



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)



Informe Jornada 3 (15-29 enero 2018) y de Actividades de enero-febrero 2018 de clausura del primer año del proyecto

Redactado 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 integrantes a los grupos, y compilados por: Elliot Perez (Sismotectónica), Griselda Marroquín (Sismología), Eduardo Gutiérrez (Volcanología), Fernando Guarín (Geohidrología)

Contenido

1. Introducción	1
2. Programación Jornada plenaria en Centro América (15-29 enero 2018) y Agenda	2
3. Jornada 3 en Guatemala (15-18 enero 2018).....	9
4. Jornada 3 en Nicaragua (19-21 enero 2018).....	10
5. Jornada 3 en El Salvador (22-29 enero 2018)	11
5.1 Taller Geología y Sismotectónica.....	12
5.2 Taller Sismología	49
5.3 Taller Vulcanología	62
5.4 Taller Geohidrología.....	74
5.5. Workshop plenario y programación trabajos en 2018.....	100
6. Reuniones institucionales	101
7. Aula Virtual/Pagina Web.....	102
8. Comunicados de prensa	103
9. Instrumentaciones	104
10. Informe sobre las actividades administrativas realizadas durante el primer periodo de proyecto	105
11. Conclusiones.....	107

1. Introducción

El presente informe contiene el resumen de actividades realizadas dentro del período enero-febrero de 2018, y en particular de la Jornada 3ra en Centro América (del 15 al 29 de enero del presente), y también constituye el informe conclusivo del primer año de actividades RIESCA, además es sucesivo a varios informes elaborados a lo largo de las actividades desarrolladas en 2017.

La filosofía del proyecto RIESCA en crear la sinergia entre las instituciones regionales con roles académicos, operativos y tomadores de decisiones con el acompañamiento de la asesoría y transferencia de conocimiento de investigadores italianos, está dando la oportunidad de integrar los esfuerzos regionalmente, unificando la metodología de investigación y generación de productos. Estos esfuerzos, se están realizando poniendo en contacto directo diversas instituciones, muchas de ellas que a veces trabajaban de manera aislada.

Una atención particular ha sido dirigida a los principales centros urbanos, donde cada día albergan una mayor población, incrementando el riesgo asociado por terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos e inundaciones, ya que un mayor número de personas están bajo amenaza.

Como parte de los esfuerzos individuales que buscan principalmente salvaguardar la vida humana a través de la gestión del riesgo, se han implementado programas dirigidos a caracterización, monitoreo y pronóstico que permitan conocer mejor la actividad de los fenómenos naturales. De igual forma, la generación de los mapas de escenarios de peligros es considerada de suma importancia para las decisiones que toman los Sistemas de Protección Civil en el manejo de emergencias, donde la preparación de la comunidad tiene un papel importante por lo que es necesario acompañar el establecimiento de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) que otorguen los procedimientos de comunicación y actuación de prevención y gestión de riesgos a desastres.

Parte de estas actividades se ha desarrollado en Italia junto con los especialistas en vulcanología, sismología y geohidrología, que permite el intercambio de conocimientos de una forma fluida fortaleciendo la calidad profesional de los técnicos.

Este informe contiene un panorama general de las actividades que se han realizado en/entre los países participantes RIESCA: El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Honduras.

También muestra en detalle las actividades desarrolladas y las programadas en el periodo final del primer año con el objetivo de lograr los resultados dentro del proyecto.

Las actividades fueron organizadas y coordinadas por G. Giunta (UNIPA), A. Argueta y M. Hernández (UES), E. Gutiérrez (MARN), G. Maselli y J. Luna (USAC), E. Obando y Melida Schiliz (UNAN/CIGEO), M. Ruiz (UNAH), con el apoyo de la Cooperación Italiana en América Central (AICS).

La delegación italiana estuvo integrada por G. Giunta, C. Conoscenti, A. Aiuppa, A. Sulli, P. Turchetta (UNIPA), E. Esposito (CNR), L. Peruzza (OGS), R. Cioni (CNR/UNIFI).

2. Programación Jornada plenaria en Centro América (15-29 enero 2018) y Agenda

La organización de la jornada ha tomado en cuenta la importancia de discutir sobre los resultados de varios meses de actividad común, desarrollados en los países RIESCA y en reuniones entre los mismos países, además de jornadas plenarias.

Para eso se ha aplicado una nueva fórmula de trabajo, reuniendo a los participantes (y representantes) de los países RIESCA en la Jornada plenaria en El Salvador divididos por especialidades en 4 talleres temáticos (geología y sismotectónica, sismicidad, vulcanología, geohidrología), los cuales se han aplicado en una semana completa a preparar resultados en reporte separados por tema, y luego presentarlos en una discusión general en un workshop final.

En preparación de la plenaria se han organizado reuniones preliminares en Guatemala y Nicaragua.

Se ha celebrado la Jornada plenaria en enero 2018 en vista del cumplimiento del primer periodo RIESCA, según la siguiente programación:

- Guatemala, 16 y 17 de enero
- Nicaragua, 19 y 20 de enero
- El Salvador, del 22 al 29 de enero

Se involucraron alrededor de cincuenta especialistas participantes RIESCA, centroamericanos y italianos, quienes trabajaron por temas específicos (sismología, sismotectónica, vulcanología, geomorfología), presentando los resultados en el workshop del día 27 de enero, y discutiendo de los programas para 2018, además de invitados y asistentes de varias instituciones.

Las agendas detalladas de la Jornada se copian a seguir:

**2.1 Programas Jornada De Actividades (Capacitación y Aplicación)
RIESCA (UNIPA-UES-MARN-PC-OPAMSS-USAC-CONRED-
INSIVUMEH-UNAN-UNAH-OGS- CNR)**

2.1 1 Programa de Jornada 3 en Guatemala

<i>Fecha</i>	<i>Hora</i>	<i>Actividad</i>	<i>Lugar</i>	<i>Coordinación</i>
<i>Lunes 15 enero</i>		<i>Llegada de la delegación italiana y centroamericana</i>	<i>Aeropuerto Internacional de Guaatemala</i>	<i>Julio Luna Giovanna Maselli</i>
<i>Martes 16 enero</i>	<i>9:00am – 12:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en SISMOLOGÍA CESEM-INSIVUMEH-CONRED Invitado AGIES, ESTUDIANTES FIUSAC</i>	<i>SALON CESEM ingeniería USAC</i>	<i>Julio Luna Giovanna Maselli</i>
<i>Martes 16 enero</i>	<i>2:00pm – 5:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en VULCANOLOGÍA CESEM-INSIVUMEH CONRED ESTUDIANTES FIUSAC</i>	<i>SALON CESEM ingeniería USAC</i>	<i>Julio Luna Giovanna Maselli</i>
<i>Martes 16 enero</i>	<i>2:00pm – 5:30pm</i>	<i>REUNION ADMINISTRATIVA</i>	<i>SALON CESEM ingeniería USAC</i>	<i>Paola Turchetta Giovanna Maselli</i>
<i>Miércoles 17 enero</i>	<i>9:00am – 12:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en GEOMORFOLOGÍA CESEM-INSIVUMEH CONRED ESTUDIANTES FIUSAC</i>	<i>SALON CESEM ingeniería USAC</i>	<i>Julio Luna Giovanna Maselli</i>
<i>Miércoles 17 enero</i>	<i>2:00pm – 5:30pm</i>	<i>REUNION ADMINISTRATIVA</i>	<i>SALON CESEM ingeniería USAC</i>	<i>Paola Turchetta Giovanna Maselli</i>
<i>Miércoles 17 enero</i>	<i>2:00pm – 5:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en GEOTECTÓNICA Y AULA VIRTUAL</i>	<i>SALON CESEM ingeniería USAC</i>	<i>Julio Luna Giovanna Maselli</i>
<i>Jueves 18 enero</i>	<i>9:00am – 12:30pm</i>	<i>Visitas institucionales</i>		<i>Julio Luna Giovanna Maselli Giuseppe Giunta</i>
<i>Jueves 18 enero</i>		<i>Salida de las delegaciones hacia Nicaragua</i>		

2.1.2 Programa de Jornada 3 en Nicaragua

Fecha	Hora	Actividad	Lugar	Coordinación
<i>Jueves 18 enero</i>		<i>Llegada de la delegación italiana y centroamericana</i>	<i>Aeropuerto Internacional Augusto c. Sandino (Managua)</i>	<i>Melida Schliz Guadalupe Rojas</i>
<i>Viernes 19 enero</i>	<i>9:00 am - 4:30 pm</i>	<i>TALLER CONSTRUCCIÓN DE ACELERÓMETROS ARDUINO</i>	<i>Salón de Sensores Remotos IGG- CIGEO</i>	<i>Claudio Romero Mélida Schliz</i>
	<i>9:00am – 12:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en SISMOLOGÍA UNAN-MANAGUA, IGG-CIGEO</i>	<i>Sala de Cursos IGG-CIGEO</i>	<i>Melida Schliz Sara Guevara</i>
	<i>9:00am – 12:30pm</i>	<i>REUNIÓN ADMINISTRATIVA</i>	<i>Sala de Juntas IGG-CIGEO</i>	<i>Claudio Romero Carlos Jimenez</i>
	<i>2:00pm – 5:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en GEOMORFOLOGÍA UNAN-MANAGUA, IGG-CIGEO</i>	<i>Sala de Cursos IGG-CIGEO</i>	<i>Mélida Schliz Fernando Guarín</i>
	<i>2:00pm – 5:30pm</i>	<i>REUNION CON AUTORIDADES UNAN-Managua Rectora Ramona Rodríguez, Vice- rector Xavier Pichardo, Giuseppe Giunta, Claudio Romero, Edwin Obando, Paola Turchetta</i>	<i>Rectorado UNAN- Managua</i>	<i>Claudio Romero Melida Schliz</i>
<i>Sábado 20 enero</i>	<i>9:00 am - 4:30 pm</i>	<i>TALLER CONSTRUCCIÓN DE ACELERÓMETROS ARDWINO</i>	<i>Salón de Sensores Remotos IGG- CIGEO</i>	<i>Claudio Romero Edwin Obando</i>
	<i>9:00am – 12:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en VULCANOLOGÍA UNAN-MANAGUA, IGG-CIGEO</i>	<i>Sala de Cursos IGG-CIGEO</i>	<i>Melida Schliz Elliet Pérez</i>
	<i>2:00pm – 5:30pm</i>	<i>Evaluación de datos y resultados en GEOTECTÓNICA Y AULA VIRTUAL</i>	<i>Sala de Cursos IGG-CIGEO</i>	<i>Melida Schliz</i>
<i>Domingo 21 enero</i>	<i>3:00pm</i>	<i>Salida de las delegaciones hacia El salvador</i>		

2.1.3 Programa de Jornada 3 plenaria en El Salvador

Fecha	Hora	Actividad	Lugar	Coordinación
<i>Domingo 21 enero</i>	5:00pm – 8:00pm	<i>Llegada de Misión Italiana y Centroamericana a El Salvador</i>	<i>Aeropuerto Internacional Monseñor Romero</i>	<i>Abel Argueta Don Vigil</i>
<i>Lunes 22 enero</i>	9:00am – 11:00am	<i>Reunión Genaral, UES Para coordinación de talleres temáticos</i>	<i>UES, Auditorio del Edificio de Posgrado de Agronomía</i>	<i>Miguel Hernández Abel Argueta Giuseppe Giunta</i>
	1:00pm – 5:00pm	<i>Taller Temático Geohidrología</i>	<i>UES, Aula 1 Escuela de Posgrado y Educación Continua</i>	<i>Miguel Hernández Christian Conoscenti</i>
	1:00pm – 5:00pm	<i>Taller Temático Vulcanología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Eduardo Gutiérrez Alessandro Aiuppa Raffaello Cioni</i>
	1:00pm – 5:00pm	<i>Taller Temático Sismología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Griselda Marroquín Laura Peruzza Eliana Esposito</i>
	1:00pm – 5:00pm	<i>Taller Temático Sismotectónica</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Douglas Hernández Atilio Sulli Giuseppe Giunta</i>
<i>Martes 23 enero</i>	10:00am	<i>Reunión Misión Italiana en Embajada de Italia y Cooperación Italiana</i>	<i>Embajada de Italia</i>	<i>Giuseppe Giunta Miguel Hernández Abel Argueta</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Geohidrología</i>	<i>UES, Aula 1 Escuela de Posgrado y Educación Continua</i>	<i>Miguel Hernández Christian Conoscenti</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Vulcanología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Eduardo Gutiérrez Alessandro Aiuppa Raffaello Cioni</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Sismología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Griselda Marroquín Laura Peruzza Eliana Esposito</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Sismotectónica</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Douglas Hernández Atilio Sulli Giuseppe Giunta</i>
<i>Miercoles 24 enero</i>	10:00am	<i>Reunión Observatorio Ambiental MARN</i>	<i>Sala de Reuniones OA-MARN</i>	<i>Celina Kattán Giuseppe Giunta Manuel Díaz Abel Argueta</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Geohidrología</i>	<i>Aula 1 Escuela de Posgrado y Educación Continua</i>	<i>Miguel Hernández Christian Conoscenti</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Vulcanología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Eduardo Gutiérrez Alessandro Aiuppa Raffaello Cioni</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Sismología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Griselda Marroquín Laura Peruzza Eliana Esposito</i>
	9:00am – 5:00pm	<i>Taller Temático Sismotectónica</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Douglas Hernández Atilio Sulli Giuseppe Giunta</i>
	3:00pm	<i>Visita Directora Ejecutiva OPAMSS Giuseppe Giunta</i>	<i>Oficina de OPAMSS</i>	<i>Alex Chávez Giuseppe Giunta Abel Argueta Miguel Hernández</i>
	10:00am		<i>Rectoría UES</i>	<i>Giuseppe Giunta</i>

<i>Jueves 25 enero</i>		<i>Visita a Decano Agronomía y Rector Universidad de El Salvador Giuseppe Giunta</i>		<i>Fernando Medrano Jannete Bulnes Abel Argueta Miguel Hernández</i>
	<i>9:00am – 5:00pm</i>	<i>Taller Temático Geohidrología</i>	<i>UES, Aula 1 Escuela de Posgrado y Educación Continua</i>	<i>Miguel Hernández Chrhistian Conoscenti</i>
	<i>9:00am – 5:00pm</i>	<i>Taller Temático Vulcanología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Eduardo Gutiérrez Alessandro Aipupa Raffaello Cioni</i>
	<i>9:00am – 5:00pm</i>	<i>Taller Temático Sismología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Griselda Marroquín Laura Peruzza Eliana Esposito</i>
	<i>9:00am – 5:00pm</i>	<i>Taller Temático Sismotectónica</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Douglas Hernández Atilio Sulli Giuseppe Giunta</i>
	<i>3:00pm</i>	<i>Visita Director Protección Civil</i>	<i>Dirección General de Protección Civil</i>	<i>Por definir</i>
<i>Jueves 25 enero</i>	<i>2:00pm – 4:00 pm</i>	<i>Reunión Administrativa</i>	<i>UES, Facultad de Ciencias Agronómicas</i>	<i>Abel Argueta Paola Turchetta Administración Agronomía</i>
<i>Viernes 26 enero</i>	<i>9:00am – 12:30pm</i>	<i>Taller Temático Geohidrología</i>	<i>UES, Aula 1 Escuela de Posgrado y Educación Continua</i>	<i>Eduardo Gutiérrez Alessandro Aiuppa Raffaello Cioni</i>
		<i>Taller Temático Vulcanología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Miguel Hernández Christian Conoscenti</i>
		<i>Taller Temático Sismología</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Griselda Marroquín Laura Peruzza Eliana Esposito</i>
		<i>Taller Temático Sismotectónica</i>	<i>Sala de reuniones MARN</i>	<i>Douglas Hernández Atilio Sulli Giuseppe Giunta</i>
<i>Viernes 26 enero</i>	<i>2:00am – 5:00pm</i>	<i>Workshop técnico Avance de los Escenarios de Riesgo en America Central y presentación de resultados de Talleres temáticos (Intervenciones de 30 minutos de un italiano y un centroamericano por los 4 temas tema)</i>	<i>UES, Auditorio del Edificio de Posgrado de Agronomía</i>	<i>Abel Argueta Eduardo Gutiérrez Giuseppe Giunta Julio Luna Maynor Ruíz,</i>
<i>Sábado 27 enero</i>	<i>8:30am a 10:30am</i>	<i>Plenaria de Clausura Intervención de autoridades</i>	<i>UES, Auditorio del Edificio de Posgrado de Agronomía</i>	<i>Abel Argueta Miguel Hernández Eduardo Gutiérrez Agustín Hernández Giuseppe Giunta Profesores Centroamericanos e italianos</i>
<i>Sábado 27 enero</i>	<i>11:00am a 1:00pm</i>	<i>Discusión General y programación de actividades 2018</i>	<i>UES, Auditorio del Edificio de Posgrado de Agronomía</i>	<i>Abel Argueta Miguel Hernández Eduardo Gutiérrez Agustín Hernández Giuseppe Giunta Profesores Centroamericanos e italianos</i>
<i>Domingo 28 enero</i>	<i>9:30am a 1:30pm</i>	<i>Visita técnica al área metropolitana de San Salvador</i>		

<i>Lunes 29 enero</i>	9:30am a 1:00pm	<i>Reunión Administrativa</i>	<i>UES, Facultad de Ciencias Agronómicas</i>	<i>Abel Argueta Paola Turchuetta Administración Agronomía</i>
<i>Lunes 29 enero</i>	9:30am a 3:00pm	<i>Reuniones de coordinadores (Uniuersidad de Chieti y Universidad de Costa Rica) y eventuales visitas institucionales</i>		<i>Abel Argueta Miguel Hernández Eduardo Gutiérrez Agustín Hernández Giuseppe Giunta Mario Rainone Profesores Centroamericanos e italianos</i>
<i>Martes 30 enero</i>	7:00 am	<i>Salida de las misiones , Italiana, Centroamericanas a Nicaragua, Guatemala, Honduras, Italia</i>		<i>Abel Argueta Don Vigil</i>

2.1.4 Workshop plenario de cierre de la Jornada 3 de RIESCA en Centro América (27 de marzo de 2018)

<i>Hora</i>	<i>Actividad</i>
09:00-09:30	<i>Inscripción de Invitados, estudiantes, docentes, misión Italiana y Centroamericana</i>
09:30 a 09:45	<i>Entrada de autoridades e invitados a la Mesa de Honor</i>
09:45 a 10:00	<i>Himno Nacional de El Salvador Himno Nacional de Italia</i>
10:00 a 10:05	<i>Palabras de bienvenida Decano de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador Ing. Juan Rosa Quintanilla</i>
10:05 a 10:10	<i>Palabras sobre el desarrollo del proyecto RIESCA, sus alcances, Proyectos Interuniversitarios en fase de gestión Dr. Giuseppe Giunta</i>
10:10 a 10:15	<i>Palabras alusivas al evento Representante de la Dirección de Protección Civil Lic. Jorge Melendez Director de Protección Civil</i>
10:15 a 10:20	<i>Palabras alusivas al evento Representante de OPAMSS Ing. Alex Chávez</i>
10:20 a 10:25	<i>Palabras alusivas al evento Gerente de Geología del Observatorio Ambiental Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales Ing. Manuel Díaz</i>
10:25 a 10:30	<i>Palabras alusivas al evento Representante de Embajador de Italia en El Salvador Marcella Veneziani</i>
10:30 a 10:35	<i>Palabras alusivas al evento Delegaciones centroamericanas Nicaragua, Mélida Schiliz</i>
10:35 a 10:40	<i>Palabras alusivas al evento Delegaciones centroamericanas Honduras, Maynor Ruíz</i>
10:40 a 10:45	<i>Palabras alusivas al evento Delegaciones centroamericanas Guatemala, Giovanna Maselli</i>
10:45 a 10:50	<i>Palabras de bienvenida Decano de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador Ing. Juan Rosa Quintanilla</i>
10:50 a 11:10	REFRIGERIO
11:10 a 1:00	<i>Discusión General y programación de actividades 2018</i>
1:00 a 1:10	<i>Palabras de cierre: Giuseppe Giunta, Eduardo Gutiérrez, Abel Argueta, Miguel Hernández</i>

3. Jornada 3 en Guatemala (15-18 enero 2018)

La Jornada en Guatemala tuvo el carácter de preparación de los especialistas guatemaltecos para participar en la plenaria de El Salvador con datos lo más completos posible y ordenados en las varias temáticas. Se desarrolló en USAC/CESEM bajo la organización de G. Maselli y J. Luna, con el coordinador general (G. Giunta-UNIPA) y el coordinador por Centro América (A. Argueta-UES), con la participación de varios investigadores y docentes de CESEM, INSIVUMEH, CONRED, juntos a UNAN-Managua y UNAH.

Durante las reuniones sostenidas y de acuerdo a lo planificado, se continuó con la preparación de datos de las diferentes temáticas sobre Geología y Sismotectónica, Sismicidad, Vulcanología y Geohidrología. El trabajo sobre los datos se realizó con el objetivo de tener un insumo útil para desarrollar los productos establecidos en reuniones sostenidas con los especialistas italianos y centroamericanos en la reunión plenaria de trabajo desarrollada en El Salvador.

Otro punto importante dentro de la agenda desarrollada en Guatemala, fue continuar la preparación de la información en el Aula Virtual, misma que sería revisada por los especialistas italianos para poder implementar las diferentes metodologías de trabajo dependiendo de la cantidad y calidad de los datos recolectados.

Otros aspectos generales discutidos con la participación de P. Turchetta (UNIPA), fueron los relacionados a la administración financiera del proyecto, la cual obedece al cierre de actividades del primer año de trabajo RIESCA, esperando que en breve se cumpla por parte de USAC la relativa Auditoría.



4. Jornada 3 en Nicaragua (19-21 enero 2018)

La Jornada en Nicaragua tuvo el carácter de preparación de los especialistas nicaragüenses para participar a la plenaria en El Salvador con datos lo más completos posible y ordenados en las varias temáticas. Se desarrolló en UNAN/CIGEO bajo la organización de C. Romero y E. Obando (IGG-CIGEO), con el coordinador general (G. Giunta-UNIPA) y C. Conoscenti (UNIPA), con la participación de varios investigadores y docentes del CIGEO.

Durante las reuniones sostenidas y de acuerdo a lo planificado, se continuó con la preparación de datos de las diferentes temáticas sobre Geología y Sismotectónica, Sismicidad, Vulcanología y en particular Geohidrología. El trabajo sobre los datos se realizó con el objetivo de tener un insumo útil para desarrollar los productos establecidos en reuniones sostenidas con los especialistas italianos y centroamericanos en la reunión plenaria de trabajo desarrollada en El Salvador.

Otro punto dentro de la actividad desarrollada en Nicaragua, fue continuar la preparación de la información en el Aula Virtual, misma que sería revisada por los especialistas italianos para poder implementar las diferentes metodologías de trabajo dependiendo de la cantidad y calidad de los datos recolectados.

Además, se presentó el funcionamiento y características del acelerómetro fabricados por especialistas del IGG-CIGEO, que será utilizado para las redes acelerométricas en los demás países. En esta línea se confirmaron las necesidades de instrumentaciones (ej. Acelerómetros) a gastar sobre RIESCA, que sean compatibles para mejorar la red acelerométrica de la UNAN/Managua. La UNIPA desembolsará los fondos correspondientes después de la solicitud común entre las instituciones beneficiarias.

En reuniones con la rectora M. Rodríguez y el prorector a la investigación J. Pichardo, juntos con el representante de la AICS en Nicaragua L. Fabozzi y el coordinador general G. Giunta, se trataron varios temas de colaboración futura entre UNIPA y UNAN, y algunas problemáticas relativas al involucramiento activo de INETER y SINAPRED en RIESCA, hacia el momento todavía en la espera de un acuerdo.

Otros aspectos generales discutidos, con la participación de P. Turchetta (UNIPA), fueron los relacionados a la administración financiera del proyecto, la cual obedece al cierre de actividades del primer año de trabajo RIESCA, esperando que en breve se cumpla por parte de la UNAN la relativa Auditoría, a cargo de C. Jiménez.



5. Jornada 3 en El Salvador (22-29 enero 2018)

La jornada 3 en El Salvador tuvo la característica de ser la jornada plenaria y fue organizada en 4 talleres temáticos para que se pudiera conseguir un resultado mejor antes de una discusión general desarrollada después de los talleres en un workshop plenario.

A continuación, se muestran los reportes por mesa temática

5.1 Taller Geología y Sismotectónica

5.1.1 Estado del Arte de Sismo-tectónica

La formación del istmo centroamericano se remonta aproximadamente hasta los periodos Jurásico y Cretácico, en donde la dinámica de la región configura los márgenes de la placa del Caribe. Los procesos geológicos desde ese tiempo hasta la actualidad han conformado una zona de deformación nula, en las cuencas de Venezuela y Colombia, rodeada por márgenes activos, consistentes en bloques de corteza que interactúan entre sí, zonas de fallas de tipos dextral y sinistral al norte y al sur, así como sistemas convergentes que se han manifestado como arcos volcánicos al este y al oeste en dicha placa.

Actualmente, el contexto geodinámico que caracteriza a la región centroamericana se rige por la interacción de las placas tectónicas de Cocos, Caribe, Nazca, micro placa de Panamá, y las placas de Norteamérica y Suramérica. En tal sentido, la sismicidad que se produce como efecto de dichas interacciones difiere de acuerdo con su origen, y puede ser caracterizado a través del mecanismo de ruptura o tipo de movimiento que experimentan las distintas fuentes sísmicas. Asimismo, la tectónica activa de la región centroamericana ha configurado rasgos geomorfológicos que se observan superficialmente en trazos de fallas, graben, levantamientos (Horts), cuencas de extensión (pull apart), entre otras.

En este contexto, una evaluación rigurosa de la amenaza sísmica para Centroamérica, debe comprender el conocimiento pleno de la evolución de los fenómenos geológicos, manifiestos en el análisis de la cartografía geo-litológica de cada país y unificada para la región, la identificación de las fallas activas y sismogénicas, la caracterización adecuada de las fuentes sísmicas con base en los mecanismos focales, profundidad del Moho y epicentros de los eventos sísmicos. Adicionalmente, este tipo de información también, permite realizar análisis de otros tipos de amenazas asociadas, tales como los deslizamientos de tierra y la actividad volcánica.

Un primer esfuerzo, por conocer la tectónica del área centroamericana se, realizó en el proyecto Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centroamérica. En este sentido se presentaron los primeros mapas geolitológicos a nivel regional y a nivel de país, con ausencia de Honduras.

Así mismo se presentó un análisis de las principales falla o rasgos morfológicos de la región y de los países participante, para ello se utilizó información de carácter oficial para cada uno de los países. El análisis de los primeros mapas de fallas derivó del análisis de un modelo digital del terreno de 90 m, por lo que muchos rasgos de importancia no fueron incluidos en este análisis.

Actualmente se cuenta con la participación de cuatro países centroamericanos que han aportado nueva información, principalmente más a detalle, se ha utilizado un modelo digital del terreno de 30 m, lo que permite incluir más rasgos estructurales.

En lo referente a la historia sísmica de la región, este nuevo análisis incluye la base de sismos de GEM (Global Earthquake Model), en la que se incluye una serie de tiempo y sismos medidos hasta 2016.

Esta información permitirá poder generar zonas sísmicas en función de fallas que presente mayor actividad. Se han generado mapas de sismos a diversas magnitudes y profundidades, así mismos mecanismos focales para diferentes magnitudes y profundidades.

5.1.2 Aula Virtual

La estructura de Sismo-tectónica en al Aula Virtual RIESCA está diseñada para compartir la información que se tiene en la temática de geología, estructural y sísmica en la que se está trabajando dentro del Proyecto RIESCA por cada país: Guatemala, Nicaragua y El Salvador. Al mismo tiempo se ha creado una carpeta que permite al grupo interactuar con los asesores italianos llamada *En Progreso* de los productos. En la carpeta “En progreso” de cada país se estarán subiendo los avances y productos preliminares que se trabajaron en conjunto durante los talleres realizados en El Salvador en enero 2018.

Cabe mencionar que está también en proceso una carpeta que tenga el nombre de “**Sismo tectónica**” ya que en el aula virtual no está todavía, así que la información geológica de cada país varia de ubicación por cada país una parte de la información está en carpeta de Sísmica otras en Geo-hidrología.

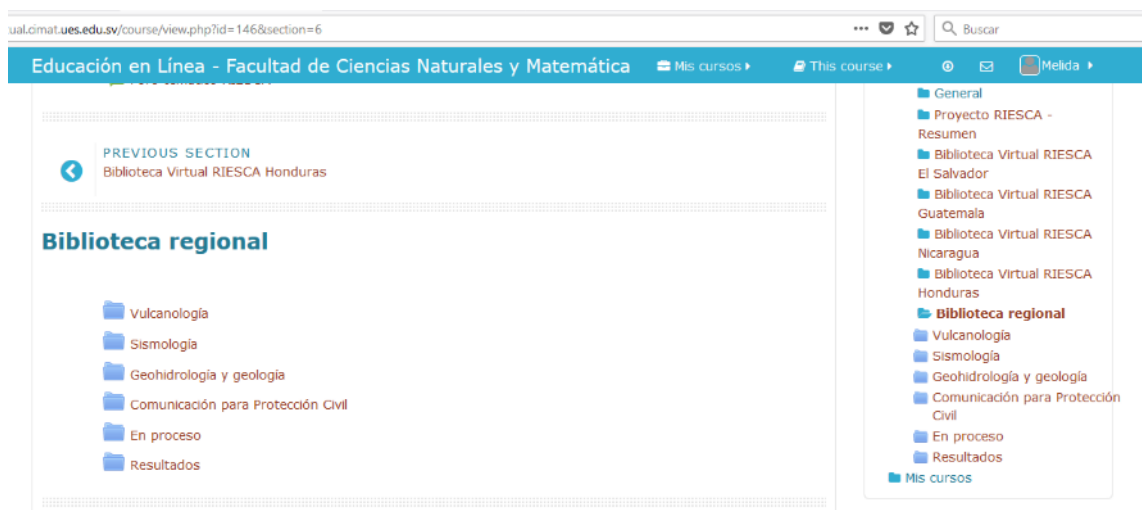


Figura 1. Carpetas presentes en el aula virtual. A un sigue en proceso la de Sismo-tectónica.

5.1.3 Actividades y Resultados del primer año

Actividades realizadas

En la tercera jornada de trabajo de RIESCA se realizaron las siguientes actividades:

- a. Revisión de los datos subidos al aula virtual por cada país.
- b. Revisión de los shape file de litología por cada país.
- c. Revisión de los shape file de fallas por cada país.
- d. Unificación y comparaciones de las fallas, litología de cada país con los datos del proyecto: Experiencias en el análisis de la peligrosidad natural en centro américa (El Salvador, Guatemala y Nicaragua; UNIPA, 2015) con los actualizados de cada país.
- e. Revisión de las fallas regionales en base a aspectos geomorfológicos con los DEM de cada país.
- f. Unificación de la litología de Honduras al mapa regional.
- g. Obtención de un solo catalogo sísmico para la región.
- h. Realización de un código fuente para los mecanismos focales de la región.

Resultados obtenidos

Los aspectos sismo-tectónicos de este proyecto han sido desarrollados para proveer los siguientes productos:

- a. DEM Regional con una resolución de 30m.
- b. Mapas Geo-litológico Nacionales.
- c. Mapas Nacionales de Fallas.
- d. Mapa Geo-litológico Regional
- e. Mapa Regional de Fallas.
- f. Mapa de Sismicidad.
- g. Mapa de Mecanismos Focales.
- h. Mapa de la Zona Sismogénica Intra-placa.
- i. Mapa de la Zona Sismogénica Interface.
- j. Mapa de la Zona Sismogénica Cortical.

A continuación, se presenta el detalle de los productos obtenidos durante esta jornada de trabajo:

Mapas Geo-litológicos por país

Cada representante de cada país reviso, comparo, unifico y describió la fuente de la información que utilizo en esta jornada, misma que está en el aula virtual, a continuación, se detalla por cada país:

Tabla 1: Fuentes de información y descripción de los productos obtenidos por cada país en litología y fallas.

País	Cartografía	Fuente de Información	Descripción
Nicaragua	DEM	-Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales (INETER).	Sistema de coordenadas UTM: WGS84 Zona 16. Resolución de 30 m. Formato Tiff Este se ocupó, para obtener un mayor detalle de todas las estructuras geológicas importantes y cartografiables. Obteniendo así, un mejor dominio del territorio nacional y actualizando la información base tomada del proyecto: Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América (UNIPA,2015)
	Geo-litológico Nacional Figura 1.	- Mapa Geo-litológico de Nicaragua, Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América (UNIPA,2015). - Mapa Geológico Minero de la Republica de Nicaragua actualización por: Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales (INETER), Managua, Nicaragua e Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR), Hannover, Alemania; Managua, 2004.	Se realizó una revisión y comparación de esos dos mapas para renovar la información base (UNIPA,2015) con el actualizado de INETER unificando así criterios y obteniendo un mejor detalle de la litología del país. El mapa se encuentra en el Sistema de coordenadas UTM: WGS84 Zona 16.
	Mapa de Fallas Nacional Figura 5, Color de líneas azul	- Mapa de Fallas Principales en Guatemala, El Salvador y Nicaragua realizado entre 2012-2013, Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América (UNIPA,2015) - Mapa Geológico Minero de la Republica de Nicaragua actualización por: Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales (INETER), Managua, Nicaragua e Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR), Hannover, Alemania; Managua, 2004.	Se superpusieron los dos Shape file comparando cada falla si existía o no, e incorporando las nuevas fallas trazadas por el Mapa Geológico Minero de la Republica de Nicaragua. Sistema de coordenadas UTM: WGS84 Zona 16. También, se hizo uso del DEM de 30m para realizar una comparación y detalle geomorfológico.
Honduras	DEM	-MISION ASTER (NASA, 2015)	Separación de curvas de 15 m, en formato Tiff. Se generó un hillshade de sombras para poder interpretar de mejor manera las formas del relieve.
	Geo-litológico Nacional Figura 2	-Instituto Cartográfico Nacional (1972), escala (1: 50,000) 17 hojas topográficas, Rogers (1994, 1997, 2001).	Mapa generado de la geología de 17 hojas geológicas elaboradas por la Universidad de Austin, Texas, en el periodo de 1972-1986. Aporte de estudios particulares, principalmente Rogers, en la zona de noreste del país. Se definen al menos 25 formaciones geológicas, dentro de los principales Grupos de rocas definido dentro del

			mapa geológico nacional
	Mapa de Fallas Nacional Figura 5, Color de líneas anaranjado	-Instituto Cartográfico Nacional (1972), escala 1:50,000) 17 hojas topográficas, Rogers (1994, 1997, 2001)	Generado de las fallas propuestas en hojas geológicas elaboradas por la Universidad de Austin, Texas, trabajos particulares, interpretación del DEM de 15 m.
Guatemala	DEM	Instituto Geográfico Nacional de Guatemala (IGN)	Resolución de 15 m
	Geo-litológico Nacional Figura 3	Instituto Geográfico Nacional de Guatemala (IGN) 1976	Escala 1:500000. Se presentó una digitalización por personal de CESEM del mapa descrito.
	Mapa de Fallas Nacional Figura 5, Color de líneas anaranjado	IGN Escala 1:500000. Mapa de radar topográfico del transbordador espacial (SRTM). Archivo de fallas del caribe de Rob Rogers, USGS.	Se copiaron las fallas del mapa geológico del IGN, 1:500,000 y se preparó con del DEM a 15 metros y el SRTM los alineamientos de relieve negativo más prolongados para producir el mapa de fallas a nivel de país.
El Salvador	DEM	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. Base de datos LIDAR 2017	Resolución del mapa 10 metros. Sistema de referencia WGS84
	Geo-litológico Nacional Figura 4	Misión Geológica Alemana. ed. 1974. Mapa Geológico de la República de El Salvador. Hannover. 1:100000	El Salvador es un país extremadamente joven. Una cuarta parte del territorio nacional es de edad pleistocénica y tres cuartas partes están cubiertas por rocas de edad terciaria, predominando la época pliocénica. Por eso, las capas de edad cretácica, que cubren aproximadamente un 5% del territorio salvadoreño no juegan un papel importante para la constitución geológica total de la República. Solamente estas últimas capas son de origen sedimentario marino, todas las demás rocas, con pocas excepciones, están originadas por fenómenos volcánicos Por su edad y tipo de materiales identificados, las principales formaciones geológicas identificadas son: San Salvador (Holoceno hasta Pleistoceno), Cuscatlán (Pleistoceno Inferior hasta Plioceno Superior), Bálsamo (Plioceno), Chalatenango (Mioceno Superior), Morazán (Mioceno), y Metapán (Mioceno Inferior hasta Cretácico Inferior).
	Mapa de Fallas Nacional Figura 5, Color de líneas verde	Misión Geológica Alemana. ed. 1974. Mapa Geológico de la República de El Salvador. Hannover. Escala 1:100000 Estudios de paleo-sismología, geología estructural y geodinámica desarrollados por la Universidad Complutense de Madrid, Universidad	Inicialmente el mapa nacional de fallas fue elaborado por la misión geológica Alemana, y en él se identifican claramente los siguiente: Sistema de fallas ONO-ESE (es el más activo del país y causante de los terremotos corticales destructivos; Sistema de fallas NNO-SSE (fallas normales y depresiones caracterizan este sistema y

		<p>Politécnica de Madrid, Universidad de Wisconsin-Madison, en Colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, desde 2004 hasta la fecha.</p>	<p>ellas son más evidentes a lo largo de la parte norte de la frontera con Guatemala, pero también se encuentran en las montañas de Jucuarán en el Sureste de El Salvador y las islas del golfo de Fonseca); y Sistema de fallas NE-SO (observadas en el oeste de El Salvador, cerca de la frontera con Guatemala). Asimismo, existe un sistema conjugado que aparecen en el interior del graben Central, donde movimientos con deslizamiento de desgarre, han sido la causa de los sismos del 10 de octubre de 1986, 17 de febrero de 2001, y 11 de abril de 2107 en San Salvador.</p> <p>Recientemente el conocimiento de las fallas en El Salvador ha sido mejorado con los Estudios de paleo-sismología, geología estructural y geodinámica desarrollados en los últimos 15 años.</p>
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

NICARAGUA - MAPA GEOLÓGICO

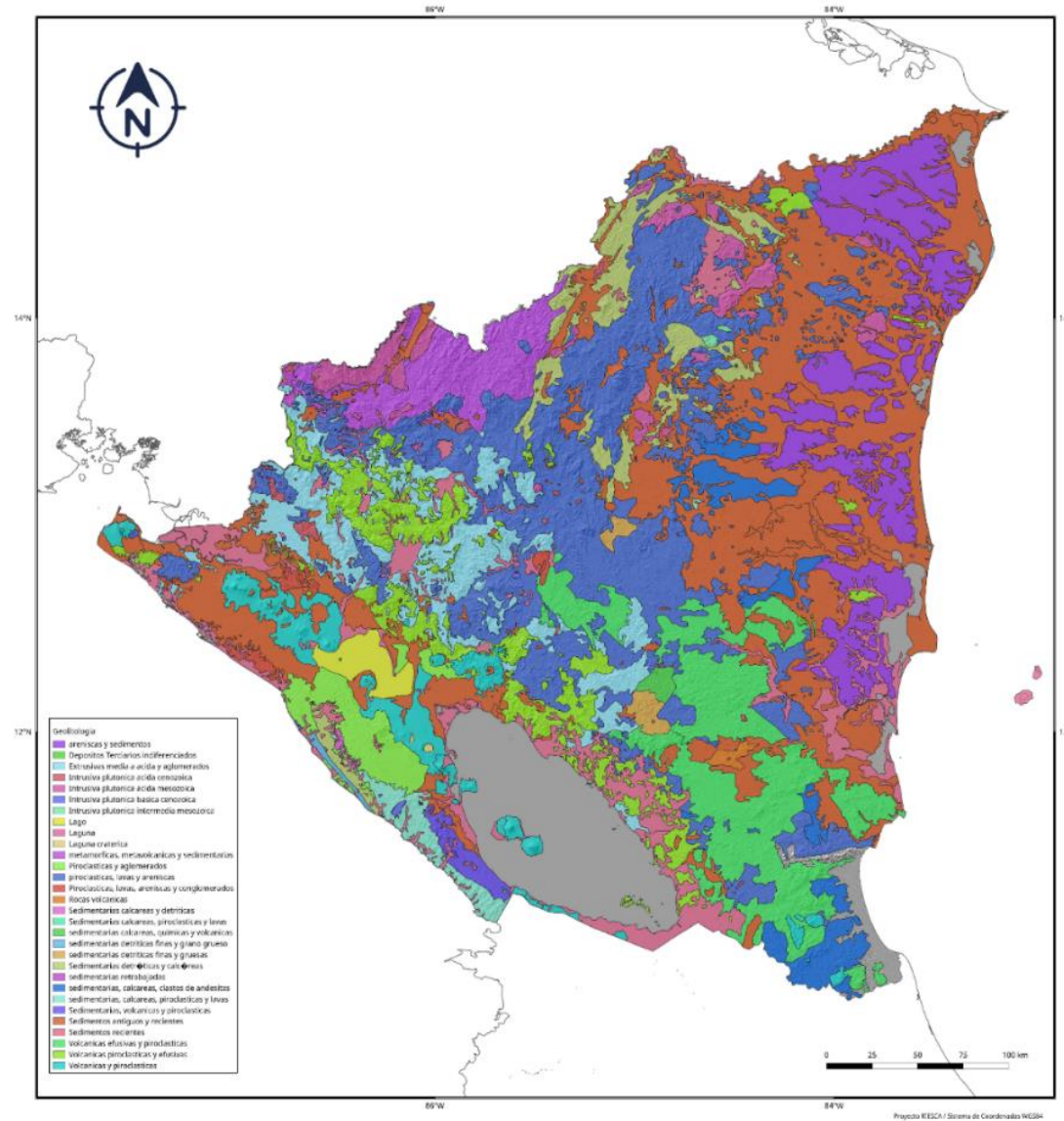


Figura 2. Mapa de Geo-litológico Nacional de Nicaragua. Proyecto RIESCA.

HONDURAS - MAPA GEOLÓGICO

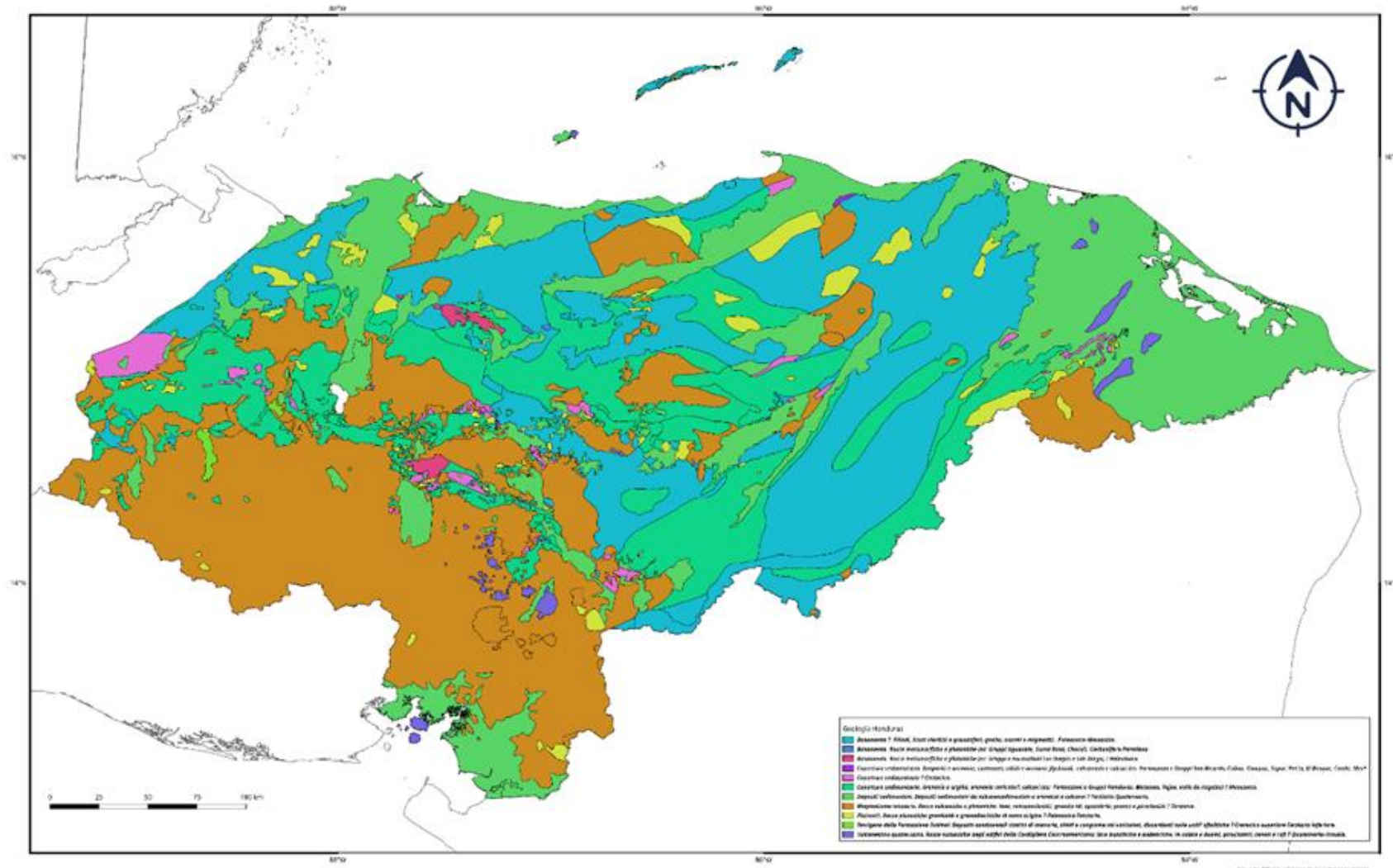


Figura 3. Mapa Geo-litológico Nacional de Honduras. Proyecto RIESCA

GUATEMALA - MAPA GEOLÓGICO

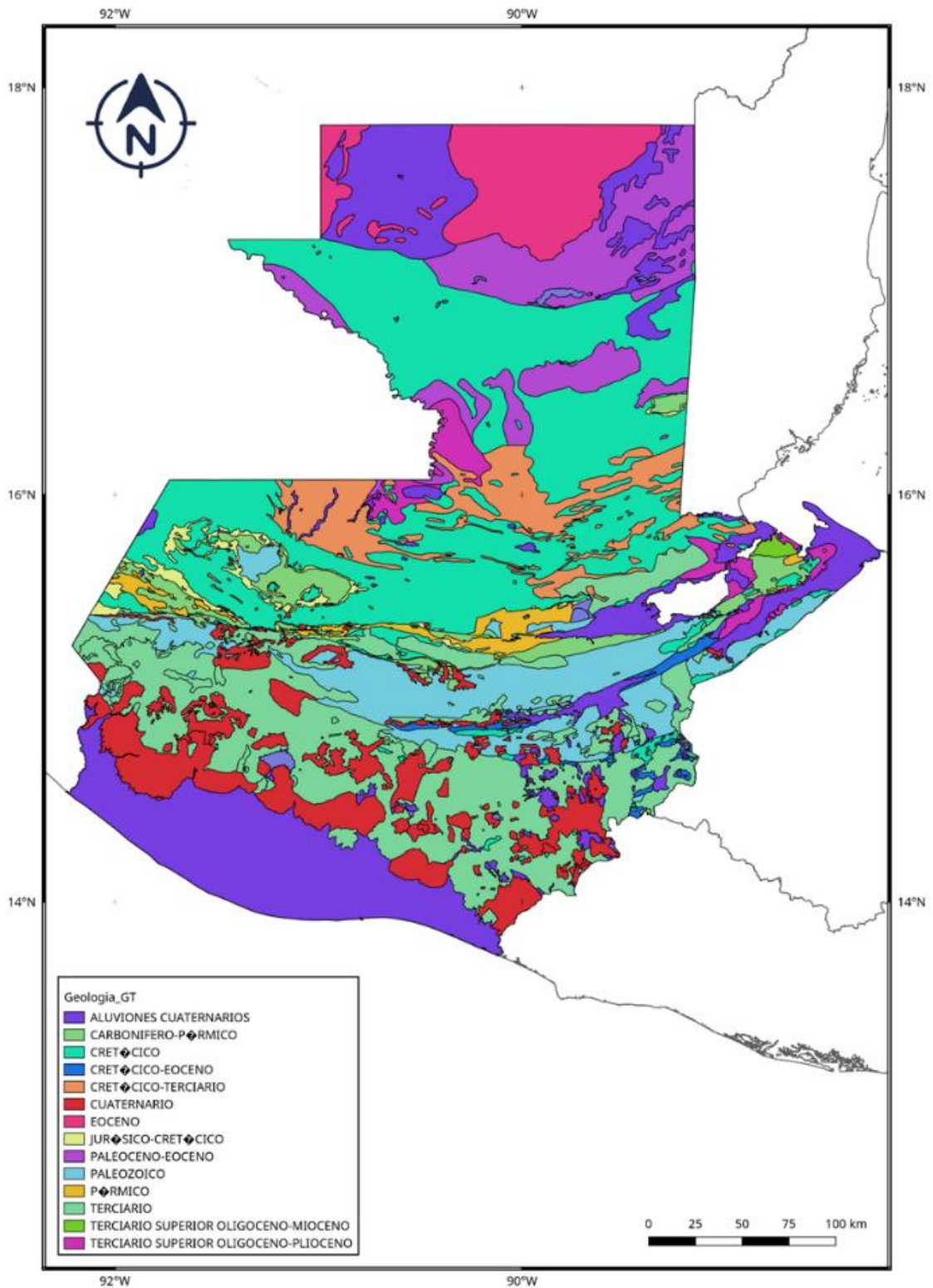


Figura 4. Mapa Geo-litológico Nacional de Guatemala. Proyecto RIESCA

MAPA DE FALLAS NACIONALES

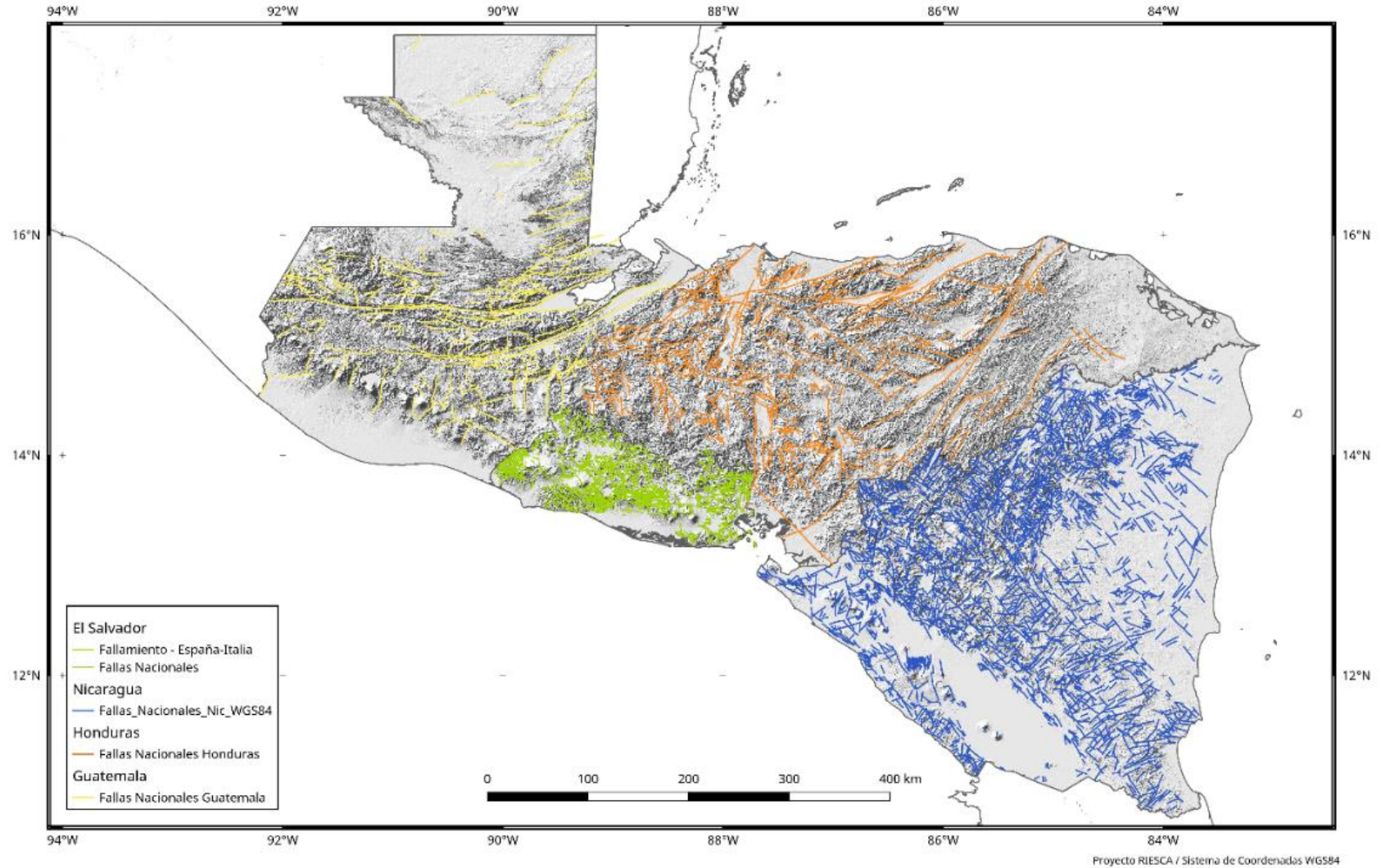


Figura 6. Proyecto RIESCA. Mapa de Fallas Nacionales Unificado de cada País sobre puestas en un DEM de 30 metros. Guatemala: líneas amarillas; Honduras: líneas anaranjadas; El Salvador: líneas verdes y Nicaragua: líneas azules.

Mapa Geo-litológico por la región

Tabla 2: Productos obtenidos por la región

Regionales	DEM	DEM de cada país	El Mapa posee una resolución de 30 mts, y ha sido construido de la unión de los modelos de elevación digital de cada país. En los casos de Guatemala, El Salvador y Honduras se realizó un resamplero de los mapas originales.
	Geo litológico	<p>Mapa Geológico Sintético de Guatemala, El Salvador y Nicaragua, Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América (UNIPA,2015).</p> <p>Mas al mapa de -Instituto Cartográfico Nacional (1972), escala (1: 50,000) 17 hojas topográficas, Rogers (1994, 1997, 2001).</p>	<p>Escala 1: 1250000. Las unidades informales son descritas en orden cronológico, desde las más antiguas hasta las más recientes, teniendo relación con las relaciones geométricas recíprocas. Bajo el aspecto geológico regional, Centroamérica representa un área en la cual afloran diversos cuerpos geológicos tectónicamente superpuestos o separados por fallas que ponen en contacto terrenos con diferentes historias geológicas y formados en eras comprendidas entre el Paleozoico y el Cuaternario</p> <p>El mapa ha sido configurado de los mapas geo-litológicos particulares de cada país, en donde las formaciones han sido reagrupadas en unidades geológico-estructurales informales, que contienen terrenos, formaciones geológicas y grupos de formaciones, que permiten tener una fácil lectura de la evolución geológica- tectónica del área centroamericana. Un aspecto importante es la presentación de una leyenda única en donde muchos de los cuerpos rocosos han sido reunidos para ofrecer una visión regional de las unidades aflorantes, útil en particular para el análisis de la peligrosidad natural.</p>
	Fallas	<p>- Mapa de Fallas Principales en Guatemala, El Salvador y Nicaragua realizado entre 2012-2013, Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América (UNIPA,2015).</p> <p>- DEM de cada país</p> <p>- Instituto Cartográfico Nacional (1972), escala 1: 50,000) 17 hojas topográficas, Rogers (1994, 1997, 2001)</p> <p>-</p>	Una vez unificadas todas las fallas a nivel nacional y superpuestas en el DEM se utilizó el criterio geomorfológico y los sistemas de fallas trazando los rasgos más importantes y de relevancia estructural del país para unificarlo con el resto de países a una escala a nivel regional. Sistema de coordenadas UTM: WGS84 Zona 16. Se representan los rasgos estructurales principales e importantes a escala regional con una mejor definición.
	MOHO	Lu"cke, H. (2014), Moho structure of Central America based on three-dimensional lithospheric density modelling of satellite-derived gravity data, Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 103:1733–1745, DOI 10.1007/s00531-012-0787-y	La información cartográfica muestra las variaciones de la estructura del Moho en la región centroamericana a partir de datos gravimétricos, y su relación con el espesor de la corteza y la influencia que tiene con los procesos neotectónicos de gran escala.
	Sismicidad	Catálogo sísmico regional para el proyecto CCARA de GEM (Global Earthquake Model), 2016	Se cuenta con los epicentros de los sismos con magnitud Mw>3.0 para toda la región centroamericana, sur de México y el Caribe. Los epicentros han sido separados por rangos

			de magnitud y profundidad para una mejor comprensión de las fuentes sísmicas
	Mecanismos focales	<p>El catálogo de mecanismos focales fue obtenido en la página web: http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html</p>	<p>Con el objeto de complementar la información epicentral, el catálogo fue distribuido en sub-catálogos de la forma siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Profundidades de 0 a 9.99 km. - Profundidades de 10 a 29.99 km. - Profundidades de 30 a 50 km. - Profundidades mayores 50.1 km. <p>Para graficar los mecanismos focales y mostrarlos en un mapa, se modificó un código fuente descargado de la siguiente página web:</p> <p>http://www.geophysique.be/2012/11/13/easil-y-create-kml-file-to-plot-beachball-in-google-earth/comment-page-1/</p> <p>El resultado es un archivo kml que puede ser graficado en GIS o Google Earth</p>

La información cartográfica obtenida fue asociada convenientemente para su posterior análisis en la evaluación de la amenaza sísmica, volcánica y geo-hidrológica. Los mapas finales de esta etapa se muestran en las figuras siguientes:

CENTRO AMÉRICA - GEOLOGÍA REGIONAL

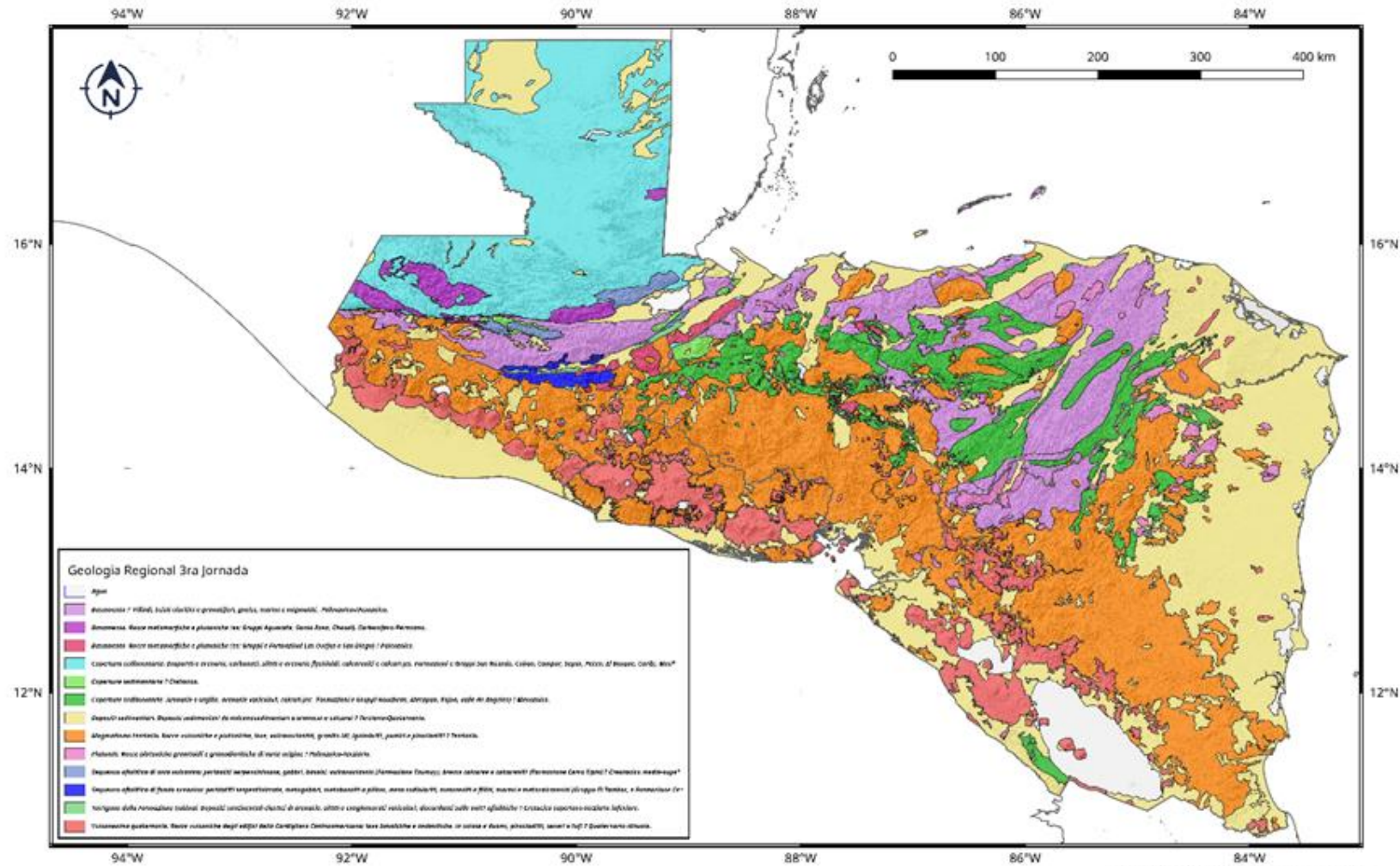


Figura 7. Mapa Geo-litológico Regional. Proyecto RIESCA

MAPA DE FALLAS NACIONALES Y REGIONALES

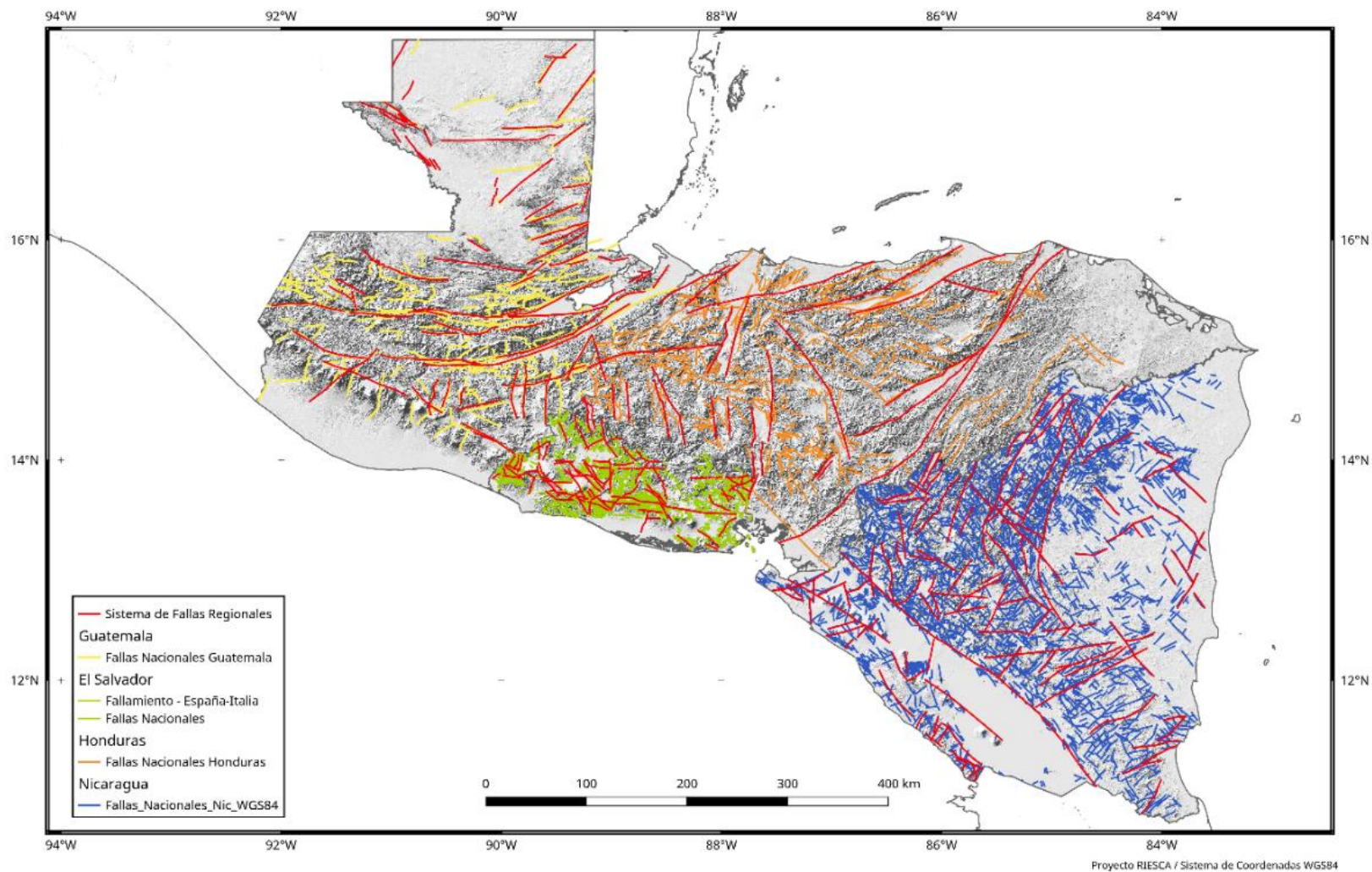


Figura 9. Mapa de Fallas Regionales (Líneas rojas) y Fallas Nacionales sobre DEM de resolución de 30 m. Proyecto RIESCA

Mapa de Sismicidad

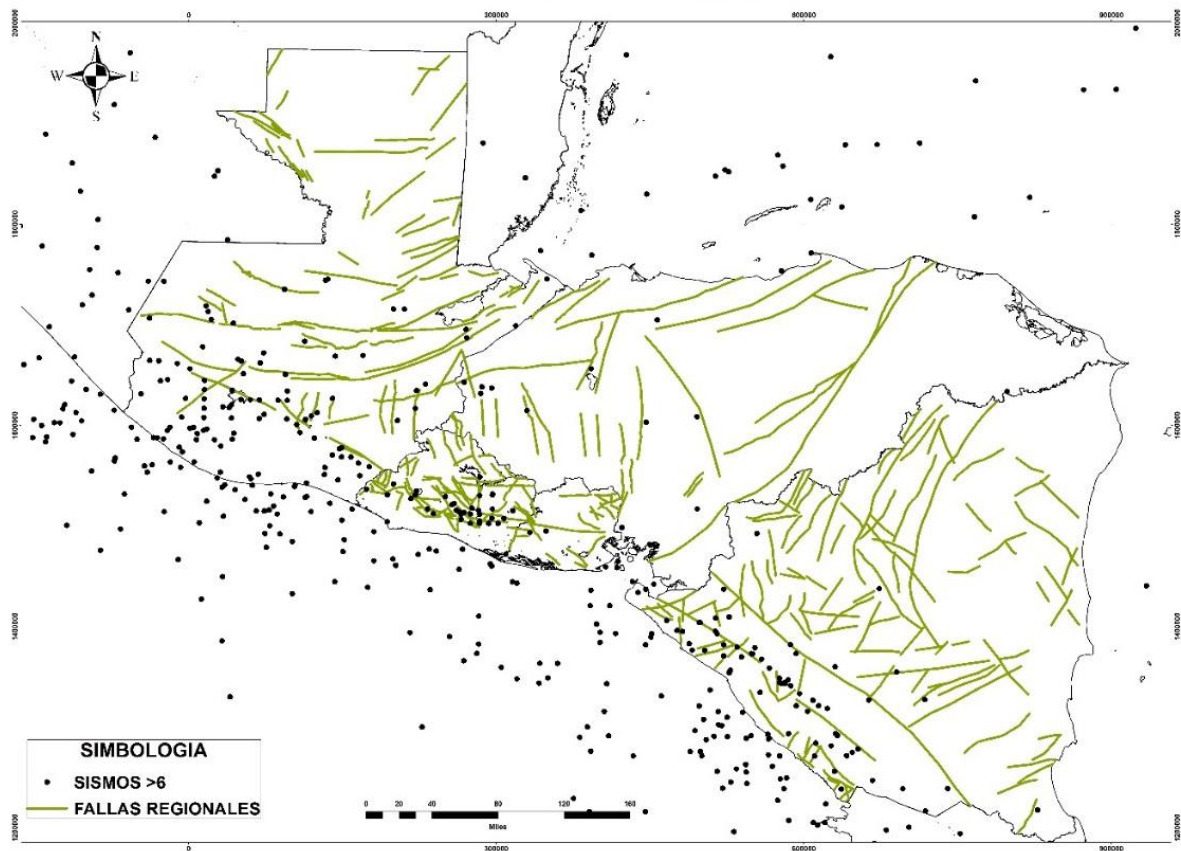


Figura 10. Mapa de epicentral con base en el catálogo CCARA-GEM. Se muestran eventos superiores a valor 6 de magnitud. Proyecto RIESCA

Mapa de Mecanismos Focales

Para la realización de este mapa se siguió utilizando el catálogo CMT para la implementación de mecanismos focales en los mapas a elaborar en la temática de sismo-tectónica. Para este mapa se hizo uso de diferentes programas entre ellos: ArcGIS y Google Earth junto con ajustes de programación. A continuación, se detalla el proceso de la obtención de los mecanismos focales.

a. Procedimiento:

1. Obtener un catálogo completo de mecanismos focales para la región de Centro América y el Caribe.
2. Obtener una distribución sistemática de mecanismos focales, tomando en cuenta su profundidad y su magnitud Mw.
3. Georeferenciar cada una de las distribuciones de los mecanismos focales y sobre poner dichas distribuciones sobre los mapas elaborados para la representación sismo tectónica regional.

b. Resultados:

1. El catálogo de mecanismos focales fue obtenido en la página web:
<http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
2. El catálogo fue distribuido en sub-catálogos de la forma siguiente:
 - 2.1. Mecanismos focales relacionados a sismos con profundidad de 0 a 9.99 km.
 - 2.2. Mecanismos focales relacionados a sismos con profundidad de 10 a 29.99 km.
 - 2.3. Mecanismos focales relacionados a sismos con profundidad de 30 a 50 km.
 - 2.4. Mecanismos focales relacionados a sismos con profundidad igual o mayor a 50.1 km de profundidad.

Nota: Con el propósito de poder georeferenciar los sub-catálogos, estos se almacenaron en formato csv y txt.

```
index,year,month,day,hr,mn,ss,lat,lon,strike,dip,rake
1,1977,5,14,6,4,39,1.487,-85.265,96,69,-16
2,1977,7,6,4,42,23,5.278,-82.651,180,90,180
3,1978,7,20,9,34,47,12.15,-86.628,80,72,135
4,1979,1,10,13,24,14,16.944,-93.543,218,25,-2
5,1979,12,18,10,37,57,11.393,-86.458,123,71,87
6,1980,2,4,0,56,7,5.436,-82.652,1,77,173
7,1981,1,2,7,37,1,2.137,-79.168,26,42,-128
8,1981,3,9,22,38,51,18.831,-103.907,118,62,96
9,1981,4,26,12,9,28,33.133,-115.65,249,45,-8
10,1981,6,11,18,34,20,16.722,-86.11,72,72,1
11,1981,10,18,4,31,2,8.117,-72.527,251,43,173
12,1981,11,7,22,2,49,14.595,-90.416,143,85,97
13,1982,4,7,19,20,52,10.664,-85.782,129,79,-89
14,1982,7,7,1,52,41,11.491,-86.387,130,81,101
15,1983,3,8,17,6,40,11.05,-62.07,50,84,86
16,1983,4,7,19,29,16,7.8,-82.54,106,69,81
```

Figura 11. Ejemplo de un sub-catálogo

3. Para georeferenciar los sub-catálogos, se utilizó un código fuente descargado de la siguiente página web:

<http://www.geophysique.be/2012/11/13/easily-create-kml-file-to-plot-beachball-in-google-earth/comment-page-1/>

El código fuente puede leer cada sub-catálogo (previamente en formato txt) y por medio de cada valor agregado a las columnas “strike”, “dip” y “rake” puede construir un mecanismo focal y luego con las columnas de tiempo y latitud y longitud logra georeferenciar cada uno de ellos. Para poder satisfacer el requerimiento de graficar los mecanismos focales tomando

en cuenta la profundidad y la magnitud asociado al evento sísmico correspondiente, se modificaron unas líneas del código fuente. El resultado es un archivo KML que puede ser plotado a través de la herramienta Google Earth o bien utilizando ArcGIS.

```

<kml xmlns:atom="http://www.w3.org/2005/Atom" xmlns:gx="http://www.google.com/kml/ext/2.2"
xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2"> <Document>
<Style id="beach_ball_0"> <IconStyle> <Icon> <href>1.png</href>
<scale>0.6</scale> </Icon>
<heading>0.0</heading> </IconStyle> </Style> <Style id="beach_ball_1">
<IconStyle> <Icon> <href>2.png</href>
<scale>0.6</scale> </Icon> <heading>0.0</heading> </IconStyle>
</Style> <Style id="beach_ball_2"> <IconStyle>
<Icon> <href>3.png</href> <scale>0.6</scale> </Icon>
<heading>0.0</heading> </IconStyle> </Style>
<Style id="beach_ball_3"> <IconStyle> <Icon> <href>4.png</href>
<scale>0.6</scale> </Icon> <heading>0.0</heading>
</IconStyle> </Style> <Style id="beach_ball_4"> <IconStyle> <Icon>
<href>5.png</href> <scale>0.6</scale> </Icon>
<heading>0.0</heading> </IconStyle> </Style> <Placemark> <ExtendedData>
<Data name="date"> <value>1917-02-20</value> </Data>
<Data name="time"> <value>19:29:48</value> </Data> </ExtendedData>
<styleUrl>#beach_ball_0</styleUrl> <Point> <coordinates>-78.5,19.5</coordinates>
</Point> </Placemark> <Placemark> <ExtendedData> <Data name="date">
<value>1925-06-14</value> </Data> <Data name="time">
<value>22:28:16</value> </Data> </ExtendedData> <styleUrl>#beach_ball_1</styleUrl>
<Point> <coordinates>-83.0,18.0</coordinates>
</Point> </Placemark> <Placemark> <ExtendedData> <Data name="date">
<value>1928-09-27</value> </Data> <Data name="time">
<value>00:44:05</value> </Data> </ExtendedData> <styleUrl>#beach_ball_2</styleUrl>
<Point> <coordinates>-60.0,12.0</coordinates> </Point>
</Placemark> <Placemark> <ExtendedData> <Data name="date">
<value>1929-01-17</value> </Data> <Data name="time">
<value>11:45:44</value>
</Data> </ExtendedData> <styleUrl>#beach_ball_3</styleUrl> <Point>
<coordinates>-64.4437,10.5429</coordinates> </Point> </Placemark> <Placemark>
<ExtendedData> <Data name="date"> <value>1932-02-03</value> </Data>
<Data name="time"> <value>06:16:03</value> </Data>
</ExtendedData> <styleUrl>#beach_ball_4</styleUrl> <Point>
<coordinates>-75.6768,19.6823</coordinates> </Point> </Placemark> </Document> </kml>

```

Figura 12. Ejemplo de un archivo KML obtenido con el código fuente

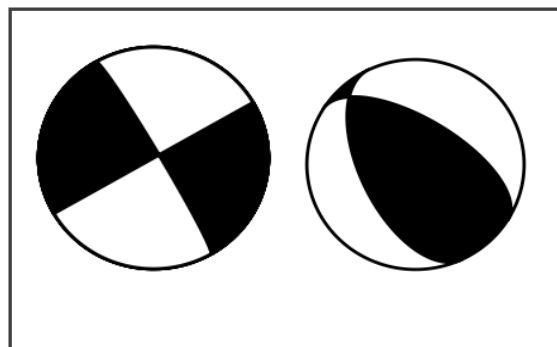


Figura 13 Ejemplo de los beachballs generados con el código fuente

Al plotear el archivo KML utilizando Google Earth Pro, obtenemos lo siguiente:



Figura 14 Ejemplos de Beachballs proyectados en Google Earth. Proyecto RIESCA.

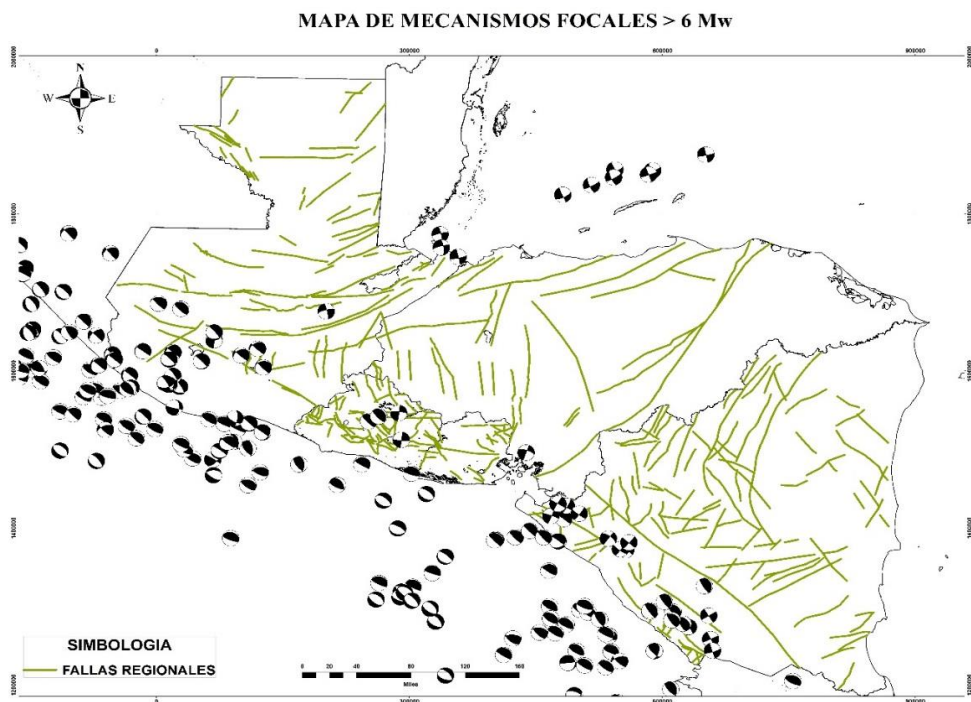


Figura 15. Beachballs proyectados desde ArcGIS. Eventos mayores a 6 Mw. Proyecto RIESCA

5.1.4 Actividades para del 2do año del proyecto

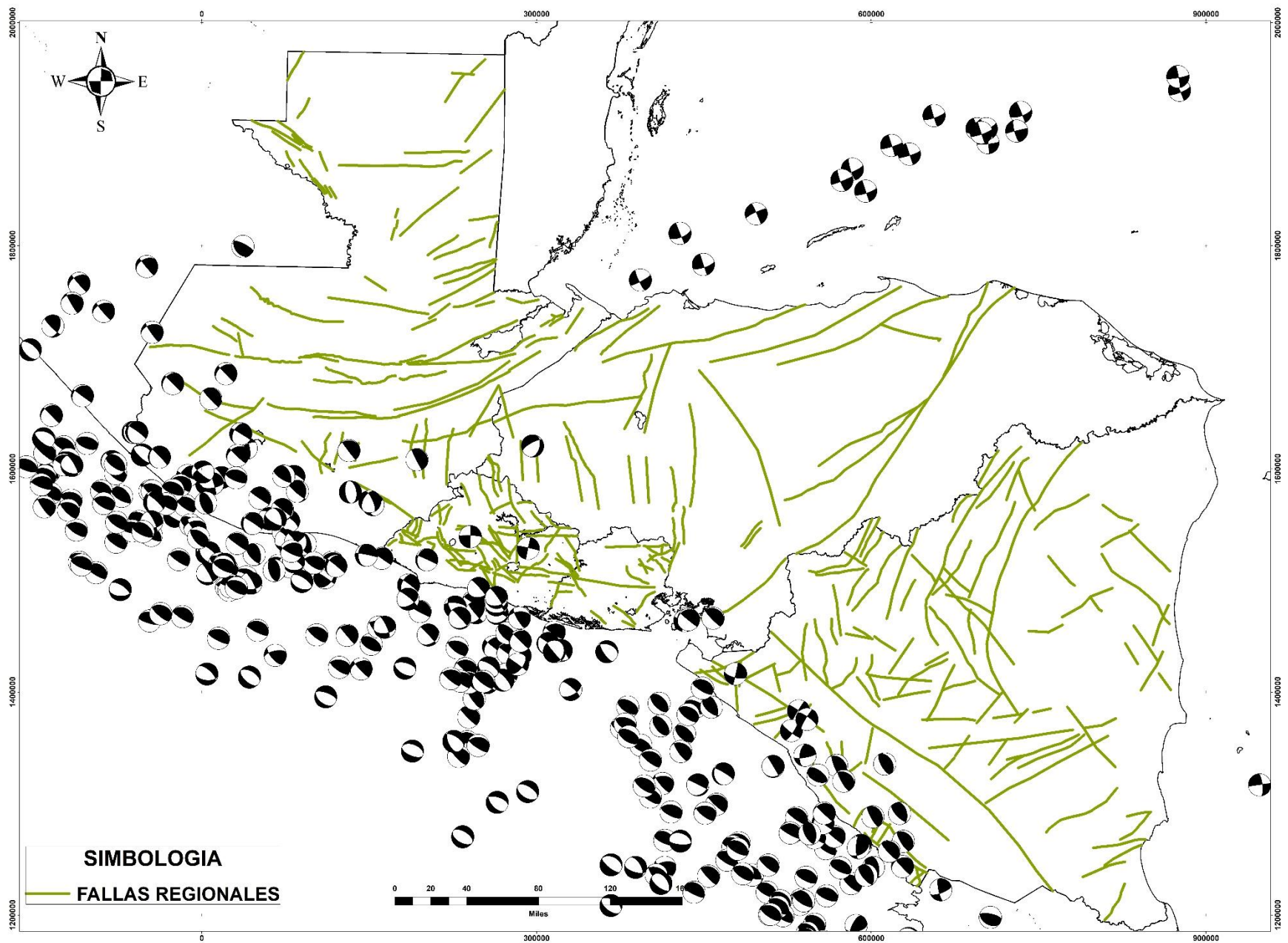
Durante el segundo año de este proyecto se plantea trabajar con la información cartográfica del primer año, definiendo los parámetros que determinan el comportamiento geodinámico de región, con el propósito de establecer una zonificación sísmica regional congruente. Asimismo, se pretende establecer geologías de mayor detalle por país, para que pueda ser utilizada en las zonas pilotos de las otras áreas de trabajo del proyecto RIESCA. En tal sentido se propone lo siguiente:

- a. Unificación y revisar los complejos formaciones en los mapas geológicos por cada país y el regional.
- b. Revisar y caracterizar las fallas principales de cada país según su mecanismo focal: Strike-slip (dextrales o sinestrales) Normales y Compresionales.
- c. Caracterizar las Fallas Sismogénicas a nivel Regional.
- d. Presentar una nueva zonificación sísmica y/o revisar la actual zonificación
- e. Elaborar los Mapas Geológicos de más detalle de las zonas Metropolitanas.
- f. Elaborar el Mapa de Moho para Centro América.
- g. Construir perfiles geológicos en varios cortes de la región centroamericana para elaborar el modelo geológico en zonas sismo-génicas.

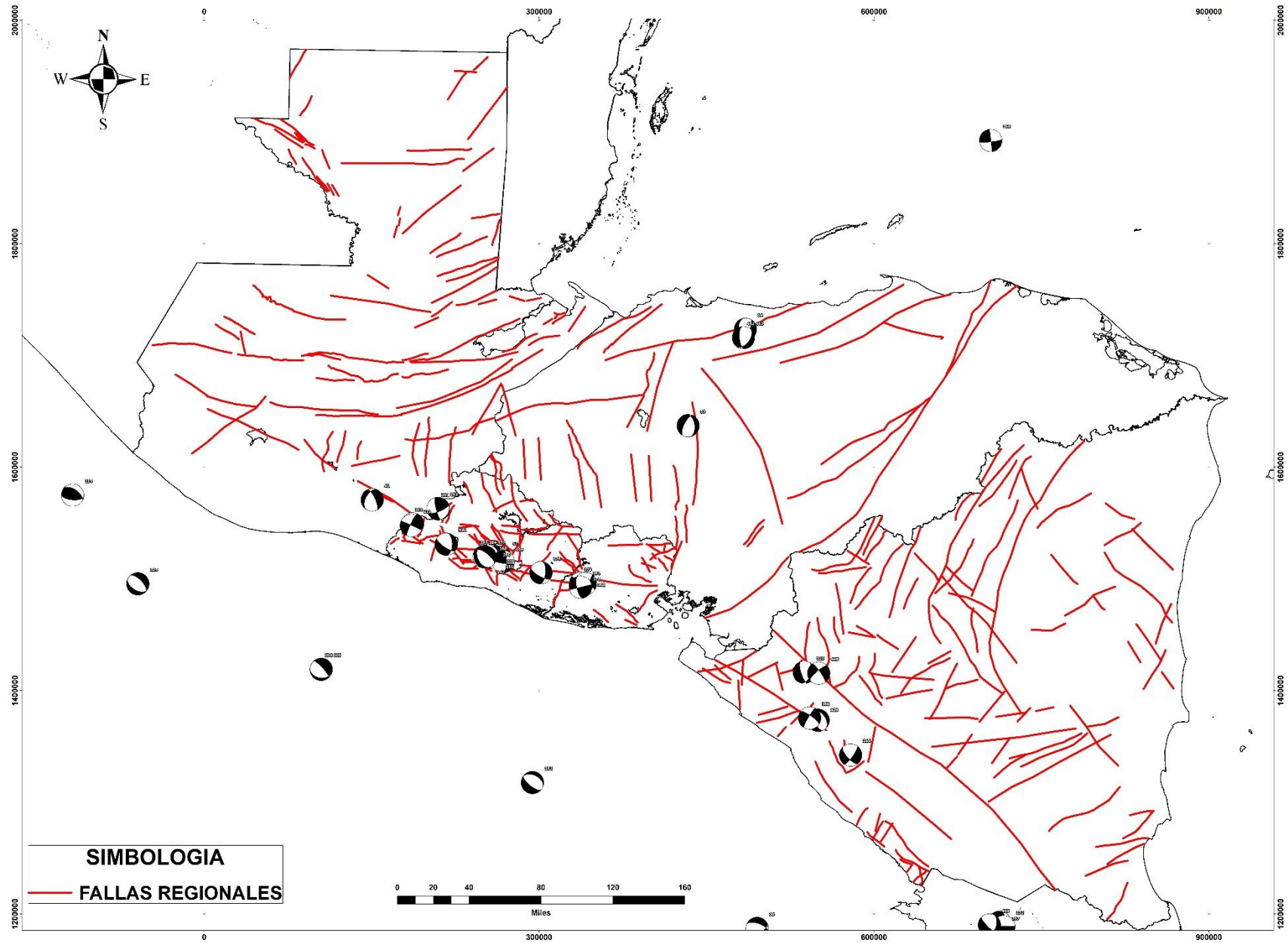
5.1.5 Anexos

- MAPAS DE MECANISMOS FOCALES.
- MAPAS DE SISMOS POR PROFUNDIDAD.
- MAPAS DE SISMOS POR MAGNITUDES
- MAPAS DE ZONAS SISMOGÉNICA INTERFACE, INTRAPLACA Y CORTICAL.

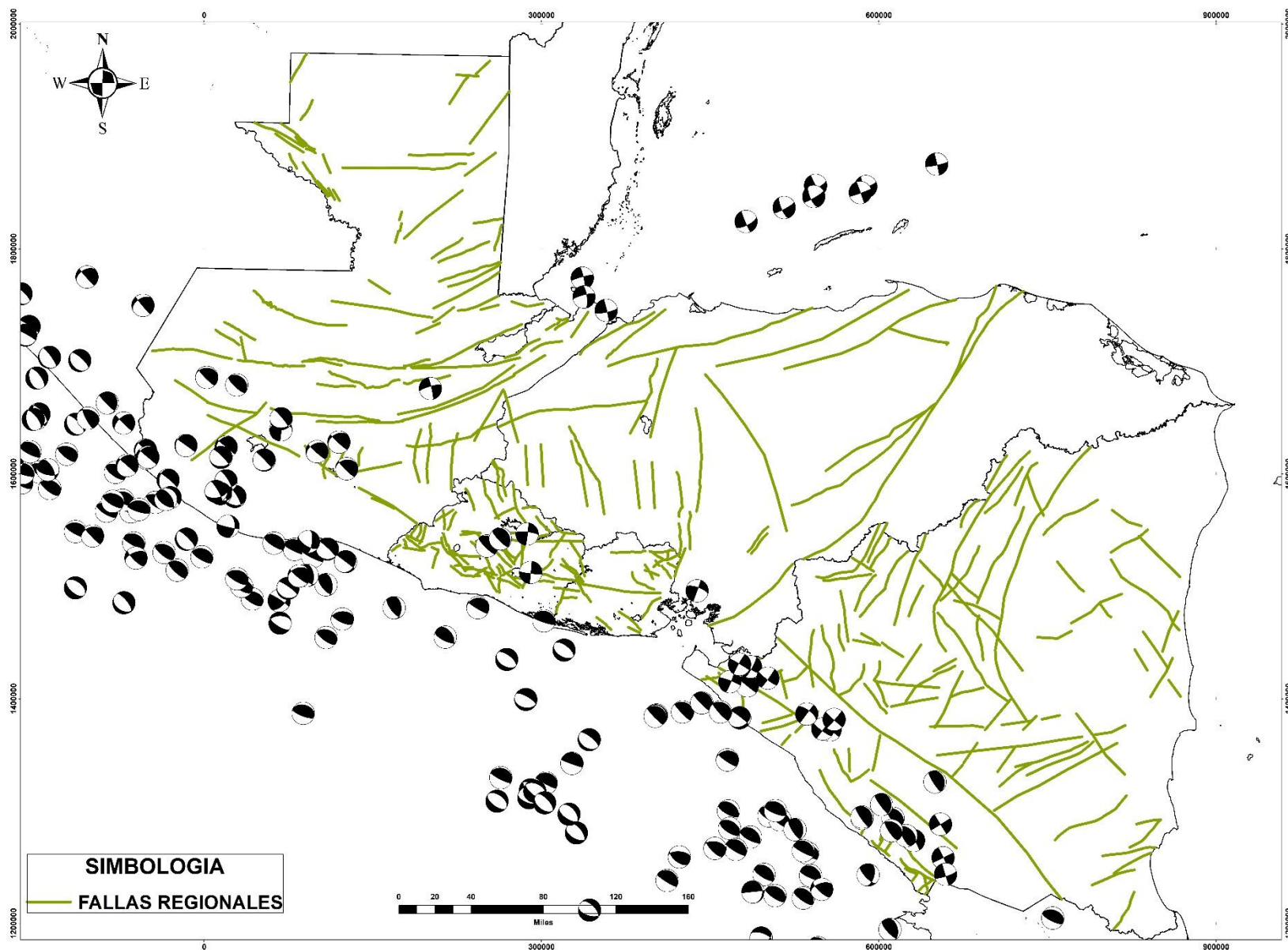
MAPA DE MECANISMOS FOCALES 5 Mw



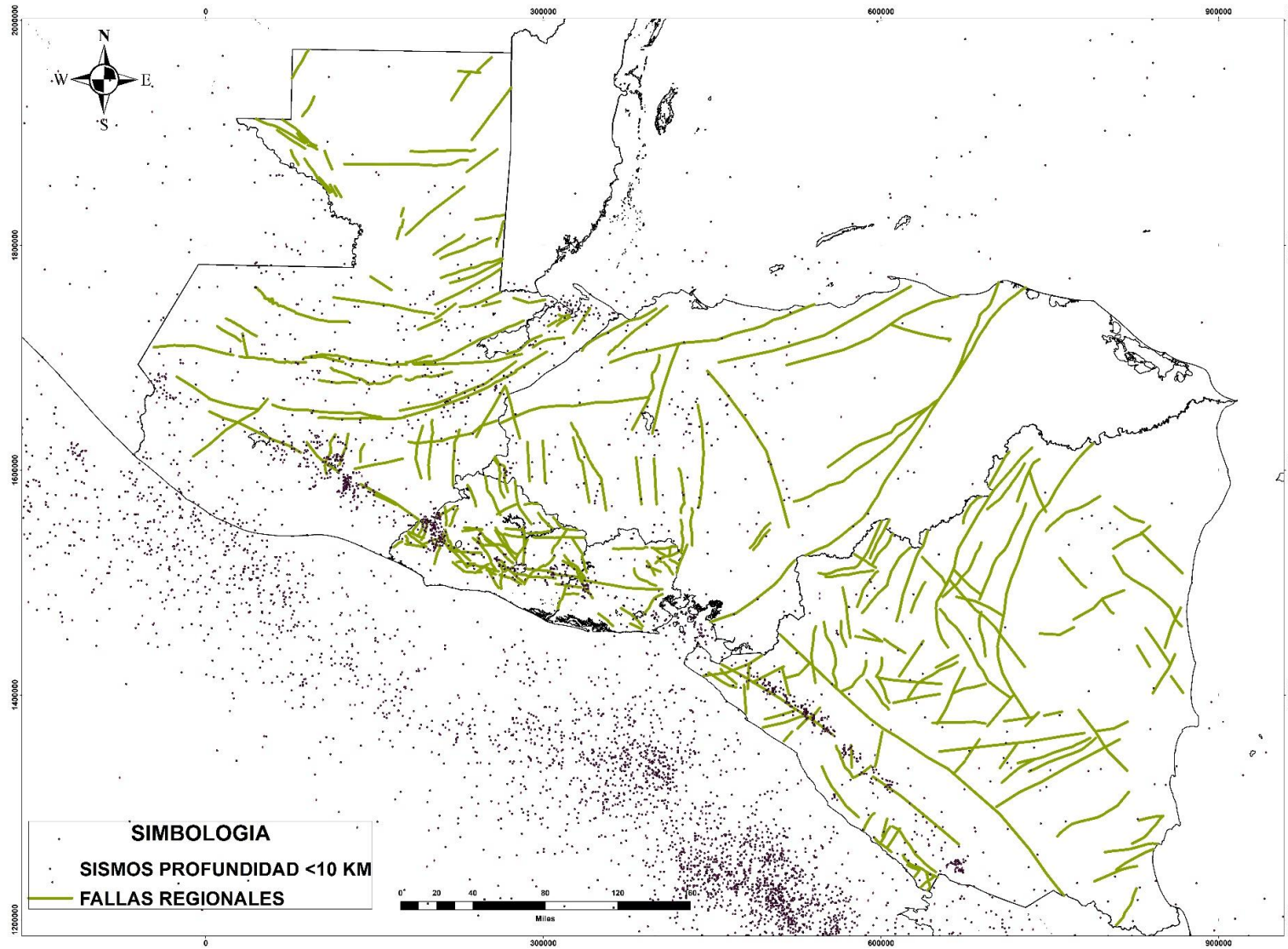
MAPA MECANISMOS FOCALES 0-10 KM



MAPA DE MECANISMOS FOCALES > 6 Mw

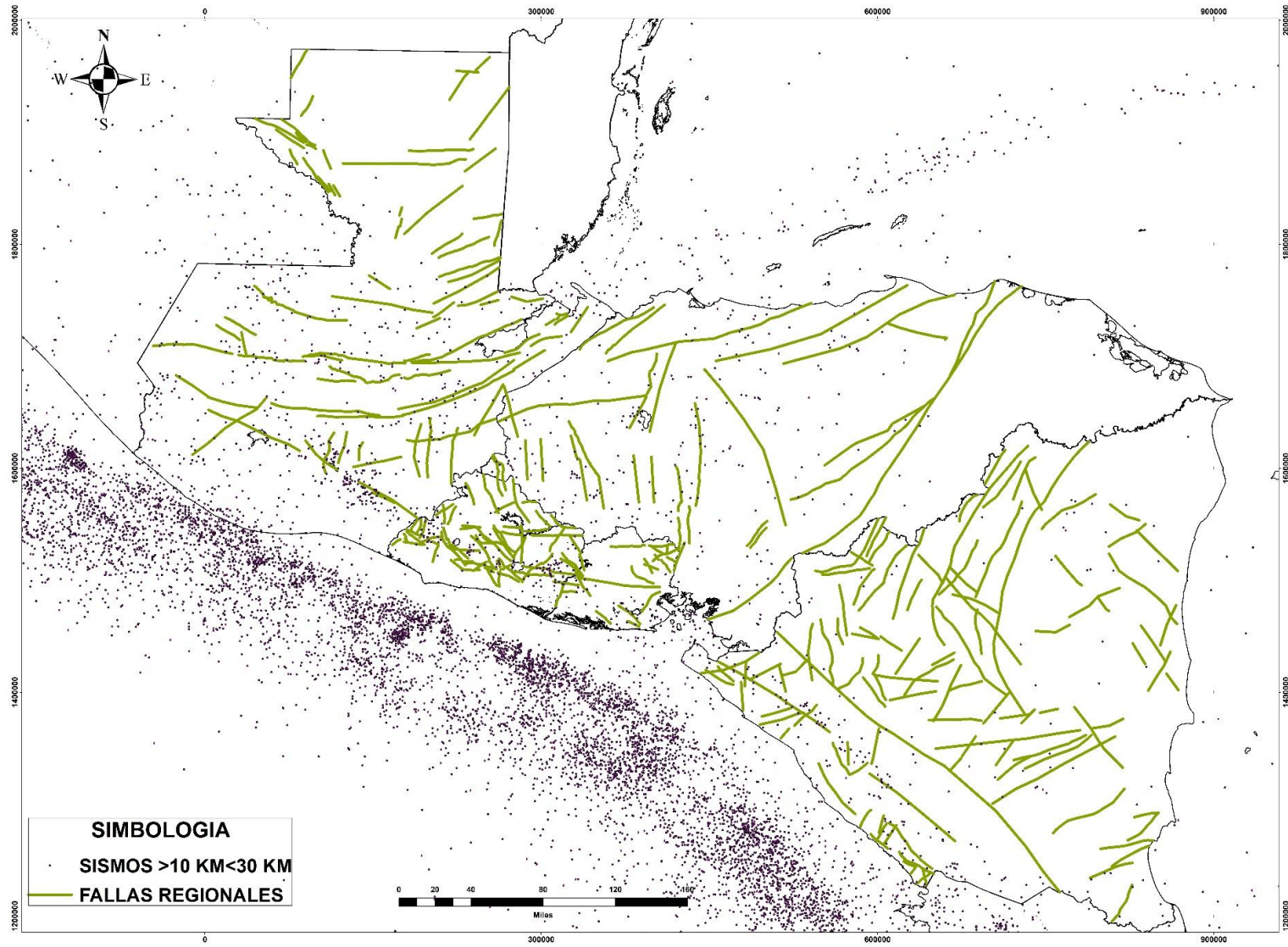


MAPA DE SISMO < 10 KM



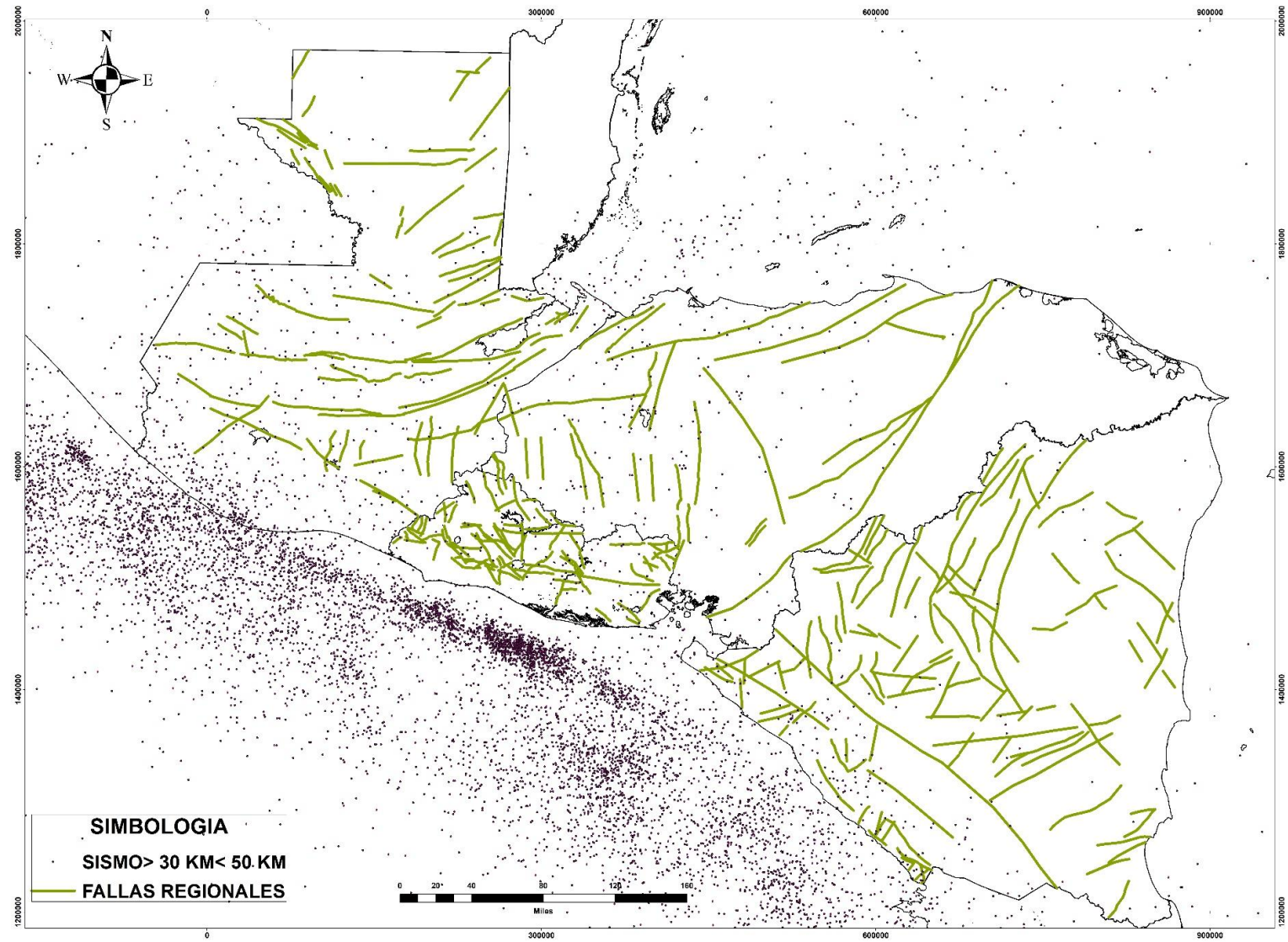
Anexo 5

MAPA DE SISMO >10 KM < 30 KM



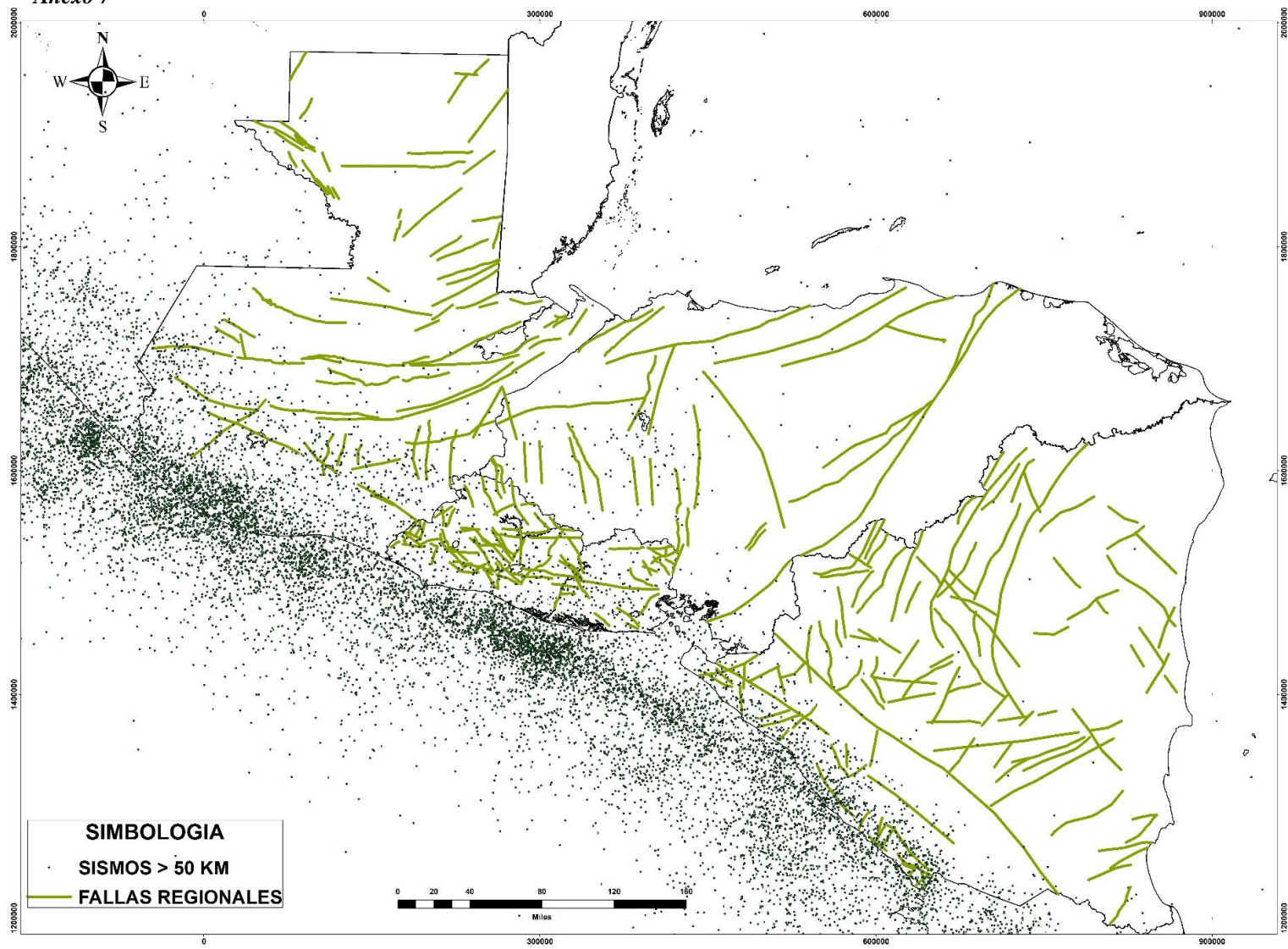
Anexo 6

MAPA DE SISMO >30 KM < 50 KM



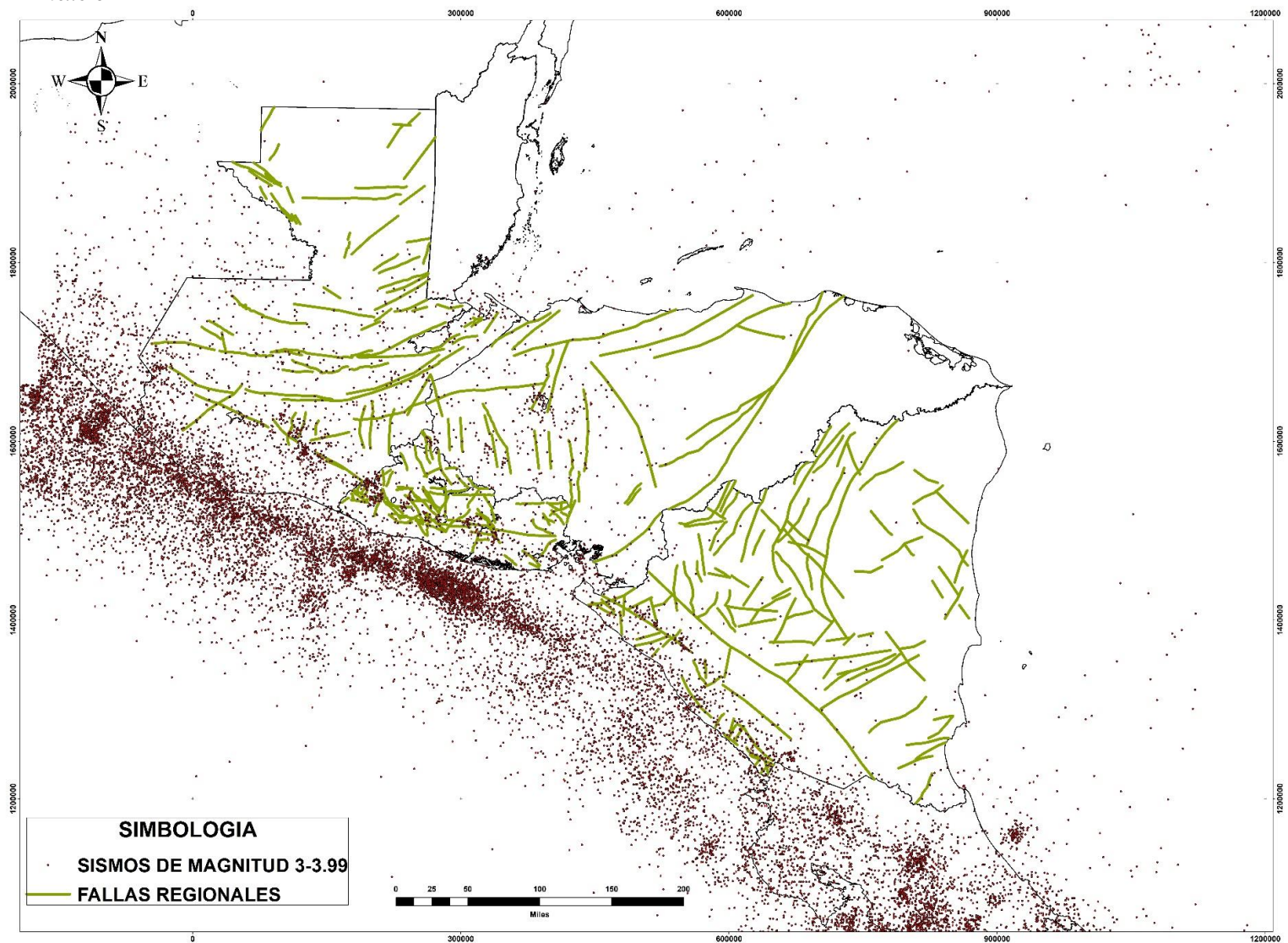
MAPA DE SISMO >50 KM

Anexo 7

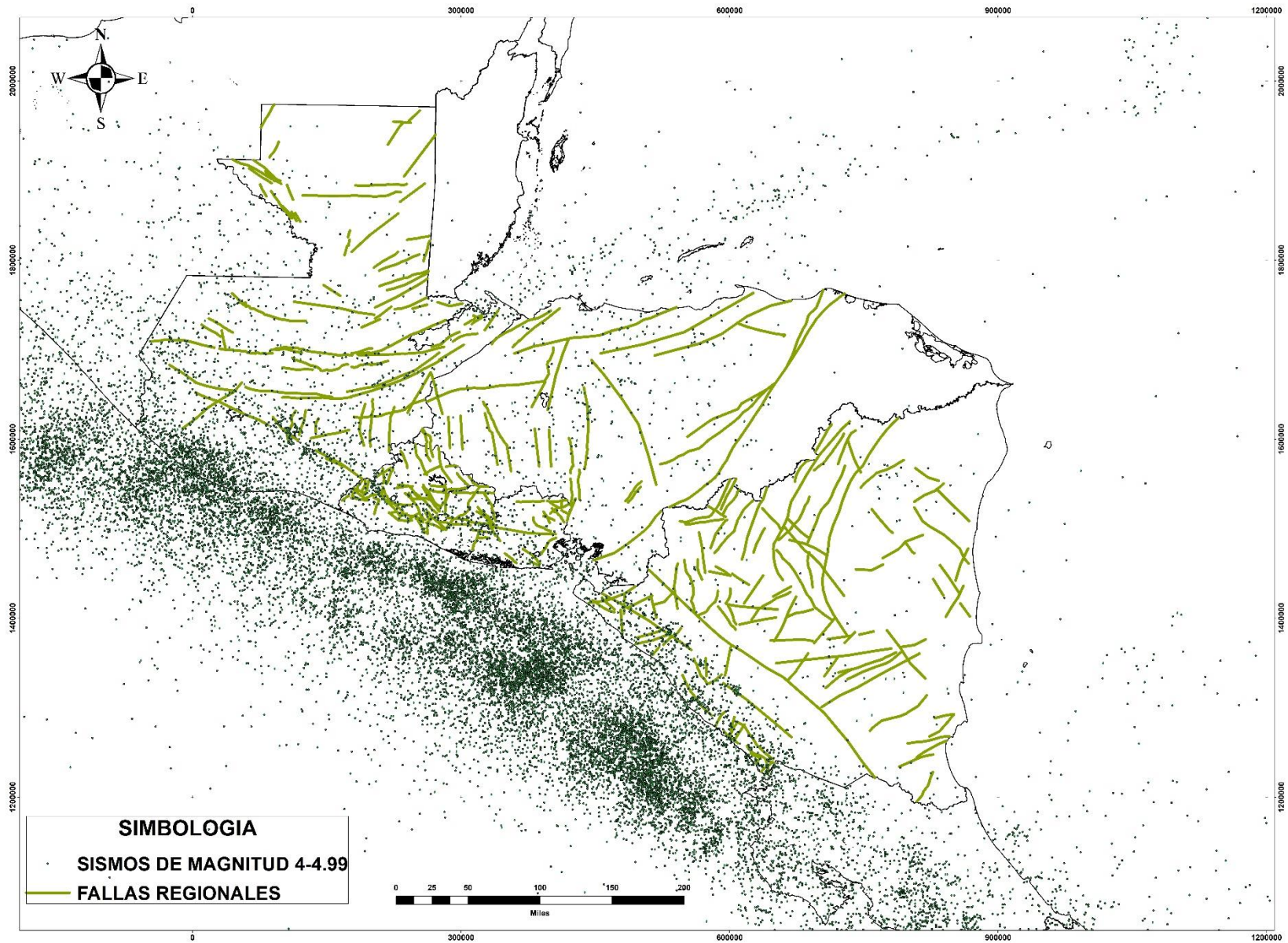


MAPA DE SISMO DE MAGNITUD 3-3.99

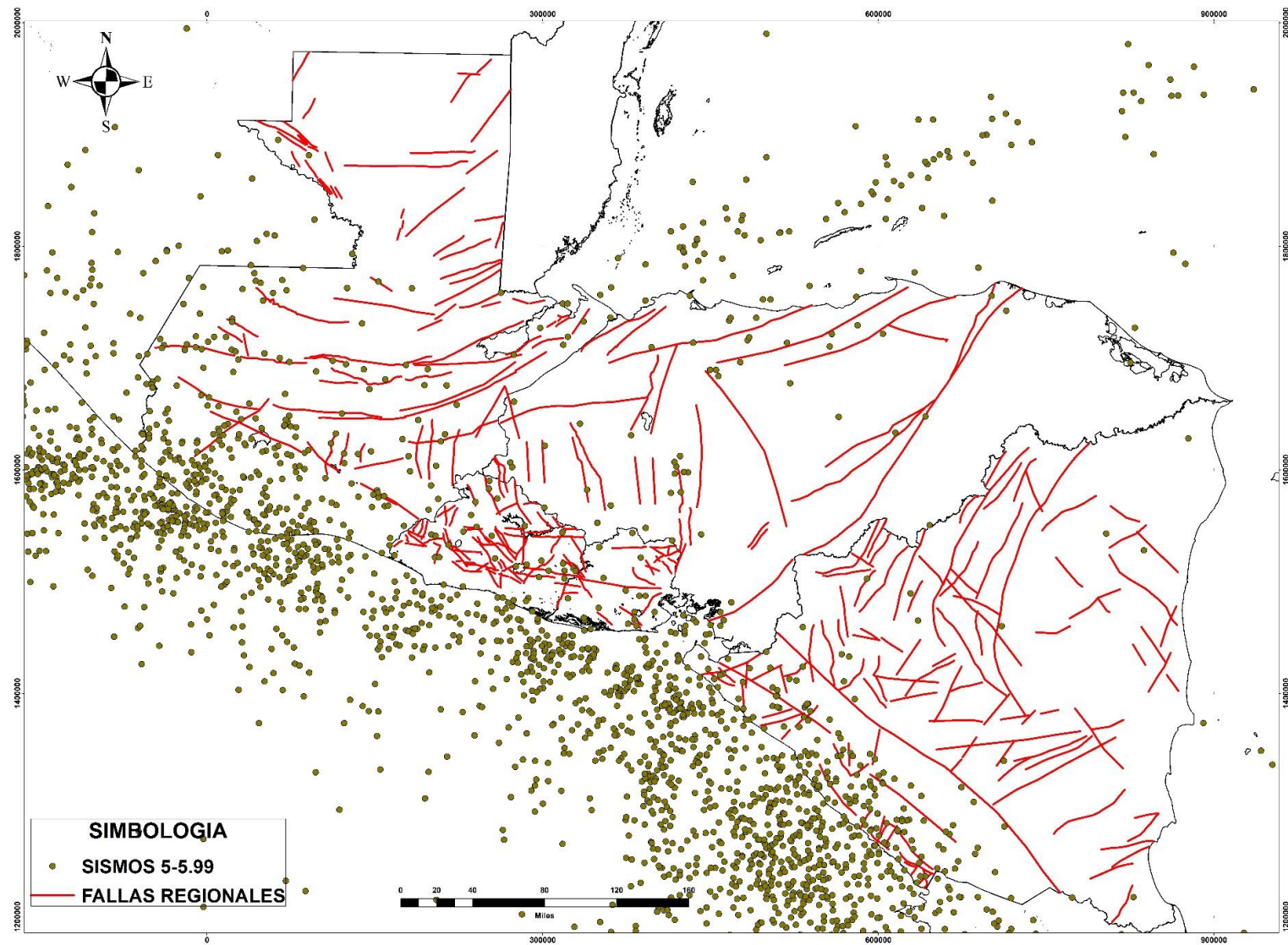
Anexo 8



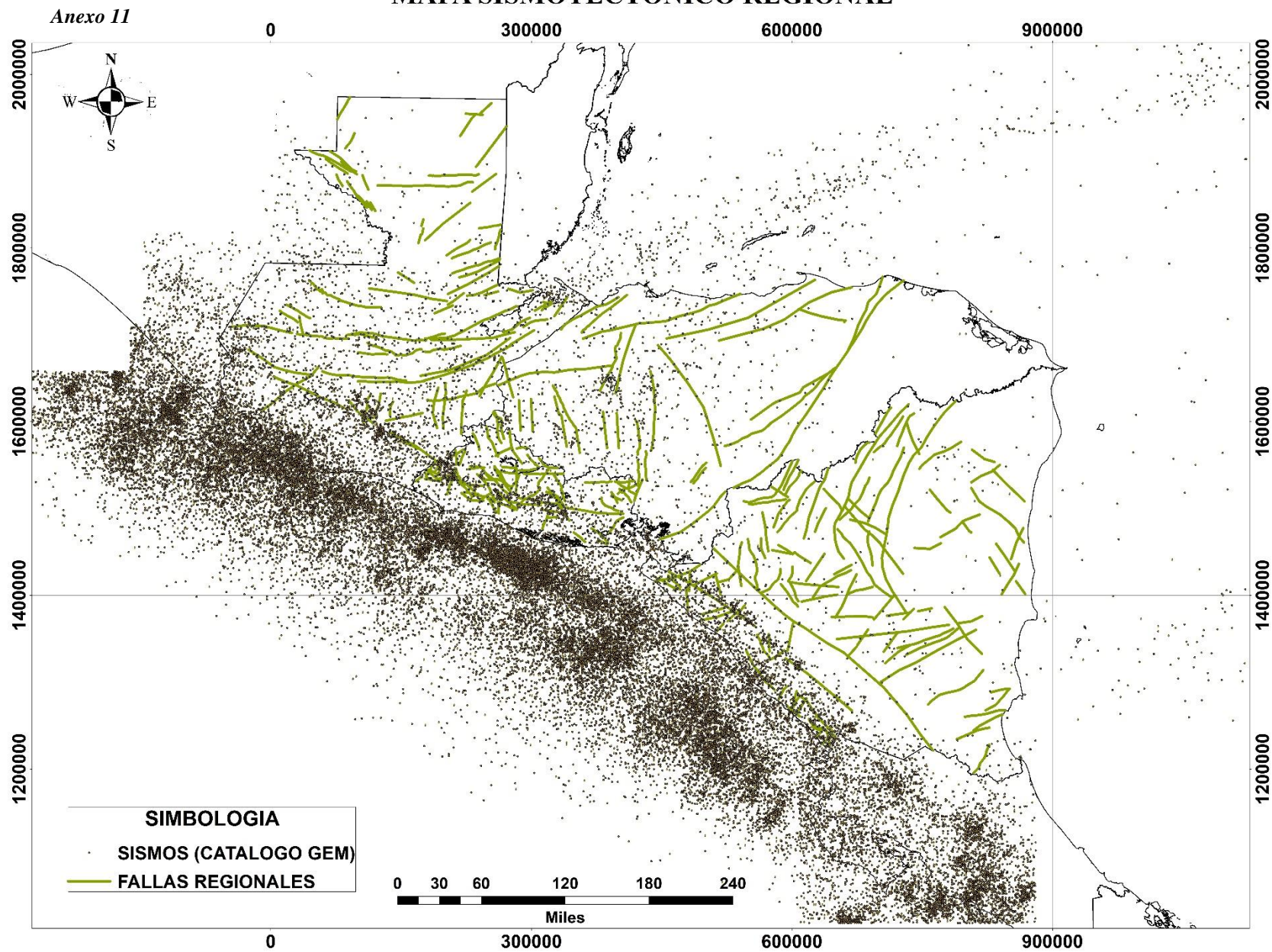
MAPA DE SISMO DE MAGNITUD 4-4.99



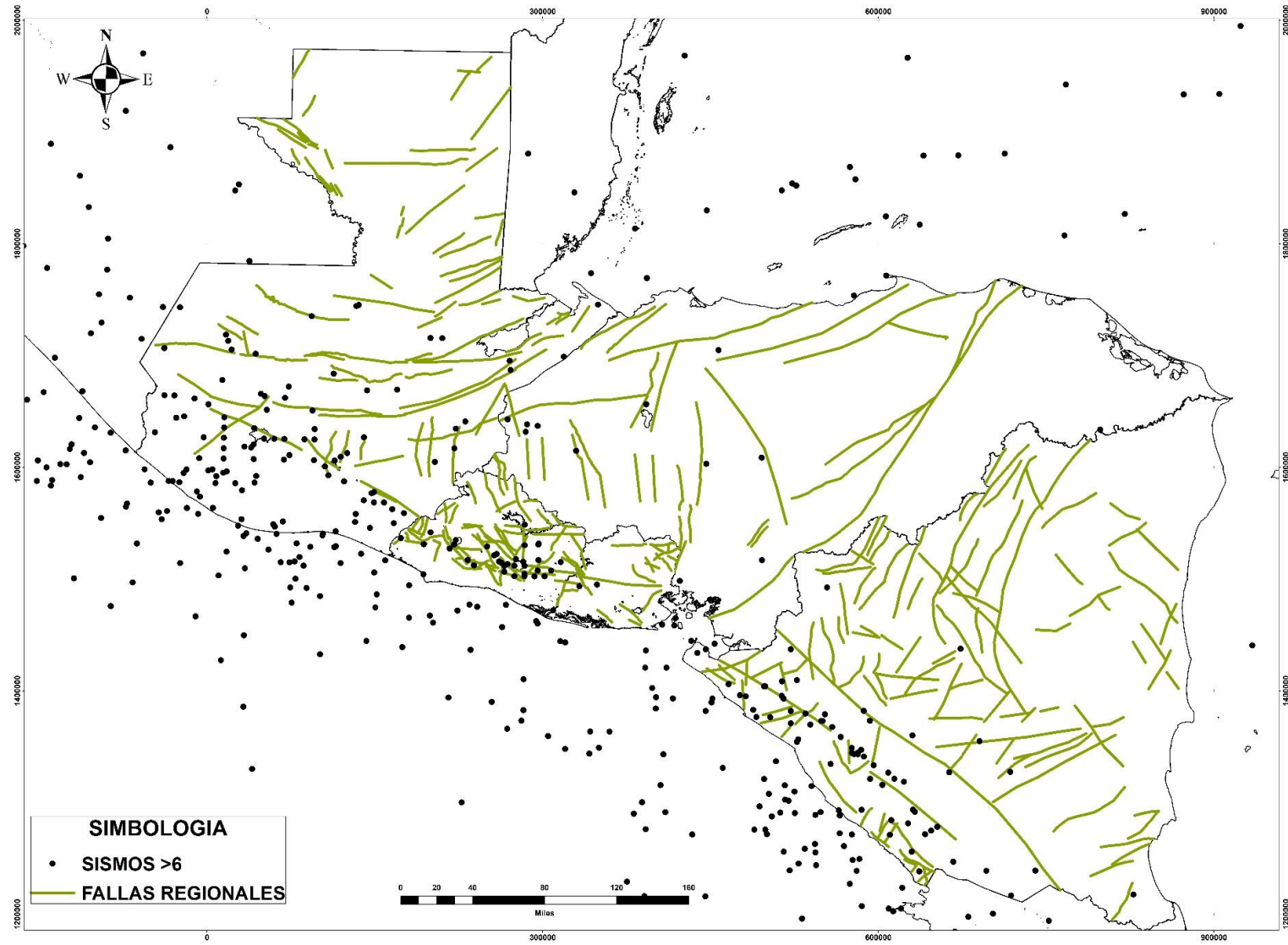
MAPA SISMOS Mw 5-5.99



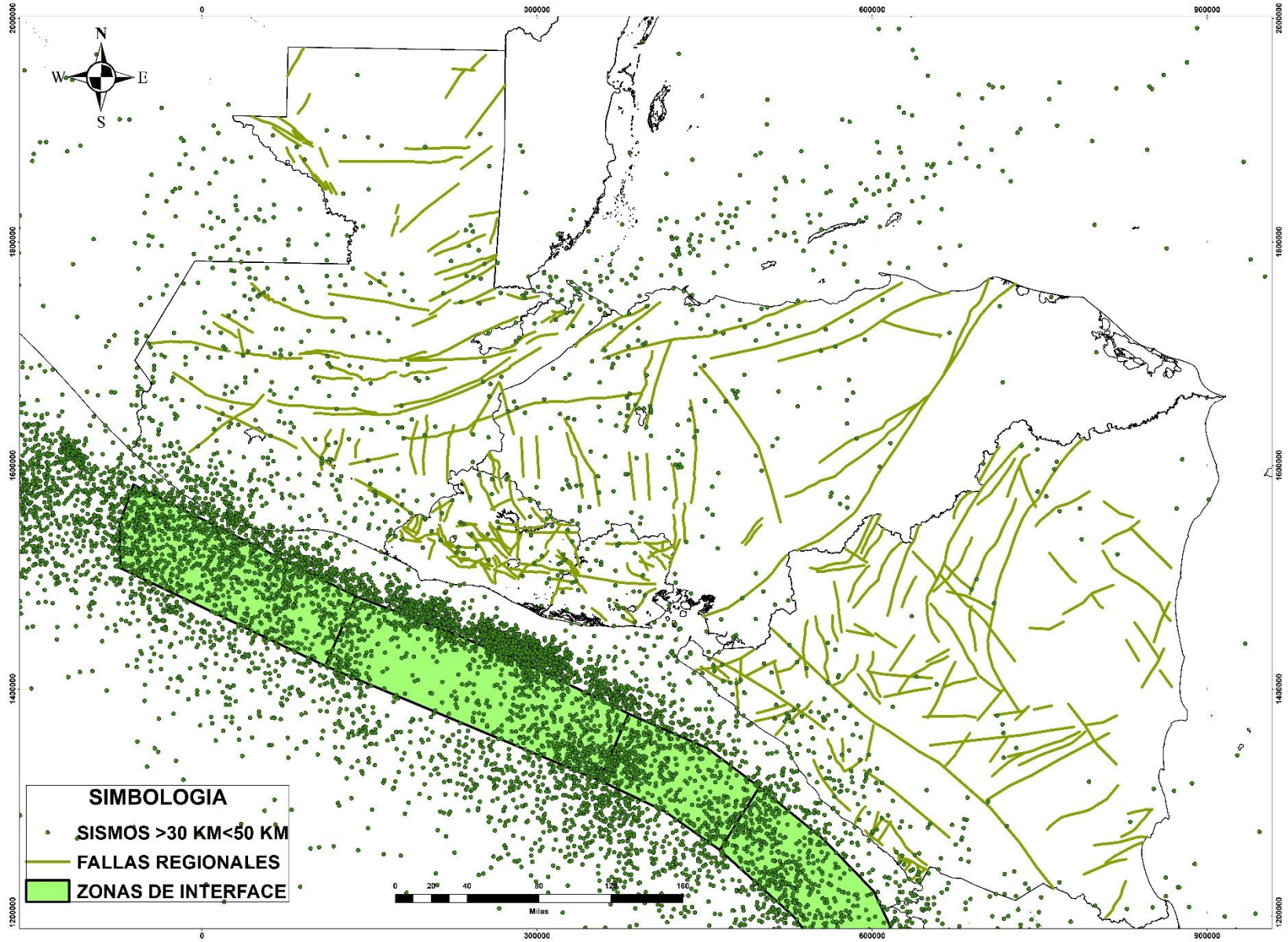
MAPA SISMOTECTONICO REGIONAL



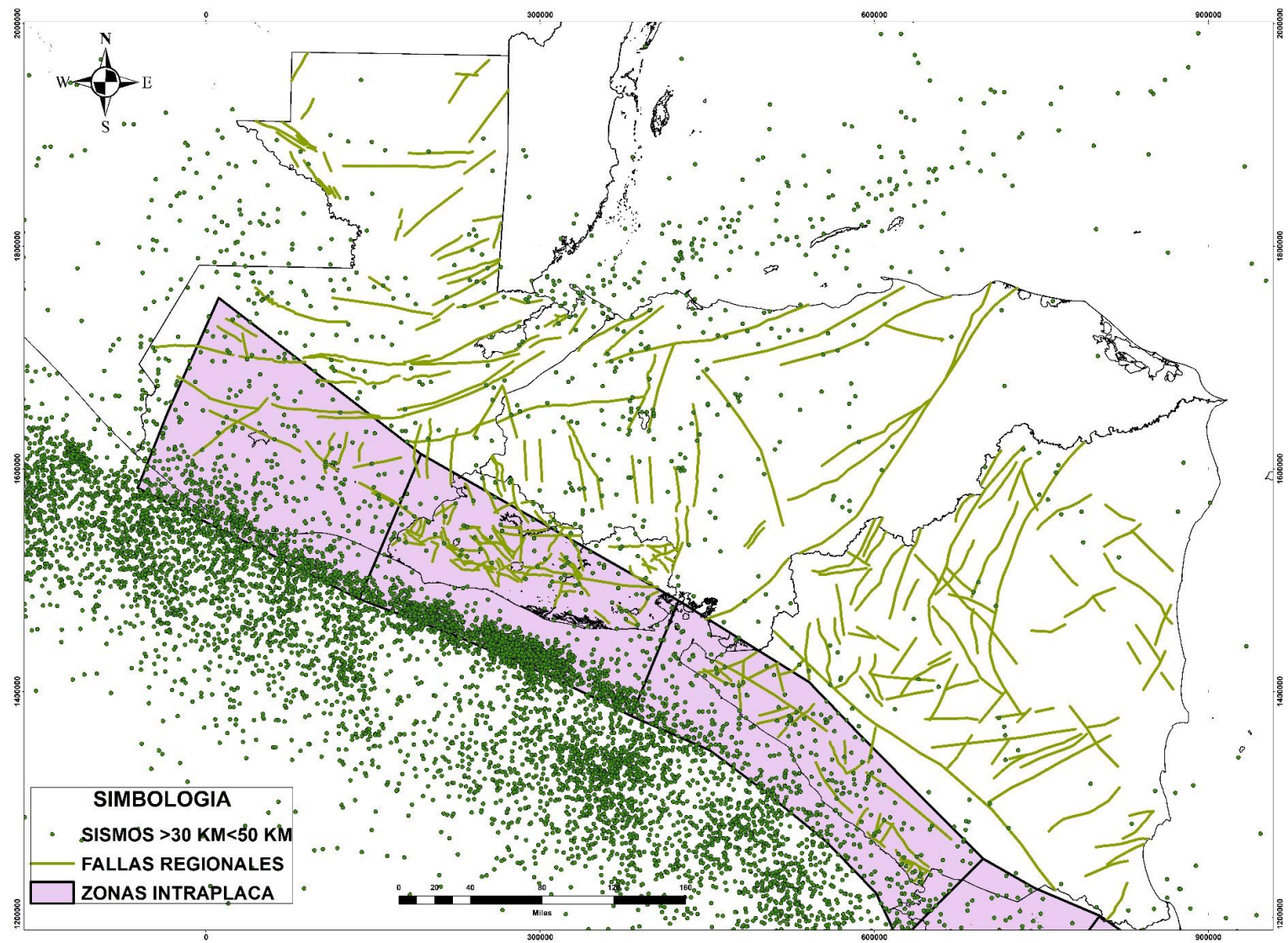
MAPA ZONA INTRAPLACA



MAPA ZONA INTERFACE

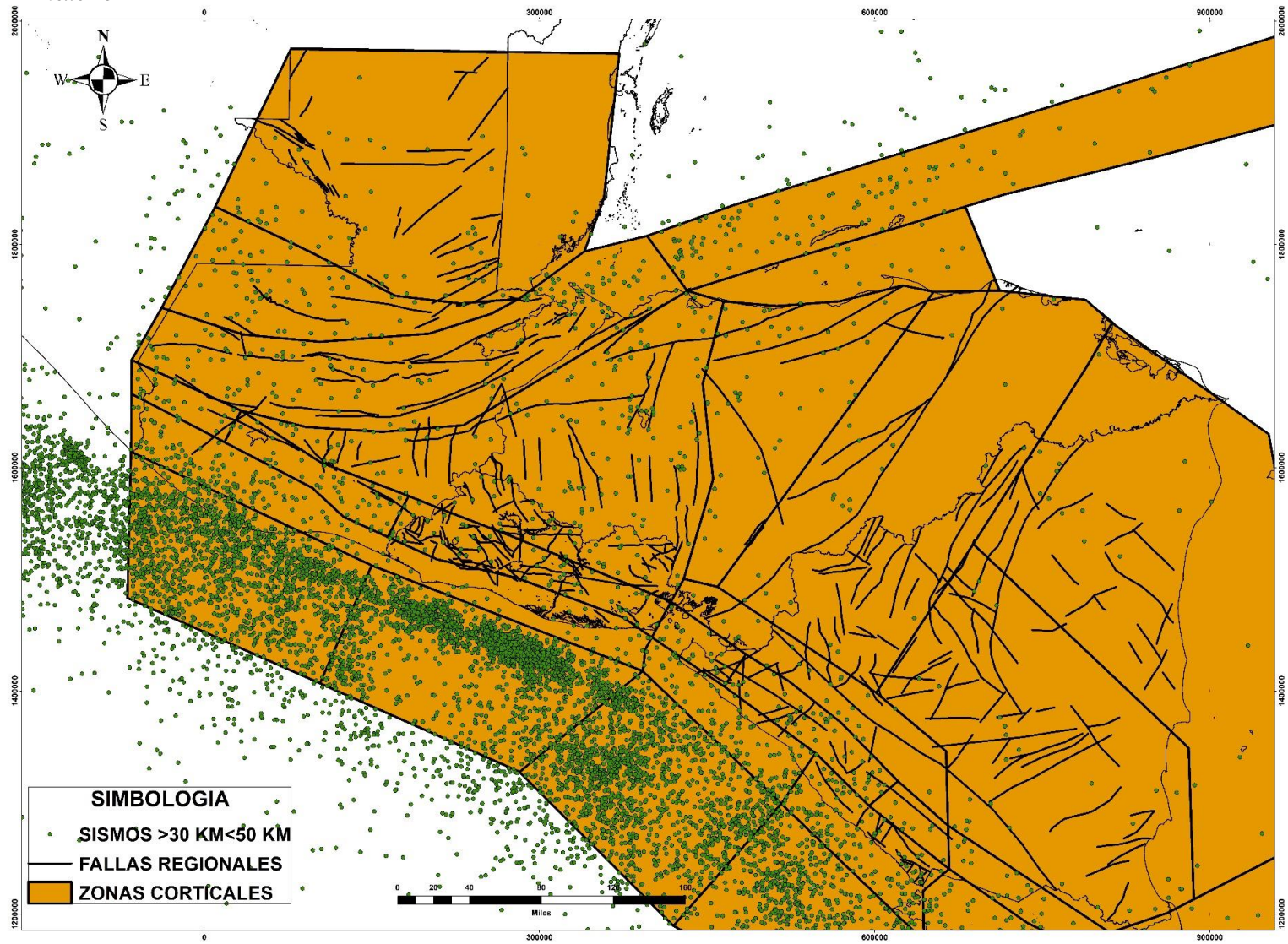


MAPA ZONA INTRAPLACA



Anexo 15

MAPA ZONA CORTICAL



Integrantes del grupo de trabajo de Geología y Sismo-tectónica

N°	Nombre	Institución	País	Teléfono	Correo
1	Elliet Pérez Romero	MARN	Nicaragua	(+505)85218005	elliperezromero@gmail.com/ eperezr@igg.unan.edu.ni
2	Amílcar Roca Palma	INSIVUMEH	Guatemala	(+502)56300819	a1000kr2611@gmail.com/ aeroqa@insivumch.gob.ni
3	Alan Cosillo	USAC	Guatemala	(+502)52013206	acosillo@hotmail.com
4	Mayor Ruiz Álvarez	IHCIT	Honduras	(+504)98398795	maynor.ruiz02@gmail.com
5	Luis Castillo	UES	El Salvador	(+503)71152899	luis.castillo@ues.edu.sv/ luiscastillo@gmail.com
6	Douglas Hernández	MARN	El Salvador	(+503)78563660	douglas_hc@yahoo.com
7	Giuseppe Giunta	UNIPA	Italia	(+39) 360373302	giuseppe.giunta@unipa.it
8	Attilio Sulli	UNIPA	Italia	(+39) 3296761218	attilio.sulli@unipa.it



5.2 Taller Sismología

5.2.1 Estado del arte de la sismología

La región comprendida entre los países de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (identificada como GEHN en este informe) se caracteriza por una alta actividad sísmica, debida principalmente al movimiento de las placas tectónicas Cocos, Caribe y Norteamérica. La placa de Norteamérica se mueve hacia el oeste con respecto a la placa del Caribe a una velocidad de aproximadamente 20 mm/año. La placa de Cocos se mueve hacia la placa del Caribe con una velocidad máxima interpretada de 73-85 mm/año.

La distribución de la sismicidad a lo largo del tiempo muestra que en los últimos cien años han ocurrido al menos cincuenta eventos sísmicos con magnitud (M) entre 5.6 y 8.0 (Ambraseys y Adams, 1996; Bommer y Rodríguez, 2002; USGS, 2012), concentrados principalmente a lo largo de los márgenes de la placa, con sismos de gran magnitud y con epicentros ubicados en las estructuras tectónicas importantes (fallas de Motagua, Polochic, Swan y la fosa centroamericana). Sismos de energía moderada e hipocentros más superficiales ($25 < h < 60$ km), todavía están vinculados a la zona de subducción y a la interfaz entre los bloques; los sismos de energía moderada e hipocentros más superficiales ($h \leq 25$ km) están relacionados con la actividad tectónico-volcánica.

Con estas premisas en mente, el análisis del peligro sísmico actualmente disponible para el área de América Central se ha desarrollado esencialmente en la revisión de datos sismotectónicos, en la distribución de sismicidad, mecanismos focales y observaciones de GPS. La evaluación del peligro sísmico se obtuvo mediante el enfoque probabilístico PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis). El resultado del análisis de PSHA para los principales sitios centroamericanos está representado por una curva de peligro que proporciona los valores de la aceleración máxima, en función de la probabilidad de excedencia en un período de tiempo asignado. En particular, en Benito et al. (2012) se obtuvieron las curvas de probabilidad para Centroamérica, el conjunto de datos analizados se ha traducido en mapas de peligro sísmico calculados sobre la base de períodos de retorno de 500, 1000 y 2500 años.

Finalmente, un proyecto llamado CCARA comenzó en 2016, bajo el paraguas de las actividades de GEM financiadas por USAID (<https://www.globalquakemodel.org/projects>), con el objetivo de evaluar y mitigar el riesgo sísmico en América Central y la región del Caribe; los resultados se esperan para 2018.

En esta región tan activa, el proyecto RIESCA ha enfocado sus actividades en solucionar el vacío de conocimiento sobre la sismicidad de GEHN, recopilando y archivando los efectos locales (datos de intensidad macrosísmica) de los sismos dañinos que afectaron a la región, fortaleciendo las capacidades instrumentales y promoviendo procedimientos comunes para la reducción del riesgo de desastres. Ellos son descritos brevemente a continuación.

5.2.2 Aula Virtual

El aula virtual, es un sitio donde los usuarios colocan material relacionado a los diversos temas tratados en el proyecto RIESCA. Está estructurada en carpetas por país y subcarpetas para los diversos temas (sismología, vulcanología, etc.) En las subcarpetas “En proceso” se coloca la información que está en proceso de trabajo, en “Resultados” se colocaran los productos finales.

También se tiene una carpeta a nivel regional, donde se comparte información que se refiere a diferentes países simultáneamente.

El grupo de Sismología implementó la recopilación de datos tanto en los países como en la región. Una representación esquemática se da en la Figura 16.

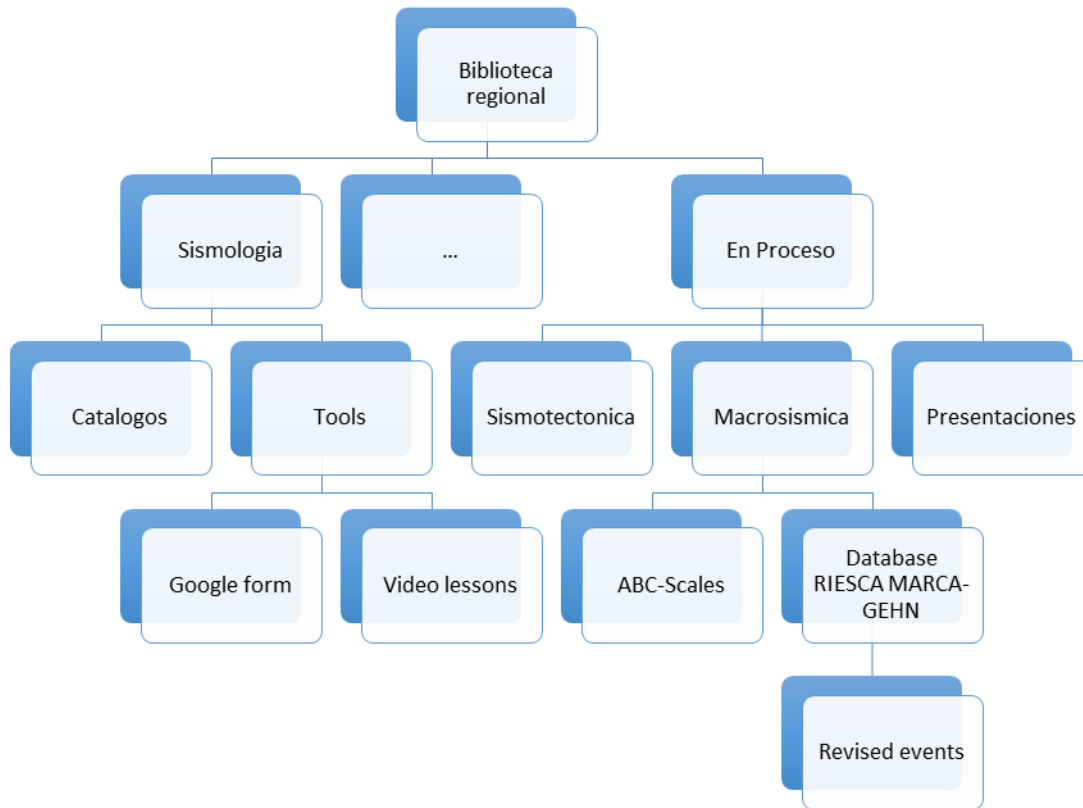


Figura 16. Estructura de carpetas y contenidos en el Aula Virtual, concerniente al grupo Sismología.

5.2.3 Actividades y resultados del primer año

La evaluación de la peligrosidad de América Central, como se ha mencionado en el apartado del estado del arte de la sismología, se realizó por métodos probabilísticos estándar, basados principalmente en el análisis estadístico de los catálogos sísmicos, dejando de lado gran parte de la información disponible en la sismicidad histórica en términos de datos macrosísmicos. Estos datos permiten, no solo calibrar los datos de entrada para los mapas de peligro sísmico, sino también conocer la historia sísmica del territorio, implementando también el reconocimiento de áreas sismotectónicas. La organización de datos macrosísmicos en formas funcionales (Io-Imax) en un modelo de peligro sísmico puede ciertamente representar un elemento real de mejora del modelo en sí, con elementos más consistentes con la realidad sísmica local y regional. Sobre esta base, se han definido los criterios según los cuales deben elaborarse los mapas de peligro sísmico, a partir de la preparación de una base de datos macrosísmicos para el área de América Central.

Base de datos macrosísmicos

Las actividades del primer año giraron en torno a la realización de un prototipo de archivo de intensidades macrosísmicas para los países involucrados en el proyecto RIESCA, un producto completamente nuevo para esta región. Un conjunto de datos macrosísmicos representa la "fotografía" de los efectos causados por un sismo en el territorio; tanto la información esencial referida al sismo (por ejemplo, hora de origen, ubicación hipocentral, magnitud, etc.) y a los sitios (por ejemplo, coordenadas, intensidad macrosísmica asignada a esa localidad) tiene que ser recopilada de una manera formal. Por estas razones, se diseñó, probó e implementó una herramienta en 2017 (Figura 17). La cual ha sido utilizada para la recopilación de una primera gran cantidad de eventos, como se describe a continuación.

Figura .17. Captura de pantalla del formulario de Google, creado en el proyecto RIESCA para la recopilación de datos macrosísmicos

A lo largo de la historia ha ocurrido sismos que han causado gran destrucción en los principales centros poblados de estos países, por ejemplo, el sismo de 1972 en Managua (alrededor de 10,000 personas fallecidas), 1976 en Guatemala (22,700 personas fallecidas), 1986 en San Salvador (1500 personas fallecidas). Para estos sismos hay informes donde se encuentra información de la intensidad macrosísmica.

Existen varios documentos que analizan la historia sísmica de los países de Centro América, mediante la recopilación de información macrosísmica. Entre ellos los siguientes:

- White and Harlow, 1993. Destructive upper crustal earthquakes of Central America since 1900. Vol.83, No. 4, pp 1115-1142. Bulletin of the Seismological Society of America.
- White et al., 1993. The San Salvador earthquake of 10 October 1986 and its historical context.. Vol. 83, No.4, pp1143-1154. Bulletin of the Seismological Society of America.
- Peraldo y Montero, 1999. Sismología Histórica de América Central. Instituto Panamericano de Historia y Geografía, México.
- Ambraseys y Adams, 2001. The Seismicity of Central America: A Descriptive Catalogue 1895-1995, Londres: Imperial College Press.

- White et al., 2004. Seismic history of the Middle America Subduction zone along El Salvador, Guatemala, and Chiapas, Mexico: 1526-2000. Special Paper 375, Geological Society of América.

Los datos de intensidad para los sismos de 1972 y 1986 ya fueron introducidos a la base macrosísmica del proyecto RIESCA.

Para el periodo enero 2001 - enero 2018, han ocurrido siete sismos con magnitud mayor o igual a 7.0 (2001, M= 7.7, El Salvador; 2004, M=7.0, Nicaragua; 2009, M=7.3, Honduras; 2012, M=7.3 El Salvador; 2012, M=7.4, Guatemala; 2014, M=7.3, El Salvador; 2018, M=7.5, Honduras). Para algunos existe informes específicos donde se encuentran datos macrosísmicos (Honduras 2009 y Guatemala 2012), para otros la única fuente de información macrosísmica es la recopilada por medio de la aplicación Did You Feel It? del USGS.

Actualmente todos los países tienen instituciones que realizan actividades de monitoreo sísmico (INSIVUMEH - Guatemala, MARN - El Salvador, COPECO - Honduras, INETER - Nicaragua). Algunas de estas instituciones reportan los resultados del monitoreo en su página web, mediante boletines, informes especiales, etc., convirtiéndose en una fuente importante de datos macrosísmicos.

Varios países han implementado la automatización de los shakemaps (mapas de intensidad instrumental, los cuales ayudan a conocer en pocos minutos la distribución de los posibles daños. En el caso de El Salvador se inició en el 2014. También este tipo de información puede obtenerse de la página web del USGS. En algunos casos los shakemaps no representan la mejor distribución de los daños, particularmente debido al efecto de amplificación del suelo, como fue el caso del sismo del 7 de noviembre de 2012 en la costa de Guatemala, donde la distribución de las intensidades obtenidas en los shakemaps fue diferente a las reportadas por la población. Lo anterior respalda la necesidad de recopilar siempre la información observada por la población y cruzarla con los datos estimados a través de la aplicación shakemaps.

Cada país ha utilizado el formulario generado en la plataforma creada por la empresa Google Inc. denominada Google Forms para crear una tabla con la información macrosísmica (puntos con datos de intensidad sísmica) que luego fue tomada para análisis. El detalle de lo realizado por cada país se ha incluido en los anexos. En la Tabla 3 se resume los sismos investigados en la GEHN.

Tabla 3. Sismos con datos de intensidad sísmica por país en la GEHN.

Sismo	Puntos con datos de intensidad sísmica en GUATEMALA	Puntos con datos de intensidad sísmica en EL SALVADOR	Puntos con datos de intensidad sísmica en HONDURAS	Puntos con datos de intensidad sísmica en NICARAGUA
1830 - Santa Rosa	1			
1870 - Santa Rosa	2			
1913 – Santa Rosa	2			
1930	1			
Mayo 03, 1965		7		
Diciembre 23, 1972				72
Junio 19, 1982		17		
Octubre 10, 1986		23		
Abril 1, 1996				13
Julio 6, 2000				49
Mayo 28, 2009		18	84	

2011 – Santa Rosa	1			
Noviembre 7, 2012	10			
Julio 8, 2013		24		
Diciembre 13, 2013		18		
Abril 10, 2014				149
Abril 13, 2014				126
Octubre 14, 2014		26	25	
Abril 10, 2017		14		
Junio 14, 2017	4			
Septiembre 8, 2017	5			
Enero 3, 2018		19		
Enero 10, 2018			39	
Total	26	166	148	409

Al final de enero 2018, se ha recopilado información de 23 sismos para los cuatro países, con un total de 749 puntos de intensidad. En el mapa de la Figura 3 los puntos de intensidad importante (es decir, de intensidad >IV) están representados con colores diferentes.

Esta base, recopilada por el grupo de sismología (ver anexos) ha sido nombrada con el acrónimo, MARCA-GEHN (Macroseismic Archive of Central América - Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua).

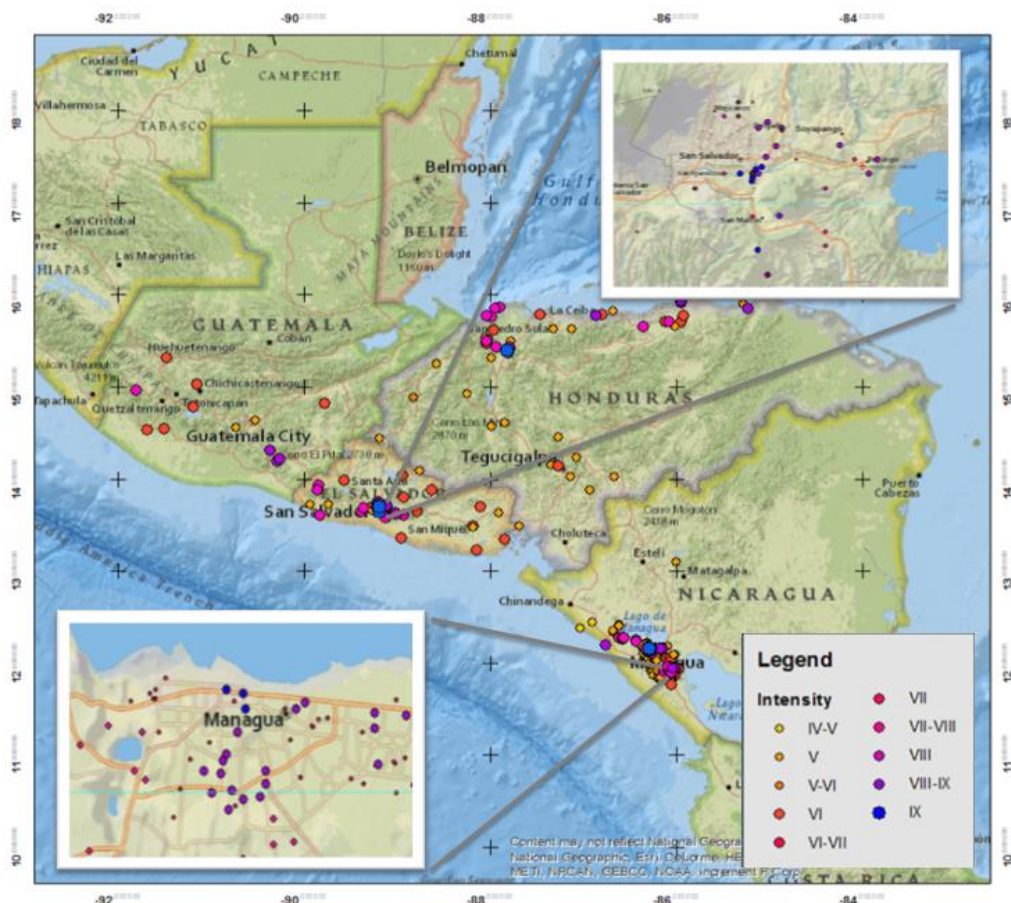


Figura 18. Más de 700 puntos de datos de intensidad, correspondientes a 23 sismos que han sido colectados y archivados en el marco del proyecto RIESCA, hasta enero de 2018. La base de datos MARCA-GENH es un producto completamente nuevo, orientado tanto a la revisión de los datos sísmicos, como a la comparación con mapas de amenaza sísmica y escenarios de daños/efectos observado durante eventos sísmicos pasado. El mapa muestra solo las intensidades mayores que IV (generalmente sentidos en el interior, los objetos se balancean); para otros detalles, vea los anexos.

Fortalecimiento de la capacidad instrumental para finalidad de protección civil.

Para registrar información sísmica relevante y su respectivo procesamiento en tiempo cercano al real, para estimar los efectos o distribución de los posibles daños generados por los sismos, con la finalidad de proporcionar información a los organismos de protección civil para que puedan orientar de una mejor manera la atención a la emergencia en caso de sismos, se ha realizado lo siguiente.

- a) Curso de entrenamiento para analizar los datos del movimiento del terreno (GMPE-SMTK Toolkit by GEM, <https://riescablog.wordpress.com/gem-toolkit-tutorial/>).
- b) La implementación de la red acelerográfica, con instrumentos de bajo costo en los cuatros países RIESCA.
- c) Se llevaron a cabo discusiones para implementar una adquisición de datos de daños en campo, en caso de sismos relevantes.

5.2.4 Programación actividades en riesgo sísmico para 2018.

Para el 2018, las principales actividades programadas son:

1) mejorar el dato sísmológico existente en el área de los países involucrados en el Proyecto RIESCA y ponerlo a disposición de la comunidad sísmológica internacional. Para ello se realizarán las siguientes sub actividades:

- Verificar la calidad de los datos macrosísmicos ingresados hasta ahora en la plataforma, para consolidar el archivo de datos macrosísmicos.
- Mejorar la localización / magnitud / intensidad epicentral de los 10 o 15 sismos relevantes que tienen datos macrosísmicos, buscando la mejor información que se tenga de esos sismos. Así se revisará el catálogo sísmico para obtener relaciones fiables entre los efectos (intensidad) y la energía (magnitud), para sismos corticales y de subducción.
- Algunos mecanismos focales, y sismogramas originales, serán también objeto de investigación.
- Definir un logo que identifique a la base macrosísmica, se hará un proceso de consulta entre el grupo de Sismología.
- En conjunto con el grupo sismotectónica mejorar los mapas epi/ipocentral, de mecanismos focales, elaborar mapas de fallas activas y sus características, para actualizar las áreas sismogénicas a nivel regional.
- Para la evaluación preliminar de la respuesta sísmica local, se lanzó por la Universidad de Chieti una campaña de proyección geofísica en algunos sitios considerados representativos y significativos de los contextos geológicos y geomorfológicos de la ciudad de San Salvador.
- En particular, se eligieron 5 sitios para los cuales hay un buen conocimiento del subsuelo. En estos sitios, en el pasado, se llevaron a cabo estudios geognósticos y geofísicos (down hole). En algunos de estos sitios también hay agujeros equipados con sensores de acelerómetro en profundidad y en la superficie.

- La campaña de estudios geofísicos consistirá en mediciones de ruido ambiental (mediciones HVSR) y prospección MASW
- Escoger una metodología de transferencia de informaciones sísmicas a los Sistemas de Protección Civil, para mejorar la gestión de prevención.

2) maximizar la transferencia de informaciones sísmicas desde/a los Sistemas de Protección Civil, para mejorar la gestión de las fases de prevención y emergencia. Para ello se realizarán las siguientes sub actividades:

- Promover y apoyar la recopilación de informaciones relevantes a efectos de protección civil, en caso de próximo sismo
- Elaborar el mapa de intensidades sísmicas observadas
- Generar un formato para recolectar la información macrosísmica de los próximos sismos que ocurrirán, formato común a los cuatro países
- Comprender como los efectos de sitio enlazan con la información macro sísmica colectada
- Instruir a grupos de “voluntarios centinela” para compilar y reportar los efectos observados ante la ocurrencia de un sismo.

Para propósitos experimentales, se desarrollarán mapas de escenarios de peligrosidad sísmica en áreas metropolitanas, a fin de proporcionar un instrumento de gran importancia para la evaluación de escenarios de riesgo locales y / o regionales, y un producto de uso inmediato para varias aplicaciones locales de Protección Civil.

3) poner las primeras bases para el desarrollo de un sistema de “early warning target oriented”, diseñado sobre la actual capacidad de monitoreo de los países de RIESCA.

Esta actividad, inicialmente no prevista en el diseño de RIESCA, parece apropiada a la luz de los recientes terremotos en México, especialmente si se incluye en la visión estratégica a mediano plazo de la cooperación internacional.

Como en el ejemplo de la Figura 5, que se refiere a la ciudad de Bishkek (Kyrgyzstan), combinando las capacidades de una red unificada de estaciones sismológicas y acelerográficas (puntos negros), y el monitoreo de un objetivo específico (ej. el área metropolitana), se puede obtener teóricamente el tiempo de anticipo antes de la salida de las ondas sísmicas más destructivas. Un resultado similar, en la región de RIESCA puede aprovechar la profundidad de los sismos de subducción, o también de los sismos generados en los países limítrofes (ej. México). Por todas estas razones, es un producto que es alcanzable solo en un contexto transnacional, como las actividades financiadas para la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo.

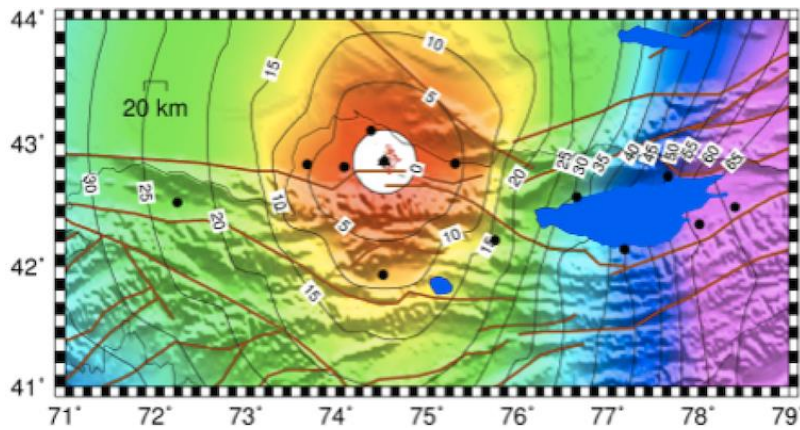


Figura 19. Lead-time analysis para Bishkek (cortesía de S. Parolai). Las isolíneas indican el tiempo de alerta temprana (en segundos) en la capital (sitio objetivo) para sismos que se generan en cada punto del mapa.

En perspectiva, este tipo de análisis también puede tener importantes repercusiones para reducir el riesgo de las áreas costeras, potencialmente expuestas al riesgo de tsunamis. El sector fuera de la costa del lado del Pacífico está notoriamente sujeto a terremotos que, vinculados al proceso de convergencia de la zona de subducción, pueden generar fenómenos de tsunamis.

El daño causado por estos tsunamis a las infraestructuras costeras y a la población se puede cuantificar a través de modelos numéricos apropiados. Para ser confiables y robustos, ellos deben necesariamente tener en cuenta una información detallada de la batimetría. Solo a través de esta información es posible simular la altura de las olas del tsunami causadas por un terremoto dado que puede descomponerse en una ubicación costera determinada. A través de esta información, se pueden tomar las medidas necesarias para un programa adecuado de preparación y alerta para la población.

En la planificación futura, sería apropiado, por lo tanto, realizar un mapeo del área marina (de El Salvador, y posiblemente de países vecinos) mediante el uso de Multibeam, en el rango de -50 a -2000 m de profundidad del agua, para producir un mapa batimétrico detallado que será implementado en modelos de simulación de olas de tsunamis. Representa un programa a largo plazo que puede involucrar a varias instituciones y organizaciones científicas en los países, y que requiere un esfuerzo financiero de algunos millones de dólares.

5.2.5 Anexos

Datos Guatemala

Recopilación de 7 eventos sísmicos, con un total de 26 puntos de intensidad. A continuación, los detalles de cada sismo.

Tabla 4 Eventos sísmicos en Guatemala

Sismo	Puntos con datos de intensidad sísmica	Fuente de información
1830 - Santa Rosa	1	Peraldo, G., Montero, W., (1999): Sismología Histórica de América Central. Instituto Panamericano de Historia y Geografía, México, 347 pp.
1870 - Santa Rosa	2	White, R. A., J. P. Ligorria e I. L. Cifuentes (2004). Seismic history of the Middle America subduction zone along El Salvador, Guatemala, and Chiapas, Mexico: 1526–2000, in GSA Special Paper 375: Natural Hazards in El Salvador, 379-396.
1913 – Santa Rosa	2	Benito, B. y Torres, Y. (2009). Amenaza sísmica en América Central. Madrid: Entimema.
1930	1	Ambraseys, N., (1995): Magnitudes of Central America Earthquakes, 1898-1930. - Geophys. J. Int., 121:545-546.
2011 – Santa Rosa	1	"CONRED, INFORME DE EVALUACIÓN POR ENJAMBRE SÍSMICO EN COMUNIDADES DE SANTA ROSA ENTRE JULIO Y AGOSTO DEL AÑO 2011"
Noviembre 7, 2012	10	INSIVUMEH, INFORME TÉCNICO FINAL DEL SISMO DE MAGNITUD Mw 7.4 DEL 7 DE NOVIEMBRE DEL AÑO 2012
Julio 14, 2017	4	
Septiembre 8, 2017	5	
Total	26	



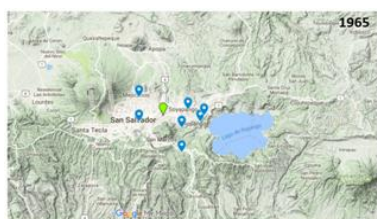
Figura 20 Ubicación de eventos sísmicos en Guatemala

Datos El Salvador

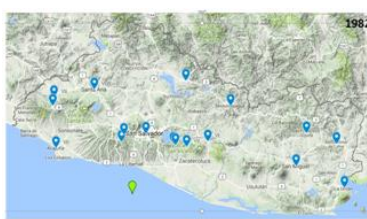
Recopilación de 9 eventos sísmicos, con un total de 166 puntos de intensidad. A continuación, los detalles de cada sismo.

Tabla 5 Eventos sísmicos en El Salvador

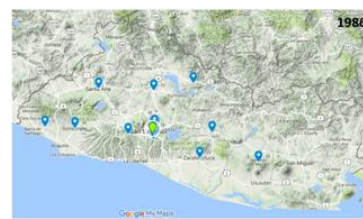
Sismo	Puntos con datos de intensidad sísmica	Fuente de información
Mayo 03, 1965	7	Lomnitz, C. , y Schulz, R., (1966). The San Salvador Earthquake of May 3, 1965. Bull.Seism. Soc.Am. 56, p. 561-575; sitio web: http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/registro/estadisticas/
Junio 19, 1982	17	Ministerio de Obras Públicas, Centro de Investigaciones Geotécnicas. (1982). Informe técnico sísmológico del terremoto en El Salvador del 19 de junio de 1982. San Salvador: Salvador de Jesús Álvarez Guerrero.
Octubre 10, 1986	23	Ministerio de Obras Públicas, Centro de Investigaciones Geotécnicas. (1987). Informe técnico sísmológico del terremoto de San Salvador del 10 de octubre de 1986. San Salvador: Salvador de Jesús Álvarez Guerrero.
Mayo 28, 2009	18	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000gxkj#dyfi
Julio 8, 2013	24	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000i8nx#dyfi
Diciembre 13, 2013	18	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usc000ljv7#dyfi
Octubre 14, 2014	26	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000slwn#dyfi
Abril 10, 2017	14	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us10008ge2#dyfi
Enero 3, 2018	19	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000bzb5#dyfi
Total	166	



Mayo 3, 1965



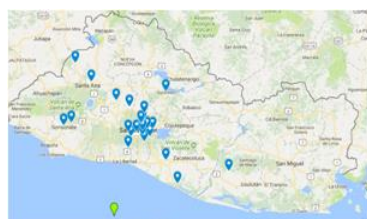
Junio 19, 1982



Octubre 10, 1986



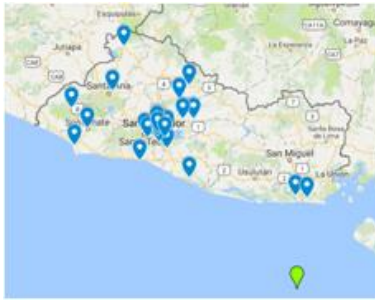
Mayo 28, 2009



Julio 8, 2013



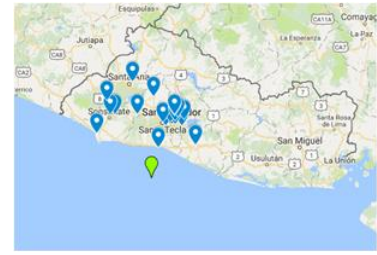
Diciembre 13, 2013



Octubre 14, 2014



Abril 10, 2017



Enero 3, 2018

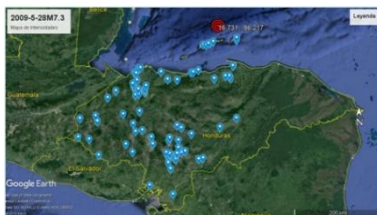
Figura 21 Ubicación de eventos sísmicos en El Salvador

Datos Honduras

Recopilación de 3 eventos sísmicos, con un total de 148 puntos de intensidad. A continuación, los detalles de cada sismo.

Tabla 6 Eventos sísmicos en Honduras

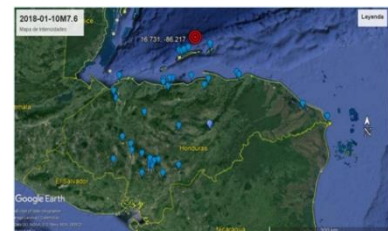
Sismo	Puntos con datos de intensidad sísmica	Fuente de información
Mayo 28, 2009	84	Apoyo a Honduras en la Emergencia por el Terremoto Destructivo de Magnitud 7.3 ocurrido el 28 de mayo, 2009, Virginia Tenorio, Allan Morales (INETER), Wilfried Strauch (SIG-Georiesgos, BGR, Alemania) https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000gkj#dyfi
Octubre 14, 2014	25	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000slwn#dyfi
Enero 10, 2018	39	https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000c2zy#dyfi
Total	148	



Mayo 28, 2009



Octubre 14, 2014



Enero 10, 2018

Figura 22 Ubicación de eventos sísmicos en Honduras

Datos Nicaragua

Recopilación de 5 eventos sísmicos, con un total de 409 puntos de intensidad. A continuación, los detalles de cada sismo.

Tabla 7 Eventos sísmicos en Nicaragua

Sismo	Puntos con datos de intensidad sísmica	Fuente de información
Diciembre 23, 1972	72	Algermissen, S.T. & Dewey, J.W. & Langer, C.J. & Dillinger, W.H.. (1974). The Managua, Nicaragua, earthquake of December 23, 1972: Location, focal mechanism, and intensity distribution. Bulletin of the Seismological Society of America. 64. 993-1004.
Abril 1, 1996	13	Acosta, A., Bodán, M., Guzmán, C., Hernández, Z., Morales, A., Segura, F., . . . Urbina, C. (1996). Sismos de Nicaragua Abril 1996(Nicaragua, INETER, Dirección General de Geología y Geofísica). Managua. http://webserver2.ineter.gob.ni/boletin/1996/04/sismos-abril9604.htm
Julio 6, 2000	49	Acosta, A., Bodán, M., Guzmán, C., Morales, A., Segura, F., Strauch, W., . . . Morales, A. (2000). Boletín Sísmico, Vulcanológico y Geológico Mensual: Sismos y Volcanes de Nicaragua - Julio 2000 (Nicaragua, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Dirección General de Geofísica). Managua. http://webserver2.ineter.gob.ni/boletin/2000/07/index0007.htm
Abril 10, 2014	149	Acosta, A., Guzmán, C., Guzmán, J. C., Herrera, M., Morales, A., Sánchez, J., . . . González, I. (2014). Boletín mensual Sismos y Volcanes de Nicaragua Abril, 2014(p. 128) (Nicaragua, INETER, Dirección General de Geología y Geofísica). Managua: INETER. http://webserver2.ineter.gob.ni/boletin/2014/04/boletin-1404.pdf
Abril 13, 2014	126	Acosta, A., Guzmán, C., Guzmán, J. C., Herrera, M., Morales, A., Sánchez, J., . . . González, I. (2014). Boletín mensual Sismos y Volcanes de Nicaragua Abril, 2014(p. 128) (Nicaragua, INETER, Dirección General de Geología y Geofísica). Managua: INETER. http://webserver2.ineter.gob.ni/boletin/2014/04/boletin-1404.pdf
Total	409	

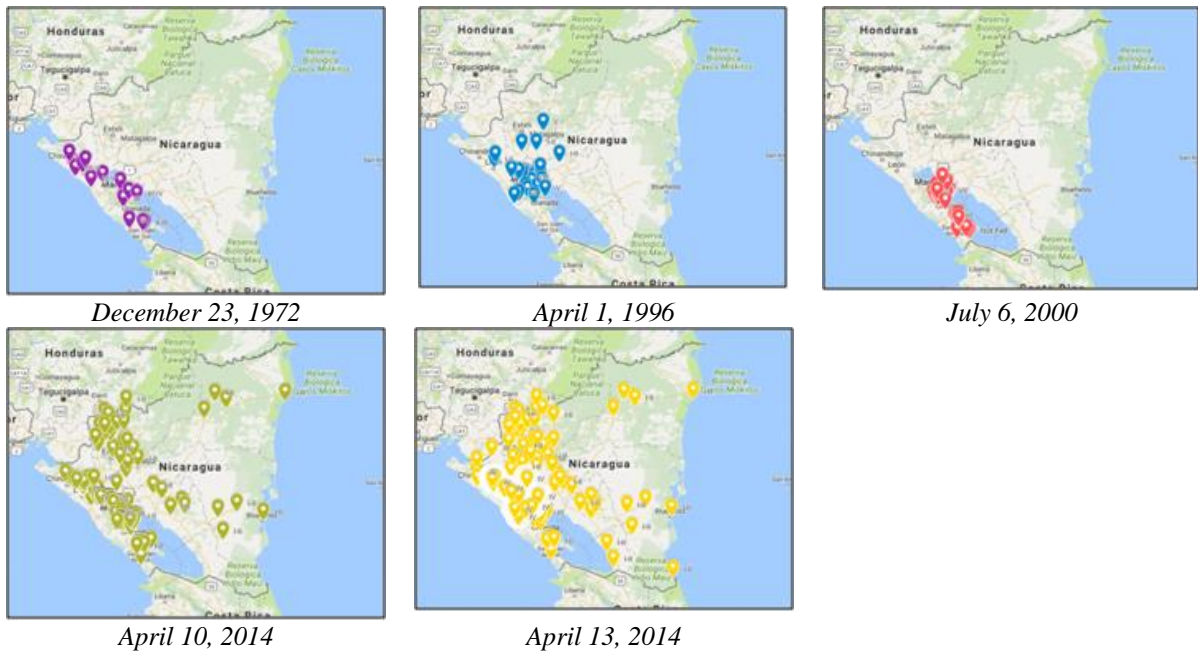


Figura 23 Ubicación de eventos sísmicos en Nicaragua

Integrantes del grupo de trabajo de sismología.

N°	Nombre	Institución	Correo electrónico
1	Griselda Marroquín	DGOA-MARN/El Salvador	gmarroquin@marn.gob.sv
2	Eliana Esposito	CNR/Italia	eliana.esposito@iamc.cnr.it
3	Laura Peruzza	INOGS/Italia	lperuzza@inogs.it
4	David Monterroso	CONRED/Guatemala	DMonterroso@conred.org.gt
5	Amelia Garcia	DGOA/MARN	rgarcia@marn.gob.sv
6	Pablo Santos	USAC/Guatemala	santospa6@gmail.com
7	Rodolfo Torres	DGOA-MARN/El Salvador	rtorres@marn.gob.sv
8	Sara Guevara	IGG-CIGEO/UNAN-Managua/Nicaragua	saratguevara@gmail.com
9	Tanya Ordóñez	Física-UNAH/Honduras	tanyafisic@yahoo.es
10	Carlos Tenorio	Física-UNAH/Honduras	ctenorio@gmail.com
11	Mario Rainone	UNICHIETI	rainone@unich.it



5.3 Taller Vulcanología

5.3.1 Estado del arte de la vulcanología

La región centroamericana posee una importante cadena volcánica que se ubica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, caracterizado por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, produciendo una intensa actividad sísmica y volcánica. La actividad volcánica es generada a partir de ascensos magmáticos que resultan de la interacción de las placas de Cocos y Caribe. Estos procesos magmáticos, producen erupciones volcánicas y la formación de edificios volcánicos a partir del ascenso de magma a través de fallas y fracturas de la corteza continental hasta alcanzar la superficie terrestre.

La cercanía de los volcanes con los principales centros urbanos que cada día albergan mayor número de población, incrementa el riesgo asociado por erupciones volcánicas, ya que un mayor número de personas están bajo amenaza, aun en episodios eruptivos de baja magnitud.

Como parte de los esfuerzos individuales que buscan principalmente salvaguardar la vida humana a través de la gestión del riesgo, se han implementado programas dirigidos a caracterización, monitoreo y pronóstico que permitan conocer el estado de actividad de los volcanes. De igual forma, la generación de los mapas de escenarios de peligros volcánicos ha sido de suma importancia para las decisiones que toman los Sistemas de Protección Civil en el manejo de emergencias donde la preparación de la comunidad tiene un papel importante por lo que es necesario acompañar los establecimientos Sistemas de Alerta Temprana (SAT) que otorguen los procedimientos de comunicación y actuación en caso de reactivación eruptiva.

Estos esfuerzos, han sido realizados por diversas instituciones y muchas veces se hacen de manera aislada. La filosofía del proyecto RIESCA en crear la sinergia entre las instituciones regionales con roles académicos, operativos y tomadores de decisiones con el acompañamiento de la asesoría y transferencia de conocimiento de investigadores italianos, está dando la oportunidad de integrar los esfuerzos regionalmente, unificando la metodología de investigación y generación de productos.

En este sentido, la vulcanología en la región ha comenzado la construcción de mapas probabilísticos de escenarios por amenaza en los volcanes Pacaya en Guatemala; Complejos volcánicos Chiltepe-Nejapa-Miraflores en Nicaragua; y, Complejo Volcánico San Salvador en El Salvador. Este trabajo tiene el objetivo de brindar la metodología necesaria para ser replicable en otras estructuras volcánicas. Los productos serán presentados a entidades encargadas del manejo de emergencia para que puedan ser incorporados a sus planes de contingencia.

Adicionalmente al mejoramiento en la comprensión de la amenaza se ha incorporado el fortalecimiento en el monitoreo, proporcionando la instrumentación y la transferencia de conocimiento para el análisis de gases volcánicos, técnica que viene a unirse a los programas de vigilancia que se encuentran instalados sistemáticamente en las estructuras volcánicas, mejorando la comprensión del estado de la actividad volcánica, con el objetivo de poseer una nueva técnica que ayude a mejorar la eficiencia de los SAT.

5.3.2 Aula Virtual

La estructura de Vulcanología en el Aula Virtual RIESCA está diseñada para compartir la información que se tiene de las estructuras volcánicas en las que se está trabajando dentro del Proyecto RIESCA: Pacaya en Guatemala, Complejos volcánicos Chiltepe y Nejapa en Nicaragua, y Complejo Volcánico San Salvador en El Salvador. Al mismo tiempo se ha creado una carpeta que permite al grupo interactuar con los asesores italianos en el progreso de las simulaciones y sus productos. En la carpeta “En progreso” de cada país se estarán subiendo los avances y productos preliminares que se trabajaron en conjunto durante los talleres realizados en El Salvador en enero 2018.

La información inicial introducida al aula virtual durante el primer año de trabajo se basó en información bibliográfica referente a las áreas volcánicas en estudio y fueron cargadas en las respectivas Bibliotecas de los países en la carpeta “Vulcanología” según la siguiente estructura. (Tabla 8).

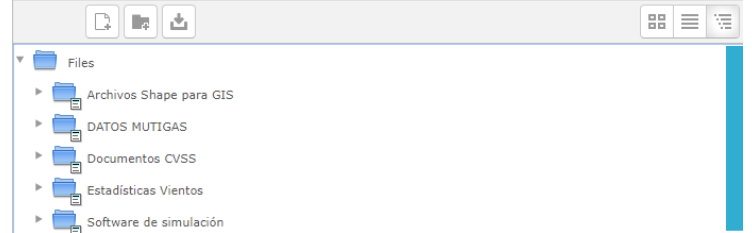
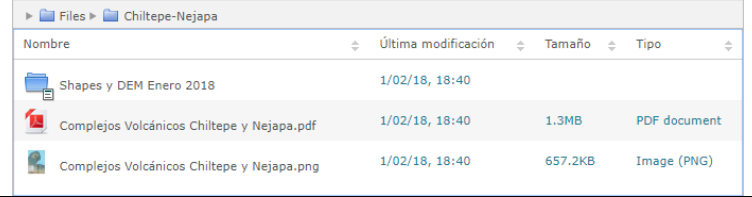
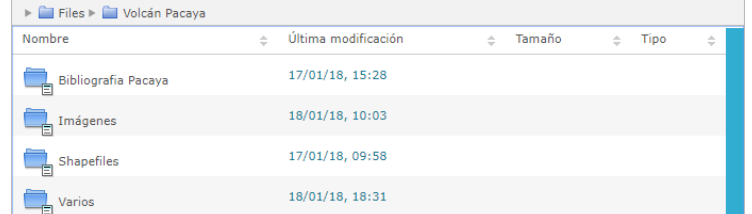
Tabla 8: Resumen de información cargada en el aula virtual previo a la tercera jornada RIESCA-enero-2018.

CARPETA	ESTRUCTURA																								
Biblioteca Virtual RIESCA El Salvador VULCANOLOGIA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Última modificación</th> <th>Tamaño</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Caldera de Ilopango</td> <td>19/10/17, 14:50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Datos Monitoreo Volcánico</td> <td>19/10/17, 09:05</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volcán San Miguel (Chaparrastique)</td> <td>19/10/17, 14:50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volcán San Salvador-comportamiento anual y líneas bases</td> <td>19/10/17, 14:20</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volcán Santa Ana (Iamatepec)</td> <td>19/10/17, 14:50</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Última modificación	Tamaño	Tipo	Caldera de Ilopango	19/10/17, 14:50			Datos Monitoreo Volcánico	19/10/17, 09:05			Volcán San Miguel (Chaparrastique)	19/10/17, 14:50			Volcán San Salvador-comportamiento anual y líneas bases	19/10/17, 14:20			Volcán Santa Ana (Iamatepec)	19/10/17, 14:50		
Nombre	Última modificación	Tamaño	Tipo																						
Caldera de Ilopango	19/10/17, 14:50																								
Datos Monitoreo Volcánico	19/10/17, 09:05																								
Volcán San Miguel (Chaparrastique)	19/10/17, 14:50																								
Volcán San Salvador-comportamiento anual y líneas bases	19/10/17, 14:20																								
Volcán Santa Ana (Iamatepec)	19/10/17, 14:50																								
Biblioteca Virtual RIESCA Nicaragua VULCANOLOGIA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Última modificación</th> <th>Tamaño</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Apoyeque-Nejapa-Miraflores</td> <td>13/12/17, 10:59</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cerro Negro</td> <td>29/11/17, 10:05</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Concepción</td> <td>29/11/17, 09:51</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masaya</td> <td>29/11/17, 09:51</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Momotombo</td> <td>29/11/17, 11:14</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Última modificación	Tamaño	Tipo	Apoyeque-Nejapa-Miraflores	13/12/17, 10:59			Cerro Negro	29/11/17, 10:05			Concepción	29/11/17, 09:51			Masaya	29/11/17, 09:51			Momotombo	29/11/17, 11:14		
Nombre	Última modificación	Tamaño	Tipo																						
Apoyeque-Nejapa-Miraflores	13/12/17, 10:59																								
Cerro Negro	29/11/17, 10:05																								
Concepción	29/11/17, 09:51																								
Masaya	29/11/17, 09:51																								
Momotombo	29/11/17, 11:14																								
Biblioteca Virtual RIESCA Guatemala VULCANOLOGIA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Última modificación</th> <th>Tamaño</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volcán Fuego</td> <td>17/01/18, 09:52</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volcán Pacaya</td> <td>17/01/18, 09:58</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volcán Santiaguito</td> <td>18/01/18, 09:11</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Última modificación	Tamaño	Tipo	Volcán Fuego	17/01/18, 09:52			Volcán Pacaya	17/01/18, 09:58			Volcán Santiaguito	18/01/18, 09:11										
Nombre	Última modificación	Tamaño	Tipo																						
Volcán Fuego	17/01/18, 09:52																								
Volcán Pacaya	17/01/18, 09:58																								
Volcán Santiaguito	18/01/18, 09:11																								

Durante la tercera jornada de trabajo, se elaboró información que está depositada en las respectivas Bibliotecas de los países en la carpeta “En Progreso” según la siguiente estructura. (Tabla 9). Esta información es compartida con los asesores italianos y su objetivo es ir verificando el avance de los productos que se generarán durante el segundo año del proyecto y serán colocados en las carpetas Resultados de cada Biblioteca de los países involucrados. Estas carpetas contienen la información referente a:

- Diagramas de análisis del comportamiento de los vientos en el área de las estructuras volcánicas (10 años de registro de datos obtenidos mediante el programa Tephra Prop).
- Tablas resumen de la información de parámetros eruptivos de cada estructura volcánica.
- Mapas de localización ventanas eruptivas pasadas y fisuras.
- Programas para modelación probabilística de la amenaza volcánica.

Tabla 9: Resumen de información cargada en el aula virtual durante la tercera jornada RIESCA-enero-2018.

CARPETA	ESTRUCTURA
Biblioteca Virtual RIESCA El Salvador En Proceso	
Biblioteca Virtual RIESCA Nicaragua En Proceso	
Biblioteca Virtual RIESCA Guatemala VULCANOLOGIA	

5.3.3 Actividades y resultados del primer año.

En el tema vulcanológico la estrategia a seguir ha sido desarrollada en dos componentes:

1. La Generación de Mapas probabilísticos de amenaza volcánica.
2. Fortalecimiento en el monitoreo de la actividad volcánica.

Generación de Mapas Probabilísticos de amenaza.

Como resultado de reuniones realizadas durante el primer año del proyecto entre asesores italianos y participantes centroamericanos, se estableció la estrategia de trabajar con simuladores probabilísticos de amenaza, cambiando así el modelo determinístico con el que se han generado la mayoría de los escenarios de peligrosidad volcánica. De igual forma se realizó la gestión para incorporar un vulcanólogo de la Universidad Autónoma de México (UNAM) en el acompañamiento de programa de elaboración de escenarios volcánicos para lo

cual se ha programado su participación en la jornada RIESCA que se efectuará en el segundo año del proyecto.

Esta importante iniciativa proporciona a la región una metodología que permite evaluar los peligros asociados a erupciones volcánicas, incorporando las ecuaciones probabilísticas para evaluar de manera más cercana a la realidad los alcances de los productos eyectados durante una erupción y el grado de riesgo que estos significan para objetivos de interés particular (asentamientos humanos, infraestructura educativa y hospitalaria, líneas de transmisión, etc.).

Adicionalmente, la transferencia de conocimiento recibida brinda las herramientas para poder replicar el método en otras estructuras volcánicas en los países de la región.

Como zonas piloto fueron seleccionadas el volcán Pacaya (Guatemala), Complejo volcánico Chiltepe-Nejapa-Miraflores (Nicaragua) y el Complejo volcánico San Salvador (El Salvador), en las cuales, durante el primer año del proyecto, se ha efectuado la fase de recopilación de datos bibliográficos para tipificar los diferentes parámetros que describen el rango de escenarios eruptivos ocurridos en la actividad pasada que servirán de entrada a los programas de evaluación de la amenaza volcánica probabilística, esta primera fase busco respuesta a:

- La definición de escenarios por el estilo eruptivo que ha dominado durante erupciones pasadas.
- La línea de tiempo de su aparición.
- El establecimiento de los principales parámetros físicos que controlan la dinámica eruptiva y los depósitos asociados.

Estos datos fueron recopilados previos a la tercera jornada RIESCA y se consolidaron durante la misma, lo que permitió determinar los tipos de escenarios (estilos eruptivos) en los que se enfocará el trabajo para obtener los mapas probabilísticos durante el segundo año del proyecto.

Tabla 10: Resumen de recopilación bibliográfica relacionada al historial eruptivo: Tipo de actividad, productos emitidos, altura de columna y periodicidad observada.



COMPLEJO VOLCÁNICO SAN SALVADOR (EL SALVADOR)							
Estipo eruptivo	Peligro principal	Altura columna (km)	Masa (kg x 10 ⁹)	Tamaño de clásto	Densidad del clásto (kgm ⁻³)	N° de eventos	Otras amenazas
Estromboliana	Caída de tefra	2 a 4	1 a 15	Mdφ -6 a -3 σφ 1 a 2	1200 a 1800		Balísticos Flujos de lava
Maars	Balísticos Corrientes piroclásticas densas (PDC)			Mdφ -1 a 1 σφ 1.5 a 2.5	1500 a 2600		
Freatomagmatica	Corrientes piroclásticas densas (PDC)		0.3 a 3	Mdφ -1 a 1 σφ 1.5 a 2.5			Caída de cenizas Balísticos
Pliniana / subpliniana	Caída de tefra	12 a 28	500 a 1500	Mdφ -1 a -2.5 σφ 2 a 2.5	500 a 1200		Corrientes piroclásticas densas (PDC)
COMPLEJO VOLCÁNICOS CHILTEPE- NEJAPA - MIRAFLORES (NICARAGUA)							
Estipo eruptivo	Peligro principal	Altura columna (km)	Masa (kg)	Tamaño de clásto	Densidad del clásto (kgm ⁻³)	N° de eventos	Otras amenazas
Pliniana/Subpliniana	Caída	20-31 km	1.2x10 ¹¹ /3x10 ¹²	Mdφ -1 a -2.5 σφ 2 a 2.5		4	Corrientes piroclásticas densas (PDC)
Maar	Balísticos					5	Corrientes piroclásticas densas (PDC)
Estromboliana	Caída de tefra			Mdφ -6 a -3 σφ 1 a 2		2	Caída, Lava, Balísticos
Pliniana / Freatomagmatica	Caída de tefra	12-40 km	0.5x10 ¹² /2x10 ¹²	Mdφ 3 a 4 σφ 3 a 4		3	Corrientes piroclásticas densas (PDC) Balísticos
Freatomagmatica	Caída de tefra			Mdφ 3 a 4 σφ 3 a 4		6	Corrientes piroclásticas densas (PDC)
Fisural	Lava			σφ 2 a 2.5		2	
VOLCAN PACAYA (GUATEMALA)							
Estipo eruptivo	Peligro principal	Altura columna (km)	Masa (kg)	Tamaño de clásto	Densidad del clásto (kgm ⁻³)	N° de eventos	Otras amenazas
Estromboliana	Caída de ceniza	2 a 5	0.2	0.64mm-2cm		19	Flujos de lava y balísticos
Estromboliana Fuerte	Caída de ceniza	3 a 7	0.3	≤2cm		9	Flujos de lava y balísticos
Vulcaniana	Caída de ceniza	3 a 10				3	Flujos de lava, balísticos, colapso del cono, avalanchas de escombros y pequeño flujo piroclástico
Efusiva	Flujos de lava	-				11	Caída de material volcánico de diversos tamaños,
Freatomagmatica	Caída de ceniza	3 a 8				2	Caída de bloques

Dada la periodicidad de productos registrados en el historial eruptivo de las tres zonas de estudio, se tomó la decisión de iniciar la modelación de peligros asociados a:

1. Caída de tefra.
2. proyectiles balísticos.
3. Flujos de Lava.

Para el logro de los objetivos establecidos se han propuesto los siguientes softwares de simulación de acceso libre (Tabla 11).

Tabla 11 Programas de simulación.

SOFTWARE	PELIGRO	DESCRIPCION
TephraProb (Biass et al., 2016)	Caída de tefra	<p>TephraProb ofrece un entorno integrado para producir evaluaciones de riesgo probabilísticas para la caída de tefra a través de una interfaz de Matlab fácil de usar y utilizando el modelo de advección-difusión Tephra2 (Bonadonna et al, 2005). El paquete se puede dividir en tres secciones principales, que incluyen módulos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Recupera, procesa y analiza los datos de entrada necesarios para las evaluaciones probabilísticas de la lluvia radiactiva de tefra (es decir, cuadrícula de cálculo, condiciones del viento, historia eruptiva). ➤ Crea distribuciones de Parámetros de Fuente de Erupción (ESP) para varios tipos de erupciones y varios escenarios de erupción probabilística. ➤ Postproceso de los resultados y compilar productos completos (es decir, mapas de probabilidad, curvas de riesgo, mapas probabilísticos de la isomasa).
Great Ball of Fire (Biass et al., 2016)	Caída de proyectiles balísticos	<p>El modelo Great Balls of Fire (GBF) se ejecuta en la máquina virtual Java. El cálculo es principalmente intensivo de la CPU, ya que cada trayectoria de la bomba se calcula de forma independiente. El postproceso de la salida GBF se logra mediante el proceso script GBF.m Matlab. Además, los resultados se pueden visualizar utilizando la secuencia de comandos GBG.m de visualización. Utiliza dos enfoques para transformar los resultados del modelo GBF (es decir, impactos discretos) en probabilidades de impactos para superar los valores peligrosos de las energías cinéticas.</p>
MrLavaLoba Mattia de' Michieli Vitturi and Simone Tarquini (2017)	Flujo de Lava	<p>En este código, la lava erupcionada se detalla en parcelas que tienen forma elíptica y volumen prescrito. Las nuevas parcelas brotan de las existentes de acuerdo con una ley probabilística influenciada por la dirección de pendiente más empinada local y por ajustes de entrada reajustables. Las entradas principales son topografía y volumen erupcionado. La lava emanada por la boca eruptiva se detalla en paquetes (o lóbulos). El código recombina en un único procedimiento probabilístico dos elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> el desplazamiento de la lava que fluye cuesta abajo, el asentamiento de paquetes de lava a lo largo del camino. <p>Un espectro de parámetros ajustables determina la progresión cuesta abajo del flujo (es decir, la extensión de la trayectoria del flujo), que se obtiene posicionando iterativamente nuevas parcelas de lava en su posición final permanente. En la práctica, la distribución de parcelas de lava sobre la topografía previa al emplazamiento se obtiene sin abordar directamente la complejidad de la dinámica del transporte sino a través de reglas probabilísticas mucho más simples: una que da la dirección de propagación de nuevos lóbulos y otra que determina dónde brotan los nuevos lóbulos.</p>



Los programas se encuentran disponibles en el Aula Virtual.

El trabajo realizado, en este apartado, durante la tercera jornada RIESCA desarrollado en El Salvador entre el 22 al 27 de enero 2018 se centró en los siguientes aspectos .

- ✓ Explicación de los programas probabilísticos de simulación.
- ✓ Consolidación de datos.
- ✓ Metodología de muestro en campo.
- ✓ Incorporación de datos base en sistema GIS.
- ✓ Instalación y configuración de un programa de simulación.
- ✓ Obtención de datos estadísticos de vientos.
- ✓ Obtención de líneas de periodicidad y probabilidad de erupciones según su Índice de Explosividad Volcánica (IEV).

Con el objetivo de organizar la información disponible en una geo-base de datos, se descargó la información disponible en un Sistema de Información Geográfica (SIG) el cual servirá para estipular la probabilidad de apertura de bocas eruptivas en el caso de campos volcánico monogenético, calderas, estratovolcanes con actividad lateral o volcanes cortados por tendencias tectónicas regionales.

Para esto se generaron archivos con datos geospaciales con la siguiente información para las tres zonas de estudio (Figura 24):

- Mapa topográfico (o DEM).
- Diferentes escenarios de erupción y respiraderos relacionados.
- Posición de las fuentes eruptivas pasados.
- Red de fractura y fisuras.
- Posición de las fallas principales.

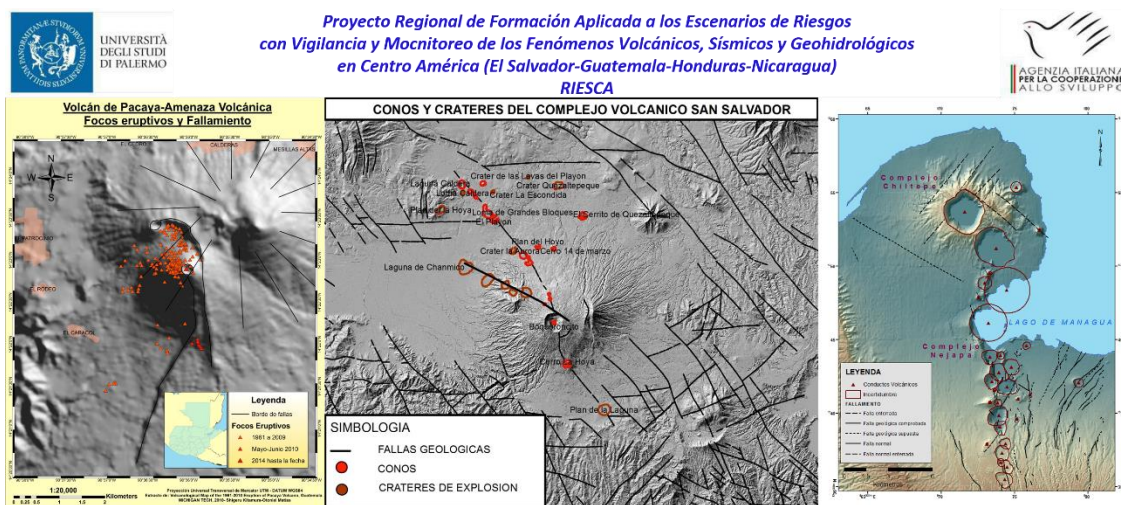


Figura 24: Mapas generados en ArcGIS durante la tercera jornada RIESCA de sistemas estructural y bocas eruptivas de las tres zonas de estudio.

En el segundo año de trabajo se generan las funciones de probabilidad para cada conjunto de datos (zonas de estudio) destinado a producir un mapa de probabilidad de apertura de bocas eruptivas mediante el uso de núcleos apropiados que distribuyen la densidad dentro de un área determinada.

Paralelamente durante lo jornada, se instaló el programa TephraProb, y se realizaron las configuraciones necesarias en el programa MatLab para su utilización. Como resultado se ha obtenido a través del programa las estadísticas de viento para un periodo de 10 años (Figura 25) y las gráficas del historial eruptivo y probabilidad de ocurrencia (Figura 25).

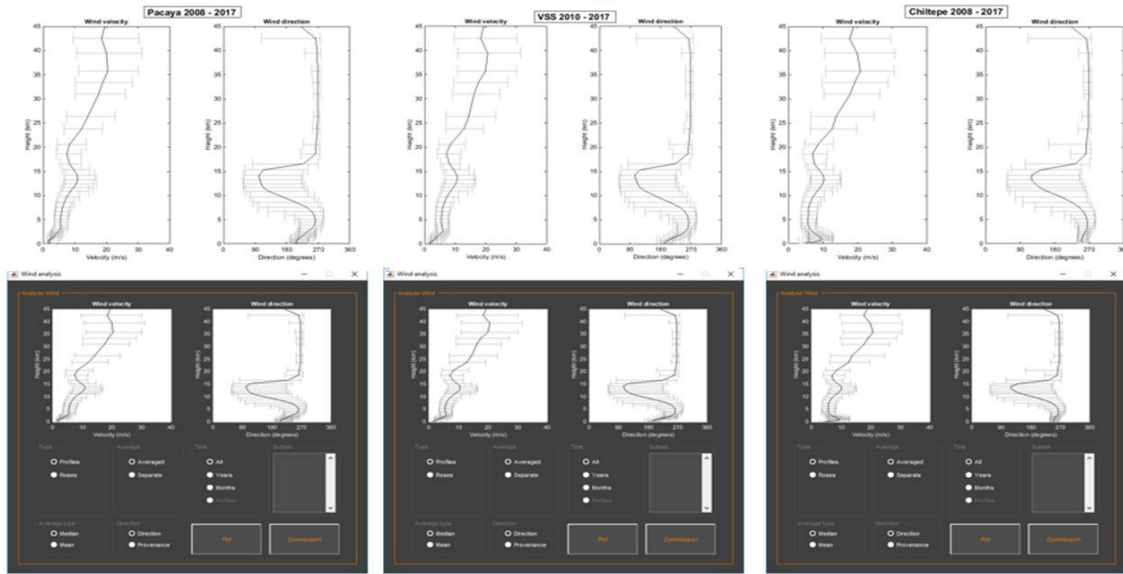


Figura 25: Estadísticas de dirección y velocidad de vientos, para el periodo 2008-2017 de las tres zonas de estudio. La interfase del programa permite la visualización de estadísticas por periodo, mes o acumulado anual, además de presentar la rosa de vientos de cada estrato de la atmosfera. La base de datos NOAA al que encuesta el programa proporcionan condiciones de viento en una cuadrícula de resolución 2.5° y en 17 niveles de presión. Un máximo de 4 perfiles de viento está disponible todos los días a las 00, 06, 12 y 18 h UTC.

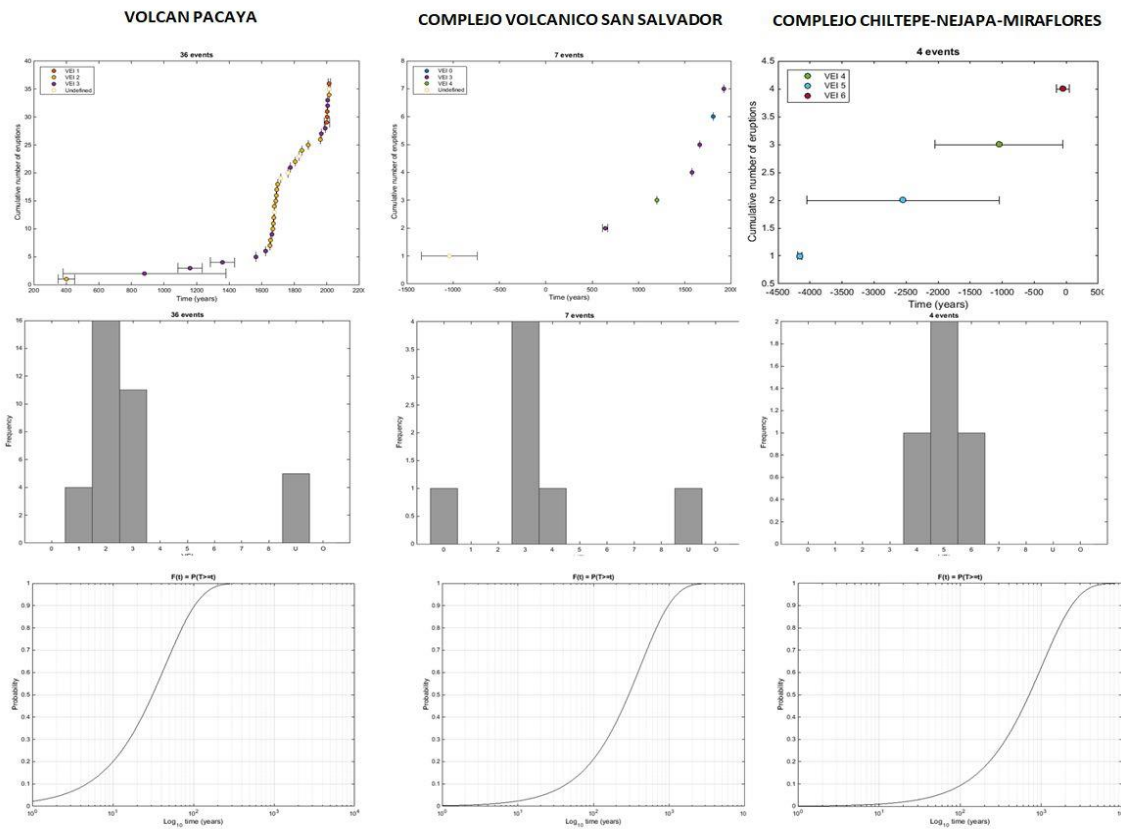



Figura 26: Estadística y curva de probabilidad de la actividad eruptiva de las tres zonas de estudio.

No obstante que la salida de datos del historial eruptivo es procesada por el programa de la información disponible en el Global Volcanism Program (GVP), se está trabajando en elaborar una reconstrucción eruptiva más detallada para cada zona volcánica, la cual será integrada a la configuración de los datos de entrada de TephraProb para que reprocese el establecimiento de probabilístico de recurrencia.

 Los archivos generados están disponibles en el Aula Virtual en formato *.zip (>85000 archivos generados distribuidos en 102 carpetas).


Todos los productos obtenidos durante esta fase de trabajo representan insumos en base a los cuales se generarán los mapas de amenaza probabilísticos para cada área volcánica seleccionada. Los productos finales de los mapas probabilísticos serán obtenidos durante los meses que siguen mediante un trabajo de refinamiento de la información y el modelamiento de la amenaza.

Fortalecimiento en monitoreo volcánico.

Durante el primer año del proyecto, en los meses de marzo y junio se realizaron dos jornadas de monitoreo de gases volcánicos utilizando equipo MultiGas desarrollado en la Universidad de Palermo, durante éstas, se efectuó la medición de gases en los volcanes de Santa Ana (2), San Miguel (1) y Pacaya (1).

Como parte del fortalecimiento instrumental, El Salvador solicitó al coordinador del proyecto, la construcción de un equipo MultiGas con el objetivo fortalecer el monitoreo de gases en la región.

El equipo fue ensamblado y preparado en el laboratorio de Geoquímica. Durante la tercera jornada RIESCA el equipo fue entregado durante la tercera jornada RIESCA y un grupo de profesionales de Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador fue capacitado en su utilización con el respectivo componente de transferencia de conocimiento que se dio durante la jornada de trabajo, estableciendo los procedimientos de captura y análisis de datos que permitan dar una interpretación de la dinámica que presenta un volcán. Esta nueva técnica de monitoreo fortalece a la red de monitoreo instalado que sistemáticamente se ejecuta en las estructuras volcánicas.

 Los datos obtenidos a través de esta nueva técnica de monitoreo están disponibles en el aula virtual.

5.3.4 Productos planificados para el segundo año del proyecto

Como se mencionó en el apartado 3.1 se ha dado inicio a la recolección de datos para modelar la amenaza probabilística generada por “Caída de Ceniza”, para lo cual se han generado los datos de entrada de vientos, y los diferentes parámetros físicos para los escenarios seleccionados a través de la plataforma TephraProb.

Durante el segundo año del proyecto se realizarán las siguientes acciones:

a) Generación de Mapas probabilísticos de amenaza volcánica:

- Construcción de la carpeta denominada GRID (por la estructura del programa) y consiste en construir el modelo de dispersión Tephra2 (Bonadonna y Houghton, 2005), que requiere un conjunto de puntos de cálculo en la que se computará la acumulación de tefra, evaluando posteriormente el riesgo probabilístico que se realiza típicamente en una grilla de puntos para producir mapas de probabilidad. De igual forma se generará la función de puntos de interés donde se calcularán las curvas de riesgo (asentamientos humanos, infraestructura educativa y hospitalaria, líneas de transmisión, etc.).
- Corrida del programa para generar escenarios de caída de tefra para erupciones plinianas y vulcanianas.
- Incorporación de los mapas de isomasa generados con el simulador al SIG.
- Generación de mapas de probabilidad para la apertura del respiradero considerando la probabilidad de apertura de futuras fuentes eruptivas con cuantificación de incertidumbres para el desarrollo de funciones de probabilidad para cada conjunto de datos destinado a producir un mapa de probabilidad de apertura de ventilación mediante el uso de núcleos apropiados que distribuyen la densidad dentro de un área determinada.
- Definición de posibles escenarios eruptivos y de correlados fenómenos de peligrosidad, la línea de tiempo de su aparición esperada y los principales parámetros físicos que controlan la dinámica eruptiva para las tres áreas piloto seleccionadas.
- Instalación y configuración de los códigos Great Ball of Fire y MrLavaLoba.
- Generación de escenarios por amenaza de proyectiles balísticos para el volcán Pacaya y Complejo volcánicas San Salvador.
- Generación de escenarios por amenaza de flujos de lava para el volcán Pacaya.

b) Fortalecimiento en el monitoreo de la actividad volcánica:

Un segundo objetivo para el año II es el uso de equipo Multi-GAS RIESCA para realizar estudios periódicos de gas volcánico en volcanes clave en El Salvador, incluyendo San Salvador, Santa Ana, San Vicente y San Miguel. Los datos adquiridos serán archivados en AULA VIRTUAL e interpretados / modelados con el objetivo de:

- Identificar variaciones de fondo en la composición del gas volcánico durante la quietud del volcán.
- Establecer modelos para los procesos que rigen la composición del gas
- Identificar posibles parámetros infiltrados (firmas) útiles para identificar el cambio de la actividad (por ejemplo, un volcán entrando en una fase de “unrest”).
- Contribuir al monitoreo de volcanes y la evaluación de riesgos volcánicos en Centroamérica.

c) Metodología de transferencia de información a los sistemas de Protección Civil.

El objetivo final del proyecto RIESCA es transferir los productos elaborados a las entidades encargadas de salvaguardar la vida humana en la región. En este sentido, durante la programación del segundo año del proyecto, se dará el acompañamiento necesario para la sociabilización de los mapas de amenaza volcánica que se generen y puedan ser utilizados en los planes de contingencia en caso de reactivación eruptiva, brindando las capacitaciones necesarias que alcancen con énfasis a la población que se encuentra en las zonas de máximo riesgo.

Adicionalmente, el fortalecimiento en el monitoreo, será utilizado para reforzar los umbrales que dictan el estado de actividad de un volcán y que pueda ser incorporado a los Sistemas de Alerta Temprana existentes con el fin de brindar la información necesaria en caso de intranquilidad volcánica que pueda desencadenar una erupción.

Integrantes del grupo de trabajo vulcanología.

N°	Nombre	Institución	Teléfono	Correo
1	Eduardo Gutiérrez	MARN	(+503)79894664	egutierrez@marn.gob.sv
2	Mélida Pilar Schliz A.	IGG-CIGEO/UNAN-MANAGUA	(+505)88122336	sidselena@gmail.com
3	Carla Chun Quinillo	INSIVUMEH	(+502)55955600	refma.cq7@gmail.com
4	Manuel Barrios	MARN	(+503)78240197	mbarrios@marn.gob.sv
5	Rodolfo Castro	MARN	(+503)79863203	rcastro@marn.gob.sv
6	Raffaello Cioni	UNIFI	(+39)3498376447	raffaello.cioni@unifi.it
7	Alessandro Aiuppa	UNIPA	(+39)339239085	alessandro.aiuppa@unipa.it
8	Francisco Montalvo	MARN	(+503)78626903	fmontalvo@marn.gob.sv
9	Demetrio Escobar	MARN	(+503)78560850	descobar@marn.gob.sv
10	Ana Mirian Villalobos	MARN	(+503)75335486	avillalobos@marn.gob.sv
11	Francisco Campos	MARN	(+503)70523180	fcampos@marn.gob.sv
12	Agustín Hernández De La Cruz	UES	(+503)70118118	agusthdc@yahoo.es
12	Rodolfo Olmos	UES	(+503)75752052	rolmos999@yahoo.com
14	Juan José Moreno Ramírez	UES	(+503)71631360	juanjo.estfmo@gmail.com
15	Darío Chávez	UES	(+503)74562804	josedariochavez@gmail.com
16	Dolores Ferres	UNAM	(+52)28501891	Dolomita70@gamil.com



5.4 Taller Geohidrología

5.4.1 Estado del arte de la geohidrología

Un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa refleja la distribución espacial de la probabilidad de este tipo de eventos en un territorio determinado. El grado de susceptibilidad a los movimientos en masa se puede evaluar utilizando un enfoque estocástico. Tal estrategia se basa en el supuesto de que es más probable que el colapso de laderas ocurra bajo las mismas condiciones como en las que se han producido en el pasado y en el presente. El enfoque estocástico permite a un investigador evaluar la probabilidad a movimientos en masa futuros definiendo las relaciones cuantitativas entre la distribución espacial de un conjunto de variables ambientales y la ocurrencia de colapso de laderas. Los métodos estadísticos que han sido más frecuentemente utilizados para cartografiar la susceptibilidad a movimientos en masa en el pasado reciente son: análisis condicional, análisis discriminante, regresión logística, árboles de clasificación y regresión y redes neuronales artificiales. Además, en los últimos años, también se han utilizado el método de regresión MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) para evaluar la susceptibilidad a los movimientos en masa (Conoscenti et al., 2015)

5.4.2 Aula Virtual

Se creó una plataforma llamada aula virtual donde los investigadores del programa RIESCA descargan documentos y material relacionados con los diferentes países, regional y temas de interés en relación al tema de Geohidrología. Cada país tiene una carpeta con la información necesaria para la elaboración del mapa de susceptibilidad a nivel regional, ver tabla 12.

Tabla 12 Información en el aula virtual. Esta es recopilada por países y a nivel de la región del proyecto RIESCA.

País	Shapefiles	DEM	Documentos .pdf	Powerpoint	Excell
Biblioteca regional	- Central_am_carib_faults. -Fallas CA. -geo CA wgs84N16				
El salvador	-Fallas El Salvador: fallas_SAL_wgs84N16 -Geología El Salvador: geo_SAL_wgs84N16	El Salvador (1 m)	-Landslide susceptibility models for storm-triggered multiple occurring debris flows in El Salvador. -Nowcasting-Paz-DataDrivenModels. -Tesis Jose Valles_Fuzzy Committees of conceptual hidrological models an impact of mean areal rainfall	-Evaluación del susceptibilidad del ventilador inducido por ciclones tropicales en Centroamérica aplicación al evento IDA	

			<p>calculation on their performance.</p> <p>-Tesis –Evaluación del peligro por deslizamiento en la colonia Rosat-municipio de Ayutuxpeque.</p> <p>-Tesis –Simulación flujos de escombros utilizando el modelo numérico-dinámico Dan-3D sobre el flanco E de El Picacho.</p>	(2009) en el área de Caldera Ilopango (El Salvador, C. A.)	
Guatemala	<p>Fallas de Guatemala:</p> <ul style="list-style-type: none"> - fallas_GUA_wgs84N 16. -Geología. 	Guatemala (20 m)			Información climática INSUVUM EH
Honduras	<ul style="list-style-type: none"> -Departamentos censo. -higrogeología. -Municipios censo 2001. -Suelos Simmons Castellanos. -Red vial. -Vulnerabilidad vivienda. -Fallas Honduras. -Fallas regionals. -Geológico nacional. Cuadrante i2607vPO12011 CA. -Deformación en roca JICA. -Derrumbes JICA. -Deslizamientos JICA. -Fallas general. -Fallas largas. -Geología estratigrafía. 				

	<p>-Geológico LOTTI UTM.</p> <p>-Geológico Nacional.</p> <p>-Grietas JICA.</p>				
Nicaragua	<p>-Área de estudio RI66.</p> <p>-Cobertura y uso de la tierra.</p> <p>-Curvas de nivel GM_WGS84.</p> <p>-DEM Ometepe (12.5 m).</p> <p>-Escarpes polígonos.</p> <p>-Sismos Ometepe.</p> <p>-Unidades movimientos en masa (litología).</p> <p>-Isosistas Ometepe.</p> <p>-Precipitaciones Ometepe.</p> <p>-Transporte (vías de comunicación).</p> <p>-Fallas Nicaragua.</p> <p>-Geología Nicaragua.</p>		<p>-Baumgartner Denyer, 2006. Evidence for middle Cretaceous accretion, Santa Rosa Accretionary complex.</p> <p>-Case et al., 1984. Map of geological province in the cariggean región.</p> <p>-Ehrenborg, 1996. Volcanic stratigraphy of Tertiary rocks, Nicaragua.</p> <p>-Frishbutter, 2002. Structure of the Managua graben, Nicaragua, from remote sensing images.</p> <p>-Harmon et al., 2015. Crustal and mantle shear velocity structure of Costa Rica and Nicaragua.</p> <p>-La Femina et al., 2002. Bookshelf faulting in Nicaragua.</p> <p>-McBirney and Williams. Origin of Nicaragua depression.</p> <p>-Mcintosh et al., 2002. Marine geophysics Nicaragua-Costa Rica, MARGINS.</p> <p>-Phipps Morgan e al., 2008. Intra-arc extensión Central América.</p> <p>-Van Avendonk et al., 2001. Structure and serpentization of Cocos, Nicaragua-Costa Rica.</p> <p>-Weinberg 1992. Neotectonic development of western Nicaragua.</p>		

			<p>-Nicaragua_geología.</p> <p>-Deslizamiento del volcán Casitas. Scott et al (2004) Catastrophic presentation-triggered_lahar_Casita.</p> <p>Proyecto RI66 Volcán Concepción:</p> <p>- 3. Mapa 3 anexo 5 mapa de pendientes.</p> <p>- 4. Mapa 4 anexo 5 mapa de unidades geológicas vectorial.</p> <p>- 5. Mapa 5 anexo 5 mapa de unidades geológicas Raster.</p> <p>- 6. Mapa 6 anexo 5 mapa de drenajes cartografiados.</p> <p>- 7. Mapa 7 anexo 5 drenajes y buffer.</p> <p>- 8. Mapa 8 anexo 5 drenajes Raster.</p> <p>- 9. Mapa 9 anexo 5 mapa de escarpes y zonas de erosión vectorial.</p> <p>- 10. Mapa 10 anexo 5 mapa escarpes y zonas de erosión y buffer.</p> <p>- 11. Mapa 11 anexo 5 mapa de escarpes y zonas de erosión Raster.</p> <p>- 12.mapa 12 anexo 5 ubicación estaciones meteorológicas.</p> <p>- 13. Mapa 13 anexo 5 isoyetas en la región de estudio.</p> <p>- 14. Mapa 14 anexo 5 mapa ubicación de sismos.</p> <p>- 15. Mapa 15 anexo 5 mapa de isosistas.</p> <p>- 16. Mapa 16 anexo 5 mapa de cobertura y uso de la tierra vectorial.</p>		
--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

			<ul style="list-style-type: none"> - 17. Mapa 17 anexo 5 mapa cobertura y uso de la tierra Raster. - 18. Mapa 18 anexo 5 mapa de fallas vectorial. - 19. Mapa 19 anexo 5 mapa de fallas con zonas de influencia (buffer). - 20. Mapa 20 anexo 5 mapa de fallas con zonas influencia raster. - 21. Mapa 21 anexo 5 mapa de centros poblados. - 22. Mapas 22 anexo 5 mapa de vias de comunicacion. - 23. Mapas 23 anexo 5 mapa de isosistas y fallas. 		
--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

5.4.3 Actividades y resultados del primer año

En la plenaria realizada del 22 al 26 de enero del 2018 en la ciudad de San Salvador el trabajo estuvo organizado en dos fases, la regional y la local.

Fase regional

Se realizó una evaluación preliminar de susceptibilidad a movimientos en masa para los países Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua. Para el cual se utilizó un modelo digital del terreno (DEM) con una resolución de cien metros. Es importante decir que aunque se tenía información a cada treinta metros el tratamiento de la información resultaba muy lento y no se contaba con una computadora con capacidad suficiente para realizarlo.

Se integró una capa de unidades litológicas la cual tuvo que ser uniformizada para los cuatro países, esta capa se había realizado durante el Proyecto Peligrosidades, pero faltaba integrar la información de Honduras. Mediante un procedimiento manual se completaron los límites fronterizos debido a que existían vacíos de información, figura 27.

CENTRO AMÉRICA - FALLAS Y GEOLOGÍA REGIONAL

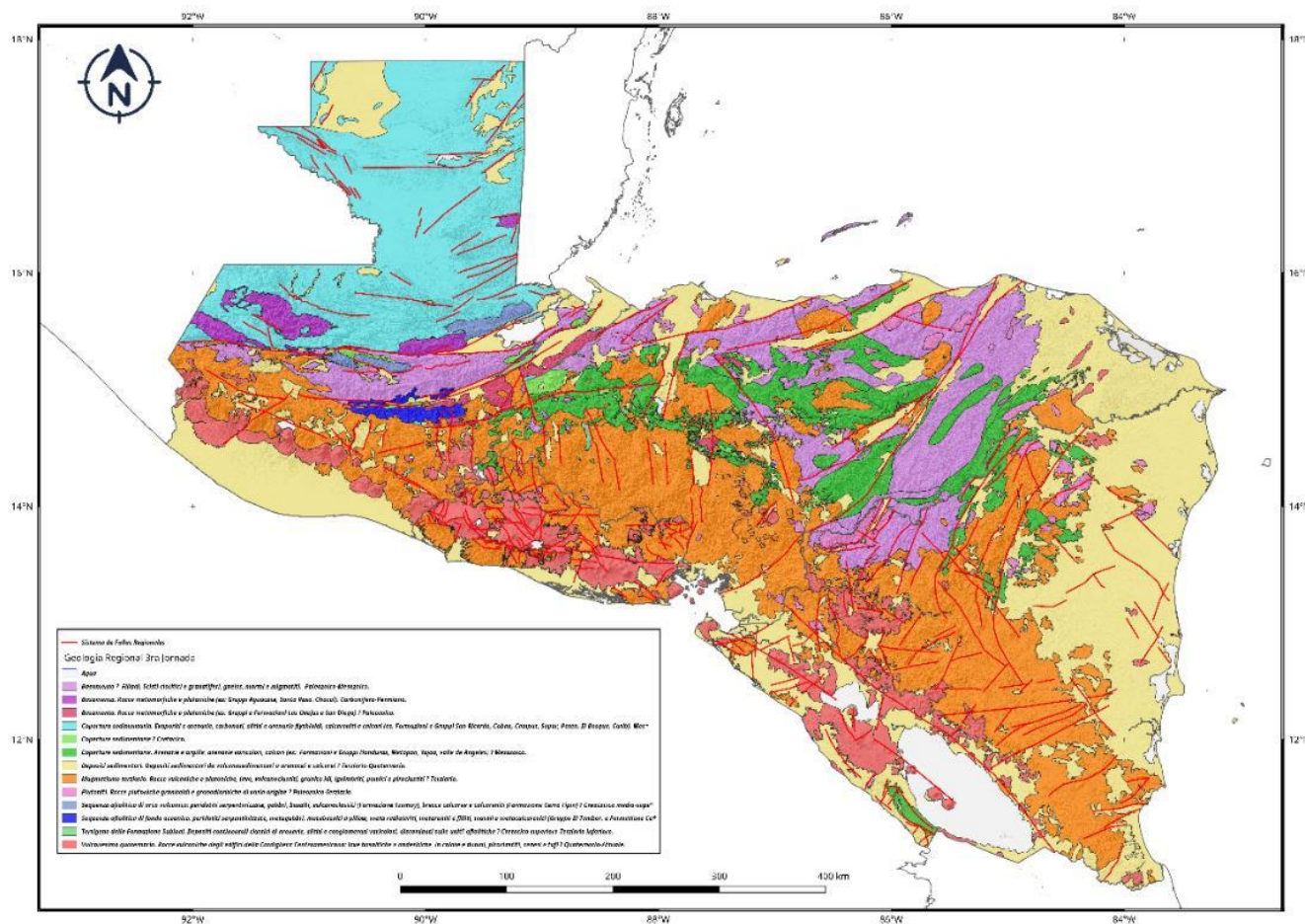


Figura 27. Unidades litológicas y fallas de la región de estudio comprendida por los países de Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua. Correspondiendo a la unificación de la descripción de las unidades geológicas que conforman estos cuatro países Proyecto RIESCA.

Para el manejo espacial de la información se utilizó la técnica denominada MARS (Multivariate Adaptive Regression Spline), la cual también fue utilizada para la modelación del área piloto de Nicaragua. Esta metodología estocástica trata de identificar relaciones funcionales entre la variabilidad regional (areal) de un grupo de variables ambientales y la distribución en el espacio de los deslizamientos. Para este fin, se pueden utilizar varias técnicas estadísticas, entre las cuales se optó por el método MARS que es un algoritmo que establece una relación lineal entre la presencia y ausencia de deslizamiento y las variables independientes, con la posibilidad de dividir el intervalo de las variables en segmentos o fracciones y establecer una relación para cada uno.

Fase local

Tabla 13 Áreas de interés establecidas previamente para cada país RIESCA

PAIS	ÁREA PILOTO	MÉTODO UTILIZADO	VARIABLES	OBSERVACIONES
Guatemala	Cuenca del lago de Amatitlán	MARS	DEM, litología, inventario movimientos en masa, precipitación.	Revisar inventario de movimientos en masa; considerar variables antropogénicas (distancia a carreteras y uso del suelo).
El Salvador	Parte alta de la cuenca del río Acelhuate	MARS	DEM, Precipitación, litología, uso del suelo, inventario de movimientos en masa (MARN y UES).	Completar el inventario sistemático de la zona de estudio
Honduras	Área metropolitana de Tegucigalpa	MATRICIAL	Pendiente, formación geológica, distancia a cuerpos de agua, inventario movimientos en masa.	Es necesario considerar variables antropogénicas (distancia a carreteras y uso del suelo).
Nicaragua	Isla de Ometepe	MARS y Heurístico	Escarpes, pendientes, drenajes, fallas, litología, sismos, precipitación y uso del suelo.	Mejorar el nivel de detalle de las diferentes variables; realizar comprobación de campo de la información levantada; mejorar la resolución de los DEM de Nicaragua.

Para ambas fases es necesario contar con un inventario de movimientos en masa e información meteorológica, especialmente la precipitación. Así como un modelo digital de elevación, del cual se pueden obtener variables como la pendiente, la curvatura y el aspecto.

Datos Guatemala

Se decidió trabajar en la cuenca del río Villalobos y lago de Amatitlán, las cuales se localizan al sur de la ciudad de Guatemala en lo que se constituye como la provincia volcánica, ver anexo1. Del área se tiene información preliminar sobre deslizamientos, figura 28. También se cuenta con información topográfica, geológica, sismo-tectónica, de desarrollo urbano. En esta área se concentran más de dos millones de personas y han ocurrido deslizamientos que han cobrado la vida de cientos de ellas.

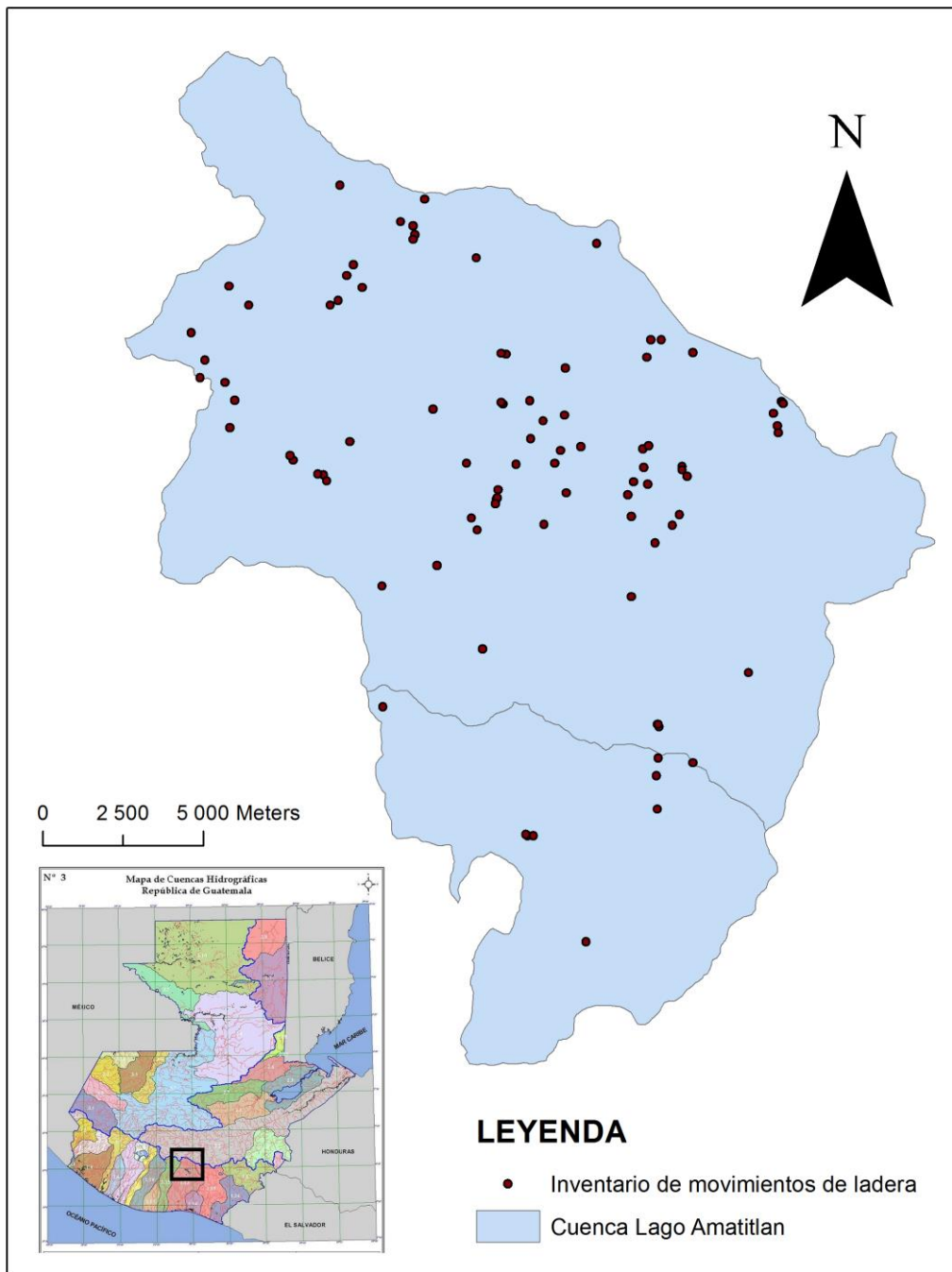


Figura 28. Mapa de localización del área en estudio e inventario de movimientos de ladera. Se observa la distribución de los movimientos de ladera en la región de la cuenca del lago Amatitlan, al sur de Guatemala, con una mayor concentración en la parte norte de esta. Proyecto RIESCA.

Datos El Salvador

El Salvador cuenta con:

- Modelo Digital de Elevación de alta resolución, hasta 1m, apropiado para el tamaño del área piloto y de gran beneficio para los resultados, ya que las variables topográficas son las que más influyen en el resultado de la modelación, figura 29.
- Mapa geológico y de fallas, obtenidos por la misión geológica alemana en 1978, cuya escala es 1:100,000, figura 30.

- Registro de lluvias de lluvias entre 1975 hasta 2016, siendo este el factor desencadenante de deslizamientos más importante en El Salvador, figura 31.
- Base de datos de registros de deslizamientos del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y la Universidad de El Salvador (UES), siendo este último el más detallado para eventos recientes, e incluye eventos de muy bajo volumen, en sectores específicos, figura 32.

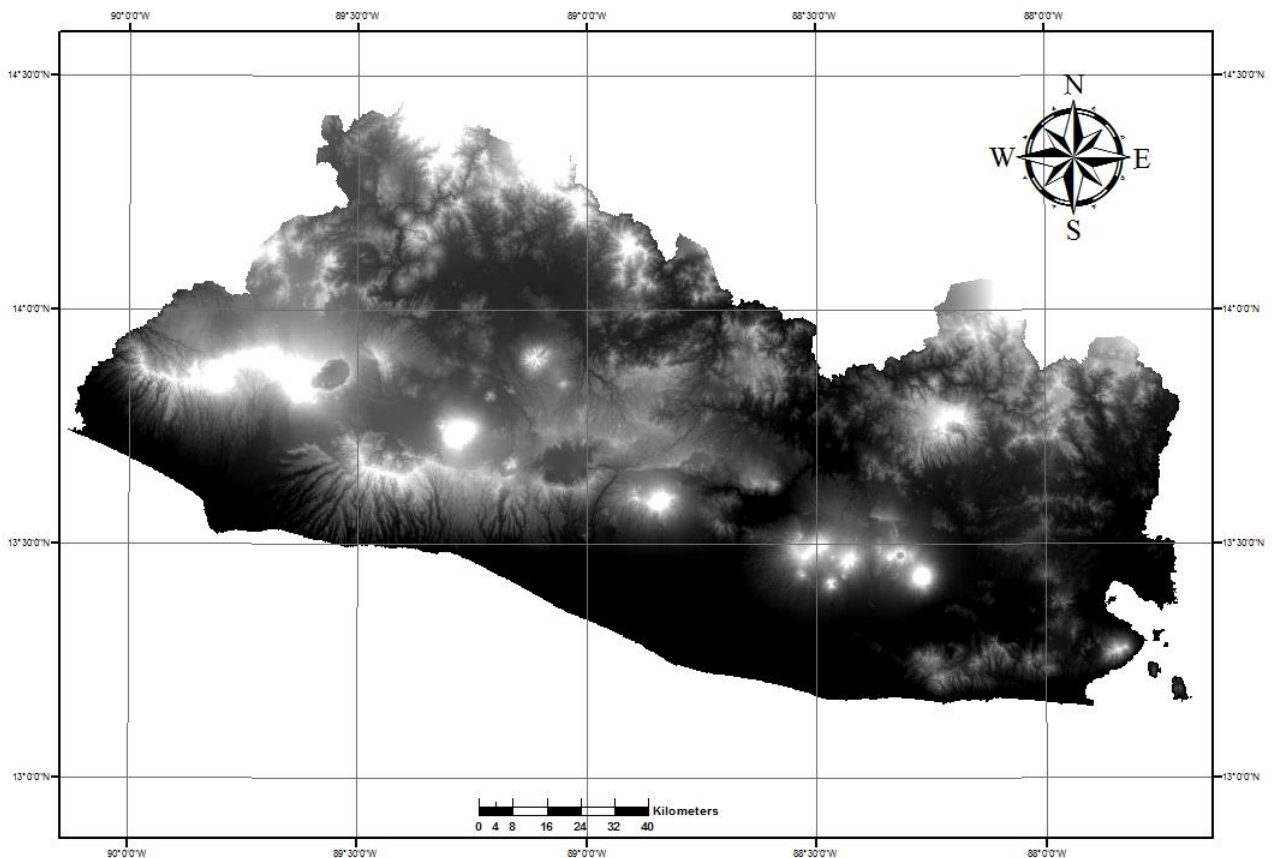


Figura 29. Modelo Digital de Elevación (DEM) de El Salvador con una alta resolución (1 metro). Proyecto RIESCA.

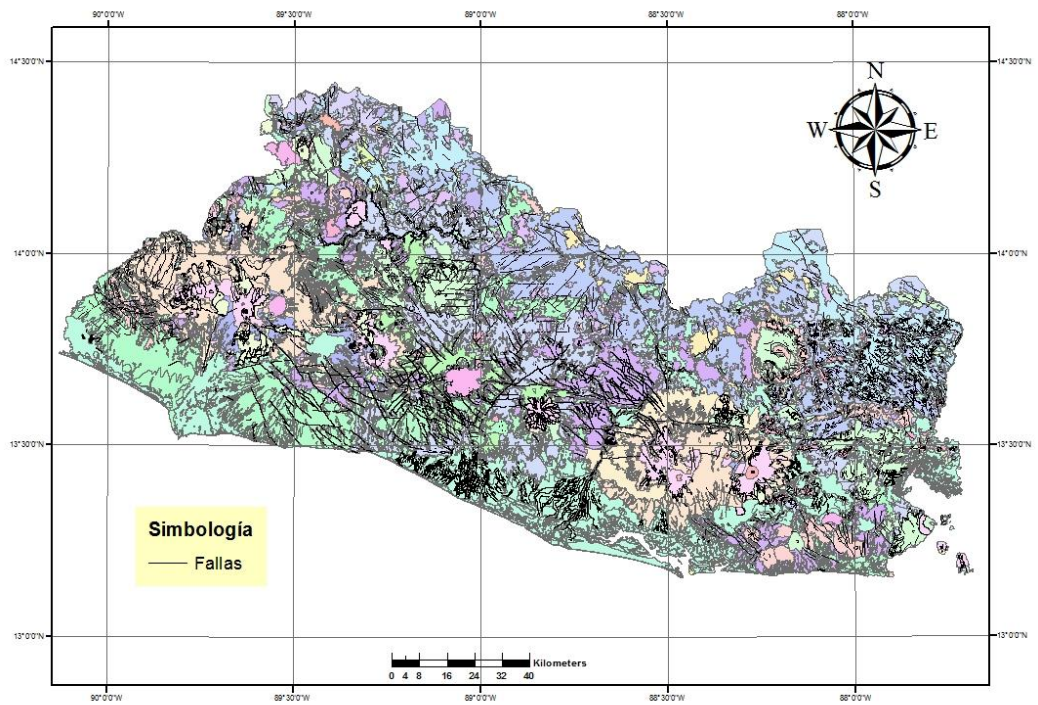


Figura 30. Mapa geológico y de fallas de El Salvador a escala 1:100.000. Elaborado por la misión alemana, 1978. Proyecto RIESCA.

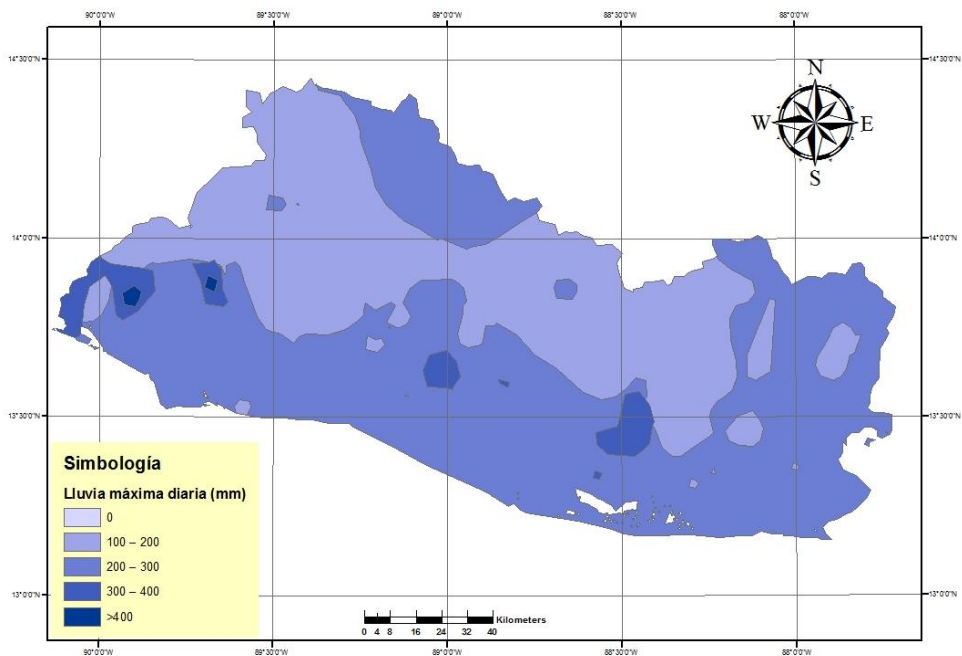


Figura 31. Mapa promedio del máximo de lluvia diaria, correspondiente al registro de datos en el período de 1975 a 2016. Proyecto RIESCA. Las precipitaciones son uno de los factores detonantes de movimientos en masa en El Salvador.

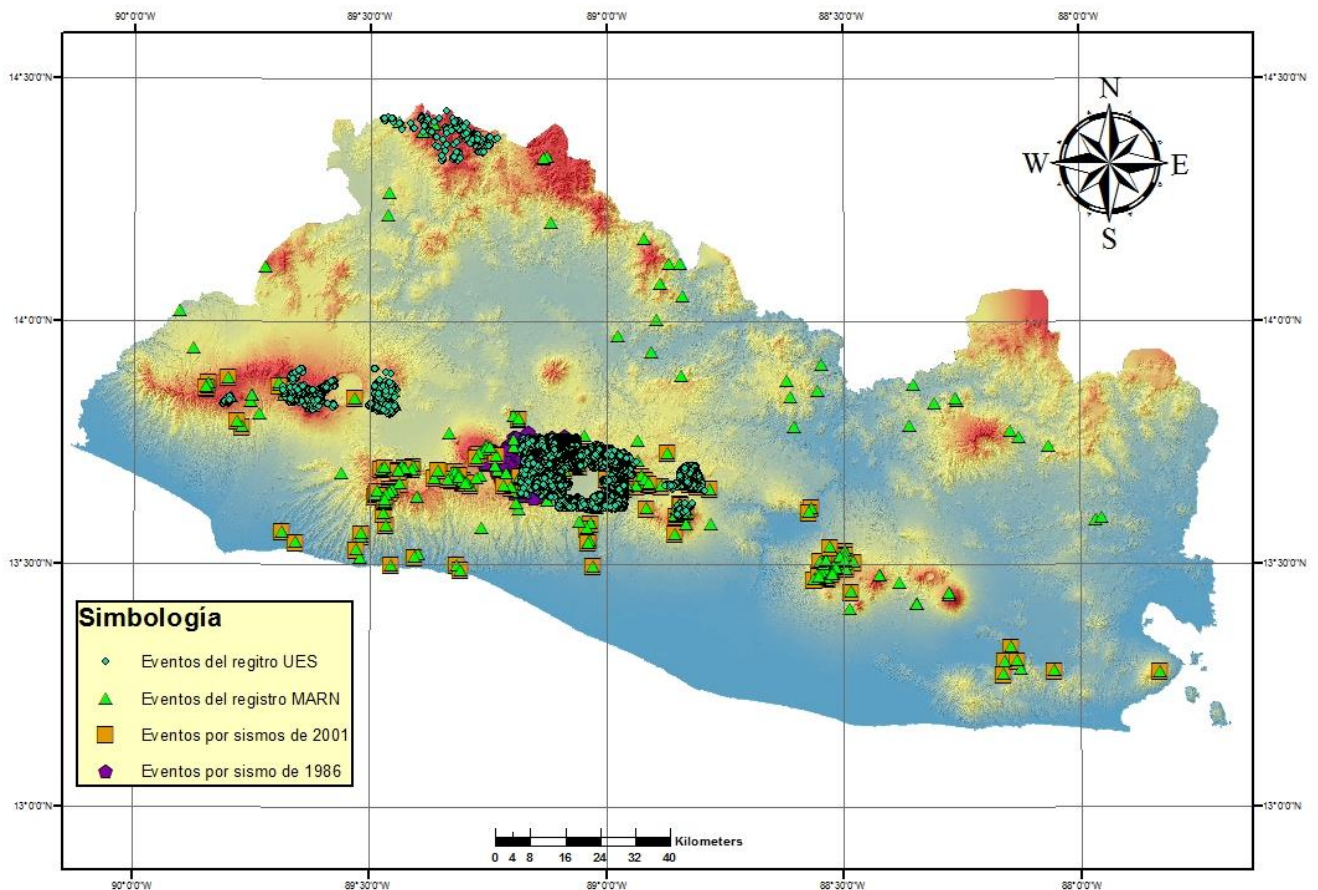


Figura 32. Mapa de localización de deslizamientos. Los puntos azules corresponden a la base de datos del MARN y los rosa a la UES. Se aprecia una mayor concentración de eventos en la parte central, Al norte y al este de El Salvador. Proyecto RIESCA.

Área piloto

La densidad de registros de deslizamientos, dentro del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), provenientes de las bases de datos del MARN y la UES, permitirá la comprobación y validación del modelo, por lo tanto, la zona piloto está constituida por las microcuencas del Arenal de Monserrat, río El Garrobo, río Tomayate, río Las Cañas y parte alta del río Acelhuate, figura 33.

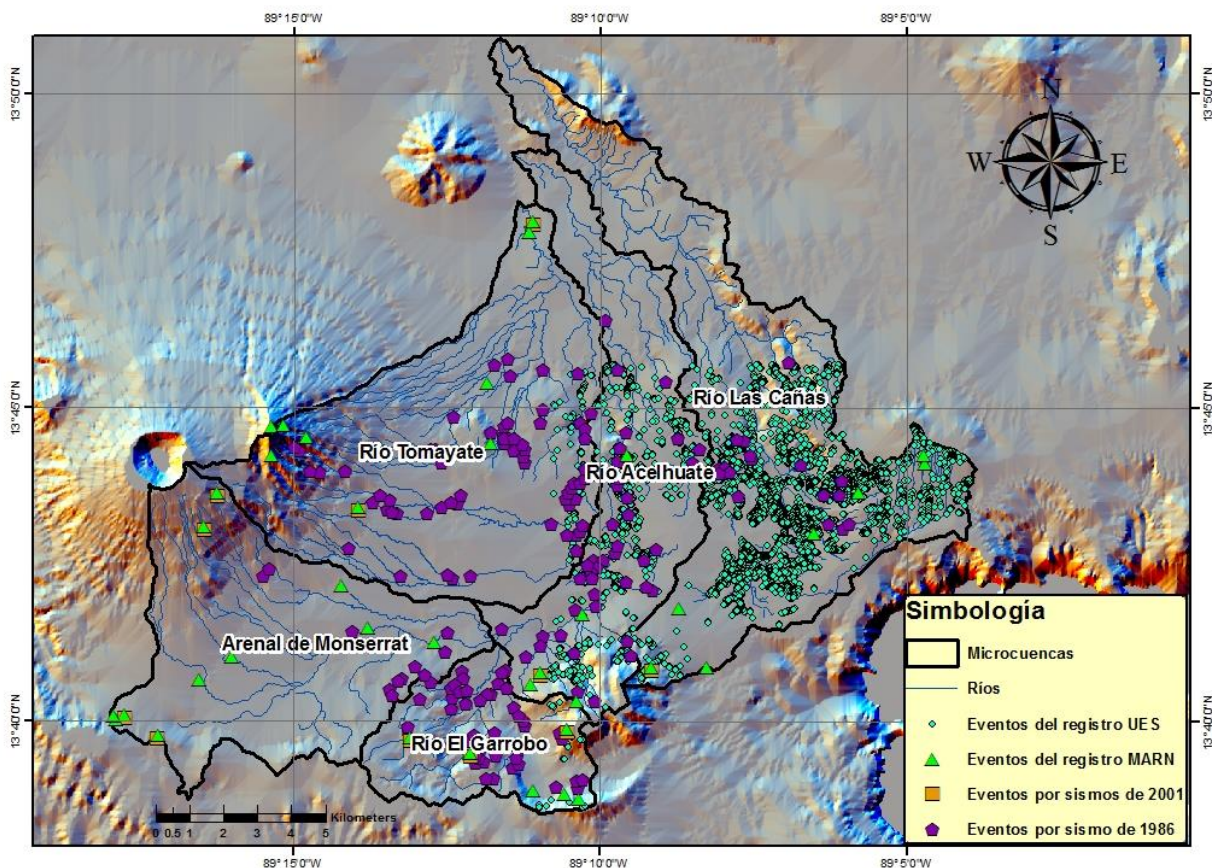


Figura 33. Zona piloto, dentro del AMSS y constituida por las microcuencas de Arenal de Monserrat, río El Garrobo, río Tomayate, río Las Cañas y parte alta del río Acelhuate. Se observa una gran concentración de eventos en la parte este y central. Proyecto RIESCA.

Datos Honduras

En 1998, el Huracán Mitch detonó cientos de movimientos de ladera en toda la ciudad. En el 2014, JICA presentó un inventario de movimientos de ladera generados a partir de la interpretación de fotografías aéreas y en los últimos años también ha desarrollado importantes medidas de estabilización en los sectores de El Berrinche y El Reparto, figura 34.

El sitio piloto en Honduras está localizado en la ciudad de Tegucigalpa donde se ha elaborado un mapa de susceptibilidad a movimientos de ladera utilizando el método matricial (figura 35) que tiene la ventaja de requerir pocos parámetros para la evaluación de la susceptibilidad (Cross, 1998).

Las variables empleadas fueron las formaciones geológicas (15 clases), la pendiente (5 clases) y la distancia a los cuerpos de agua (5 clases). Se analizó la ocurrencia de movimientos de laderas en cada unidad de condición única (combinación de 3 clases, una para de cada variable)

Es necesario evaluar otras variables como el aspecto, curvatura y la distancia a fallas.



B

Figura 34. Deslizamientos más grandes en los últimos 20 años en Tegucigalpa, Honduras. Ambos sitios sufrieron reactivaciones significativas durante el Huracán Mitch en octubre de 1998. **A.** En el deslizamiento de El Reparto, se desplazó un volumen de material de $400,000 \text{ m}^3$. **B.** En el deslizamiento de El Berrinche, se desplazó un volumen de material de $6,000,000 \text{ m}^3$. Las fotografías aéreas fueron tomadas en el 2001 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Proyecto RIESCA.

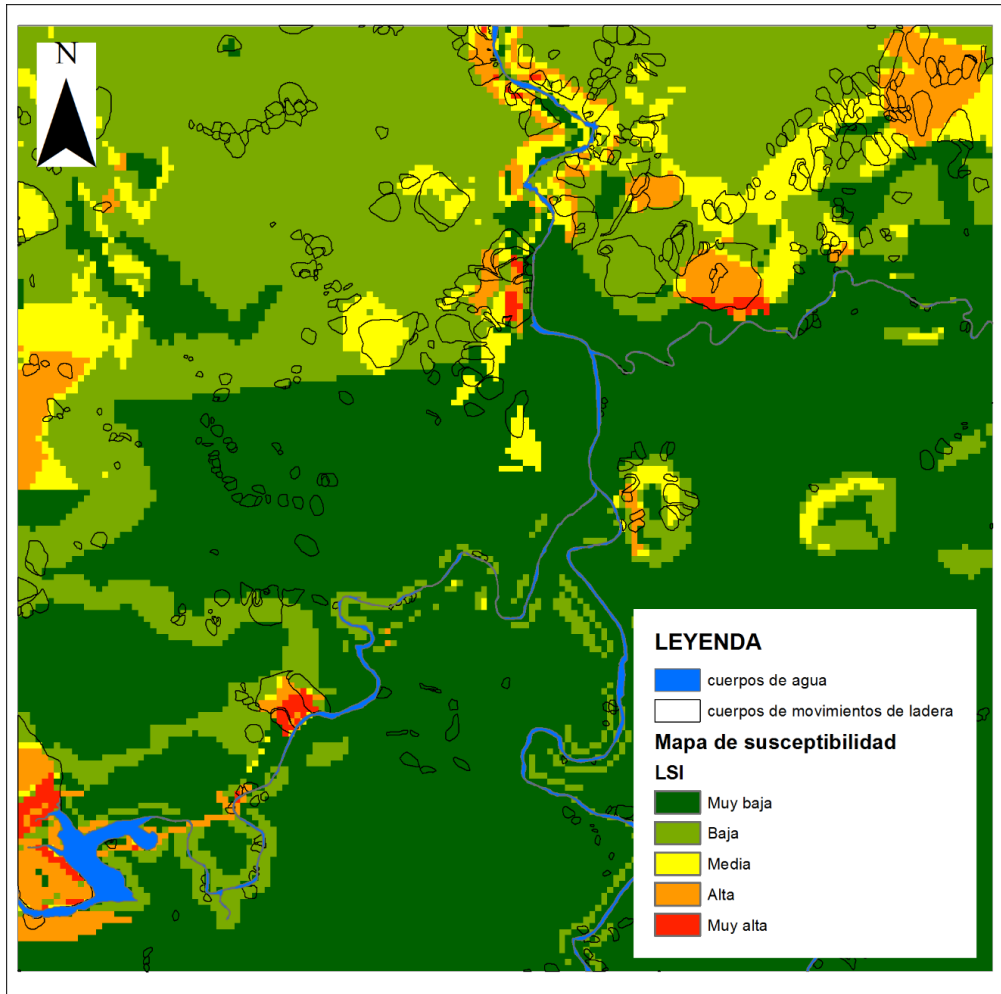


Figura 35. Mapa de susceptibilidad a movimientos de ladera utilizando el método matricial. Gran parte del área presenta una susceptibilidad a los movimientos en masa muy baja. Las zonas con una susceptibilidad muy alta y alta se encuentran en proximidades de los drenajes más importantes. Proyecto RIESCA.

Datos Nicaragua

En Nicaragua los movimientos en masa han generado grandes desastres cobrando gran cantidad de víctimas y pérdidas económicas. En el anexo 2 se puede apreciar el inventario de deslizamientos en Nicaragua y su distribución geográfica. Entre ellos podemos destacar flujo de escombros en el volcán Casitas el 30 de octubre de 1998 causado por el paso del huracán Mitch en la región. Este evento sepultó las poblaciones de El Porvenir y Rolando Rodríguez donde produjo más de 2000 víctimas.

Como zona piloto en Nicaragua se tomó el volcán Concepción en la isla de Ometepe. En este volcán el IGG-CIGEO/UNAN-Managua realizó un estudio de susceptibilidad a movimientos en masa donde se obtuvo como resultado los mapas de litología, drenajes, escarpes de movimientos en masa y zonas de erosión, sismos e isosistas, isoyetas, fallas geológicas, uso de suelos y de pendientes con la ayuda de un modelo digital de elevación de 12.5 metros. Estos mapas y sus datos de atributos constituyeron las variables que permitieron, mediante un método heurístico, generar un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa para el volcán Concepción. Este es un método subjetivo donde los geólogos en base al conocimiento que

tienen de la región le dieron a cada variable un peso que combinadas en un algoritmo y con la ayuda del programa ArcGIS generaron un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:20.000, figura 10. Este mapa permite ver la distribución de las áreas más propensas a la ocurrencia de estos fenómenos tanto en la zona de partida como en las zonas de transporte y acumulación.

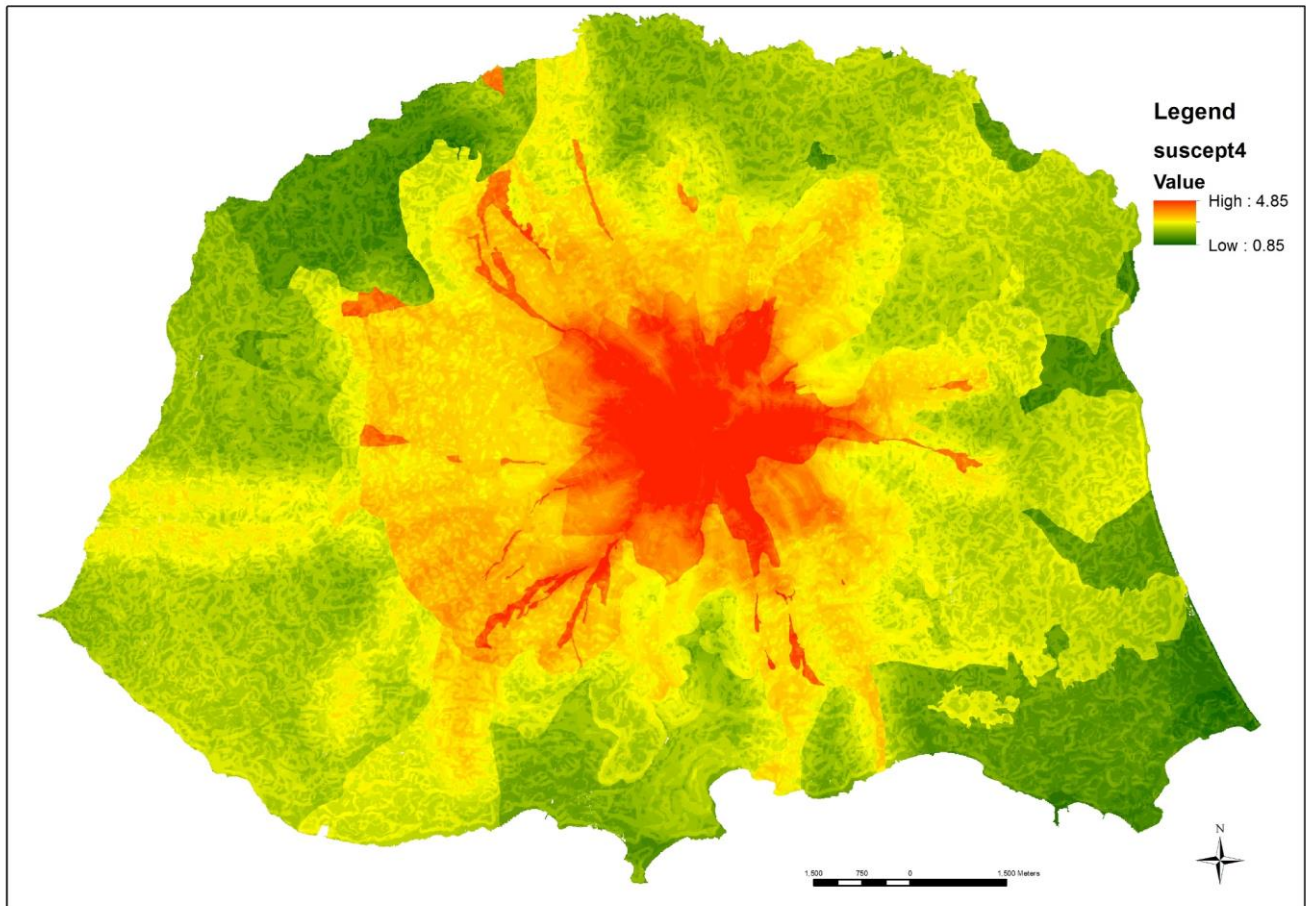


Figura 36. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región del volcán Concepción. Las zonas con una alta susceptibilidad a movimientos en masa se encuentran en las partes con mayor pendiente, materiales no consolidados generados por la actividad volcánica y en el trayecto de los principales drenajes. Proyecto RIESCA.

Este mapa permite identificar en forma clara que los centros poblados y sus obras de infraestructura más expuestos son San Marcos (1918 hab.), La Flor (1815 hab.), La Concepción (936 hab.) (Figura 37), San José del Sur (984 hab.), Sinacapa, Los Ramos (590 hab.), Manos Unidas, Urbaite (2800 hab.) y Sintiope (996 hab.). En cambio, las zonas del aeropuerto, El Pull (al oeste de Altagracia) (1450 hab.), San Lázaro (280 hab.) y El Chipote (al sur de Altagracia) (740 hab.) pueden ser afectadas en menor medida. Las vías de comunicación más afectadas se encuentran entre La Flor y La Polonia, próximo a los Ramos en dirección de Las Cruces y en vecindades de las poblaciones de Sintiope y El Chipote.

Para esta misma región piloto en Nicaragua el equipo de trabajo de hidrogeología del RIESCA liderado por el Dr. Christian Conoscenti generó un mapa de movimientos en masa, figuras 38 y 39, utilizando el método estocástico denominado MARS (Multivariate Adaptive Regression Spline) donde se hace un análisis estadístico de las variables integradas a un algoritmo con la ayuda del programa “R”, figura 40. La importancia relativa de estas variables

se puede apreciar en la figura 41. La representación de los datos estadísticos de este método representados en las figuras 42 y 43 nos muestran un nivel de confiabilidad muy alto.

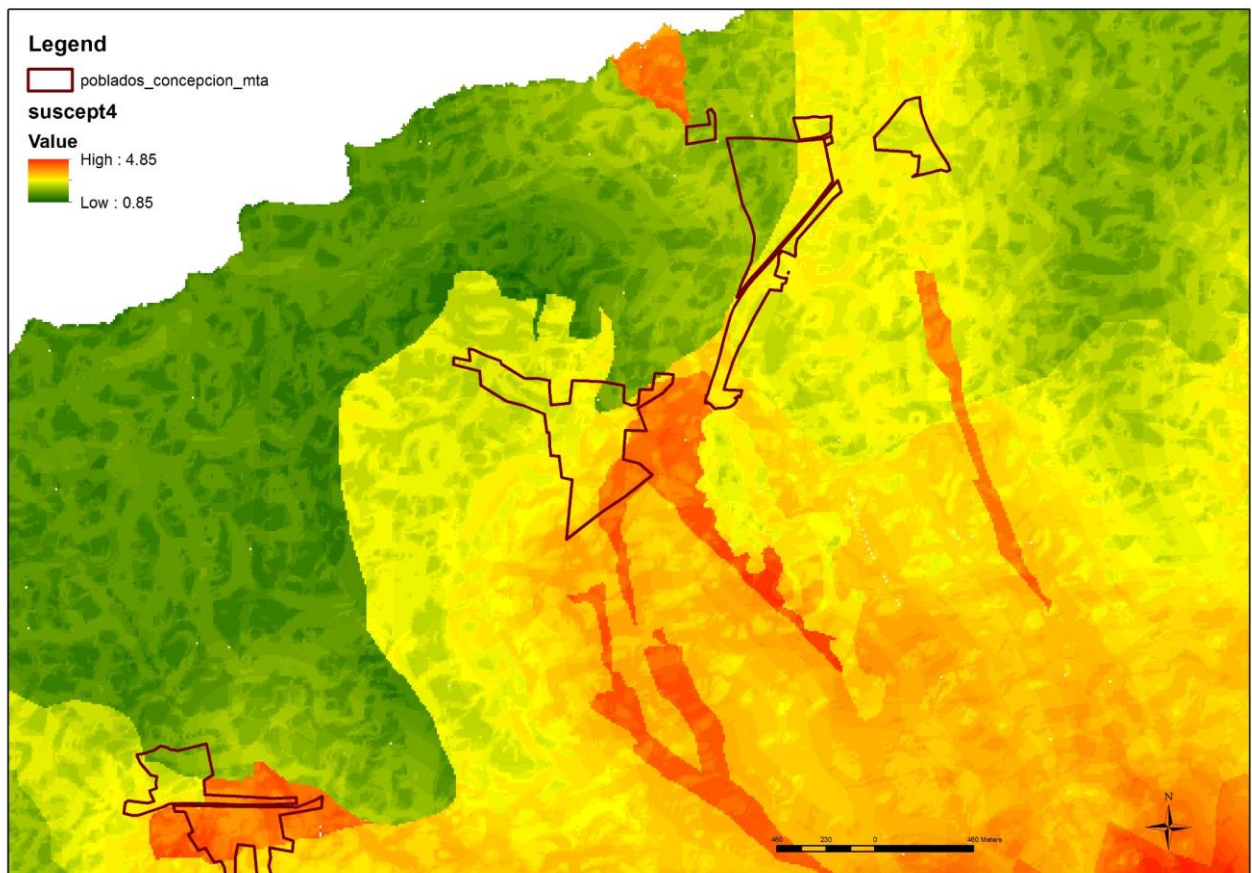


Figura 37. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en los poblados de La Concepción, La Flor y San Marcos de izquierda a derecha respectivamente. Se observa que el poblado de La Concepción tiene una alta susceptibilidad a los movimientos en masa en una gran parte de su superficie, mientras que en La Flor solo está presente al sureste y en San Marcos no existe. Proyecto RIESCA.

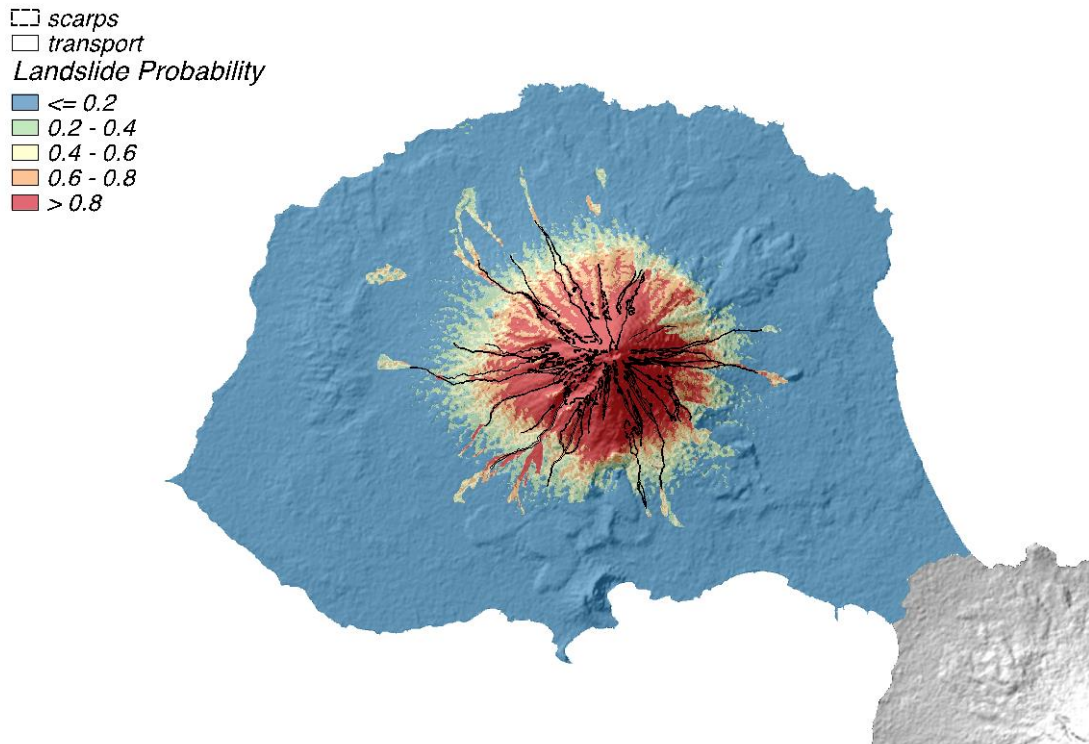


Figura 38. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en el volcán Concepción y su región de influencia generado por el método estocástico. Se puede apreciar una alta similitud en sus resultados con el método heurístico. Proyecto RIESCA.

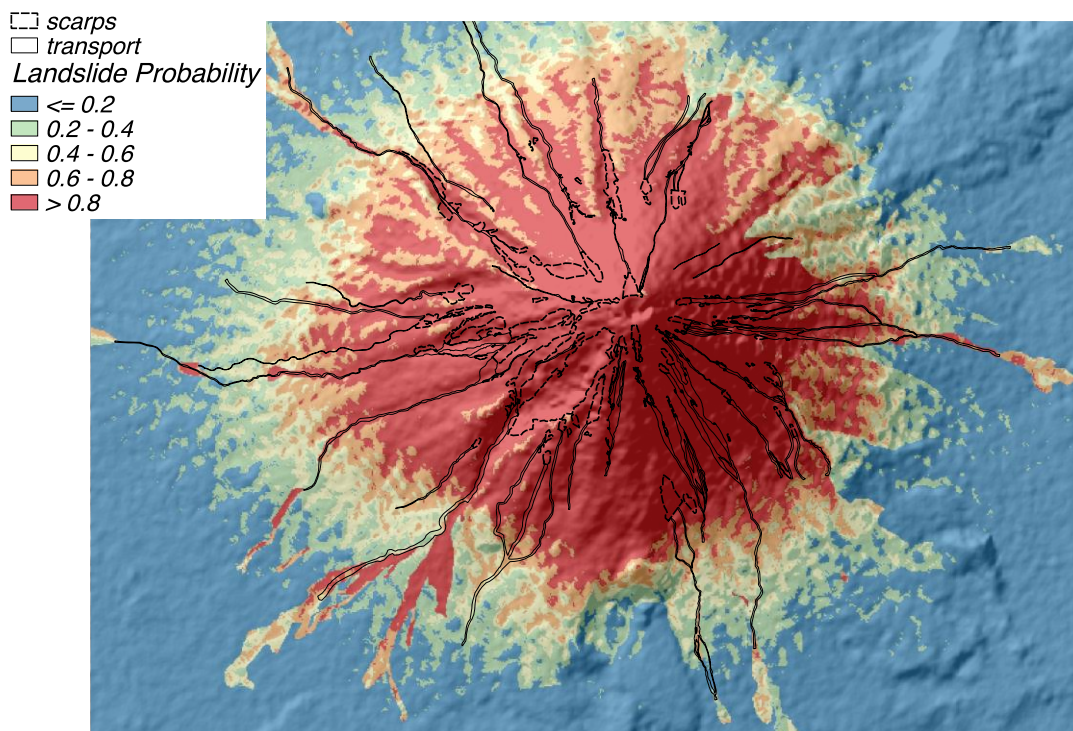


Figura 39. Acercamiento del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en el volcán Concepción generado por el método estocástico. Las zonas de transporte (líneas negras) muestran el recorrido de los drenajes por donde son alimentados los abanicos aluviales ubicados en las faldas del volcán, donde se ubican las zonas pobladas con mayor susceptibilidad a movimientos en masa Proyecto RIESCA.

```

51 MARS<-NULL
52 predict<-matrix(nrow=2*nrow(pre_NICA), ncol=10)
53 AUC<-matrix(nrow=1, ncol=10)
54
55 for(i in 1:10){
56   NICA_sample[[i]]<-stratified(NICA, "target", nrow(pre_NICA))
57   MARS[[i]]<-earth(target~ELE+SLO+N+E+FACC+CI+LITHO+fdist+isosistas+rain,
58                   data=NICA_sample[[i]], degree=1, trace=1,
59                   glm=list(family=binomial))
60   predict[,i]<-predict(MARS[[i]], NICA_sample[[i]], type=c("response"))
61   AUC[,i]<-auc(NICA_sample[[i]]$target,predict[,i])
62 }
63
64 boxplot(as.vector(AUC))
65
66 MARS_score<-matrix(nrow=nrow(NICA), ncol=10)
67

```

Console: ~./Analysis/RIESCA/NIC
> mtext("true positive rate", srt=2, lty=5.5, cex=1.25)
> dev.off()
RStudioGD
2

Figura 40. Algoritmo utilizado en el método estocástico para calcular y generar en mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región del volcán Concepción. ELE = elevación, SLO = pendientes, N = exposición norte, E = exposición este, FACC = factor de acumulación drenajes, CI = índice de convergencia, LITHO = litología, fdist = distancia a las fallas, isosistas, rain = precipitaciones. Proyecto RIESCA.

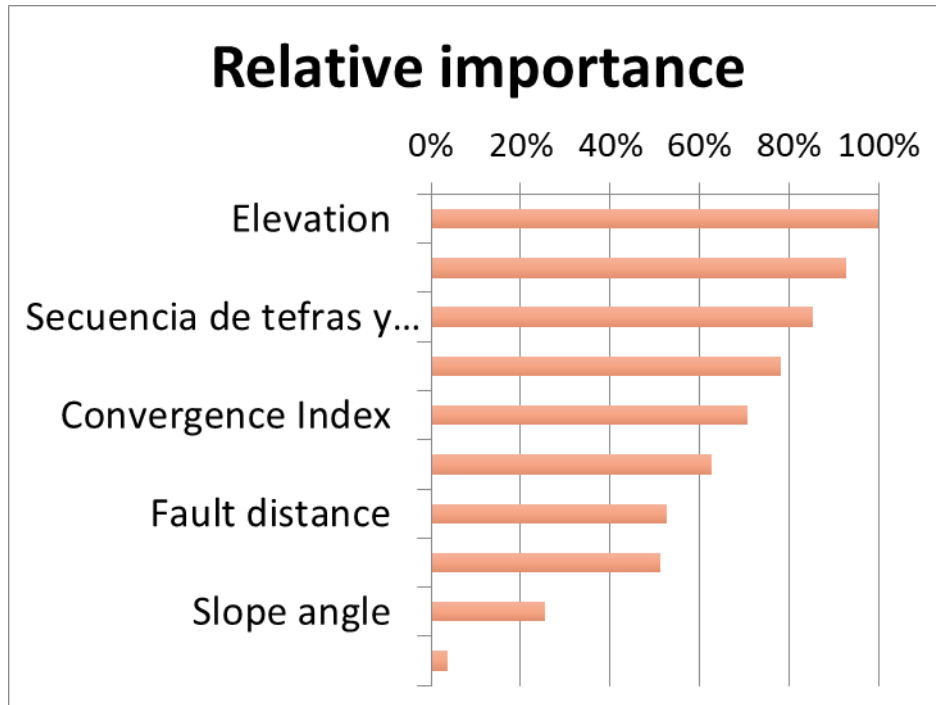


Figura 41. Importancia relativa de las variables utilizadas en el método estocástico. La elevación, los depósitos de flujos de escombros y las secuencias de tefras u lavas (poco consolidadas) son las variables con mayor importancia en la susceptibilidad a movimientos en masa en la región de influencia del volcán Concepción. Proyecto RIESCA.

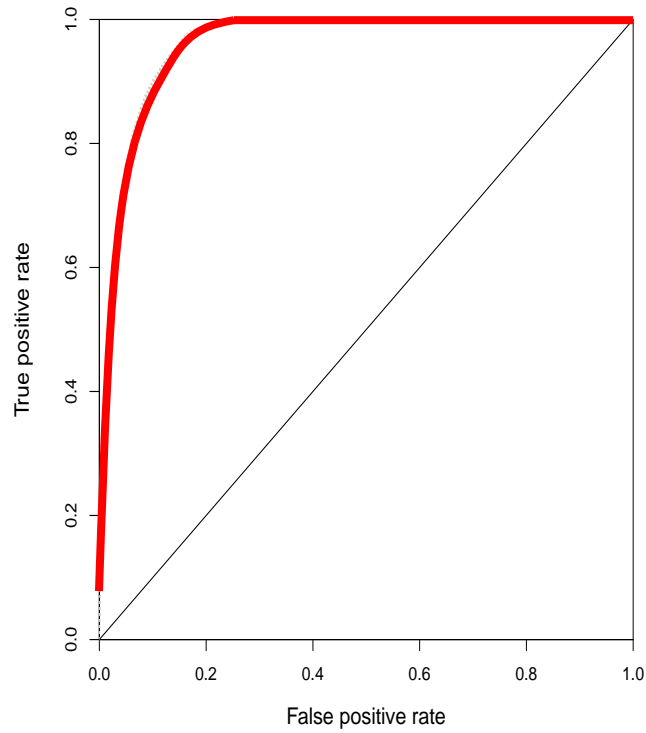


Figura 42 Relación entre verdadero positivo (True positive rate) y falso positivo (False positive rate). Entre más grande sea el área debajo de la línea roja la probabilidad del verdadero positivo es mayor. Proyecto RIESCA.

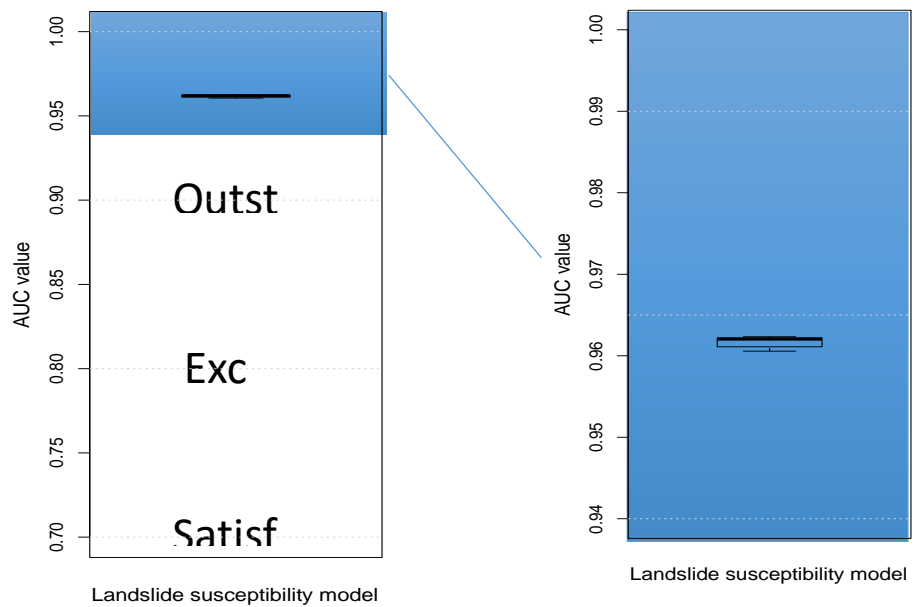


Figura 43. Nivel de confiabilidad de los resultados del método estocástico para el cálculo del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en el volcán Concepción. Proyecto RIESCA.

Consolidado para la región (Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua)

Durante el trabajo realizado en la tercera jornada RIESCA se generó información para la región de los países de Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua que permitió la elaboración un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, figura 44. Esta información consiste en: una capa de unidades litológicas para los cuatro países (figura 1); un DEM de 100 metros para toda la región; un mapa de elevaciones; un mapa de pendientes, mapas de exposición (norte y este), un mapa de índices de convergencia y finalmente un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región.

Las figuras 45, 46 y 47 muestran la relación entre la susceptibilidad a movimientos en masa y los inventarios de deslizamientos en los países de Guatemala, Honduras y El Salvador donde el mapa de susceptibilidad es validado

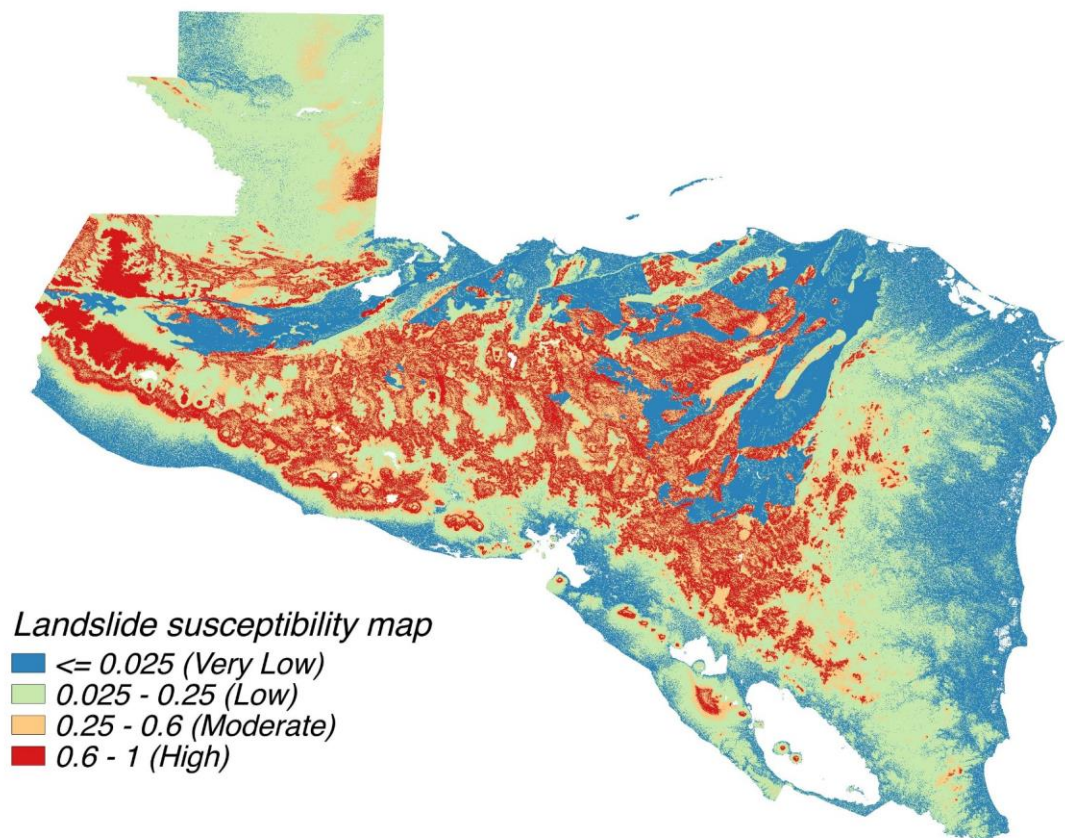


Figura 44. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región de estudio comprendiendo los países de Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua en el marco del programa RIESCA.

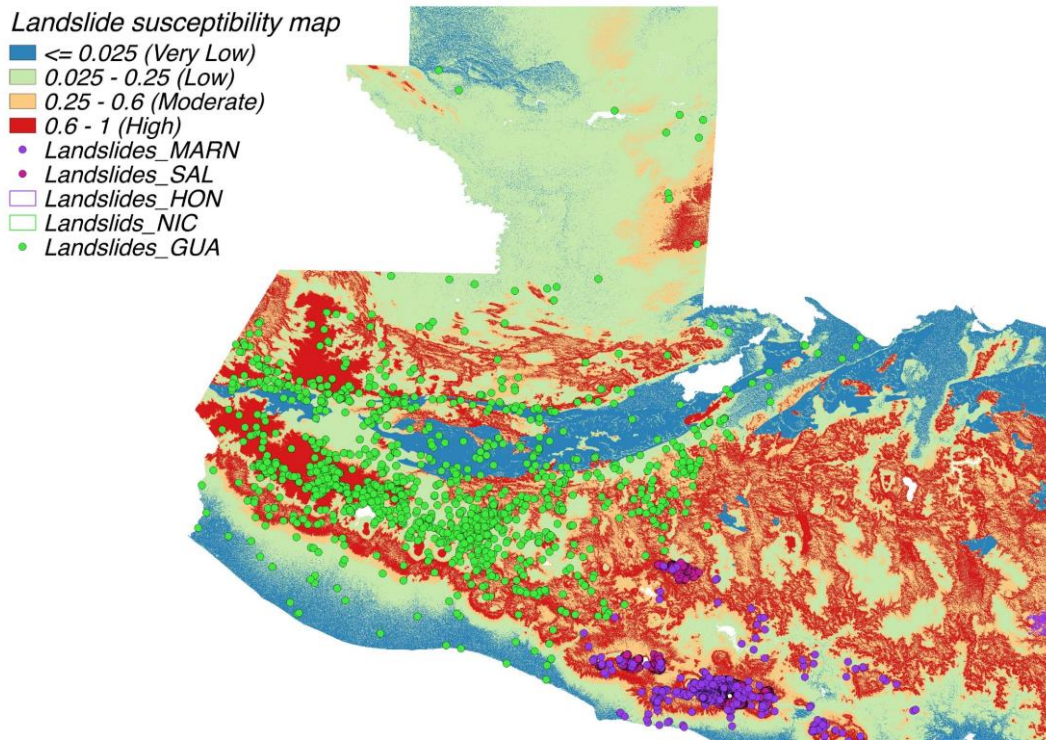


Figura 45. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en Guatemala y El Salvador. Los puntos de color verde muestran la distribución de los movimientos en masa en Guatemala destacando una alta relación con el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa generado por el método estocástico. Proyecto RIESCA.

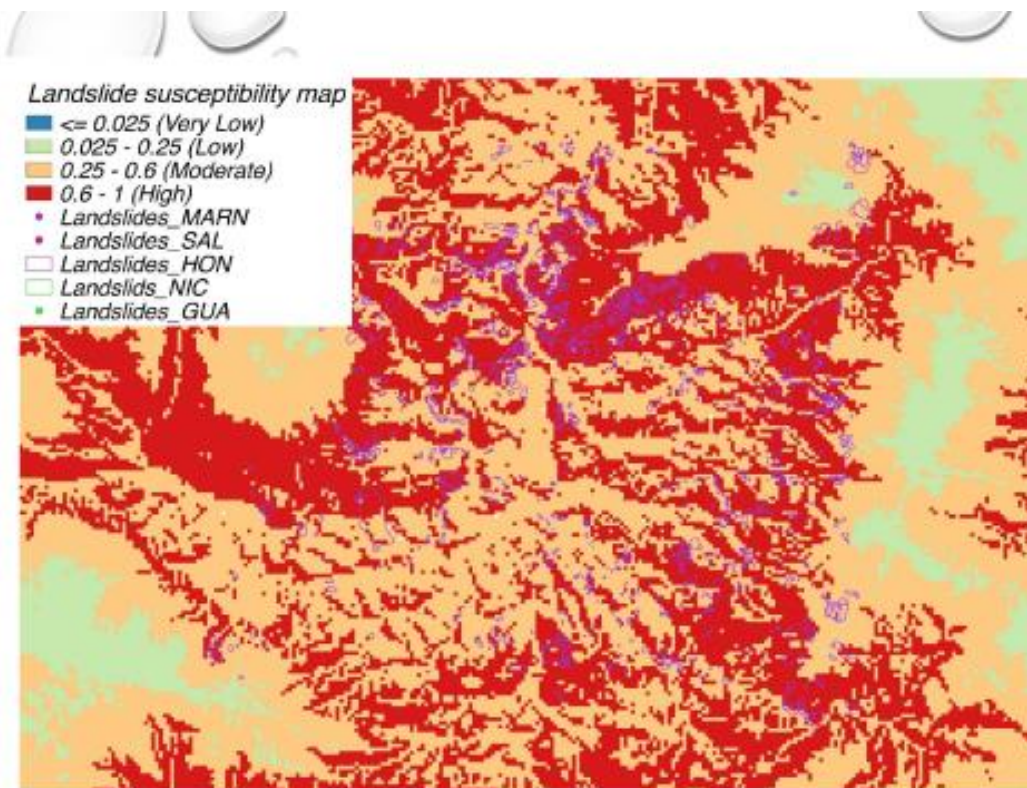


Figura 46. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en Honduras. Las regiones delimitadas por las líneas violetas delimitan las zonas de movimientos en masa. Estas últimas coinciden con las zonas de alta susceptibilidad a movimientos en masa generadas por el método estocástico. Proyecto RIESCA.

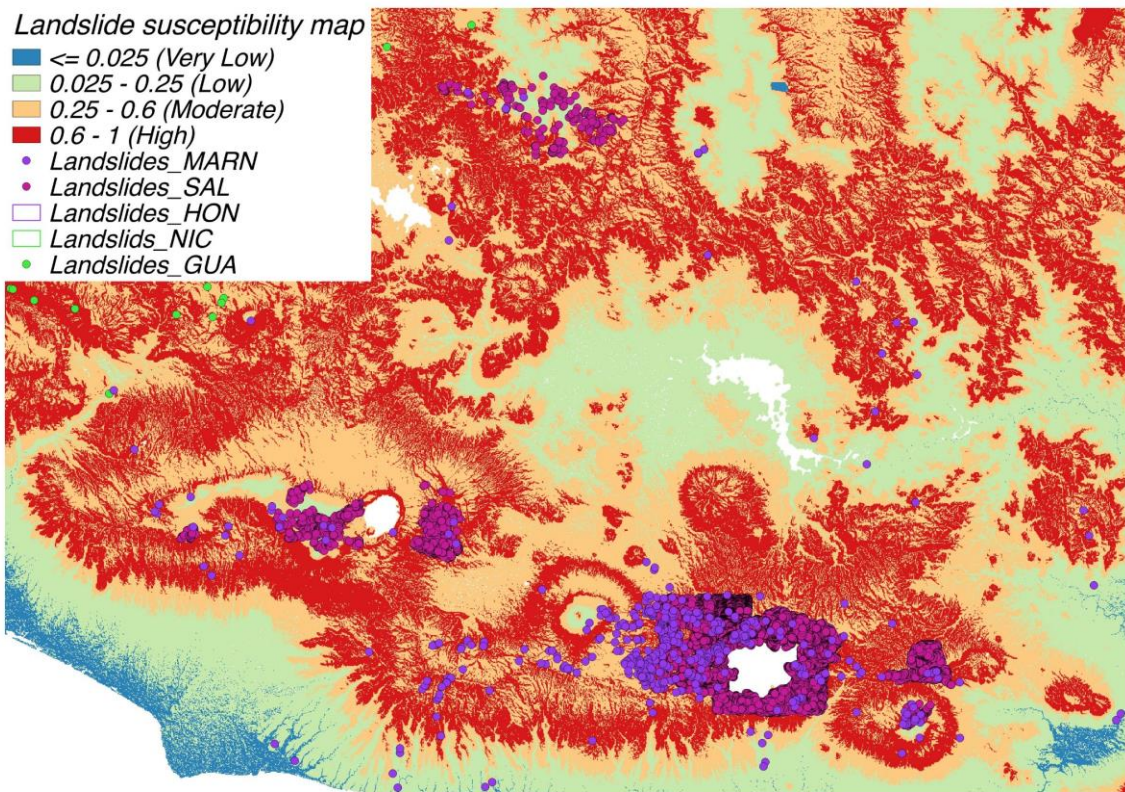


Figura 47. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en El Salvador. El inventario de movimientos en masa indicado por los puntos de color violeta muestra la concentración de estos en las zonas con una mayor susceptibilidad a movimientos en masa generado por el método estocástico. Proyecto RIESCA.

5.4.4 Programación 2018

Como acciones futuras

- Incluir en el inventario otras áreas con diferentes características que puedan mejorar los análisis. Los inventarios de movimientos en masa en la región de estudio deben cubrir las zonas más representativas para poder realizar análisis más representativos de la misma y en consecuencia resultados más fieles a la realidad.
- Revisar y mejorar la data existente en la región de estudio. La calidad de los datos repercute en la fiabilidad de los resultados obtenidos y entre mayor cantidad de datos recolectados los análisis estadísticos serán más confiables.
- Aumentar el número de variables a introducir en el análisis del mapa de susceptibilidad. A mayor cantidad de variables los mapas de susceptibilidad a movimientos en masa serán más ajustados a la realidad y darán resultados más precisos.
- Los resultados obtenidos en este estudio deben difundirse a los tomadores de decisiones y a los organismos involucrados con la reducción del riesgo y la acción en el caso de ocurrencia de desastres tales como la protección civil.

Bibliografía

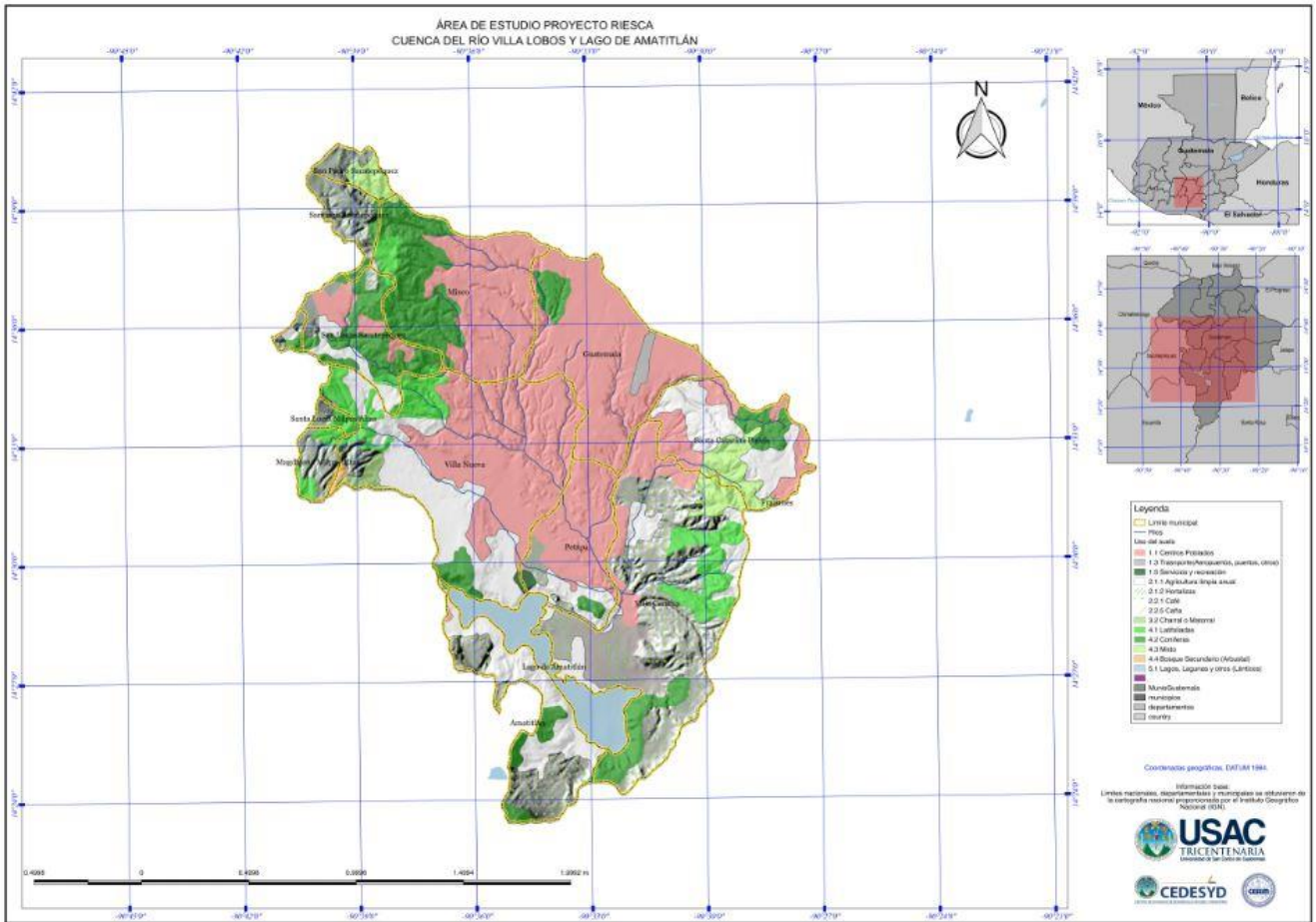
Conoscenti, C., Ciaccio, M., Caraballo-Arias, N.A., Gómez-Gutiérrez, Á., Rotigliano, E., Agnesi, V., 2015. Assessment of susceptibility to earth-flow landslide using logistic regression and multivariate adaptive regression splines: A case of the Belice River basin (western Sicily, Italy). *Geomorphology* 242, 49–64. doi:10.1016/j.geomorph.2014.09.020

Cross, M. (1998). Landslide susceptibility mapping using the matrix assessment approach: a Derbyshire case study. *Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications*, 15(1), 247-261.

5.4.5 Anexos

- AREA DE ESTUDIO PROYECTO RIESCA. CUENCA DEL LAGO AMATITLÁN.
- INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS EN NICARAGUA. GRAZIELA DEVOLI

Anexo 16. Área de estudio Proyecto RIESCA. Cuenca del lago Amatitlán.



Anexo 17. Inventario de deslizamientos en Nicaragua. Graziela Devoli.



Integrantes del grupo de trabajo de Geohidrología

Christian Conoscenti (UNIPA)	+39 091 23864670	christian.conoscenti@unipa.it
Miguel Hernández (UES)	+503 77861635	hernandez_mhm@yahoo.com
Fernando Guarín (CIGEO-UNAN Managua)	+505 86628756	fernando.guarin@gmail.com
Elías García (UNAH)	+504 33853252	elias.urquia82@gmail.com
Julio Luna (USAC)	+502 53089591	jlunaaroch@yahoo.com
Cecilia Polío (MARN)	+503 76115944	cpolio@marn.gob.sv
Giovanna Maselli (USAC)	+502 55028228	giovanna.maselli@farusac.edu.gt



5.5. Workshop plenario y programación trabajos en 2018

Al finalizar el trabajo de las mesas temáticas se desarrolló un Workshop de cierre de la jornada el cual contó con la participación de todos los integrantes de las mesas temáticas, además que invitados especiales, con la intervención del director de la AICS-Centro América, M. Falcone, y la organización de visibilidad por M. Veneziani (AICS-Centro América).

El objetivo de la actividad fue discutir de manera precisa los productos logrados durante la fase de trabajo de cada mesa temática; la metodología mediante la que se realizó esta actividad involucró la participación de un representante local de cada mesa acompañado de un representante italiano, todo para complementar la discusión técnica.

Como resultado del Workshop se generó un debate enriquecido con la participación de los asistentes que sirvió para la integración futura de correcciones y también para la planificación de acciones a lo largo del segundo año de proyecto RIESCA.

Los programas discutidos en el workshop son los establecidos en cada mesa temática, en esas mencionados en detalle, y aprobados en la reunión de los coordinadores.

Se ha acordado desarrollar una jornada acompañada de un workshop en los próximos meses, enfocada a las instituciones de protección civil para la transferencia de información y que trabajen junto con las instituciones de monitoreo y las universidades. En este evento se espera elaborar un inventario de la información que se pretende entregar a protección civil, para que organicen actividades de prevención en base a información técnica consolidada.

En los días después del workshop se han desarrollado reuniones de coordinadores y con el objetivo de consolidar los resultados de la Jornada y poner las bases de las actividades futuras. En particular se ha tratado el involucramiento en RIESCA de organismos técnicos de Costa Rica a través de un proyecto del IILA.

También se han discutido, junto con la AICS-Centro América los proyectos que ha facilitado RIESCA, como la apertura de una carrera de ciencias de la tierra en El Salvador financiada por la AICS.

6. Reuniones institucionales

En Guatemala y Nicaragua se han organizado reuniones organizativas y protocolarias para definir el estado del arte del proyecto desde el punto de vista técnico y administrativo, para también facilitar el seguimiento de algunas actividades.

En particular, en Nicaragua el coordinador G. Giunta, acompañado por el representante AICS en Nicaragua Luca Fabozzi y por el director y sub director CIGEO Claudio Romero y Edwin Obando, se reunieron con la rectora de UNAN Monchita Rodriguez y con el prorector a la investigación Javier Pichardo, confirmando las óptimas relaciones de colaboración, resolviendo las inevitables problemáticas encontradas a lo largo de las actividades.

En El Salvador, el coordinador G. Giunta, en representación de la misión italiana, acompañado de C. Conoscenti, se reunió con la directora del Observatorio Ambiental del MARN Celina Kattan, tratando varios temas de interés común para facilitar el seguimiento de las actividades de colaboración.

Con el decano de la Facultad de Agronomía (UES) Juan Rosa Quintanilla y los coordinadores locales del proyecto, se enfrentaron los principales problemas de orden administrativo, buscando soluciones adecuadas, además de solicitar el continuo apoyo de Italia en la creación de la Maestría en Ciencias de la Tierra (Geología) en El Salvador, único país centroamericano sin este curso del estudio.

Todas las instituciones centroamericanas de RIESCA se enteraron y felicitaron de los avances del proyecto, destacando el esfuerzo UNIPA en Centroamérica como resultado a las excelentes relaciones interuniversitarias, en particular solicitando, una vez más, el apoyo continuo.

El estado de avance de RIESCA y el impacto del proyecto se han ilustrado en reuniones con la Oficina de Cooperación Italiana en América Central (AICS), con el director Marco Falcone y la encargada de comunicación Marcella Veneziani junto con las asistentes Grazia Manisera y Martina Stelzig, además del campo de doctorado y de la participación italiana, a través de UNIPA, en la compleja organización y realización de la Carrera en Ciencias de la Tierra en El Salvador, en colaboración con la Universidad de Chieti.

También se trató la probable participación de Costa Rica en RIESCA, a través de un proyecto del IILA con UNIPA.

Los embajadores de Italia en El Salvador, Guatemala y Nicaragua, juntos a la Agencia de Cooperación Italiana (AICS), han proporcionado un apoyo institucional indispensable, permitiéndole a la jornada RIESCA de llevarse a cabo respetando el orden del día programado, y lograr un éxito muy satisfactorio, gracias a la colaboración y organización eficaz y profesional de todos los involucrados al desarrollo de las actividades, en los diferentes países, asimismo, para superar los problemas vinculados a las relaciones institucionales internas a nivel de país y de región, que a menudo tienden a complicar el mejor logro de los objetivos.

7. Aula Virtual/Página Web

El aula virtual, gracias a la colaboración fundamental de Luis Castillo, como espacio de convergencia de los datos utilizados a lo largo del proyecto RIESCA, ha cumplido con una función importante desde el punto de vista del trabajo colaborativo a nivel internacional, esta característica mejoró notablemente las capacidades técnicas para cada participante dentro del proyecto en materia de manejo de la información con el objetivo de poseer una metodología que se adaptase a las condiciones específicas del proyecto.

Algunas de las consideraciones que se tuvieron al momento de trabajar la primera fase del proyecto fueron:

- Condiciones adecuadas de resguardo de la información para evitar pérdidas.
- Soporte técnico
- Acceso a la plataforma de manera fácil y segura para participantes RIESCA

Por otro lado, para fortalecer la divulgación de las noticias en base al proyecto, se desarrolló y se creó un acceso a la Página Web oficial de RIESCA bajo el dominio <http://proyectoriesca.agronomia.ues.edu.sv> el cual aloja información general del proyecto y también muestra en forma de noticias el avance desarrollado a la fecha más actual de trabajo.

La página web, cumple también la tarea de facilitar el acceso al aula virtual para los participantes RIESCA, de esta manera se mejora la experiencia de trabajo y la generación de productos, inyectando también la característica de compartir y notificar información de calidad técnica.

Todos los productos técnicos elaborados en las varias temáticas (sismotectónica, sismología, vulcanología, geohidrología) en el primer periodo de proyecto, incluso el presente informe, han sido subidos a la página web.

8. Comunicados de prensa

CENTROAMERICA

- <https://www.diariocolatino.com/presentan-avances-de-los-escenarios-de-riesgos-en-centroamerica/>
- <https://rceni.com/2018/01/28/centroamerica-se-prepara-para-minimizar-el-riesgo-de-los-desastres-naturales/>
- <http://elmundo.sv/centroamerica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales/>
- <http://www.guatevision.com/2018/01/27/centroamerica-se-prepara-enfrentar-desastres-naturales/>
- <https://www.afp.com/es/noticias/211/centroamerica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales-doc-y24ap2>
- <http://www.tribunanoticias.mx/centroamerica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales/>
- <http://www.lacallev.com/centroamerica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales/>
- <http://honduras.shafaqna.com/ES/HN/326576>
- <http://www.estrategiaynegocios.net/centroamericaymundo/1147069-330/centroam%C3%A9rica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales>
- <http://www.elheraldo.hn/mundo/1147075-466/centroam%C3%A9rica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales>
- <https://www.diariocolatino.com/centroamerica-se-prepara-enfrentar-desastres-naturales/>
- <https://www.24matins.es/topnews/america/centroamerica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales-46783>
- <http://radioamericahn.net/centroamerica-prepara-enfrentar-desastres-naturales/>
- <http://www.tribunanoticias.mx/centroamerica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales/>
- <https://www.msn.com/es-xl/noticias/otras/centroam%C3%A9rica-se-prepara-para-enfrentar-desastres-naturales/ar-BBIjICg>
- <https://rtw24.com/centroamerica-se-prepara-enfrentar-desastres-naturales/>

ITALIA

- <https://www.aics.gov.it/?p=19228>
- <https://www.agenzianova.com/a/5a6f7d62940af8.98410553/1795569/2018-01-29/italia-el-salvador-ricerca-universitaria-presentato-studio-su-rischi-naturali-in-america-centrale-7>
- [http://www.aise.it/cooperazione-allo-sviluppo/laics-presenta-ad-el-salvador-i-
risultati-degli-studi-sugli-scenari-di-rischio-in-america-centrale/105187/157](http://www.aise.it/cooperazione-allo-sviluppo/laics-presenta-ad-el-salvador-i-
risultati-degli-studi-sugli-scenari-di-rischio-in-america-centrale/105187/157)
- [http://www.palermotoday.it/cronaca/unipa-centro-america-terremoti-vulcani-
frane.html](http://www.palermotoday.it/cronaca/unipa-centro-america-terremoti-vulcani-
frane.html)
- [https://palermo.virgilio.it/notizielocali/analisi-di-terremoti-vulcani-e-frane-doc-
enti-palermotani-in-centro-america-54313002.html](https://palermo.virgilio.it/notizielocali/analisi-di-terremoti-vulcani-e-frane-doc-
enti-palermotani-in-centro-america-54313002.html)
- [https://misilmeri.virgilio.it/notizielocali/analisi-di-terremoti-vulcani-e-frane-doc-
enti-palermotani-in-centro-america-54313002.html](https://misilmeri.virgilio.it/notizielocali/analisi-di-terremoti-vulcani-e-frane-doc-
enti-palermotani-in-centro-america-54313002.html)

- <http://247.libero.it/Ifocus/34188662/1/analisi-di-terremoti-vulcani-e-frane-docenti-palermisani-in-centro-america/>
- <http://www.le-ultime-notizie.eu/articulo/analisi-di-terremoti-vulcani-e-frane-docenti-palermisani-in-centro-america/3686305>
- <http://www.le-ultime-notizie.eu/articulo/1-aics-presenta-ad-el-salvador-i-risultati-degli-studi-sugli-scenari-di-rischio-in-america-centrale/3689839>
- <http://www.unipa.it/Prosegue-limpegno-di-UniPA-in-Centro-America-nel-campo-dellanalisi-di-terremoti-vulcani-frane/>
- <https://www.si24.it/2018/02/17/terremoto-in-messico-italia-impegnata-in-un-progetto-di-cooperazione-intervista-giuseppe-giunta/436445/>

9. Instrumentaciones

Con el proyecto RIESCA se mejorarán algunas instrumentaciones en cada país en base a lo discutido en reuniones pasadas. La Universidad de Palermo ha recibido las solicitudes de las instrumentaciones acordadas para que realicen los desembolsos relativos en breve para permitir la efectiva utilización de los equipos por cada.

A esta solicitud se suma el equipo multigas adquirido por El Salvador construido en UNIPA en el laboratorio de Geoquímica (A. Aiuppa).

Pais	Equipo	Cantidad	Precio/unid. (\$)	Total (\$)
El Salvador	Acelerógrafos Arduino	5	600	3000
	Dron Phantom 4 Advance	1		1800
	Cámara Multigas	1	10000	10000
Gutemala	Acelerómetros	6	2733.33	16400
Honduras	Acelerógrafo y sismómetro Raspberry Shake 4D	9	1250	11250
Nicaragua	Acelerógrafos Arduino	5	600	3000
	Muestreador de campo de Arsénico "Arsenator"	1	2185.74	2185.74
Total				47635.74

Figura 48. detalle de equipo gestionado para el primer año RIESCA

10. Informe sobre las actividades administrativas realizadas durante el primer periodo de proyecto

La financiación del proyecto RIESCA - “Escenarios de riesgo en Centro América” (monto total €1.200.000,00) ha sido aprobada por la Cooperación italiana para el desarrollo el 7 de octubre de 2015 y es igual a €750.000,00.

La Universidad de Palermo, el CNR, la OGS, las Universidades de Centro América y las Instituciones gubernamentales contribuirán al proyecto como contrapartida por un monto igual a €450.000,00.

El primer tramo de financiación, igual a €400.000,00 (55% de la financiación por la Cooperación Italiana para el desarrollo) ha sido solicitado por la Universidad de Palermo el 26 de septiembre de 2016 y recibido el 7 de noviembre de 2016.

Las actividades de proyecto han empezado oficialmente el 7 de diciembre de 2016.

El 22 de diciembre de 2016 la Universidad de Palermo ha enviado a la Cooperación italiana para el desarrollo el Plan Operativo General, el Plan Operativo del Primer Año y el Plan Operativo Financiero actualizado sin ningún cargo.

Entre finales de enero y la primera mitad de Julio de 2017 la Universidad de Palermo ha proporcionado los siguientes desembolsos:

- €11.016,50 a la UNAN – Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua;

- €23.883,00 a la USAC – Universidad de San Carlos de Guatemala;

- €74.299,50 a la UES – Universidad de El Salvador;

- €19.374,75 a la UNAH – Universidad Autónoma de Honduras;

- €14.250,00 al CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche;

- €19.750,00 al OGS – Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale

En ocasión de la primera misión de trabajo a Centro América que tuvo lugar en febrero 2017 la oficina administrativa de la Universidad de Palermo ha explicado a cada partner del proyecto las reglas para gestionar y rendir los gastos y los métodos para anotarlos en las tablas excel.

En el mes de Julio de 2017 la oficina administrativa de la Universidad de Palermo ha empezado todos los procesos burocráticos y administrativos necesarios para la compra de una cámara multigas solicitada por la Universidad de El Salvador: disposiciones de compromiso de gastos, solicitud de cotizaciones, compra de las piezas que componen la cámara multigas, disposiciones de liquidación de los gastos.

En el mes de octubre de 2017 la Universidad de Palermo ha proporcionado los siguientes desembolsos:

- €4.000,00 a la UNAN – Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua;

- €8.000,00 a la USAC – Universidad de San Carlos de Guatemala;

- €12.000,00 a la UES – Universidad de El Salvador;

- €4.000,00 a la UNAH – Universidad Autónoma de Honduras.

Además, en el 2107 hacia el final de febrero 2018, la Universidad de Palermo ha gastado €46.361,85, cargados sobre los fondos de proyecto destinados a la misma.

En el mes de enero de 2018 tuvo lugar una tercera misión de proyecto a Centro América, durante la cual han sido solicitadas a los partner centroamericanos e italianos las tablas resumen de todos los gastos incurridos y los relativos comprobantes, que todavía se están coleccionando, para la elaboración de la primera Auditoría a entregar lo más pronto posible a AICS.

En consideración de los endémicos retrasos de las administraciones centroamericanas, aún debidos a diferentes y complicados procesos administrativos, después de la mencionada

auditoría, se procederá con una Actualización sin cargos del Plan Operativo Financiero, en particular relativa a los fondos residuos del primer tramo de financiación.

Todas las operaciones de gestión administrativa del proyecto RIESCA son gestionadas por la Oficina de Relaciones Internacionales UNIPA y han sido coordinadas por P. Turchetta y F. Di Giovanni.

11. Conclusiones

Para concluir el presente informe se indican sintéticamente los resultados principales de la 3ª Jornada RIESCA, que constituyen también la clausura del primer año de actividad del proyecto, y que ya marcan el rumbo de seguimiento:

- a) La participación de coordinadores, investigadores centroamericanos e italianos en varias reuniones y seminarios (en línea y presencial), incluso al XIII Congreso Geológico de América Central, el Congreso Geológico de Nicaragua, el Seminario de Honduras, tuvo éxito, en particular dando una proyección internacional a los profesionales involucrados en RIESCA, compartiendo experiencias en varios temas de riesgos. Además, se está apoyando un Curso de especialización que se desarrolla en la Universidad de El Salvador, como actividad interna paralela a RIESCA, que ya tuvo buenos resultados en su primera aplicación.
- b) Después del inicio del proyecto han despegado varias actividades técnicas específicas, siguiendo las indicaciones incluidas en matrices elaboradas. Un resultado importante fue el de permitir a todos los miembros regionales conocer las varias capacidades en temas diversos, cuales son las fortalezas y las debilidades, y establecer una línea de trabajo común entre los cuatros países en la búsqueda, análisis y procesamiento de los datos, poniéndolos a disposición de todo el equipo RIESCA, intentando además de equilibrar las fuerzas y llenar las debilidades para seguir en la máxima colaboración recíproca.
- c) La abertura de un “Aula Virtual”, desde poco ya página web RIESCA <http://proyectoriesca.agronomia.ues.edu.sv>, ha sido para proporcionar una plataforma donde se pueda alojar la información y los datos filtrados para que sean trabajados en el rumbo de: -mejorar el conocimiento básico en las varias temáticas; -mejorar y compartir catálogos en matrices y en mapas interactivos; -mejorar redes de monitoreo o elaborar proyectos de redes multiparamétricas nacionales y regionales; -elaborar mapas de peligrosidades, con ejemplos en las áreas piloto; -elaborar metodologías para la elaboración continua de escenarios de riesgo; -escoger las vías más rápidas y con buenos contenidos técnicos para la transmisión y protección civil.
Al mismo tiempo, sigue activo el blog temporal <https://riescablog.wordpress.com> abierto por OGS para contactos, fórums, etc.
- d) Uno de los problemas que RIESCA ha tomado en cuenta y que está atendiendo con la colaboración italiana (de UNIPA, OGS, CNR) es lo relativo a las diferencias de cantidad y calidad de datos disponibles y de herramientas técnicas que se usan en los varios países.
En particular:
 - Geología y Tectónica: uniformizar mapas de diferentes tipología, detalle y escala;
 - Vulcanología: los datos y mejores elaboraciones pertenecientes a algunas instituciones, a quien se refiere para intentar uniformizar conocimiento y procesos, y colaborar con los demás países, también con la ayuda de investigadores especializados que han sido invitados a colaborar (ej, UNAM);
 - Sismicidad: los catálogos, aunque que no se refieren a un largo periodo, incluso los datos acelerométricos y de macrosísmica, son muy variables. También en eso se está empezando con un trabajo común entre instituciones y países sobre

catálogos y procesamiento de datos para mejorar en particular las zonas sismogénicas, la macrosísmica, etc; siempre con detalle en las áreas piloto.

- Geohidrología: datos variables en calidad y cantidad en los varios países, los que más se han tenido en cuenta para acciones de mejoramiento y tratados con una metodología única.

- e) Para seguir de la mejor manera con los objetivos del proyecto los investigadores centroamericanos con la colaboración de los investigadores italianos han trabajado en grupos temáticos separados (geología y sismotectónica, sismología, vulcanología, geohidrología), buscando y ordenando datos, discutiéndolos y compartiéndolos entre los grupos internos a los países, entre los países, y con Italia.
- f) Se han establecido los procesos y actividad a seguimiento del primer periodo a desarrollarse en el segundo periodo (2018/19pp), ya en acto, y se están proporcionando algunas instrumentaciones para mejorar el análisis y monitoreo de los fenómenos de riesgo.
- g) Desde el punto de vista financiero y administrativo, en este momento el proyecto está sufriendo una fase de pocos recursos para seguir a un nivel satisfactorio con las nuevas actividades, debido a la espera de la segunda parte de dinero por parte de la AICS, después de la elaboración en curso de una Auditoria parcial de lo gastado y comprometido. Esta Auditoria está retrasando por los endémicos procesos administrativos de los países partner, lo que no permite de entregar a AICS una Actualización del plan financiero para utilizar fondos que se quedan no gastado en rubros más adecuados.
- h) RIESCA ha también producido efectos positivos y paralelos, como la participación a Doctorados en UNIPA, la abertura de una Carrera de Geología y Ciencias de la Tierra en El Salvador, la colaboración de Costa Rica con un proyecto del IILA, sobre los cuales se está poniendo mucha atención para su realización.

A conclusión falta mencionar que el primer periodo RIESCA ha cumplido con éxito las expectativas, aun buscando resolver los problemas encontrados, típicos de un proyecto regional, de los cuales algunos se quedan todavía a la atención.

Un agradecimiento particular va 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, al Rector de UNIPA F. Micari y la Prorectora Intenacional A. Florena, OGS, CNR, a la AICS de Centro América junto con 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.



PROYECTO RIESCA

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

El nuevo **proyecto RIESCA** propone consolidar la red interuniversitaria entre las Universidades de Palermo (UNIPA), de El Salvador (UES), de Guatemala (USAC), de Nicaragua (IGG- CIGEO/UNAN-Managua) y de Honduras (IHCIT/UNAH), con la colaboración italiana del Instituto Nacional de Oceanografía y Geofísica Experimental (OGS) y del Instituto de Geociencias y Georecursos del Consejo Nacional de Investigaciones (CNR/IGG), mejorando las habilidades de los técnicos del sector.

[Quiero saber más](#)



Promoviendo la Gestión Integral de Riesgo en El Salvador

