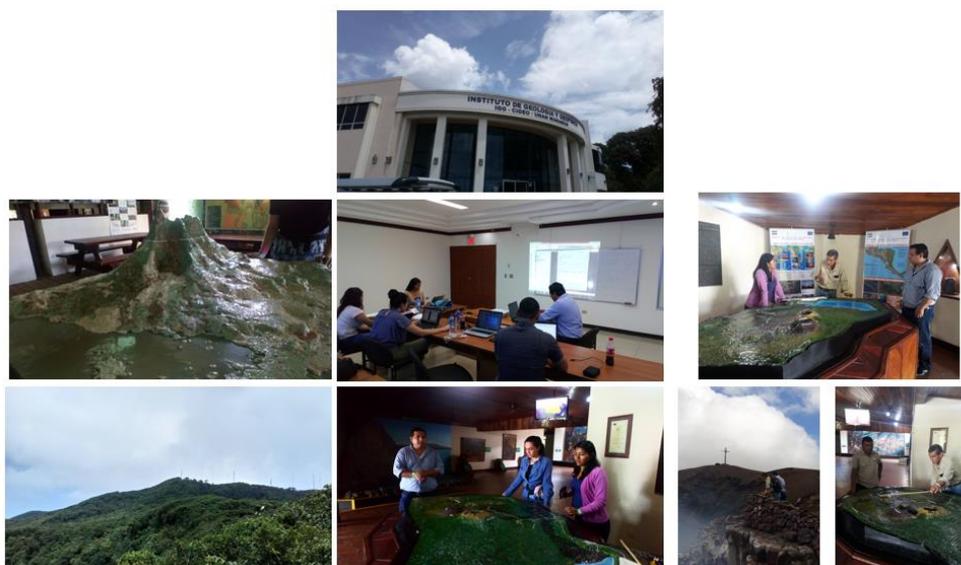


Figura 24: Algunos resultados preliminares de modelaciones realizadas para establecer la zonificación de flujos de lava provenientes del área de influencia del volcán Boquerón en su escenario 1, sobre una base de Elevación digital de 5 metros de resolución

La amenaza proveniente de Caída de Ceniza, Caída de Proyectiles Balísticos y Flujos piroclásticos, se realizará posteriormente, no obstante, se tiene avances para los escenarios probabilísticos de caída de ceniza y proyectiles balísticos, para lo cual Rodolfo Castro (MARN) está recibiendo el taller de Especialización certificada en evaluación y manejo de riesgo geológico y climático en Ginebra, Suiza, la cual fue gestionado por el profesor Raffaello Cioni de la Universidad de Florencia, Italia.

3.3.6. Integrantes de la Mesa de Vulcanología



<i>Nicaragua</i>	<i>El Salvador</i>	<i>Pasantías</i>
Nadir Castrillo, Nicaragua, (IGG-UNAN)	Alejandra Delgado (UES-MARN)	Carla Chun, Guatemala (INSIVUMEH)
Enrique Navarro, Nicaragua, (IGG-UNAN)	Eduardo Gutiérrez (MARN)	Rodolfo Castro, El Salvador (MARN)
Alejandra Delgado, El Salvador, (UES-MARN)		
Katherine Gutiérrez, Nicaragua, (IGG-UNAN)		
Andrea Benavides, Nicaragua, (IGG-UNAN)		
Eduardo Gutiérrez, El Salvador, (MARN)		

3.4 GEOHIDROLOGÍA

3.4.1. Introducción

Durante la jornada los integrantes trabajaron en la mejora de los datos insumo para el modelo probabilista (catálogos de deslizamientos, parámetros geológicos y morfológicos del terreno). De igual manera, la jornada tuvo espacios de reforzamiento del conocimiento para el manejo de los procesos de modelación probabilista, así como los de calibración y validación. El detalle de los avances por país se detalla a continuación.

3.4.2. Consolidado de la mesa de Hidrogeología

3.4.2.1. Guatemala

Se tiene como objetivo la consolidación de los avances del trabajo realizado por la mesa de geohidrología con el fin de utilizar el programa para la creación de mapas de amenaza ante un posible evento.

Periodo del 23 de junio al 3 de julio de 2019

En esta reunión se contó con la coordinación del Ing. Julio Luna de la Universidad San Carlos de Guatemala(CESEM-FIUSAC) y Chiara Martinello del Departamento de Ciencias de la Tierra y del Mar (DISTEM - Palermo) como asesores de la mesa temática de Geohidrología.

Evaluación de la Susceptibilidad de Deslizamientos Inducidos por los Ciclones Tropicales en Centroamérica

Para el caso de Guatemala el ciclón tropical en estudio es la TORMENTA STAN ya que se cuenta con información acerca del evento y con el DEM_15m del año en que ocurrió el evento.

La tormenta Stan es reciente y Guatemala posee información de mejor calidad, como ortofotos y el DEM. Se ha seleccionado un sitio cercano al lago de Atitlán. Considerando que es un proyecto piloto, lo que implica que no debe ser de gran extensión, se escogieron las cuencas de los Rio San Francisco y Rio Madre Vieja.

El lunes 24 de junio se trabajó con la revisión de la información que generamos en la 6ta jornada del mes de marzo 2019, y trabajos posteriores a esta fecha por lo que se definieron los principales aspectos para poder darle seguimiento a la metodología, teniendo en cuenta la susceptibilidad del deslizamiento.



Figura 25. Área piloto de estudio, del Rio San Francisco y la cuenca del Rio Madre Vieja.

El martes 25 de junio, se estuvo trabajando en la validación y verificación de los puntos donde se localizan los deslizamientos, contando con un inventario final de 1405 deslizamientos que dejó a su paso la tormenta tropical Stan en la cuenca del Rio San Francisco y la cuenca del Rio Madre Vieja.



Figura 16. Ubicación de los deslizamientos en el área de estudio.

Luego han sido revisadas las variables geoambientales que se derivaron de DEM anteriormente, por medio del programa QGIS: pendiente, exposición, índice topográfico de humedad, curvatura general, curvatura plana y curvatura inclinada de la pendiente.

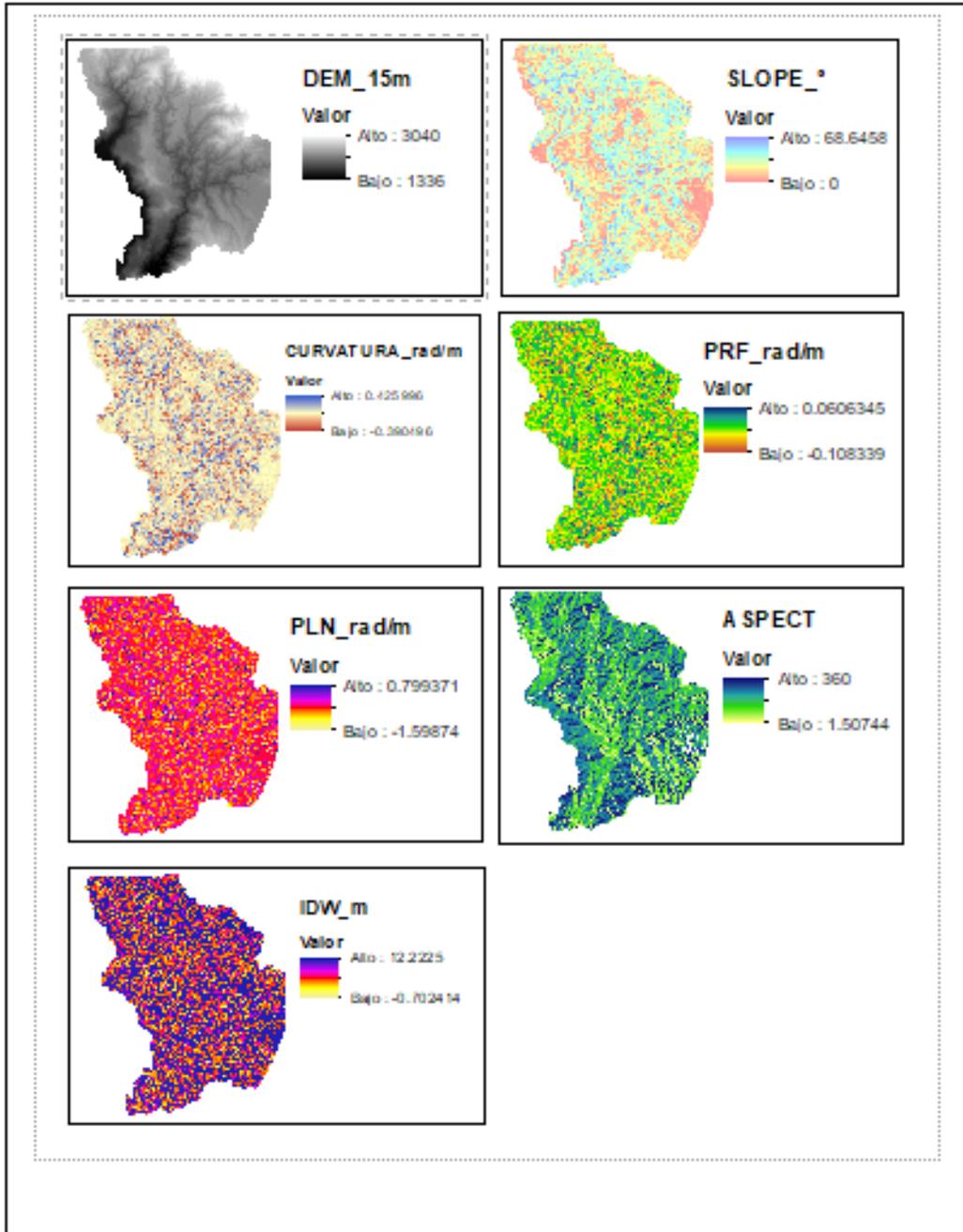


Figura 27 Mapas derivados del DEM_15m del área de estudio creados en el programa QGIS.

El día miércoles 26 en reunión con Chiara Martinello, se estudió el ANÁLISIS MARS (MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINES), que permite identificar la correlación entre las variables geo-ambientales de un área determinada y la presencia de deslizamientos.

Después de resolver las ecuaciones de correlación entre la variable dependiente (presencia / ausencia de deslizamientos) y las variables geoambientales, es posible definir la susceptibilidad a deslizamientos para todo el territorio. La susceptibilidad a los deslizamientos es la probabilidad (expresado en un rango de 0-1) de ocurrencia de un fenómeno de deslizamiento en un área determinada dependiendo de las características locales.

El día jueves 27, después de definir los elementos esenciales para la aplicación del MARS, se procedió a la generación.

- La variable dependiente, representada en este caso por el LIP (Landslide Identification Point - punto ubicado en el punto más alto de la pendiente del deslizamiento de tierra), se transforma en un raster, usando el dem como base.

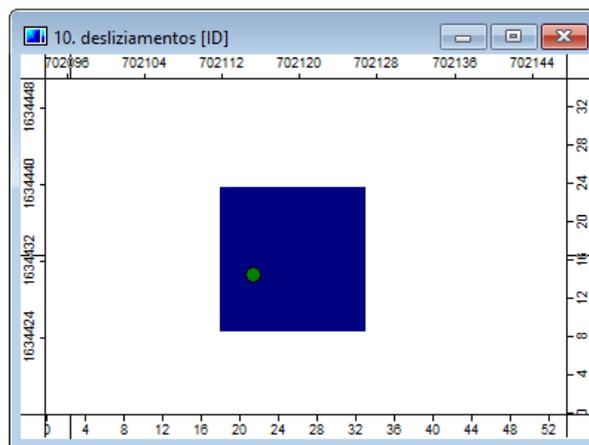


Figura 28. Interpolación del deslizamiento sobre los raster y pixeles del DEM

- Las variables independientes, es decir, las variables geoambientales, se han recalculado de acuerdo con algoritmos más actualizados (en lo que respecta a los derivados de la dem) y se han transformado en ráster, donde sea necesario (en el caso de la litología y el uso del suelo). Las siguientes variables han sido calculadas o actualizadas con el dem:
 1. LCL, landform classification
 2. PRC (rad/m), profile curvature
 3. PLC (rad/m), plan curvature
 4. TWI (m), índice topográfico de humedad
 5. TRI (m), índice topográfico de rugosidad
 6. STP (rad/m), SLOPE o pendiente

7. SPI, stream power index
8. Aspect

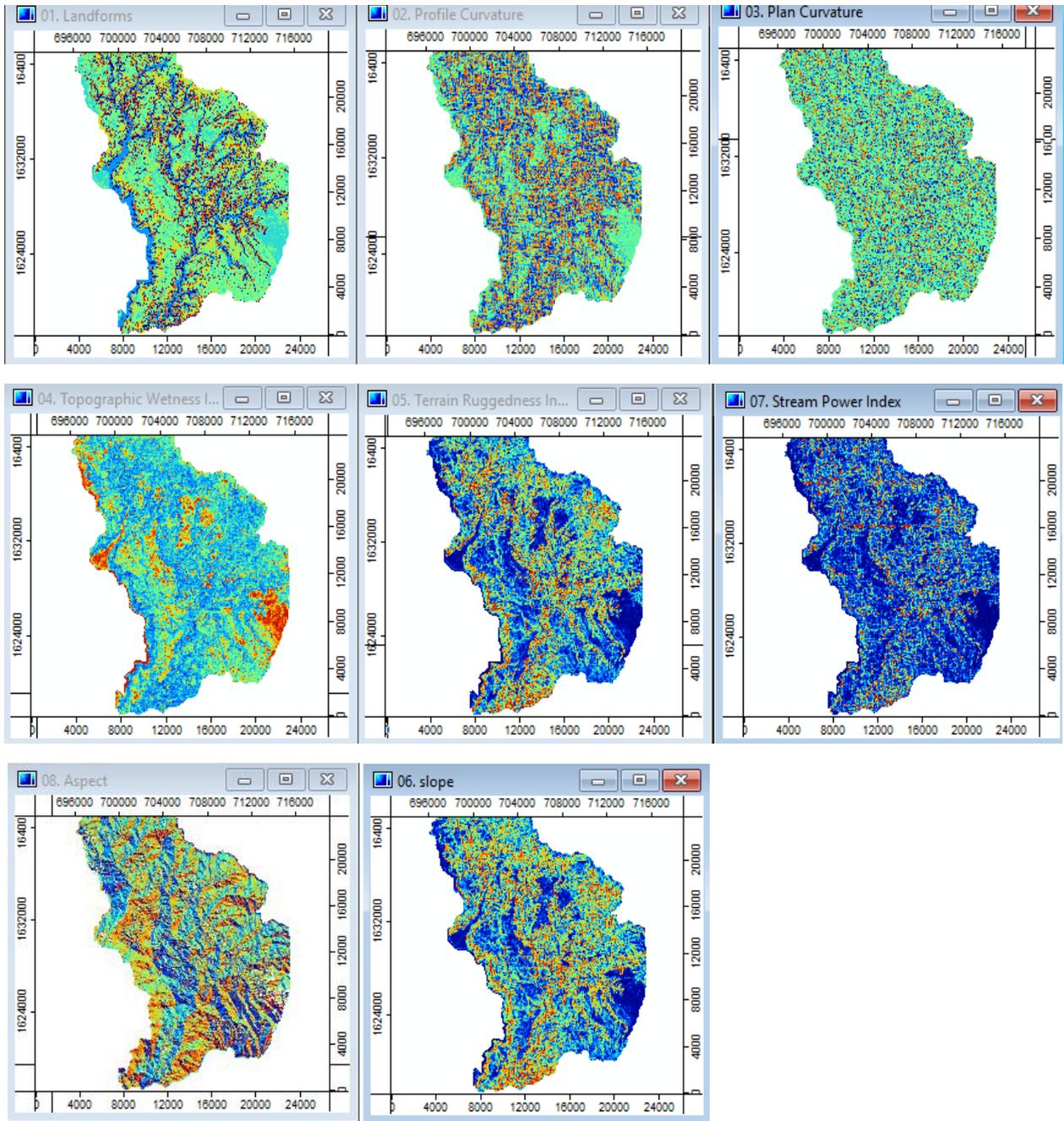


Figura 29. Derivados del DEM_15 m obtenidos por medio del programa SAGA Gis.

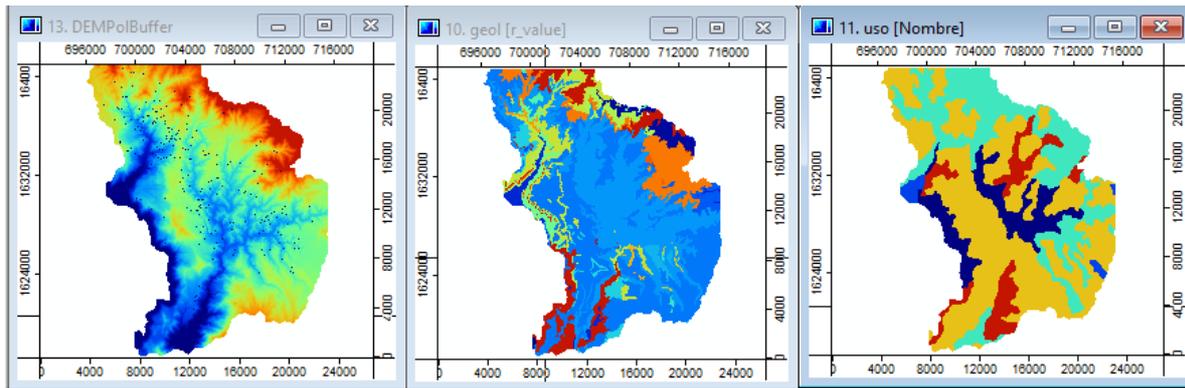


Figura 30. DEM con la ubicación de deslizamientos, geología y uso del suelo rasterizada.

El día viernes 28 y sábado 29 se procedió a correr el programa con la información generada los días anteriores.

```

72
73
74 #####modelo_a1#####
75 mars_all<-NULL
76 all_predict<-matrix(nrow=nrow(all_val14[[i]]), ncol= 5)
77 AUC_all<-matrix(nrow=1, ncol=5)
78
79 for(i in 1:5)
80 {
81   mars_all[[i]]<- earth (frana ~ ele + asp + p1c + uso + prc + geo + slo + lcl + spi
82
83 for(i in 1:5)
84 {
85   all_predict[,i]<-predict(mars_all[[i]], all_val14[[i]], type=c("response"))
86   AUC_all[,i]<-auc(all_val14[[i]]$frana,all_predict[,i])
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

Figura 31. Uso del programa para la generación del mapa de susceptibilidad.

Dado que el área piloto era igual a 292 km² y trabajar con toda el área requería un gran esfuerzo por parte de los sistemas informáticos utilizados, se decidió trabajar con una porción más pequeña del área piloto, para poder poner en práctica el procedimiento.

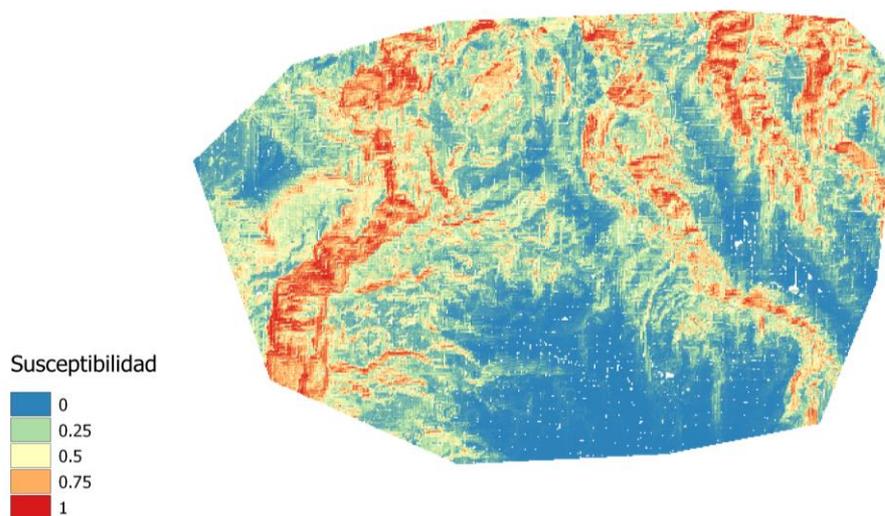


Figura 32. Ráster obtenido de R como posible mapa de vulnerabilidad.

En los días siguientes de la jornada se procedió a validar la información obtenida, analizando los avances para la creación de este informe hasta la finalización de la 7ª Jornada RIESCA.

3.4.2.2. Honduras

El municipio de Ocotepeque se encuentra ubicado al occidente de Honduras en las coordenadas 264412 Longitud Este y 1596922 Latitud Norte. Posee una extensión territorial de aproximadamente 174.82 km cuadrados en donde habitan al menos 24 mil habitantes.

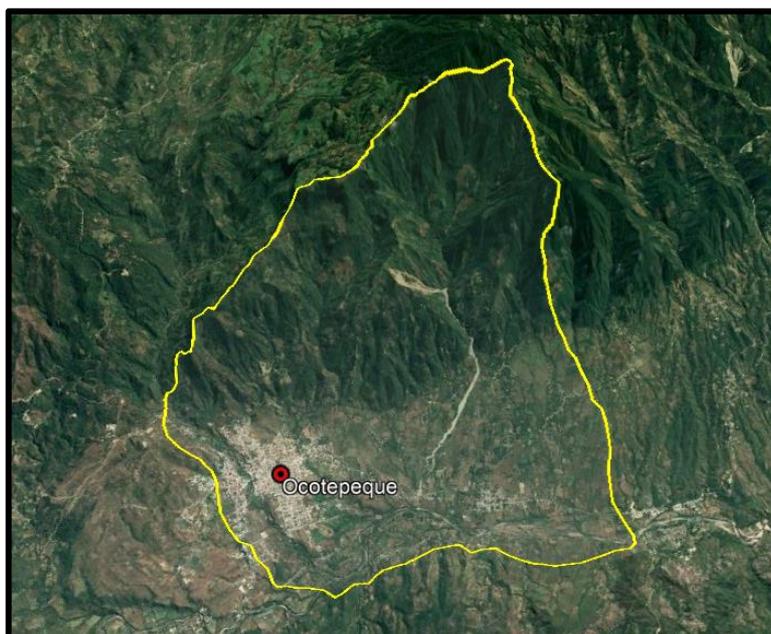


Figura 33. Ubicación del área de estudio

Históricamente, Ocotepeque ha sido impactado por los efectos de fenómenos climáticos que han desencadenado inundaciones y movimientos gravitacionales. En junio de 1934 fue destruida por las inundaciones del Río Marchala, seguido de un alud de derrubios provocado por el rompimiento de un dique natural previo deslizamiento de rocas en la parte alta de dicho río. Debido a este acontecimiento fue necesario mover la ubicación de la ciudad mientras se decretaba a la ciudad de Sinuapa como cabecera provisional del Departamento. Posteriormente, se gestionó el traslado de la ciudad a la ubicación actual.

Sin embargo, las amenazas que constituyen los movimientos gravitacionales es cada vez más latente. De acuerdo al Plan Municipal de Gestión de Riesgos (PMDN, 2005), el 75% del área bajo Manejo Especial son Áreas Bajo Amenaza (7,347.26 Ha), de las cuales el 97% son áreas susceptibles a deslizamientos. En 1998 tras el paso del Huracán Mitch, esta susceptibilidad se hizo manifiesta al ocurrir cuantiosos deslizamientos en la mayor parte del municipio. Es por eso que el Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT) con apoyo de la cooperación italiana implementan el Proyecto de Formación Aplicada a los Escenarios de Riesgo con la Medición y Monitoreo de los Fenómenos Geohidrológicos en América Central (RIESCA) con el fin de contribuir a identificar zonas de riesgo a deslizamientos para la toma de decisiones. El presente informe recaba de manera preliminar los avances obtenidos en el marco de ejecución del Proyecto, correspondiente a la mesa de trabajo de Geohidrología para la zona de estudio de Ocotepeque, Honduras.

a) Objetivo del Taller

a.1) Consolidar los avances individuales de los países miembros del Proyecto con el propósito de dar cumplimiento Regional a las metas establecidas en el Proyecto.

a.2) Comprender el funcionamiento del modelo predictivo para la determinación de susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

b) Actividades realizadas

b.1) Presentación de avances obtenidos en la mesa de Geohidrología de la 6ta. Jornada del mes de marzo 2019.

b.2) En vista que, por la parte de Honduras, inicialmente se descartó la información recabada acerca del área piloto seleccionada, entonces se trabajó en conocer más a detalle la funcionalidad de la metodología validando y verificando los puntos de ubicación de deslizamientos del área de estudio de Guatemala.

b.3) Conforme a la información de Guatemala, a partir de un DEM de 15 m de precisión se calcularon las diferentes capas ráster o variables necesarias e ingresarlas para correr el modelo predictivo ANALISIS MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines).

b.4) Generación de productos insumos para determinar zonas susceptibles a deslizamientos en el área piloto de Guatemala.

b.5) Generación de mapa final de susceptibilidad a deslizamientos.

b.6) Obtención de un DEM para el área de estudio de Honduras y delimitación de área.

b.7) Calcular mediante el programa SAGA Gis algunas de las ocho variables necesarias para la determinación de la susceptibilidad.

c) Resultados preliminares

c.1) Después de obtenido los datos de DEM del área de estudio se procedió a delimitar el área piloto, tal como lo muestra la siguiente Figura 34

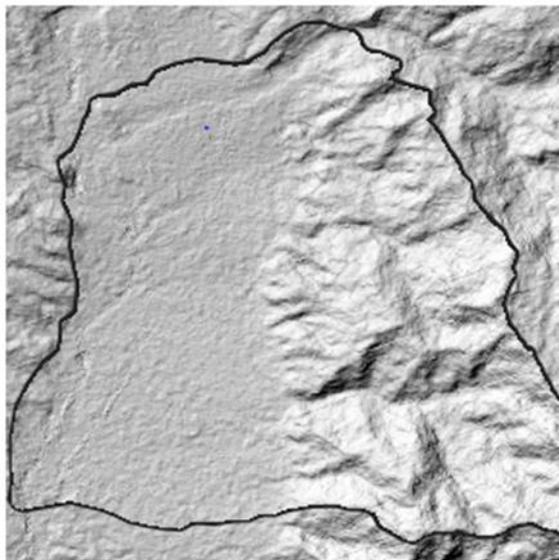


Figura 34. Área de estudio delimitada

c.2) A partir del DEM obtenido se ha procedido a calcular al menos siete variables de entrada, necesarias para definir las demás variables que nos conduzcan a la obtención del mapa de susceptibilidad. A continuación, imágenes de los resultados del proceso tales como:

- Slope, Aspect, Profile curvature, Stream Power Index (SPI), Topographic Wetness Index (TWI), Terrain Ruggedness Index (TRI) y Topographic Position Index (PSI)

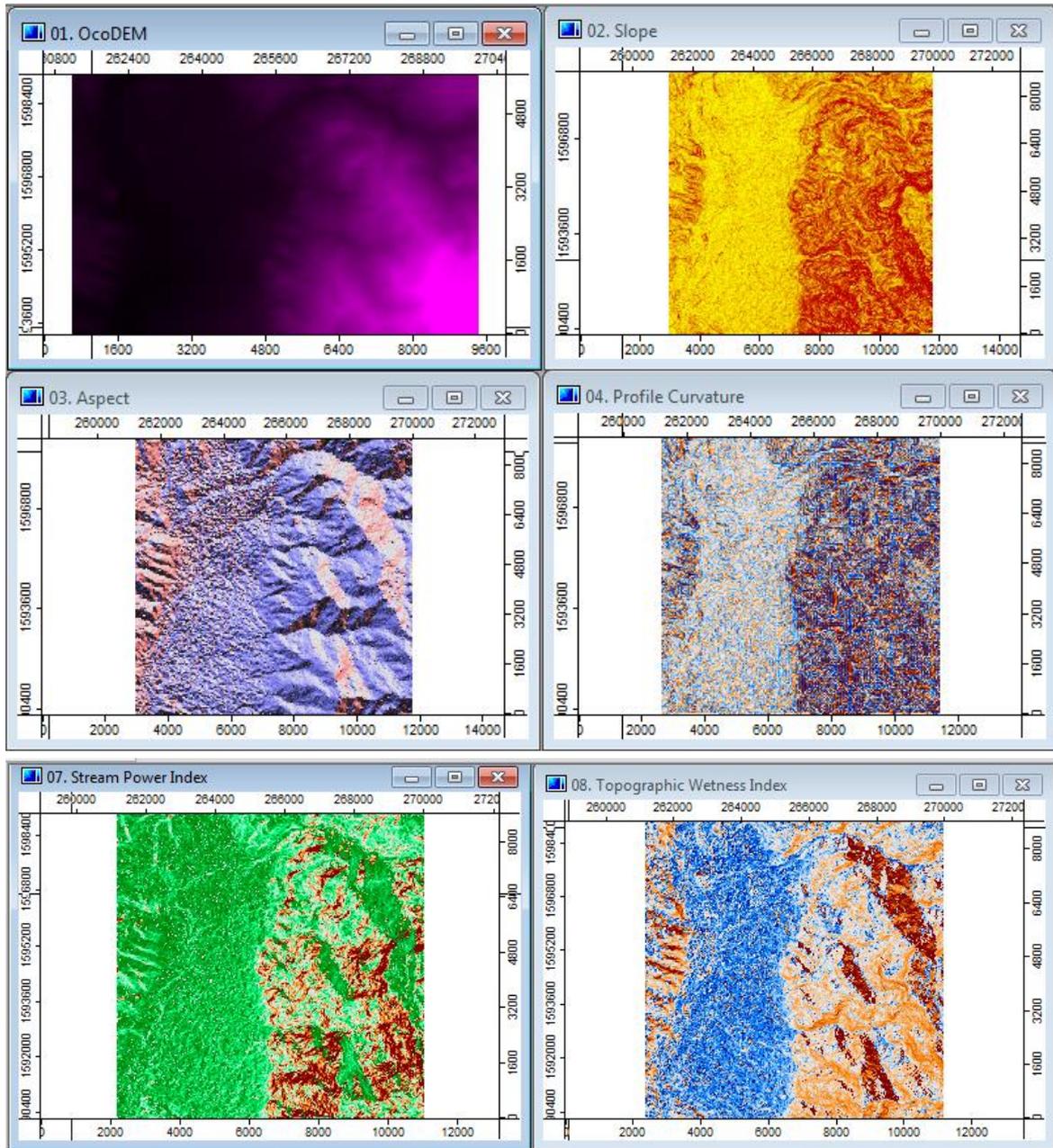


Figura 35. Serie de imágenes que muestran los procesos de cálculos de diferentes índices

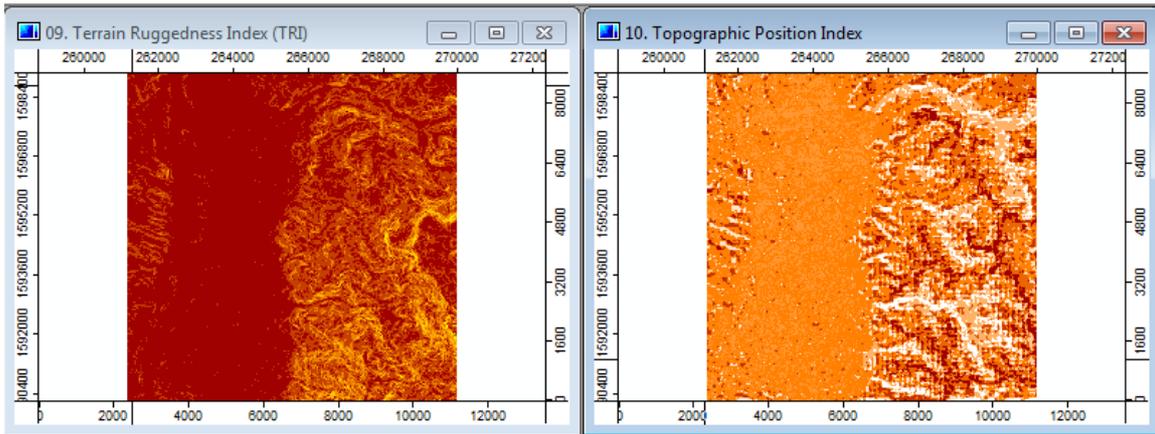


Figura 36. Índices de rugosidad y posición topográfica

d) Literatura citada

PMDN (Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales) 2005. Plan Municipal de Gestión de Riesgos Secretaría de Recursos Naturales. En línea, disponible en: <http://cidbimena.desastres.hn/GROT/pdf/doch0156/pdf/doch0156-1.pdf> Consultado el 10/07/19.

3.4.2.3. El Salvador

En El Salvador, durante la jornada 5, fueron presentados 3 zonas piloto modeladas. Durante esta jornada 7, se aplicó la metodología a dos zonas pilotos con buenos resultados preliminares; y una prueba de un mapa nacional que no tuvo resultados satisfactorios.

Durante la jornada fue practicado el procedimiento de regresión, tanto para la generación de los modelos de amenaza por deslizamientos, como de los procesos de validación y calibración de los mismos. Este procesamiento se realiza a través de un código escrito en “R” y utilizando “RStudio”.

Las dos nuevas zonas piloto presentadas fueron la zona sur-occidente de la cordillera del Bálsamo y la zona suroeste del volcán del San Salvador. Los resultados obtenidos son este mapa preliminar no han sido calibrados, ni validados; sin embargo, comparando con los sitios donde los deslizamientos ocurren más frecuentemente, este mapa preliminar da buenos indicios. Los mapas resultantes se muestran a continuación.

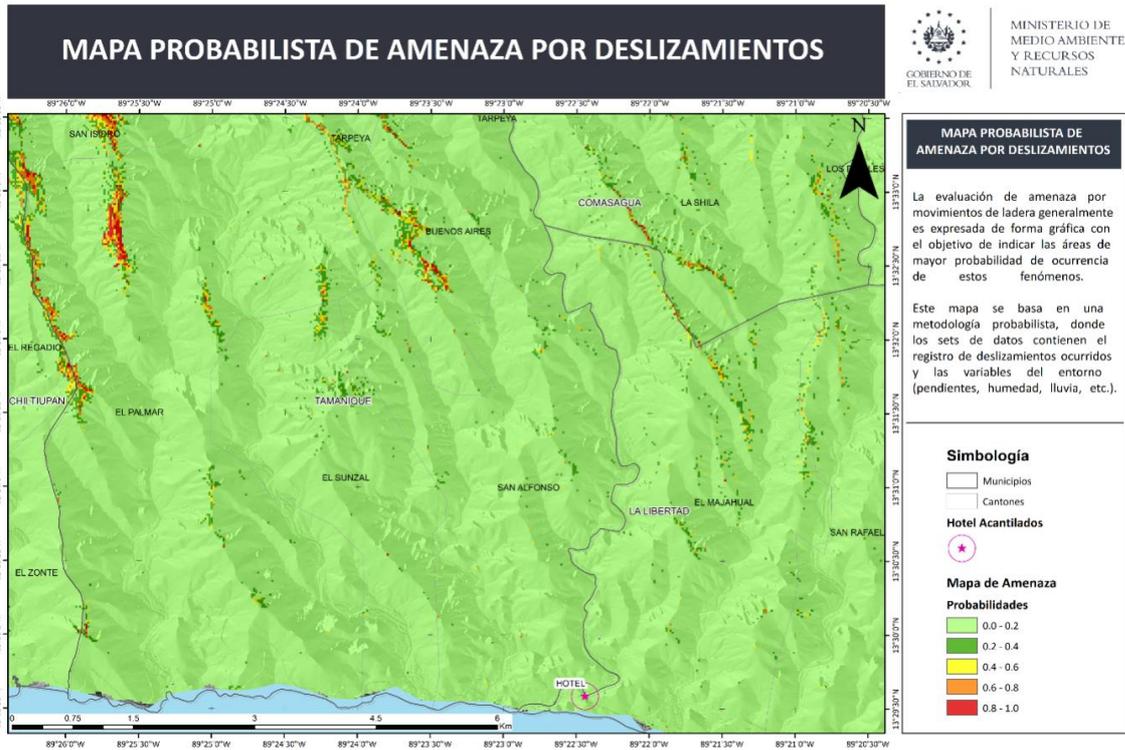


Figura 37. Mapa probabilista de amenaza por deslizamientos de la zona sur-occidental de la cordillera del Bálsamo.

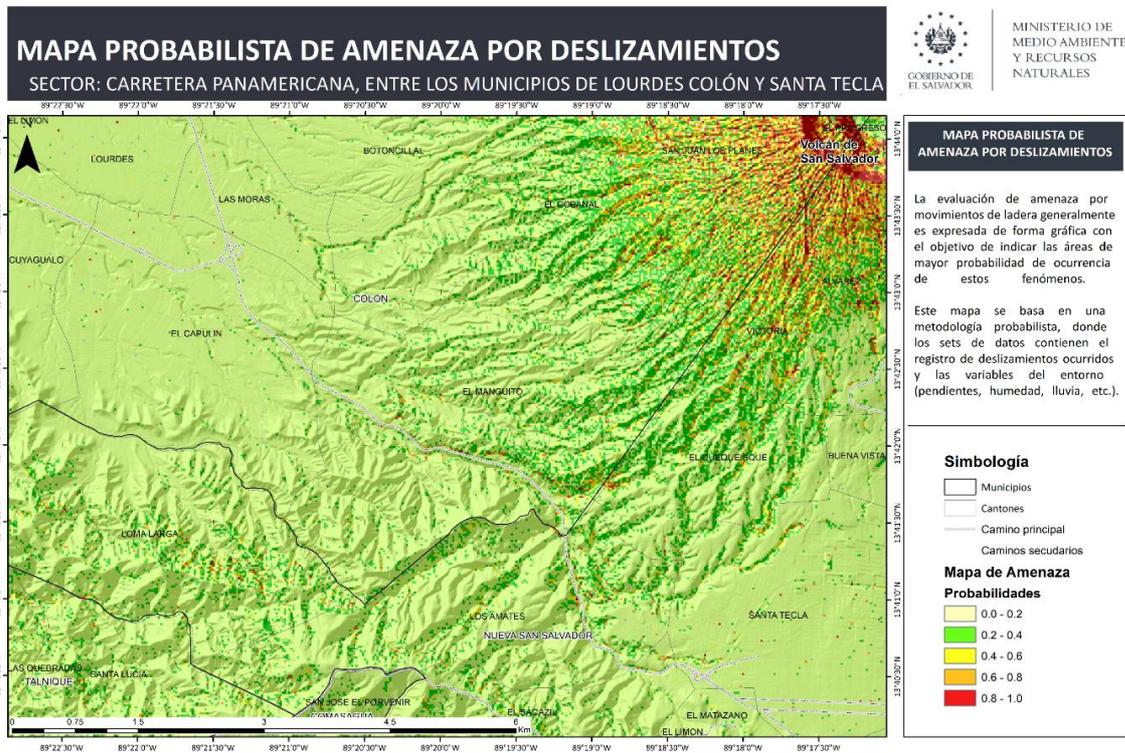


Figura 38. Mapa probabilista de amenaza por deslizamientos de la zona sur-occidental de la cordillera del Bálsamo.

Durante esta jornada fueron desarrollados nuevos catálogos de deslizamientos por zonas, estas zonas cubren al territorio total, por lo que también serán útiles para la realización de un mapa de amenaza nacional. El total de nuevos catálogos de deslizamientos es de 16, estos han sido generados con base a imágenes satelitales históricas de fechas posteriores a eventos hidrometeorológicos (Ida – 2009, DT 12E – 2011, entre otros). La distribución de los diferentes catálogos

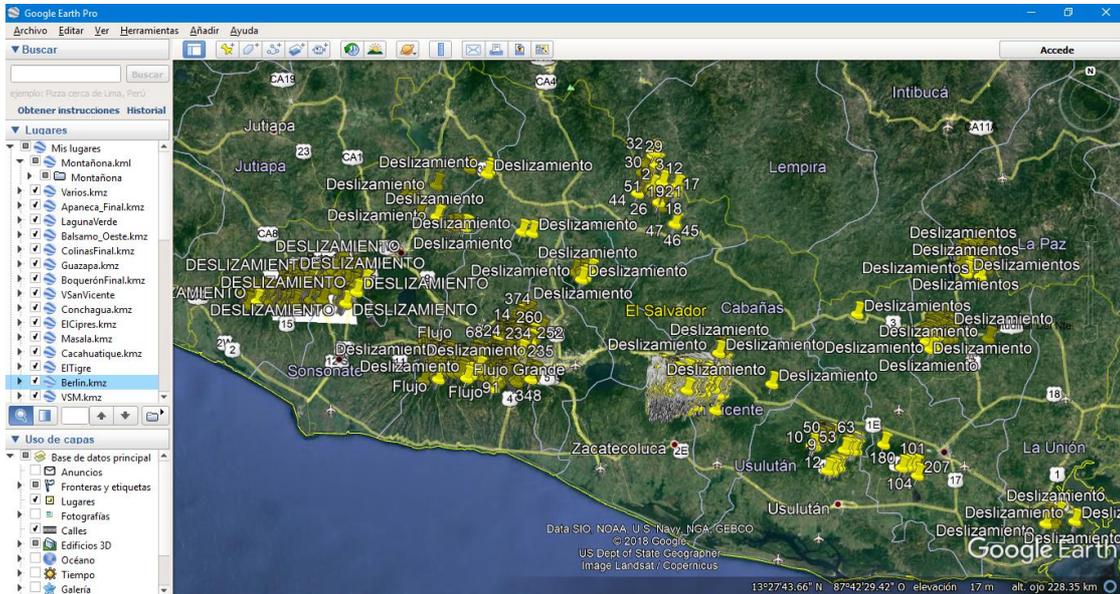


Figura 39. Distribución de los nuevos catálogos por deslizamientos, El Salvador.

De estos sitios han sido calculados parámetros morfológicos para 3 zonas pilotos (a resolución espacial de 5 metros) y para todo el territorio (a resolución espacial de 20 metros).

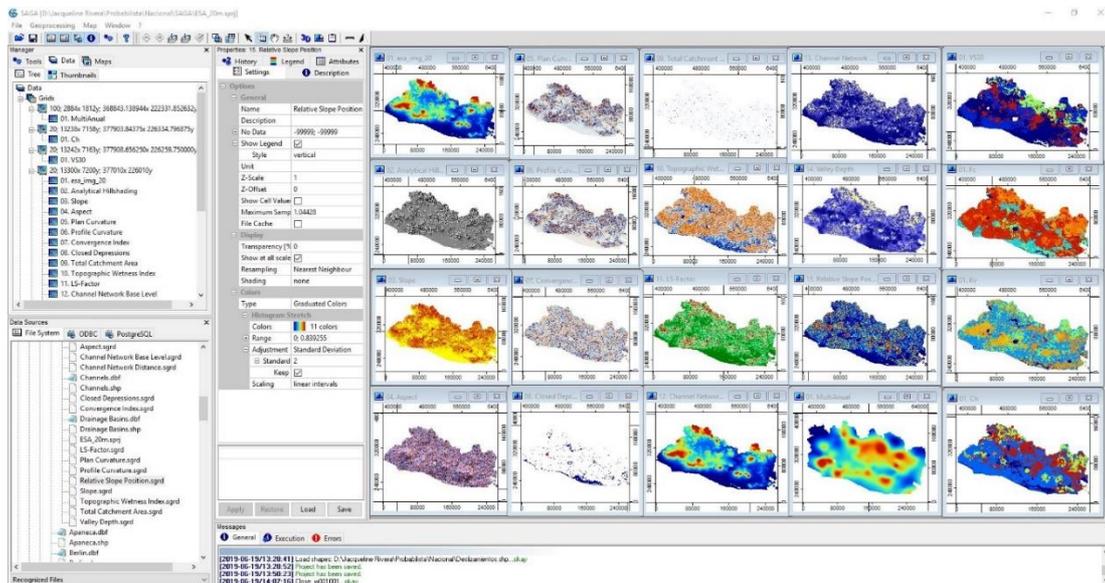


Figura 40. Parámetros morfológicos con resolución espacial de 20 metros, El Salvador.

3.4.3. Próximos pasos:

3.4.3.1. Guatemala

- Crear el modelo para toda el área piloto y analizar los resultados. De hecho, considerando que el área en estudio es muy grande se espera poder analizarla por cuencas debido a la capacidad del equipo utilizado y de esta manera obtener el mapa de susceptibilidad para toda el área.

3.4.3.2. Honduras

- Validar los límites del área de estudio.
- Obtener datos detallados de geología y uso actual del suelo del área de estudio.
- Digitalizar los puntos de identificación de deslizamientos.
- Determinación del mapa de susceptibilidad.
- Validar modelo mediante definición de matriz de confusión (falsos positivos/falsos negativos).

3.4.3.3. El Salvador

- Regresiones de las nuevas zonas piloto
- Regresión del mapa nacional
- Procesos de validación y calibración

3.4.4. Integrantes de la mesa:



N°	Nombre	Institución
1	Chiara Martinello	UNIPA - Italia
3	Iris de León	USAC - Guatemala
5	Alfredo Quiñonez	INSIVUMEH - Guatemala
7	Julio Luna	USAC - Guatemala
8	Maynor Ruiz	UNAH - Honduras
10	Alex Javier Cardona	UNAH - Honduras
11	Miguel Hernández	UES - El Salvador
12	Jaqueline Rivera	MARN - El Salvador
13	Mario Reyes	MARN - El Salvador

4. Conclusiones

(por G. Giunta)

El presente informe incluye las actividades del proyecto desde abril hasta agosto 2019, y se refiere en particular a la Jornada 7ª, que se ha realizado en El Salvador y Nicaragua en junio/julio 2019, coordinada por la UNIPA con la colaboración de OGS y CNR de Italia, con la participación de representantes centroamericanos de las Universidades (UES, USAC, UNAN, UNAH) y de las Instituciones (MARN/OA, DGPC, INSIVUMEH, COPECO), a las cuales dieron apoyo especialistas de UNAM.

Como ha sido mencionado en informes previos las diferentes tareas planeadas incluyeron:

- La participación de coordinadores, investigadores centroamericanos e italianos en varias reuniones, conferencias y seminarios (en línea vía internet y también de forma presencial);
- El apoyo a un Curso de especialización que se desarrolló en la UES de El Salvador, ya finalizado, como actividad interna paralela a RIESCA;
- El mejoramiento de un “Aula Virtual”, desde poco ya página web RIESCA <http://proyectoriesca.agronomia.ues.edu.sv>, necesaria para proporcionar una plataforma donde alojar toda la información y los datos elaborados y en proceso de desarrollo;
- La colaboración entre los investigadores centroamericanos con los investigadores italianos en grupos temáticos separados (geología-sismotectónica-sismología, vulcanología y geohidrología), buscando y ordenando datos, discutiéndolos y compartiéndolos entre los grupos internos de los países, entre los países, y con Italia, y que a menudo se reunieron en plenarias;
- La adquisición de algunas instrumentaciones para mejorar el análisis y monitoreo de los fenómenos de riesgo;
- La relación con Protección Civil de los diferentes países para mejorar el sistema de transferencia de datos técnicos para la gestión de la “alerta temprana”;
- La preparación y/o publicación de artículos científicos, a veces presentados en contextos internacionales.

El 2019 representa el tercer año del proyecto, en el cual se tiene que afinar y mejorar los resultados principales conseguidos, definir y compartir nuevos aspectos para la finalización técnica del proyecto mismo, posiblemente siguiendo los organigramas originales y dirigiendo la selección de acciones de acuerdo con la nueva adquisición de datos, entre otros:

- el conocimiento básico en las varias temáticas de riesgo;
- los catálogos en matrices y en mapas interactivos;
- las redes de monitoreo, y proyectos de redes multiparamétricas nacionales y regionales;
- los mapas de peligrosidades, con ejemplos en las áreas piloto;
- las metodologías para la creación continua de escenarios de riesgo;
- las vías más rápidas y con buenos contenidos técnicos para la transmisión de datos;
- la adquisición de metodologías analíticas para la definición de escenarios de amenaza/riesgo y la transmisión de información a la protección civil.

El proceso que se sigue, de compartir “Metodologías” con “Aplicaciones en áreas específicas” y “Transmisión de información a Protección Civil”, al final, tiene que lograr la especialización de recursos humanos calificados en métodos de análisis y mitigación de riesgos naturales, con el resultado específico de formar una comunidad de expertos en el monitoreo y la vigilancia de eventos naturales, para garantizar la sostenibilidad futura.

Como ya se expresó en varias ocasiones, el más importante resultado parece el logro de una colaboración entre universidades e instituciones del sector tanto en países individuales como entre los cuatro países beneficiarios, en una región donde los problemas del Riesgo casi siempre se han enfrentado individualmente y con poca cooperación mutua. Tener especialistas que trabajan en su propio país y con los de los demás países, incluso si son vecinos, ha sido posible a través de la aplicación del método de colaboración de "hacer juntos" y no de "hacer", bajo la gestión técnica italiana de UNIPA, OGS, CNR.

Sin embargo, en 2019 se continúa resolviendo el problema de las diferencias en cantidad y calidad de datos entre los distintos países y dentro de cada uno de ellos, empujando más la colaboración entre especialistas de países más virtuosos con aquellos que lo son en menor grado, con la asistencia de los especialistas italianos y de países cercanos.

Los datos y el análisis de las diversas peligrosidades en El Salvador, Guatemala, Nicaragua (que está tratando de superar la detención después de las últimas vicisitudes políticas) y Honduras están permitiendo el desarrollo de nuevas herramientas para el conocimiento volcánico, sismológico y geomorfológico de la región centroamericana, para ser de utilidad a nivel regional para el manejo de la prevención. Recientemente, también, se ha integrado la colaboración del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) a través de un proyecto Costa Rica-RIESCA del Instituto Ítalo Latino Americano (IILA), y de especialistas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Además, el otro importante asunto es el mejoramiento del monitoreo con la adquisición de nuevas instrumentaciones, aunque se han encontrado graves dificultades burocráticas en varios países para la compra de instrumentos, que han retrasado el proceso. En 2019 se están ejecutando todas las medidas para proceder con rapidez con las nuevas compras, en la espera de la segunda parte de fondos por la AICS.

En el presente informe se encuentran algunos de los más importantes resultados conseguidos hasta la fecha, que representa nuevas herramientas para la gestión de riesgos, y que se están afinando y mejorando, (también realizando pasantías técnicas en Italia de capacitación de especialistas centroamericanos) para la finalización del proyecto en el contexto de la sostenibilidad futura, en particular en la metodología de elaboración, que se resumen:

- en Sismología/Sismotectónica: 1) nuevos mapas de fallas (activas y sismogénicas) nacionales y regionales en base a una nueva síntesis geológica de la región, y de un catálogo de caracterización de las mismas, y relativa metodología; 2) nuevo catálogo sísmico, llamado MARCA-GEHN, que incluye la caracterización de los principales sismos ocurridos en la región, junto con las características macrosísmicas, y la respectiva metodología.

- en Vulcanología: nuevos mapas de amenaza por erupciones piroclásticas y/o de flujos de lavas en diferentes complejos volcánicos de la región, y la respectiva metodología.

- en Geohidrología: nuevos mapas de susceptibilidad a deslizamientos a nivel regional, y la respectiva metodología.

Así como se ha descrito en los últimos informes sobre la **administración** del proyecto, desde un punto de vista económico-financiero el 2018 representó una extensión del primer año del proyecto, pendiente de finalización en 2019 gracias al segundo tramo de financiamiento por AICS.

Después del final de 2018, en enero 2019 fue enviada a la AICS la Auditoria de una buena parte del primer financiamiento y, mientras que el 18 de diciembre de 2018, se le solicitó a AICS que otorgara a UNIPA la segunda parte de financiamiento, de conformidad con las disposiciones del Artículo 4 del Convenio UNIPA-DGCS-AICS.

Desde entonces, hasta la fecha las actividades se han desarrollado con fondos disponibles en UNIPA y Centro América de los saldos de la primera auditoria. Siendo que UNIPA no ha recibido la segunda parte de fondos por la AICS, en acuerdo con AICS/El Salvador, para evitar interrumpir las actividades de proyecto se ha aplicado una solución temporal de utilización urgente, para cumplir en parte con unos meses de 2019, de fondos que han quedado en saldo en varios rubros de la primera auditoria, pendientes de ser desembolsados a los partner o gastados por UNIPA.

Dichos fondos a saldo quedaban en la UES, USAC, y UNIPA, y aunque están incluidos en varios rubros se utilizaron en los mismos rubros o cambiados en otros, como por ejemplo para gastos de “suporte docente”, “compras de instrumentaciones”, “unas becas en Italia”, y en particular para “movilidad de especialistas centroamericanos e italianos en Centro América”.

A pesar de varias solicitudes enviadas a AICS desde enero 2019, solamente al final de mayo 2019 se recibieron en UNIPA solicitudes por AICS de actualizaciones de los gastos y de complicados formularios relativos a los mismos documentos enviados en cuadros usuales.

En los meses de junio-julio 2019 se empeñaron en UNIPA tres unidades de personal administrativo para dar seguimiento a las nuevas solicitudes por AICS, que se cumplieron con la entrega de lo pedido al final del mes julio.

Hasta hoy se está a la espera del desembolso de esta segunda parte de financiamiento, y siendo que ya estamos a pocos meses de la clausura original del proyecto (diciembre 2019), por el momento se ha decidido de interrumpir importantes y rutinarias actividades de proyecto que prevén gastos, y, en acuerdo verbal con AICS, una vez que se reciba el segundo financiamiento se solicitará una extensión extraordinaria del proyecto hasta la segunda mitad de 2020, para permitir la finalización del mismo según una agenda que se está continuamente actualizando.

Todo eso con graves y esperados perjuicios de la conclusión del proyecto, de las relaciones con los partner centroamericanos y de la confianza que ellos han aclarado varias veces hasta las ultimas declaraciones de agradecimiento recibidas por UNIPA, además de rol de la Cooperación italiana en un sector muy importante como lo de los riesgos naturales en Centro América.

Sin embargo falta repetir lo mencionado en varias ocasiones y encuentros institucionales, que hasta la fecha RIESCA ha cumplido con éxito varias expectativas, aun buscando resolver los problemas encontrados, talvez típicos de un proyecto regional, de los cuales algunos se quedan todavía a la atención, también produciendo efectos paralelos gestionados por UNIPA, como la participación a Doctorados en Italia, la abertura de una Carrera de Geología y Ciencias de la Tierra en la UES-El Salvador, la colaboración de Costa Rica con un proyecto del IILA, de los cuales se esperaba un desarrollo muy exitoso.

Al final, es correcto reiterar nuestro agradecimiento a las Instituciones, Académicas y Gubernamentales de El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Honduras, a los coordinadores locales, a todos los investigadores y docentes que componen los varios grupos temáticos, a los estudiantes aplicados en varios temas, a los colegas italianos de UNIPA, juntos con el Rector y los Prorectores de UNIPA, a OGS, CNR, a los Embajadores italianos en los países partner, deseándonos seguir

con el máximo del esfuerzo para el cumplimiento de esta magnífica experiencia de colaboración profesional y de amistad entre Italia y Centro América, gracias a la AICS de Centro América y Roma.



Figura 41. Sesión plenaria de finalización de la Séptima Jornada RIESCA con la participación en videoconferencia del Coordinador General del Proyecto.

