



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA



IGG-CIGEO
INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA
UNAN-MANAGUA

Anexo 1. Informe de Proyecto de Investigación: RI66

**Proyecto de Reducción de Riesgo: Un Análisis de Susceptibilidad,
Vulnerabilidad y Gobernanza de Riesgos en el Área de Influencia del
Volcán Concepción, Nicaragua**

Managua, septiembre 2017

Documento elaborado por el Instituto de Geología y Geofísica IGG-CIGEO de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua para el proyecto RESIELAC-01-17 en el marco del proyecto: Institucionalización de la RRD en Instituciones de Educación Superior de Latinoamérica y el Caribe, REDULAC/RRD - USAID/OFDA.

Equipo de trabajo:

Dr. Fernando Guarín Corredor	Coordinador de Proyecto Responsable del Componente A.
MSc. Mélida Schliz Antequera	Responsable Componente B
Dra. Claudia Rivera Escorcia	Responsable Componente C
Ing. Marjorie Toruño Alvarez	Sistemas de Información Geográfica
Ing. Mayela Martínez	Petrografía
Tec. Francisco Vásquez	Elaboración Secciones Delgadas
Br. Jean Carlos García	Estudiante tesista de la Carrera de Ingeniería Geológica
Br. Jairo García	Estudiante tesista de la Carrera de Ingeniería Geológica

Responsable Financiero:

Lic. Carlos Jiménez Álvarez	Administrador, IGG-CIGEO/ UNAN-Managua
-----------------------------	----------------------------------------

El proyecto es Avalado por:

MSc. Claudio Romero López	Director, IGG-CIGEO/ UNAN-Managua
---------------------------	-----------------------------------

Ficha resumen

Título del proyecto	Proyecto de Reducción de Riesgos: Un análisis de Susceptibilidad, Vulnerabilidad y Gobernanza de Riesgos en el Área de Influencia del Volcán Concepción, Nicaragua
Nombre de la Universidad	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua)
País	Nicaragua
Resultados esperados	Componente (A): Determinar la susceptibilidad a los movimientos en masa en el área de influencia del Volcán Concepción. Componente (B): Determinar el grado de vulnerabilidad física ocasionada por eventos de movimientos en masa en la población que habita en los alrededores del Volcán Concepción. Componente (C): Identificar los procesos de gobernanza de riesgos y los niveles de vulnerabilidad institucional de los municipios del área de influencia del Volcán Concepción.
Datos de contacto de la institución responsable	Instituto de Geología y Geofísica (IGG-CIGEO/UNAN-Managua) Teléfono: +505-22770621, +505-22703983 Dirección: Rotonda Universitaria Rigoberto López Pérez, 200 metros al Este. Managua, Nicaragua Correo electrónico: iggsecretacad@igg.unan.edu.ni , recepcion@igg.unan.edu.ni
Coordinador de proyecto	Dr. Fernando Guarín Teléfono: 505-22770621, 505-22703983 fguarinc@unan.edu.ni , fernando.guarin@gmail.com
Equipo	Dra. Claudia Rivera Escorcía claudia.rivera@igg.unan.edu.ni , clauriverae@gmail.com MSc. Mélida Schliz melida.schliz@igg.unan.edu.ni , sidselena@gmail.com

Contenido

CAPÍTULO 1.	INTRODUCCIÓN	12
1.1	ANÁLISIS DE CONTEXTO.....	13
1.2	JUSTIFICACIÓN	14
1.3	OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
1.4	LÍNEA BASE.....	15
CAPÍTULO 2.	COMPONENTE A: Análisis de susceptibilidad a movimientos en masa en el Volcán Concepción.....	17
2.1	Marco teórico.....	17
2.2	Metodología.....	20
2.2.1	Metodología conceptual	20
2.2.2	Metodología aplicada.....	20
2.2.2.1	Compilación de información temática multidisciplinaria e interinstitucional 20	
2.2.2.2	Extracción de información a partir de documentos analógicos.....	21
2.2.2.3	Análisis preliminar de los movimientos en masa	21
2.2.2.4	Elaboración de un formulario de inventario de movimientos en masa...	21
2.2.2.5	Trabajo de campo	21
2.2.2.6	Elaboración de los documentos de base.....	22
2.2.2.7	Edición y creación de 8 mapas temáticos.....	23
2.2.3	Análisis multicriterio.....	28

2.3	RESULTADOS.....	30
CAPÍTULO 3. COMPONENTE B: Análisis de Vulnerabilidad física a movimientos en masa en el Volcán Concepción..... 45		
3.1	Metodología.....	46
3.1.1	Descripción General de la Metodología.....	46
3.1.1.1	Susceptibilidad física:.....	48
3.1.1.2	Susceptibilidad de estructuras:.....	48
3.1.1.3	Susceptibilidad de las personas.....	49
3.1.1.4	Susceptibilidad de personas en estructuras.....	50
3.1.1.5	Susceptibilidad de personas en espacios abiertos y vehículos.....	50
3.1.1.6	Intensidad.....	51
3.1.2	Aplicación y adecuación de la metodología.....	53
3.1.2.1	Selección de las localidades.....	53
3.1.2.2	Población y muestra.....	54
3.1.2.3	Adecuación de la susceptibilidad de estructuras.....	56
3.1.2.4	Adecuación de la susceptibilidad de las personas.....	60
3.1.2.5	Determinación de la intensidad.....	61
3.2	Resultados.....	62
3.2.1	Encuestas realizadas.....	62
3.2.2	Susceptibilidad estructural.....	64
3.2.2.1	Factor por tipología estructural.....	64

3.2.2.2	Factor estado del mantenimiento	66
3.2.2.3	Susceptibilidad Estructural	66
3.2.3	Susceptibilidad de las personas	67
3.2.3.1	Susceptibilidad de las personas en estructuras.....	67
3.2.3.2	Susceptibilidad de las personas en espacios abiertos y vehículos.....	68
CAPÍTULO 4. Procesos de gobernanza de riesgos y vulnerabilidad institucional en las áreas de influencia del Volcán Concepción.....		71
4.1	1 Marco teórico.....	71
4.2	Métodos.....	74
4.3	Resultados.....	79
4.3.1	Sistema para la reducción de desastres en Nicaragua.....	79
4.3.2	El sistema a nivel local.....	80
4.3.3	Funcionamiento del Sistema para la reducción de riesgos	84
4.3.3.1	Adquisición de información	86
4.3.3.2	Anticipación	89
4.3.3.3	Toma de decisiones.....	90
4.3.3.4	Implementación.....	94
4.3.3.5	Comunicación y participación.....	96
4.3.3.6	Capacitación.....	97
4.3.3.7	Evaluación	98
4.3.3.8	Retos y obstáculos	99

4.3.4	Grupo focal	100
4.4	Fragmentación y vulnerabilidad institucional	103
CAPÍTULO 5. Conclusiones y Recomendaciones		107
5.1	Conclusiones componente A	107
5.2	Conclusiones componente B	107
5.3	Conclusiones Componente C.....	108
Referencias.....		110

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente estudio es determinar la susceptibilidad, la vulnerabilidad física y los procesos de gobernanza de riesgos a los movimientos en masa en el área de influencia del volcán Concepción. Para ello, el estudio se dividió en tres componentes de acuerdo a cada temática abordada.

- **Componente A:** Determina la susceptibilidad a movimientos en masa en el área de influencia del Volcán Concepción.
- **Componente B:** Determina el grado de vulnerabilidad física y de los habitantes que se encuentran en el área de influencia del Volcán Concepción ante los movimientos en masa.
- **Componente C:** Identifica los procesos de gobernanza de riesgos y los niveles de vulnerabilidad institucional de los municipios en las áreas del influencia del Volcán Concepción.

Los productos y resultados más importantes del estudio se detallan a continuación:

En la componente (A) de Susceptibilidad a Movimientos en Masa se obtuvieron 11 mapas de los factores condicionantes en formato vectorial: (1) mapa de curvas de nivel cada 10 metros, (2) mapa de unidades geológicas donde se cartografiaron las principales unidades presentes en la región de estudio, (3) mapa de drenajes con los principales drenajes, (4) mapa de drenajes con 6 zonas de afectación cada 100 metros, (5) mapa de escarpes y zonas de erosión, (6) mapa de escarpes y zonas de erosión con 6 zonas de afectación cada 50 metros, (7) mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas en la zona de estudio con datos meteorológicos de 1970 al 2014, (8) mapa de ubicación de sismos que afectan la región del volcán Concepción con las magnitudes en la escala Richter, (9) mapa de uso de suelos, (10) mapa de fallas geológicas y (11) mapa de fallas geológicas con 6 zonas de afectación cada 300 metros. Adicionalmente se elaboraron un mapa de vías de comunicación y un mapa de poblados en la región de estudio.

En formato raster se obtuvieron 8 mapas donde cada uno fue reclasificado en 6 categorías de acuerdo al grado de influencia sobre la susceptibilidad a movimientos en masa: (1) mapa de pendientes, (2) mapa de unidades geológicas, (3) mapa de drenajes, (4) mapa de escarpes y zonas de erosión, (5) mapa de isoyetas, (6) mapa de isosistas, (7) mapa de uso de suelos y (8) mapa de fallas geológicas.

Posteriormente se elaboró un algoritmo donde se ponderaron los mapas anteriormente creados en función de la influencia de estos en la susceptibilidad a movimientos en masa en la región de influencia del volcán Concepción. Lo que permitió generar un mapa a escala 1:20.000 objetivo de la componente A del presente estudio.

Este mapa fue reclasificado en 5 categorías de susceptibilidad a movimientos en masa:

- **Muy baja** donde no se observan ni procesos de inestabilidad ni indicios que permitan predecir la ocurrencia de estos;
- **Baja** en zonas estables con pendientes estables que pueden ser afectadas por movimientos en masa ocurridos en otras zonas;
- **Media** encontrándose al límite de la estabilidad con pendientes moderadas, susceptibles a la inestabilidad por el mal manejo de los suelos y de aguas superficiales;
- **Alta** que corresponde a zonas inestables con pendientes fuertes, formados por materiales parcialmente a muy saturados en agua en zonas de fuerte erosión;
- **Muy alta** en zonas muy inestables con pendientes muy fuertes, con materiales no consolidados, muy alterados y con una alta erosión.

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa refleja la distribución de las áreas donde existe un mayor potencial de ocurrencia de estos fenómenos tanto en la zona de partida como en las zonas de transporte y acumulación.

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.), San José del Sur (984 hab.), Sinacapa, Los Ramos (590 hab.), Manos Unidas, Urbaité (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.

En la componente de Vulnerabilidad Física (B) se logró llegar a la evaluación del nivel de susceptibilidad estructural y de personas, estando éstas dentro de estructuras o en espacios abiertos. El análisis se hizo tanto de la región de trabajo como de los municipios y poblados evaluados en el estudio. La adecuación de metodologías internacionales al contexto del área

de estudio permitió recabar información importante sobre la susceptibilidad a recibir daños de los elementos localizados en poblados expuestos. A pesar que la metodología aplicada se encuentra en proceso temprano de elaboración, este estudio provee información valiosa para la formulación de planes de emergencia y gestión de riesgos a nivel municipal.

La aplicación de la metodología, basada en Uzielli et al (2008), en el área de influencia del Volcán Concepción permitió determinar que las estructuras, principalmente viviendas, tienen una alta susceptibilidad a sufrir daños ante movimientos en masa con valores 0.76 y 0.8 para los municipios de Moyogalpa y Altagracia respectivamente. La susceptibilidad de personas que se encuentran dentro de estructuras alcanzó valores medios de 0.44 y 0.5, y para personas en espacios abiertos y vehículos se determinó una susceptibilidad de 0.64 y 0.59.

Los mapas con la extrapolación de los valores de susceptibilidad estructural y de personas en estructuras mostraron una buena correspondencia con las observaciones de campo y permitieron zonificar las áreas con mayor potencial de sufrir daños en base a sus características físicas.

El componente (C) sobre gobernanza de riesgos y vulnerabilidad institucional investiga los procesos y actores involucrados en la toma de decisiones colectivas para que el sistema nacional sea capaz de reducir el impacto negativo de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre.

Para ello, se analizó los instrumentos normativos que guían las acciones del sistema (legislación, políticas, planes, etc.) y la práctica de la gestión de riesgos. Los datos empíricos fueron obtenidos a través de 23 entrevistas con actores claves, quienes a su vez proporcionaron documentos que se utilizan a nivel local. Se realizó un grupo focal donde los pobladores brindaron información sobre el sistema.

El material empírico se analizó usando métodos cualitativos y un modelo para identificar retos y fragmentación en las acciones que el sistema nacional lleva a cabo. Se logró identificar los actores y estructuras de trabajo a nivel local, además de las funciones que el sistema realiza para alcanzar su objetivo principal. Las funciones analizadas fueron: adquisición de información, anticipación y orientación, toma de decisiones, implementación, capacitación, evaluación, obstáculos y retos. De esta manera se analizó qué tan efectivo es el sistema para la gestión de riesgos al reducir los impactos y la ocurrencia de desastres.

Los resultados revelan que el desempeño del sistema de gestión de riesgo a nivel local en las municipalidades de Moyogalpa y Altagracia cumple con su propósito. Los actores locales han

demostrado que han aprendido por medio de capacitaciones brindadas por el Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED) y de la experiencia obtenida por eventos que han ocurrido en las comunidades. Los actores locales han establecidos estructuras de trabajo robustas a nivel municipal y comunal que han contribuido a reducir riesgos en las comunidades de manera significativa.

A pesar de los logros obtenidos a nivel local, existen procesos fragmentados, obstáculos y retos en las funciones que el sistema desempeña que influyen en la eficacia del mismo. El sistema presenta dificultades al utilizar la información científica y los resultados de las evaluaciones de riesgos para los procesos de toma de decisiones. Se detectó que las acciones que los actores a nivel local toman para reducir sus vulnerabilidades no necesariamente obedecen a los planes de gestión de riesgos o de respuesta que las municipalidades y comunidades proponen, sino que las medidas de prevención y mitigación surgen de las necesidades inmediatas de las comunidades y no a una planificación integral. Agregando que la gestión de riesgos aún no se ha integrado a los procesos de desarrollo municipal y urbano. Ambas municipalidades carecen de oficinas y planes destinados a impulsar y controlar el desarrollo urbano. Además se identificó vacíos entre las tomas de decisiones e implementación de proyectos para la gestión de riesgos. Los proyectos que requieren asistencia técnica y recursos externos, podrían no considerar la participación de los actores locales en el planteamiento de medidas de prevención y mitigación. Así también, el trabajo de los organismos no gubernamentales (ONG) a nivel local aportan positivamente al sistema. Sin embargo, cuando existen desconexiones y falta de coordinación entre las ONGs y las autoridades locales, se podría influenciar negativamente en los avances de la gestión de riesgos.

Los resultados de cada componente de este estudio tienen el potencial para contribuir a superar procesos fragmentados en el desempeño del sistema de gestión de riesgos en Moyogalpa y Altagracia. Es decir, el componente (A) del estudio provee información importante sobre las áreas susceptibles a movimientos en masa cuya comprensión por parte de los actores locales, agregando el conocimiento que ellos tienen de sus territorios, permitiría anticipar acciones que reducirían los impactos negativos por eventos de esta naturaleza. Una debilidad muy importante identificada en el análisis del componente (C) en los planes municipales y comunales, es que éstos carecen de escenarios de riesgos y las consecuencias son expresadas en la cantidad de población vulnerable. Para esto, la componente (B) del estudio provee una metodología adecuada al contexto local, que podría adaptarse a formatos simples que permitan el levantamiento y el análisis de las vulnerabilidades por actores locales. De esta manera, la vulnerabilidad de los municipios podría ser expresada de forma más holística, aportando a mejorar los procesos de tomas de

decisiones y consecuentemente, la reducción de riesgos a desastres por movimientos en masa en las áreas de influencia del Volcán Concepción.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio contiene un análisis de riesgos en el área de influencia del Volcán Concepción con un enfoque a movimientos en masa. Este análisis comprende tres componentes que se aplicaron en el área de influencia por movimientos en masa del Volcán Concepción:

1) Componente A: Susceptibilidad a Movimientos en Masa

Analiza los procesos de movimientos en masa y las zonas más susceptibles de ocurrencia en base a variantes condicionantes y detonantes en la zona de estudio.

2) Componente B: Vulnerabilidad Física ante movimientos en masa

Propone una metodología para la determinación a de la vulnerabilidad física a escala municipal, tanto de estructuras como de personas, mediante la aplicación de instrumentos y criterios definidos.

3) Componente C: Análisis de procesos de gobernanza de riesgos

Analiza los mecanismos de la gestión del riesgo e identifica aspectos que pueden ser mejorados para el fortalecimiento del manejo del riesgo y emergencias.

Este documento se compone por cuatro capítulos. El capítulo I presenta la información que establece el contexto de esta investigación. El capítulo 2 contiene el marco teórico, metodología y resultados del análisis de susceptibilidad a movimientos en masa. El capítulo 3 contiene la adecuación de una metodología para la determinación de la vulnerabilidad física y de los habitantes ante movimientos en masa en el contexto del área de estudio. El capítulo 4 desarrolla los aspectos teóricos, métodos y resultados del análisis de procesos de gestión de riesgos y determina la vulnerabilidad estructural. El capítulo 5 presenta una breve descripción de los resultados obtenidos en el estudio.

1.1 ANÁLISIS DE CONTEXTO

En los últimos años, Nicaragua ha experimentado estabilidad y crecimiento económico. Sin embargo, aún figura como el país con menor ingresos per cápita de la Región Centroamericana (IFAD, 2017). Del total de su población estimado en 2011 (6080478 hab.), el 29.6% se encuentra en condición de pobreza (World Bank, 2016). Esta condición ha incrementado la vulnerabilidad de la población ante las amenazas a las que se encuentra expuesta debido a las condiciones naturales de la región.

Las estadísticas presentadas por las Naciones Unidas (2015) indican que el país tiene un promedio de pérdidas económicas anuales asociadas a amenazas naturales de US\$110.83 millones. Además, Nicaragua ha sido clasificada como el cuarto país más afectado por eventos climáticos a nivel mundial durante los últimos 20 años (Kreft, Eckstein, & Fisher, 2015). La posición de Nicaragua en este ranking coincide con las estadísticas de las Naciones Unidas mostrando que las inundaciones (30.6 %) y las tormentas (34.7%) son los eventos más recurrentes entre 1990 y 2014. Esto también ha creado las condiciones para la ocurrencia de movimientos en masa, por la alta frecuencia de factores detonantes como precipitaciones y sismos. Como consecuencia, los movimientos en masa son los que más pérdidas humanas han ocasionado en los últimos 15 años representando un 74.6% del total de muertes por desastres.

El Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED) ha alcanzado logros significativos en el manejo de riesgos de desastres (Lavell, Mansilla, & Smith, 2003; The World Bank, & GFDRR, 2010). Entre los logros obtenidos en este campo y por la necesidad de impulsar una efectiva reducción de riesgos en todos los sectores, se ha dado la inserción de la gestión de riesgos en Instituciones de Educación Superior (IES). Este proceso se ha realizado en dos aspectos: (a) la modificación interna del funcionamiento de las universidades para reducir los riesgos y aumentar las capacidades de respuesta, y (b) el fortalecimiento de las capacidades de investigación para contribuir al conocimiento de la gestión de riesgos a través de los avances tecnológicos e investigativos.

Como una muestra de esto, la UNAN-Managua cuenta con centros de investigación donde la generación de conocimiento sobre riesgos se desarrolla desde diferentes perspectivas. En este caso, el IGG-CIGEO/UNAN-Managua desarrolla sus líneas de investigación en la evaluación de riesgos geológicos y la gestión de riesgo. Por tanto, es de interés de la UNAN-Managua que los proyectos de investigación tengan un impacto en la sociedad nicaragüense, a través de estudios de esta naturaleza que permitirán identificar las zonas con mayor o

menor susceptibilidad a movimientos en masa e indicar a los tomadores de decisiones en dónde focalizar las medidas de prevención y mitigación en el área de estudio.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Además de las características físicas y de comportamiento del Volcán Concepción presentado en la línea base de este documento, existen particularidades en la Isla de Ometepe que hacen necesario el trabajo constante para reducir riesgos. La isla fue formada por la actividad de los Volcanes Concepción y Maderas. Actualmente el total de la población de la isla se encuentra expuesta a la influencia directa o indirecta del volcán Concepción. Así también, la localización de la Isla de Ometepe en el Lago de Managua condiciona algunas acciones de respuesta, por ejemplo la rápida y eficaz evacuación.

La isla de Ometepe cuenta con estudios y planes de gestión de riesgos y respuesta enfocados en fenómenos de origen volcánico. Sin embargo, se ha detectado un vacío importante en el conocimiento sobre riesgos a movimientos en masa. Por sus condiciones geomorfológicas, es sumamente importante crear instrumentos, adecuar metodologías y proporcionar insumos para la toma de decisiones ante esta amenaza en el área.

La creación de capacidades para hacer frente a riesgos por movimientos en masa es aún más evidente por los impactos esperados por el cambio climático y su posible influencia en la magnitud y mayor frecuencia de eventos extremos (UNFCCC, 2007). Por ejemplo, en noviembre de 2016, el Huracán Otto impactó Nicaragua y Costa Rica, encontrándose la Isla de Ometepe la trayectoria prevista para este fenómeno (REDHUM, 2016) cuyas precipitaciones representaban un potencial factor detonante de movimientos en masa. El Huracán ocasionó daños en la zona del Atlántico del país (BBC, 2016) y dejó en evidencia la necesidad de mejorar el manejo de riesgos por movimientos en masa en el área de estudio propuesta.

El proyecto se encuentra en correspondencia con las Prioridades del Marco de Sendai 2015-2030, específicamente las Prioridades 1 y 2: “Comprender el riesgo de desastres” y “Fortalecer la gobernanza del riesgo para gestionar dicho riesgo” (UN, 2015). Los Componentes A y B del proyecto se enfocan en la reducción del riesgo a través de la comprensión de la amenaza y las dimensiones de vulnerabilidad física ante los movimientos en masa en las comunidades asentadas en la zona de influencia del Volcán Concepción. El Componente C, complementa a los Componentes A y B al analizar la compleja interacción de actores agrupados en instituciones que forman la estructura del sistema de gestión de riesgos en el área de estudio. De esta forma, se puede comprender los procesos para gestionar y

reducir riesgos e identificar aquellos aspectos que obstaculizan la eficiencia en el manejo de riesgos a nivel institucional.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Determinar la susceptibilidad, la vulnerabilidad física y los procesos de gobernanza de riesgos a los movimientos en masa en el área de influencia del volcán Concepción.

Objetivos específicos:

1. Obtener un inventario de los fenómenos de movimientos en masa.
2. Cartografiar los depósitos generados por los movimientos en masa.
3. Obtener un mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.
4. Determinar el grado de vulnerabilidad física ocasionada por eventos de movimientos en masa en la población que habita en los alrededores del Volcán Concepción.
5. Identificar los procesos de gobernanza de riesgos y los niveles de vulnerabilidad institucional de los municipios del área de influencia del Volcán Concepción.
6. Generar insumos para el manejo de desastres en el área de influencia del Volcán Concepción.

1.4 LÍNEA BASE

Nicaragua presenta una cadena de volcanes próxima de la costa Pacífica como resultado de la interacción de las placas de Cocos y del Caribe. La placa de Cocos de tipo oceánico y en consecuencia de mayor peso subducta o subsidie la placa del Caribe de tipo continental (Wheelock et al., 2015). La interacción de estas dos placas es la responsable de frecuentes sismos y de la fusión de la corteza oceánica dando lugar a la formación de magmas a poca profundidad que erupciona y forma los edificios volcánicos. En la actualidad, Nicaragua presenta cinco volcanes activos relativamente jóvenes como son el Telica, Concepción, Momotombo, Cerro Negro y Masaya.

El volcán Concepción es un estrato volcán de cono perfecto del que se conocen 18 erupciones, siendo la última en noviembre de 1999 (INETER, n.d.). Este volcán está ubicado en la parte norte de la isla de Ometepe en el lago de Cocibolca a 80 kilómetros de Managua.

En las proximidades del volcán Concepción se encuentran los Municipios de Altagracia y Moyogalpa. El primero se localiza al noroeste del Volcán Concepción y cuenta con 19995 habitantes donde el 79.38% se distribuye en 20 comarcas, y el 20.62% representa a la población urbana. El municipio de Moyogalpa, se localiza al oeste del Volcán Concepción, tiene una población de 9729 habitantes, el 29.85% se distribuye en ocho comarcas y el 70.15% corresponde a la población urbana (INIDE 2008A, INIDE 2008B). La población es fuertemente aumentada por la afluencia de grandes cantidades de turistas a lo largo del año, pudiendo llegar a recibir a un promedio de 22000 turistas (Sánchez, Urbina & Propin, 2008).

Las erupciones que ha tenido el volcán Concepción son de tipo Plineana, Estromboleana y freatomagmática. Las erupciones Plineanas se caracterizan por emisiones paroxísmicas de grandes columnas eruptivas y flujos piroclásticos, intensas explosiones que generan lluvias de ceniza y lapilli que pueden producir el colapso parcial del edificio volcánico. Las de tipo Estromboleanas presentan flujos de magma moderadamente fluidos y son ligeramente explosivas. Las de tipo freatomagmáticas se caracterizan por su gran explosividad debido al contacto directo del magma con el agua.

Otro tipo de amenaza presente en el Volcán Concepción son los eventos o procesos asociados a los movimientos en masa como las avalanchas de escombros, los flujos de escombros o los llamados aluviones que consisten fundamentalmente en una mezcla de roca, suelo, vegetación y agua que se desplazan sobre las laderas y drenajes. Un deslizamiento, registrado por Rodríguez (2015), amenaza la población de San José de Ometepe que de llegarse a producir la afectaría de forma importante con graves consecuencias para sus habitantes así que la infraestructura debido al impacto de las enormes masas de rocas que alcanzarían grandes velocidades pudiendo recorrer grandes distancias. Es de tener en cuenta que al encontrarse en una isla rodeados por agua la evacuación de la población se debe realizar por aire o por agua lo que exigiría grande medios y recursos económicos para llevarse a cabo.

CAPÍTULO 2. COMPONENTE A: Análisis de susceptibilidad a movimientos en masa en el Volcán Concepción

2.1 Marco teórico

Un movimiento en masa es definido por Cruden (1991), como un movimiento ladera debajo de una masa de rocas, de detritos o de tierra por efectos de la gravedad. En sedimentología, el desplazamiento de una masa se caracteriza por fuertes concentraciones de partículas sólidas, un movimiento de sólidos en masa y un flujo laminar (Cojan y Renard, 1977). La terminología de movimientos en masa en las regiones volcánicas comprende las avalanchas de escombros, lahars, flujos de escombros, deslaves y flujos hiperconcentrados. Aunque muchos movimientos en masa comienzan por un deslizamiento, el flujo domina rápidamente. La morfología, textura y los mecanismos de sedimentación varían con el volumen de agua. Las avalanchas de escombros pueden ser relativamente secas o contener suficiente agua para transformarse en flujo de escombros (Sieber, 2002).

El colapso gravitacional de una parte del edificio volcánico se produce por el deslizamiento de una parte de este y generalmente forma un cráter lateral en forma de herradura (Pulgarin, 2001), llamado cráter de avalancha (Sieber, 1984) o anfiteatro (Voigth et al., 1981 y Ui et al. 2000). Los depósitos de avalanchas de escombros están constituidos por bloques de gran tamaño que pueden alcanzar tamaños de decenas a centenas de metros. Su transporte es tan rápido que se aproxima al de un flujo ya que a la base de la avalancha las fuerzas de fricción son nulas (Pulgarin y Correa, 2001). Scott (1988) lo define como el flujo rápido de una masa no seleccionada de rocas y otros tipos de materiales como agua, sedimentos y vegetación. Casi siempre las avalanchas de rocas llegan como colapsos rápidos y catastróficos de grandes barrancos acompañados por una completa desintegración y pulverización produciendo una masa fracturada o granular. Las avalanchas de escombros se establecen típicamente en la zona de pie de monte a causa de la reducción de la pendiente y de la expansión lateral de la masa (Blair y Mc Pherson, 1994). Las avalanchas de escombros pueden establecerse formando montículos en proximidades del frente montañoso o transformarse en un flujo granular que va a producir levantamientos en forma de arco o de “U”, o lobulos con espesores decimétricos a hectométricos y que pueden cubrir decenas de kilómetros (Blair et Mc Pherson, 1994)

Lahar es una palabra de Indonesia utilizada por primera vez en 1949 por Van Bemmelen (Smith, 1986 y Major et al., 1989) en el volcán Kelud (Java). Lahar es un término genérico para describir un flujo rápido saturado de escombros rocosos provenientes de un volcán. El término lahar engloba los flujos de escombros, los flujos hiperconcentrados así que los flujos de transición entre estos dos últimos (Vallance, 2000; Lavigne et Thouret, 2000; et Benvenuti and Martini, 2002).

Los flujos de escombros son una mezcla de escombros saturada en agua con una gran concentración de sedimentos que se desplaza bajo la influencia de la gravedad (Johnson, 1984; Cojan et Renard, 1997; y Vallance, 2000). El tamaño de los elementos es variado, las cuales son contenidas en una matriz silto-arcillosa y acuosa que conduce generalmente a cuerpos de granulometría y espesor decreciente (Moureau et al. 2000). La concentración de sedimentos debe ser superior a 60% de su volumen o a 80% de su peso (Vallance et Scott, 1997). Los flujos de escombros son cohesivos si contienen más del 3 a 5% en peso de arcillas (Scott, 1988). Estos comienzan típicamente como una avalancha saturada en agua que se transforma aguas abajo en flujo de escombros y que se mantiene como tal hasta el final (Vallance y Scott, 1997). Los flujos de escombros no cohesivos son aquellos que contienen menos de 3 a 5% de su peso en arcilla (Scott, 1988), los cuales comienzan como una ola de inundación incorporando sedimentos por erosión (bulking) y que progresivamente se transforma en un flujo más diluido (Vallance y Scott, 1997; Hurlimann et al., 2003)

El flujo hiperconcentrado posee características fluviales pudiendo transportar o movilizar grandes cantidades de carga. Las concentraciones de sedimentos varían entre 20 y 60% de volumen o 40 a 80% en peso (Vallance et Scott, 1997). Es un flujo turbulento pudiendo transportar grandes cantidades de arena, pero su resistencia crítica no le permite transportar en suspensión clastos de tamaño superior (Cortes, 2001).

El origen de los movimientos en masa tienen diferentes causas: fuertes lluvias, sismos y erupciones volcánicas asociadas a lagos crátericos. Las erupciones volcánicas explosivas son la fuente de grandes volúmenes de material piroclástico, no consolidado y fácilmente erosionables que se ubican sobre los flancos del volcán. Cuando hay fuertes precipitaciones el material puede ser removilizado generando flujos de escombros.

La intrusión de un cuerpo magmático, la actividad sísmica, esfuerzos tectónicos o simplemente el debilitamiento de una parte del edificio volcánico ocasionado por la alteración de rocas donde hubo infiltración de agua y otros fluidos pueden provocar el colapso parcial o el deslizamiento de una parte del edificio volcánico que se transforma en avalancha de escombros y posteriormente en un flujo de escombros.

El grado de desgaste de los elementos (clastos) es un medio práctico para distinguir los flujos de escombros de otros tipos de depósitos. En un flujo de escombros los clastos son más angulosos que los de un medio fluvial. El proceso de abrasión se reduce por el amortiguamiento parcial del contacto partícula-partícula de la matriz viscosa de los flujos de escombros. El desgaste varía significativamente con el tamaño, grandes partículas tienden a redondearse en pequeños trayectos. Los bloques pueden ser erosionados de una forma angulosa a subredondeada en tres kilómetros de un transporte macroturbulento en un río de montaña. Las partículas más pequeñas (2-64 mm) se mantendrán angulosas después de ser transportadas por un flujo de escombros. Las partículas más grandes (>64 mm) tienden a adquirir marcas de colisión pero luego progresivamente son más erosionadas (redondeadas) a medida que tamaño aumenta. Así después de algunos kilómetros de recorrido los bloques tienen una forma subangulosa a subredondeada (Lavigne y Thouret, 2000).

La concentración de la fuerza de cizallamiento a la base del flujo de escombros durante la sedimentación se refleja en el alto porcentaje de clastos fracturados a diferencia de clastos de las capas superiores. El grado de desgaste de sedimentos en un flujo de escombros está determinado por la erosión de las partículas originales y de las partículas incorporadas durante el aumento del volumen por adición de material erosionado y por dos procesos simultáneos que producen resultados opuestos: la abrasión intergranular, especialmente en el flujo de las capas basales, y la fractura de las partículas cerca de los límites del flujo.

Para describir el medio o sistema físico de referencia en el que los flujos de escombros evolucionan, Muñoz (2001) diferencia tres partes:

- 4) Cuenca de recepción, que funciona como un colector encargado de reunir, de concentrar los materiales y de transformarlos en flujos de escombros.
- 5) El canal de flujo, los corredores de conducción y de evolución de los flujos de escombros.
- 6) El campo potencial de dispersión o cono de efusión, situado a la desembocadura del canal en la llanura. Generalmente es aquí donde el flujo de escombros pierde velocidad y se sedimenta y acumula los materiales transportados formando un abanico alargado aguas abajo.

Estos diferentes tipos de flujos están presentes en la región de influencia del volcán Concepción en la isla de Ometepe.

2.2 Metodología

2.2.1 Metodología conceptual

La **Figura A1** muestra los procesos y las conexiones a integrar en el Sistema de Información Geográfico (SIG) que permitió elaborar el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región de influencia del volcán Concepción.

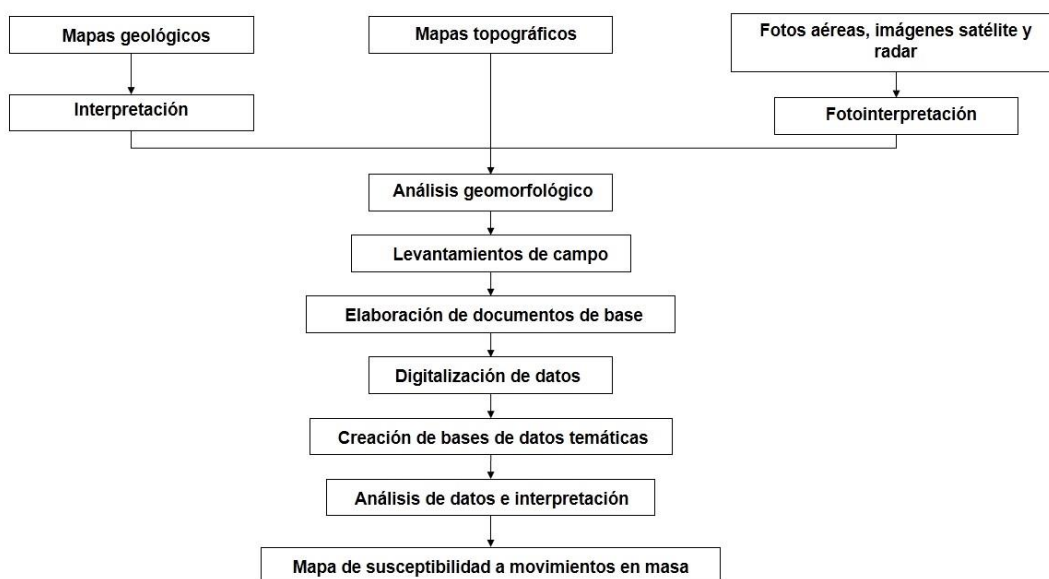


Figura A1. Proceso a integrar en el SIG para la elaboración del mapa de susceptibilidad.

2.2.2 Metodología aplicada

Los pasos que se siguieron en el componente de susceptibilidad a movimientos en masa son:

2.2.2.1 Compilación de información temática multidisciplinaria e interinstitucional

A la información existente se le adicionó información reciente en relación al tema de movimientos en masa en general y específica de la región de estudio, ver anexo No A1 “Información bibliográfica recopilada”. También se recopilaron mapas topográficos,

geológicos, geográficos de la región de Ometepe y del volcán Concepción, ver anexo No A2 “Listado de material utilizado en mapas”.

2.2.2.2 Extracción de información a partir de documentos analógicos.

Esta se llevó a cabo a partir de:

- 1) **La interpretación** de las hojas topográficas y geológicas MOYOGALPA (3050-i) y de SAN JOSÉ DEL SUR (3050-ii) (INETER, 1970, 2004) y (INETER, XX); del Mapa geomorfológico de la isla de Ometepe (Hradeky y Sebeta, 2002) y Mapa de Lahares (Granados, 2002); del Mapa de geología (Borgia et al., 2003), y del mapas de uso de suelos (INETER, 2015).
- 2) **El análisis geomorfológico e hidrográfico** sobre mapas topográficos a escala 1:50.000 y sobre fotos aéreas a escala 1:40.000 y 1:30.000.
- 3) **La Fotointerpretación** (1) De imágenes satélites teniendo en cuenta las variaciones de contraste de color, textura, nitidez y de la intensidad de los objetos, la expresión morfológica hace referencia a la expresión litológica, estructural, hidrográfica y orográfica; y (2) Detallada de fotografías aéreas. Esto con el fin de identificar las unidades sedimentarias, drenajes, zonas de actividad antrópica (poblados, carreteras, caminos etc.), escarpes y zonas de erosión.

2.2.2.3 Análisis preliminar de los movimientos en masa

Que se presentan en la región de estudio en base a fotos aéreas e imágenes de satélite de diferentes fechas tanto en las zonas de arranque como en las zonas de depósito para identificar eventos importantes ocurridos y estimar áreas y volúmenes de los depósitos.

2.2.2.4 Elaboración de un formulario de inventario de movimientos en masa

Donde se describieron sus principales características ver, anexo A3.

2.2.2.5 Trabajo de campo

Se realizaron tres salidas de campo de una duración de una semana (5 días) cada una. El trabajo de campo tuvo como fin la verificación de la información adquirida en la fase de

análisis preliminar y el levantamiento de información en la región de estudio. Se realizó la cartografía y se describieron las características de los movimientos en masa; de las unidades litológicas; de las unidades sedimentarias; de los tipos de suelo, roca y grado de meteorización; y de los elementos estructurales. También se levantaron columnas estratigráficas. Parte de esta información quedó registrada en el instrumento No 1 “Formulario inventario de movimientos en masa”, ver anexo A4.

El trabajo de campo para la componente (A) de susceptibilidad a movimientos en masa se llevó a cabo en 3 etapas:

- 1) **Reconocimiento del terreno** donde se identificaron las características geológicas, geomorfológicas y estructurales de las diferentes unidades sedimentarias ubicadas en las faldas de volcán Concepción y en la zona de erosión (cuenca de recepción) y transporte materiales ubicada en la parte alta del mismo.
- 2) **Estudio de afloramientos** que se encontraron principalmente en los cauces de los drenajes y en algunas canteras. Se estudiaron perfiles sedimentológicos y estratigráficos permitiendo identificar los diferentes tipos de depósitos. Se tomaron 41 muestras en los lugares más representativos de la región de estudio, (ver mapa 1 del anexo A5 Mapa de ubicación de muestras geológicas) donde 32 fueron enviadas al laboratorio de petrografía del IGG-CIGEO/UNAN-Managua para la elaboración de secciones delgadas y su descripción.
- 3) **Verificación del levantamiento cartográfico** de los diferentes movimientos en masa, de las unidades litológicas y de las unidades sedimentarias.

2.2.2.6 Elaboración de los documentos de base.

Toda la información obtenida durante las fases de compilación de información, de interpretación de los diferentes tipos de imágenes y de verificación de la cartografía en el terreno fueron transferidas a mapas sintéticos que resumen las unidades sedimentarias y la geología, la hidrografía, las fallas, las pendientes, las zonas de erosión y escarpes, las precipitaciones, el uso de suelos y los sismos. Esta fase condujo a mapas y sus bases de datos asociados.

2.2.2.7 Edición y creación de 8 mapas temáticos.

A partir de los mapas digitalizados y con la ayuda el programa ArcGis 10.5 se crearon y editaron 8 mapas temáticos: Pendientes, Unidades geológicas, Drenajes, Escarpes y zonas de erosión, Isoyetas, Isosistas, Uso de suelos y de Fallas geológicas. Los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

- **Determinación del sistema de coordenadas** de la región de estudio que es el mismo de Nicaragua WGS 84 UTM 16 N con el programa ArcGis 10.5., programa con el que se trabajó.
- **Delimitación del área de trabajo.** Los limites área de trabajo corresponde la línea de costa en la parte norte, este y oeste de la isla de Ometepe en torno al volcán Concepción y el istmo de Istian que acoge el drenaje cartografiado con el mismo nombre.
- **Creación de mapas.** El mapa de pendientes se creó a partir de modelos digitales de elevación suministrado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos con una resolución de 30 y 12.5 metros. Con estos Raster se crearon las curvas de nivel para la región de estudio en formato vectorial, ver mapa 2 del anexo A5. Posteriormente se elaboró el mapa de pendientes propiamente dicho en formato Raster donde cada pixel tiene una información concreta de acuerdo a la clasificación hecha, mapa 3 del anexo A5. Este mapa se reclasifico en 6 rangos de pendientes dándoles un código de 1 a 6 donde el 1 muestra el menor grado de influencia sobre la susceptibilidad a movimientos en masa y el valor 6 el mayor grado de influencia, ver **Tabla 1**.

Tabla A1. Rangos de pendientes y códigos adjudicados para el mapa de pendientes

Rango de pendiente	Código
0 – 3	1
3 - 5	2
5 – 15	3
15 – 35	4
35 – 45	5
>45	6

El **mapa de Unidades geológicas** se elaboró en formato vectorial con la información levantada en base a imágenes aéreas y satélite, la recopilada en el terreno y complementado con datos de Borgia et al. (2003). La información contenida en este mapa corresponde a los diferentes tipos de unidades: sedimentarias lacustres, depósitos de movimientos en masa, flujos de lavas, abanicos aluviales y secuencias de lavas y tefras, ver mapa 4 del anexo A5. A la tabla de atributos de este mapa se le agrego una columna llamada “código” donde se le dio un valor de 1 a 6 a cada tipo de unidad geológica. El valor 6 muestra el mayor grado de influencia sobre la susceptibilidad de los movimientos en masa y el valor 1 el más bajo. Para el mapa de unidades geológicas el código 1 se le dio a los depósitos lacustres, 2 a las tefras y diferentes tipos de lavas, 3 a los depósitos de avalanchas de rocas y de flujos de escombros, 4 a los depósitos que forman los abanicos aluviales, 5 a las secuencias de tefras y lavas ubicadas en la parte somital del volcán y el código 6 a los flujos de escombros recientes, tabla 2. Posteriormente el mapa se transformó a formato Raster, ver mapa 5 del anexo A5.

Tabla A2. Unidades geológicas y códigos adjudicados.

Unidades geológicas	Código
Depósitos lacustres.	1
Tefras y diferentes tipos de lavas.	2
Depósitos de avalanchas de rocas y de flujos de escombros.	3
Abanicos aluviales.	4
Secuencias de tefras y lavas.	5
Flujos de escombros recientes.	6

El mapa de drenajes fue digitalizado en con la ayuda de la imagen Pleiades del área del volcán Concepción con una resolución de 2 metros para las bandas multiespectrales y de 0.5 metros para la banda la pancromática, y de fotos aéreas a escala 1:40.000 y 1:30.000, ver mapa 6 del anexo A5. Se cartografiaron los drenaje en la zona de estudio y posteriormente se generaron 6 zonas de afectación o de influencia (buffers) cada 100 metros perpendicularmente a la dirección del drenaje, ver mapa 7 del anexo A5. Estos valores se tomaron teniendo en cuenta el grado de erosión en el terreno. A la tabla de atributos de este mapa se le agrego una columna llamada “código” donde se le dio un valor de 1 a 6 a cada zona de afectación. El valor 6 muestra el mayor grado de influencia sobre la susceptibilidad a los movimientos en masa y el valor 1 el más bajo. El rango entre la parte central del cauce del drenaje y 100 metros se le dio el valor de 6, al rango entre 100 y 200 metros el valor de 5, al rango entre 200 y 300 metros el valor de 4, al rango entre 300 y 400 metros el valor de 3, al rango entre

400 y 500 metros el valor de 2 y al rango entre 500 y 600 metros el valor de 1, tabla 3. Luego este mapa fue transformado a formato Raster, ver mapa 8 del anexo A5.

Tabla A3. Rangos de distancia al drenaje y el código adjudicado

Rango de distancias al drenaje (en metros)	Código
0 - 100	6
100 - 200	5
200 - 300	4
300 - 400	3
400 - 500	2
500 - 600	1

El mapa de escarpes y zonas de erosión también fue digitalizado con la ayuda de la imagen Pleiades y de fotos aéreas a escala 1:40.000 y 1:30.000, ver mapa 9 del anexo A5. Se cartografiaron los escarpes y zonas de erosión y posteriormente se generaron 6 zonas de afectación (buffers) cada 50 metros perpendicularmente al trazo de estos, ver mapa 10 del anexo A5. Estos valores fueron dados teniendo en cuenta el grado de erosión sobre los escarpes, coronas, cárcavas etc. y su variación con la distancia. A la tabla de atributos de este mapa se le agrego una columna llamada “código” donde se le dio un valor de 1 a 6 a las diferentes zonas de afectación. El valor 6 muestra el mayor grado de influencia sobre la susceptibilidad a los movimientos en masa y el valor 1 el más bajo. Al rango entre el trazo del escarpe y los primeros 50 metros se le dio un valor de 6, al rango entre 50 y 100 metros un valor de 5, al rango entre 100 y 150 metros el de 4, al rango entre 150 y 200 el de 3, al rango entre 200 y 250 el de 2 y al rango entre 250 y 300 metros el valor de 1, tabla 4. Posteriormente se transformó el mapa a formato Raster, ver mapa 11 del anexo A5.

Tabla A4. Rangos de distancias a los escarpes y zonas de erosión y los códigos adjudicados.

Rangos de distancias al escarpe (en metros)	Código
0 - 50	6
50 - 100	5
100 - 150	4
150 - 200	3
200 - 250	2

250 - 300	1
-----------	---

Con el promedio anual de precipitaciones de las estaciones Moyogalpa, Altagracia y Merida en la isla de Ometepe entre los años 1970 y 2014, se elaboró un mapa de isoyetas en formato Raster, ver mapa 12 del anexo A5 “Mapa de Ubicación de estaciones meteorológicas” y anexo A6 “Datos meteorológicos”. Este último fue reclasificado en 6 rangos de precipitaciones medias anuales por el método de cortes naturales (Jenks), tabla 5. Ver mapa 13 del anexo A5.

Tabla A5. Rangos de precipitaciones anuales y códigos adjudicados. Los rangos de precipitaciones han sido establecidos por el método de cortes naturales (Jenk).

Rangos de precipitaciones anuales (en milímetros)	Código
1130 - 1202	1
1202 - 1255	2
1255 - 1307	3
1307 - 1360	4
1360 - 1422	5
1422 - 1514	6

El **mapa de isosistas** fue elaborado con información suministrada por la organización IRIS (Incorporate Research Institutions for Seismology) e INETER (Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales), ver mapa 14 del anexo A5 “Ubicación de sismos en la región de influencia del volcán Concepción”, a partir del método de interpolación vecino próximo, recomendado por Chuvieco E. (2008) para este tipo de análisis. Este mapa en formato Raster fue reclasificado en 6 rangos de magnitud sísmica en la escala de Richter por el método de cortes naturales (Jenks), ver mapa 15 del anexo 5 y tabla 6.

Tabla A6. Rangos de magnitud sísmica en la escala de Richter y códigos adjudicados.

Rangos de magnitud sísmica	Código
0.40 – 1.73	1
1.73 – 2.15	2
2.15 – 2.53	3
2.53 – 3.01	4
3.01 – 3.71	5
3.71 – 4.99	6

El **mapa de uso de suelos** fue tomado del Mapa de Coberturas y uso de la tierra de Nicaragua (mapa 16 anexo A5), al cual se le hicieron correcciones y ajustes con la ayuda de las imágenes satélite Pleiades y Digital Globe (Bing), y con información levantada en el terreno. A la tabla de atributos de este mapa se le agregó una columna llamada “código” donde se le dio, al igual que a los otros factores condicionantes o mapas temáticos, un valor de 1 a 6, ver tabla 7. Posteriormente el mapa se convirtió a formato raster, ver mapa 17 del anexo A5.

Tabla A7. Tipos de uso de suelo y códigos adjudicado.

Tipos de uso del suelo	Código
Agua y humedal.	1
Bosque latifoliado denso.	2
Bosque latifoliado ralo y plantación forestal.	3
Poblados, ciudades, caseríos, cultivos permanentes y vegetación arbustiva.	4
Cultivos anuales, pastos y tacotal.	5
Suelo sin vegetación.	6

El **mapa de fallas geológicas** fue tomado de los mapas de fallas de la isla de Ometepe de Hradeky et Sebeta (2002) y el de Mapa de Lahares de Delgado (2002). La información fue digitalizada en formato vectorial, ver mapa 18 del anexo A5. Posteriormente se generaron 6 zonas de afectación o influencia (buffers) cada 300 metros perpendicularmente al trazo de la falla, ver mapa 19 del anexo A5, donde la energía se puede canalizar y disipar con la distancia. A la tabla de atributos de este mapa se le agregó una columna llamada “código” donde se le dio a cada zona de afectación un valor de 1 a 6, ver tabla 8. Donde 6 es el valor con mayor grado de influencia sobre la susceptibilidad a los movimientos en masa y 1 el valor más bajo. A la distancia entre el trazo de la falla y 300 metros se le dio el valor de 6, entre 300 y 600 metros el valor de 5, entre 600 y 900 metros el valor de 4, entre 900 y 1200 metros el valor de 3, entre 1200 y 1500 metros el valor de 2 y a la distancia entre 1500 y 1800 metros el valor de 1. Luego el mapa fue transformado a formato Raster, ver mapa 20 del anexo A5.

Tabla A8. Fallas geológicas y códigos adjudicados.

Fallas geológicas	Código
0 – 300	6
300 – 600	5
600 – 900	4

900 – 1200	3
1200 – 1500	2
1500 - 1800	1

También se crearon los **mapas de centros poblados y vías de comunicación** en formato vectorial, mapa 21 y 22 del anexo A5 respectivamente.

2.2.3 Análisis multicriterio

El análisis de la susceptibilidad a movimientos en masa se realiza a partir de un conjunto de factores, que por experiencia, son subjetivamente asignados a la importancia de cada uno. Un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región de influencia del volcán Concepción ha sido elaborado con los mapas temáticos en formato Raster anteriormente descritos para lo cual se siguieron estos pasos:

- **Ponderación de factores condicionantes.** Se le adjudicaron pesos a los diferentes mapas lo que permitió ponderar, en porcentaje, cada uno de ellos como sigue: mapa de drenajes 10 %, mapa de escarpes y zonas de erosión 10%, mapa de fallas 5%, mapa de unidades geológicas 35%, mapa de pendientes 20%, mapa de sismos 10%, mapa de uso del suelo 5% y mapa de precipitaciones 5%.
- **Calculo de la susceptibilidad.** La susceptibilidad es determinada por la adición de los factores multiplicado por su peso. Para ello se utilizó el siguiente algoritmo con la ayuda de la calculadora raster de ArcGis 10.5:

$$S = (\text{rastdrenaje} * 0.10 + \text{"rastescarpe"} * 0.10 + \text{"rastfallas"} * 0.05 + \text{"rastgeol"} * 0.35 + \text{"rastpend"} * 0.2 + \text{"rastsism"} * 0.1 + \text{"rastusosols"} * 0.05 + \text{rastprecip40} * 0.05)$$

Dónde: S = susceptibilidad, rastdrenaje = mapa de drenajes, rastescarpe = mapa escarpes y zonas de erosión, rastfallas = mapa de fallas, rastgeol = mapa de unidades geológicas, rastpend = mapa de pendientes, rastsism = mapa de isosistas, rastusosols = mapa de uso de suelos y rastprecip40 = mapa precipitaciones.

Tras esta operación se obtiene el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región de influencia del volcán Concepción en formato Raster, ver mapa 1 del anexo A7

- **Reclasificación del mapa de susceptibilidad.** El mapa de susceptibilidad fue reclasificado en cinco categorías de susceptibilidad a movimientos en masa: Muy baja, baja, media, alta y muy alta.

Estas se definieron de la siguiente manera:

MUY BAJA

Zonas estables generalmente con pendientes muy suaves (0 - 3°) donde no se observan procesos de inestabilidad reciente y no existen indicios que permitan predecir movimientos en masa. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los drenajes por socavamiento y erosión.

BAJA

Zonas relativamente estables generalmente con pendientes suaves (3 – 5°), con pocas condiciones para originar movimientos en masa, eventualmente y en menor medida pueden ser afectadas por movimientos en masa ocurridos en zonas de susceptibilidad alta a muy alta cercanas a ellas, detonadas principalmente por lluvias excepcionales.

MEDIA

Zonas al límite de la estabilidad principalmente con pendientes moderadas (5 – 15°), susceptibles a inestabilidad por el mal manejo del terreno y de las aguas superficiales (p.e. cultivos, deforestación etc.). Laderas presentando erosión intensa o materiales parcialmente saturados en agua, moderadamente meteorizados, donde han ocurrido algunos movimientos en masa en el pasado. Pueden generarse movimientos en masa en caso de sismos y lluvias excepcionales.

ALTA

Zonas inestables normalmente con pendientes fuertes (15 – 35°) en macizos rocosos fracturados, formados por la acumulación de depósitos piroclásticos consolidados y lavas, con meteorización y/o alteración intensa a moderada; en depósitos superficiales no consolidados, en materiales parcialmente a muy saturados en agua y en zonas de intensa erosión, donde han ocurrido movimientos en masa o existe la posibilidad de que ocurran.

MUY ALTA

Zonas muy inestables. Laderas en su mayoría de pendientes muy fuertes (35 – 45°) con masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas, muy fracturadas con depósitos superficiales no consolidados y zonas de alta erosión (cárcavas). Presencia de movimientos en masa activos y cicatrices de antiguos. En

estos sectores existe alta posibilidad de que ocurran movimientos en masa. También en zonas que a pesar de tener una pendiente poco pronunciada son afectadas por la llegada de movimientos en masa especialmente en periodos de fuertes precipitaciones.

2.3 RESULTADOS

A partir de la digitalización de los datos se obtuvieron 8 mapas que constituyen los factores condicionantes y con los cuales se generó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa.

El **Mapa de pendientes** (mapa 3 del anexo A4) es uno de los más importantes para la obtención del mapa de susceptibilidad teniendo en cuenta que este factor tiene una fuerte influencia sobre los movimientos en masa. La resolución del modelo digital de elevación (12.5 m) permitió elaborar un mapa de curvas de nivel para posteriormente elaborar el mapa de pendientes, con la ayuda del programa ArcGis 10.5, que se ajusta a la realidad en el terreno. Las áreas cubiertas (en hectáreas) con los diferentes rangos de pendientes se pueden apreciar en la [tabla A9](#).

Tabla A9. Rangos de pendientes y áreas cubiertas en la zona de estudio

Rango de pendiente (en grados)	Código	Área en hectáreas
0 - 3	1	3903.01
3 - 5	2	3504.45
5 - 15	3	7534.66
15 – 35	4	2252.91
35 – 45	5	269.19
>45	6	19.08

El mapa de unidades geológicas (mapa 4 del anexo A5) contiene 16 unidades de abanicos aluviales, 23 unidades de avalanchas de rocas, 10 unidades de depósitos de escombros indiferenciados, 11 unidades de depósitos lacustres, 26 unidades de flujos de escombros recientes, 5 unidades de flujos de lava, 1 unidad de secuencias de tefras y lavas y 3 unidades de tefras. La diferenciación de estas unidades está basada en sus características sedimentológicas, estratigráficas, mineralógicas y geomorfológicas.

Los depósitos de los abanicos aluviales están compuestos en una gran parte por flujos de detritos. Estos son polimicticos presentando una distribución granulométrica muy pobre con bloques, escorias, cenizas volcánicas y arcillas producto de la alteración y la meteorización en

la zona de partida. Los depósitos son masivos sin estratificación. Los elementos, generalmente soportados por la matriz, son angulosos a subredondeados. Los abanicos se forman generalmente en la zona donde el gradiente topográfico disminuye de forma brusca y donde la energía de transporte disminuye; no tienen un drenaje definido y este puede cambiar de dirección con el tiempo lo que les da la forma su forma característica. La mayoría de los depósitos presentan una gradación inversa con los elementos de menor tamaño en la base aumentando progresivamente hacia la parte superior, ver figura A1.



Figura A1. Depósitos de flujos de detritos polimictico con una gradación inversa, clastos angulosos a sub redondeados soportados por una matriz. La distribución granulométrica es muy pobre.

Algunas unidades generalmente ubicadas en la parte intermedia a distal, llegando hasta la rivera del lago están conformadas por flujos de detritos antiguos donde es difícil diferenciar los eventos que lo conformaron.

En la actualidad, cuando hay fuertes precipitaciones y los depósitos en la zona de fuertes pendiente, próximos del cráter del volcán Concepción, se saturan en agua, se presentan flujos de escombros que llegan a la parte intermedia y distal de la región de estudio afectando las poblaciones y la infraestructura en especial las vías de comunicación terrestre.

Las avalanchas de rocas corresponden a colapsos parciales de un edificio volcánico antiguo que generó grandes volúmenes de sedimento por evento. En la figura A2 se pueden apreciar la ruptura de pendiente con cambios litológicos.



Figura A2. Vista del volcán Concepción en su parte norte donde se puede apreciar la ruptura de pendientes. La línea roja muestra la proyección del antiguo edificio volcánico. La parte faltante corresponde al volumen colapsado.

Los depósitos de avalanchas de rocas tienen una apariencia masiva con ausencia de estratificación; presentan una muy mala selección de los clastos con bloques llegando a decenas de metros en la parte proximal y a varios metros en la parte distal, los cuales son angulosos, monomicticos y presentan fracturación en rompecabezas, figura A3. Estos depósitos están constituidos principalmente por basaltos, basaltos andesíticos y en menor medida por andesitas, ver anexo A8 y anexo A9. Lo que concuerda con estudios hecho por Nyström et al (1993) donde la mayoría de rocas volcánicas entre el Terciario y el Cuaternario en Nicaragua corresponden de basaltos a andesitas. Los depósitos de avalanchas de rocas en la región de influencia del volcán Concepción muestran en la parte proximal una superficie en montículos (hummocky topography) y levantamientos laterales mientras que la parte distal presenta en sus bordes pendientes cercanas a los 35 grados con alturas de decenas de metros, ver figura A4.



Figura A3. Clastos basálticos presentando la fracturación en rompecabezas típica en depósitos de avalanchas de escombros.



Figura A4. Parte distal de depósitos de avalanchas de escombros en El Rincón proximidades de la población de Altagracia. Se puede observar el tamaño de los clastos y su fracturación en rompecabezas (líneas rojas), así que la pendiente (35°) y la altura de la unidad que este caso es de 50 metros. La escala está dada por los geólogos.

Las secuencias de tefras y lavas se encuentran en la parte somital de volcán Concepción formando paquetes de centenas de metros de espesor, figura A5. Estas secuencias son fuertemente erosionadas por los flujos de agua.



Figura A5. Secuencias de tefras y lavas erosionadas vistas desde el sur del volcán Concepción

Depósitos lacustres (figura A6) afloran en la parte Noroeste, Este y Sureste de la región de estudio. En otras regiones se encuentran recubiertas por depósitos de avalanchas de rocas, de flujos de escombros y por tefras. En la zona costera se ve con frecuencia el contacto de estos depósitos con los depósitos lacustres, ver figura A7. Estos depósitos presentan una laminación fina con niveles oxidados que nos indican periodos de emersión. En su composición predominan el cuarzo (30%), líticos (10%) y plagioclasas (20%), los minerales metálicos están presentes (2%). La matriz está compuesta por vidrio volcánico y microcristales de plagioclasas y se encuentra afectada por carbonización, figura A8.



Figura A6. Depósitos lacustres. Playa de Santo Domingo sureste del volcán Concepción.



Figura A7. Contacto entre avalancha de rocas y depósitos lacustres al sureste del volcán Concepción, Santo Domingo. El martillo se encuentra sobre los depósitos lacustres.



Figura A7. Contacto entre avalancha de rocas y depósitos lacustres al sureste del volcán Concepción, Santo Domingo. El martillo se encuentra sobre los depósitos lacustres.



Figura A8. Sedimentos lacustres. Muestra tomada en Punta Helequeme, Noroeste del volcán Concepción.

El mapa de drenajes (mapa 6 del anexo A5) muestra los cauces que en forma radial conducen el agua en periodos de lluvias desde la parte alta del volcán Concepción hasta sus alrededores. Estos cauces son la vía preferencial de transporte para los flujos de escombros y deslaves que se presentan en la actualidad. Como se puede apreciar en la figura A6 los cauces pueden llegar a tener grandes dimensiones mostrando el poder erosivo de los flujos que por allí transcurren. Los drenajes al no ser permanentes son modificados y utilizados como vías de comunicación por los pobladores de la región. Lo que dificultó el levantamiento cartográfico de los mismos en algunos sectores.

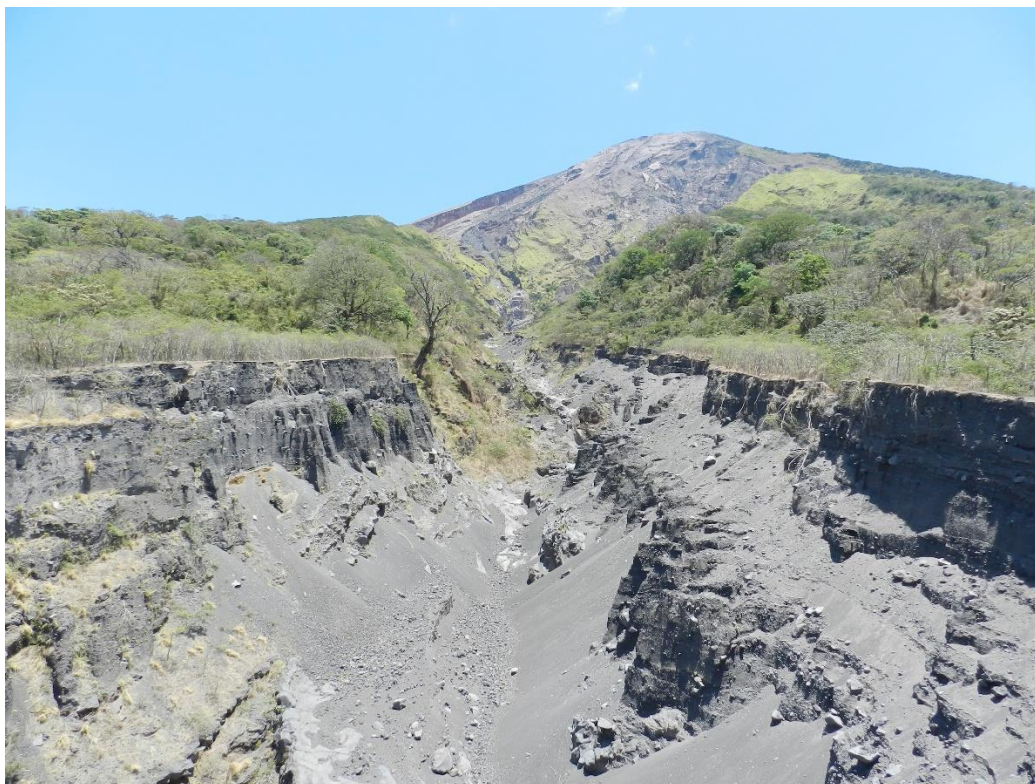


Figura A9. Cauce de un drenaje no permanente en la parte apical de uno de los abanicos aluviales al este del volcán Concepción.



Figura A10. Cauce natural de un drenaje no permanente al norte de la población de San José del Sur que es una vía de comunicación fuera del periodo de lluvias.

El **mapa de escarpes** (mapa 10 del anexo A5) muestra la ubicación de las zonas de erosión donde los flujos de lavas fracturados y el material no consolidado, alterado y meteorizado (primordialmente tefras) es removido, principalmente por las lluvias y los sismos, formando coronas de erosión, barrancos, cárcavas, zanjas y surcos con paredes verticales y perfiles longitudinales de pendiente elevada, ver figura 7. Los escarpes y las cárcavas se ubican en la parte alta y media del edificio volcánico y en la parte apical de los abanicos aluviales. En la parte distal el cauce de los drenajes tiende a desaparecer.

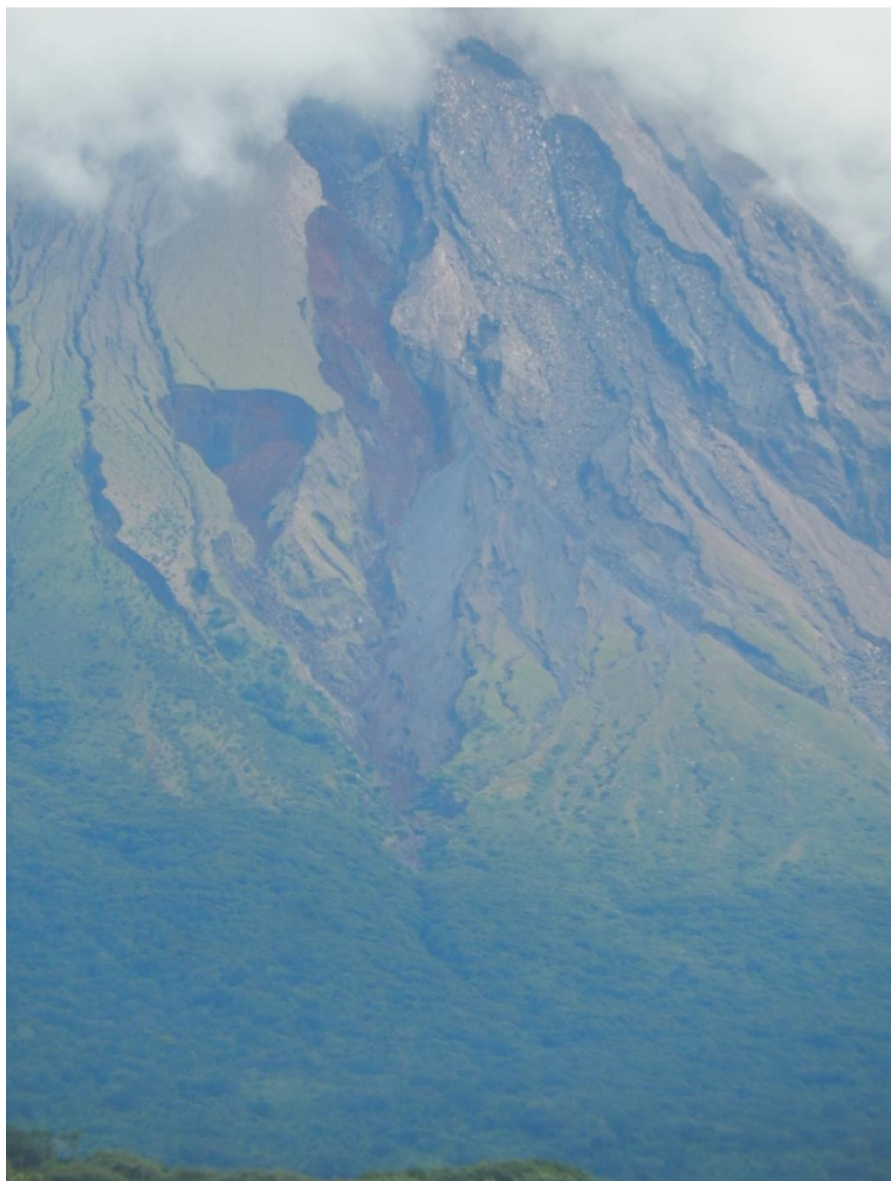


Figura 7. Zona de erosión sobre una secuencias de tefras y lavas al este del volcán Concepción donde se pueden observar coronas de erosión, barrancos, cárcavas, zanjas y surcos. Vista desde el poblado de Moyogalpa.

El mapa de precipitaciones (mapa 13 del anexo A5) nos muestra una distribución de lluvias que van en aumento del oeste al este. Este es un factor detonante que en periodos de fuertes

intensidades de lluvias por periodos prolongados conllevan a la saturación de los suelos y del material no consolidado sobre los flancos del volcán Concepción generando movimientos en masa principalmente en forma de flujos de escombros y flujos hiperconcentrados, llamados por los habitantes de la región como deslaves.

Los sismos presentes en la región de estudio permitieron la elaboración de un mapa de isosistas (mapa 15 del anexo A5). Este muestra una mayor magnitud en los sismos en la escala de Richter en región suroeste de la región de estudios. Mientras que en la parte norte y centro los sismos son de magnitudes menores lo puede deberse a que estos últimos tienen relación con la actividad volcánica del volcán Concepción y los de la parte suroeste una relación con la actividad tectónica regional. En el mapa 23 del anexo A5 se puede apreciar la estrecha relación de algunas fallas con la distribución de las isosistas en la región de estudio. Esto permitiría en futuros estudios determinar la ubicación para el levantamiento de perfiles de tomografía eléctrica, magnética, aplicar métodos sísmicos MASW (multichannel analysis of surface waves) y HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con el fin de determinar el trazo de la falla y el método Radar (Ground Penetrating Radar) para determinar su geometría.

El mapa de uso de suelos (mapa 16 del anexo A5) nos permite tener una representación de la distribución de los suelos en la región de estudio. Este sintetiza las características del uso de los suelos por medio de una serie de codificaciones y leyendas permitiendo una interpretación rápida; describe la distribución de las unidades de acuerdo a una escala de trabajo 1:20.000; y permite acceder de una manera rápida a la información.

El mapa de fallas geológicas (mapa 18 del anexo A5) es una compilación de las estructuras levantadas por diferentes autores. Este nos muestra la distribución y orientación de las fallas en la región de estudio. La mayor concentración de fallas se encuentra en la parte occidental del Volcán Concepción donde a causa de un relieve positivo (probable plegamiento de las capas sedimentarias subyacentes) los depósitos de los abanicos aluviales no las han recubierto. Este relieve positivo sirve de barrera que protege las comunidades entorno a la población de Moyogalpa de la acción de los movimientos en masa provenientes del volcán Concepción. Existe una estructura que atraviesa el edificio volcánico en dirección sureste-noroeste pasando por el cráter. Esta estructura puede estar asociada a la zona fuertemente erosionada ubicada al este de la misma y se confirmaría con la interpretación de un posible proceso de expansión en el volcán dada por de Wyck van de Vries. En la parte sur de la región de estudio se observan algunas fallas que siguen la tendencia del mapa de isosistas permitiéndonos inferir la continuidad de las mismas, ver mapa 23 del anexo A5. Los centros poblados afectados por las fallas son Moyogalpa, La Concepción, Los Ángeles, San Marcos, Sinacapa, Los Ramos, La Unión, Las Pilas y San Miguel. La vía adoquinada que es la vía

principal de comunicación terrestre en la zona de influencia del volcán Concepción y que comunica los principales poblados puede ser afectada por estas estructuras entre los municipios de Moyogalpa y La Concepción, entre La Concepción y La Flor, entre los Ángeles y San José del Sur, entre Altagracia y San Miguel y entre San José del Sur y Manos Unidas.

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región de influencia del volcán Concepción (mapa 1 anexo A7) refleja la distribución de las áreas donde existe un mayor potencial de ocurrencia de estos fenómenos tanto en las zonas de partida como en las zonas de transporte y acumulación de sedimentos. También nos permite identificar de una forma clara los centros poblados y las obras de infraestructuras que pueden ser afectadas por futuros eventos. Los centros poblados más afectados por los movimientos en masa son San Marcos (1918), La Flor (1815 habitantes SINAPRED, 2016), La Concepción (936 habitantes), San José del Sur (984 habitantes), Sinacapa, Los Ramos (590 habitantes), Manos Unidas, Urbaite (2800 habitantes) y Sintiope (996 habitantes). Las zonas del aeropuerto, El Pull (al oeste de Altagracia) (1450 habitantes), San Lázaro (280 habitantes) y El Chipote (al sur de Altagracia) (740 habitantes) tienen una alta posibilidad de ser afectadas. 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.

CAPÍTULO 3. COMPONENTE B: Análisis de Vulnerabilidad física a movimientos en masa en el Volcán Concepción

Hasta el momento en Nicaragua no se ha oficializado una metodología que permita establecer un grado de vulnerabilidad física ante eventos de movimientos en masa, a pesar de ser uno de los fenómenos de recurrencia más frecuente en ciertas áreas como Volcán Concepción y alrededores.

La información relacionada a vulnerabilidad física se encuentra principalmente en los Planes de Emergencia Municipal y los Planes de Emergencia Sanitarios Locales de cada municipio. En el caso de Moyogalpa y Altagracia estos planes son actualizados anualmente.

Sin embargo los datos sobre vulnerabilidad consisten principalmente en la cantidad de personas y viviendas que se consideran expuestas por encontrarse en algunos de los poblados donde los movimientos en masa recientes suelen suceder con mayor frecuencia. Entre los datos destacados se mencionan la cantidad de personas a las que se les considera de mayor riesgo entre ancianos, embarazadas y niños. Esta información no suele coincidir en los distintos documentos en cuanto a poblados considerados expuestos ni la cantidad de viviendas y habitantes en ellos. Dentro de un mismo documento se pueden encontrar más de una tabla con información de población expuesta, pero aunque en las distintas tablas se hablen de las mismas amenazas, los datos discrepan. También se asignan grados de vulnerabilidad por poblado en una escala de Bajo, Medio Alto, sin quedar claros los criterios para establecer esta escala ni lo que significan cada uno los niveles.

En relación a la vulnerabilidad de las estructuras, más allá de la cantidad de viviendas por poblados expuestos, no se pudo encontrar mayor información. Únicamente en algunas estructuras de interés como escuelas y puestos de salud se pudo encontrar una evaluación del estado de las estructuras el cual se valora en una escala de Buen estado, Regular y Mal estado, sin especificar los criterios para asignar este resultado.

En base a la información sobre la intensidad de los fenómenos por movimientos en masa, la principal fuente de información es un estudio realizado en Volcán Concepción (Saballos, 2013) en donde se pueden encontrar algunos datos sobre espesor de los depósitos de flujos, cálculo de volumen de los depósitos, entre otros. Sin embargo esta información todavía es bastante reducida para llegar a asignar un escenario más específico para la intensidad.

3.1 Metodología

Hasta el momento, el estudio para la determinación de la vulnerabilidad física ante movimientos en masa cuenta con poca cobertura en comparación a otros tipos de amenazas, por ejemplo la sísmica. Sin embargo ya existen algunas propuestas que por el momento pueden ser exploradas, si bien es cierto es bastante aceptado que este campo de estudio está en desarrollo. Uno de los aspectos a tomar en cuenta son el tipo de parámetros a considerar como factores que influyen en la vulnerabilidad física, en particular en relación a la intensidad del fenómeno (Akbas, Blahut, & Sterlacchini, 2009).

El objetivo principal de la Componente de Vulnerabilidad Física de este proyecto consiste en la identificación y adecuación de una metodología mediante la cual se pudiera hacer una determinación de la vulnerabilidad física mediante criterios definidos y que generara mayor información tanto sobre las personas como sobre las estructuras. Para esto fue de importancia que la metodología pudiese ser aplicada con el tipo de información disponible, al menos en su mayor parte.

La metodología utilizada en este estudio se basó en el método probabilístico propuesto en (Uzielli, Nadim, Lacasse, & Kaynia, 2008). Esta metodología propone un marco de evaluación probabilística de elementos expuestos, estructuras y personas, para obtener un resultado cuantitativo con valores de vulnerabilidad entre 0 y 1, y su aplicación es de tipo regional, debido a que involucra factores socioeconómicos, principalmente en lo referentes a la vulnerabilidad de las personas.

La base del cálculo de la vulnerabilidad es una función de la intensidad del movimiento en masa y la susceptibilidad de los elementos expuestos a ser dañados. En este método el juicio del experto es altamente aplicado en la determinación de los factores de susceptibilidad de los elementos expuestos.

3.1.1 Descripción General de la Metodología

A continuación se resume la metodología propuesta por Uzielli y otros (2008) para la determinación de la vulnerabilidad física tanto de estructuras como de personas (Figura B1).

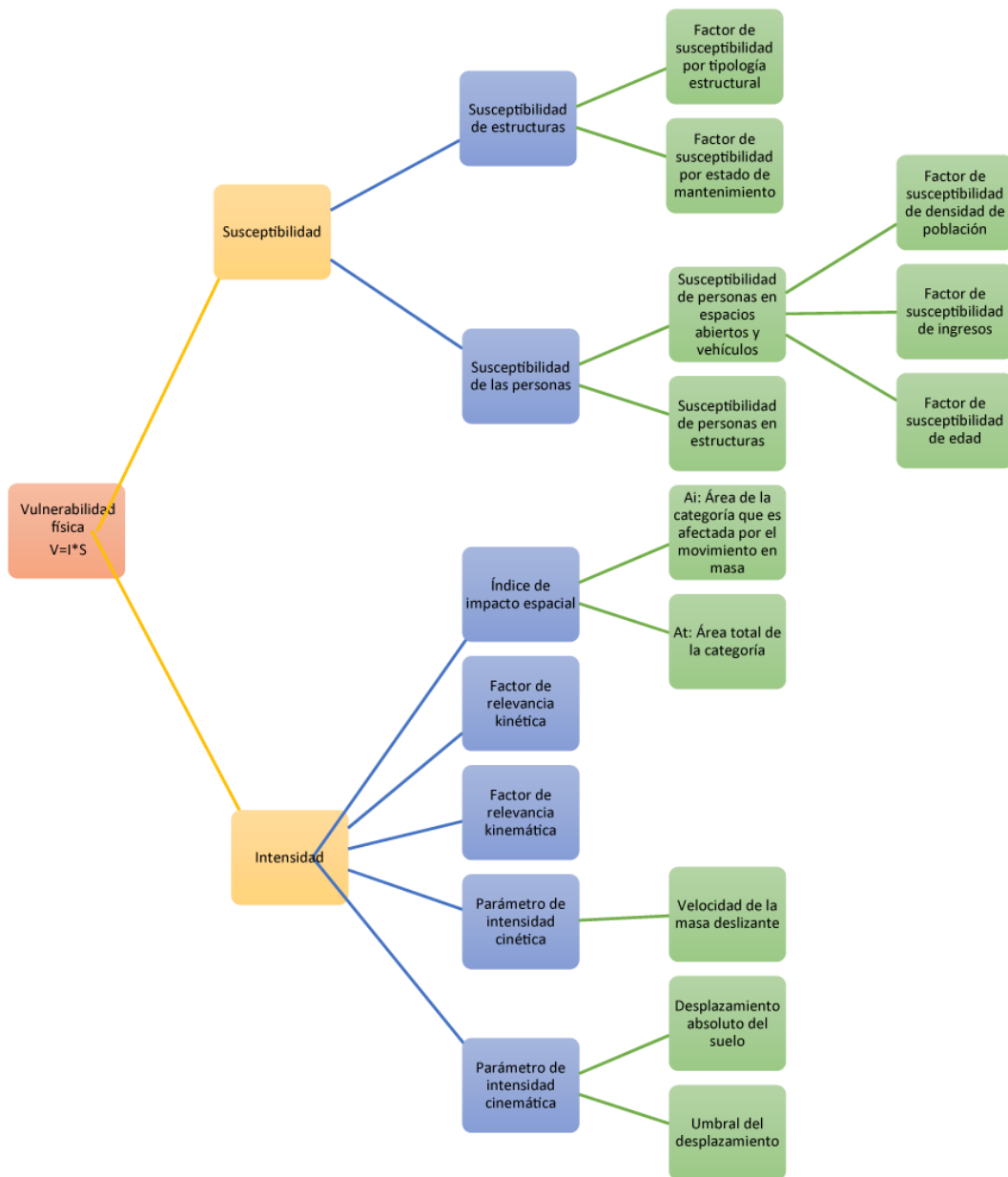


Figura B1 Diagrama de la Metodología Probabilística para la determinación de la Vulnerabilidad Física propuesta en Uzielli y otros (2008)

La metodología de Uzielli y otros (2008) se acopla la definición del ISSMGE Glossary of Risk Assessment Terms en donde la vulnerabilidad es “El grado de pérdida de un elemento dado o un set de elementos dentro de un área afectada por una amenaza”

La estimación de la vulnerabilidad se aborda en una perspectiva basada en escenarios en donde se define un parámetro para la severidad de la acción de los movimientos en masa y la capacidad del elemento vulnerable de resistir una acción del grado de severidad dado. Por tanto la vulnerabilidad queda definida por:

$$V = I * S$$

(Vulnerabilidad = Intensidad * Susceptibilidad)

3.1.1.1 Susceptibilidad física:

La susceptibilidad es definida como la “Falta de capacidad inherente del elemento en la extensión espacial bajo investigación para preservar su integridad física y funcionalidad en el curso de una interacción física con una masa deslizante genérica” (Uzielli, Nadim, Lacasse, & Kaynia, 2008).

Los elementos evaluados son *estructuras* y *personas*, esta últimas en distintas situaciones. Para cada elemento se calcula una susceptibilidad en base a los datos de factores de susceptibilidad que lo caracterizan, y los factores son definidos en base a sus propias condiciones.

3.1.1.2 Susceptibilidad de estructuras:

La Susceptibilidad estructural toma en cuenta 2 factores de acuerdo a las características de las edificaciones del área afectada: la tipología estructural del edificio y el estado del mantenimiento.

$$S_{STR} = 1 - (1 - \xi_{STY})(1 - \xi_{SMN})$$

3.1.1.2.1 ξ_{STY} : Factor de susceptibilidad por tipología estructural

Este factor depende de método de construcción aplicado a las edificaciones y los materiales implementados en la misma. En la Tabla 1 se presentan los valores que se la metodología asigna a este factor.

Tabla 1. Valores de factor de susceptibilidad propuestos por tipología estructural (Uzielli, Nadim, Lacasse, & Kaynia, 2008)

Tipología estructural	Resistencia	ξ_{STV}
Más liviana, estructura simple	Ninguna	1.00
Estructuras liviana	Muy baja	0.90
Mampostería de piedra, concreto y madera	Baja	0.70
Mampostería de ladrillo, estructuras de concreto	Media	0.50
Estructuras de concreto reforzado	Alta	0.30
Estructuras reforzadas	Muy alta	0.10

3.1.1.2.2 ξ_{SMN} : Factor de susceptibilidad por estado de mantenimiento

El factor de estado de mantenimiento depende de las condiciones del inmueble. En la metodología no se encontraron criterios específicos para asignar los valores que se muestran en la Tabla 2. Esto se abordará en la sección de Aplicación y Adecuación de la Metodología.

Tabla 2 Valores de factor de susceptibilidad propuestos por el estado de mantenimiento (Uzielli, Nadim, Lacasse, & Kaynia, 2008)

Estado de mantenimiento	ξ_{SMN}
Muy pobre	0.50
Pobre	0.40
Medio	0.25
Bueno	0.10
Muy bueno	0.00

3.1.1.3 Susceptibilidad de las personas

La susceptibilidad de las personas se define considerando diferentes situaciones en relación a la ubicación de las mismas durante el impacto de un movimiento en masa; en espacios abiertos y vehículos, o dentro de estructuras.

De esta manera se puede determinar la susceptibilidad de la población en distintos escenarios, tales como el momento del día en el que ocurre el fenómeno. Por ejemplo: durante el día se puede considerar que muchas personas no están en sus casas debido a diversas actividades, en especial en el área de estudio donde el trabajo en el campo es de gran importancia para el sustento de muchas familias. Por el contrario, en la noche se puede asumir que la mayoría de la población estará dentro de sus viviendas.

3.1.1.4 Susceptibilidad de personas en estructuras

La susceptibilidad de las personas en este caso se define considerando la susceptibilidad estructural, aplicando la siguiente ecuación:

$$S_{PST} = (S_{STR})^{3.2}$$

3.1.1.5 Susceptibilidad de personas en espacios abiertos y vehículos

Para determinar la susceptibilidad de las personas fuera de las viviendas se involucran factores relacionados a la capacidad de las personas de acuerdo a su edad, nivel de ingresos económicos y a la densidad de población del área. Se ocupa la ecuación siguiente:

$$S_{PSN} = 1 - (1 - \xi_{PDN})(1 - \xi_{GDP})(1 - \xi_{AGE})$$

3.1.1.5.1 ξ_{PDN} : Factor de susceptibilidad de densidad poblacional

Este factor se define por la información de densidad poblacional (D_p = habitantes por km^2) usando el siguiente modelo:

$$\xi_{PDN} = \begin{cases} 0.1 * D_p^{0.25} & D_p \leq 10000 \end{cases}$$

3.1.1.5.2 ξ_{GDP} : Factor de susceptibilidad de ingresos

Se define por el Producto Interno Bruto (Gross Domestic Product, GDP) per capita, basado en datos del Banco Mundial se usa el siguiente modelo:

$$\xi_{GDP} = \begin{cases} 0.95 - 0.90(GDP_c/10000)^{1.4} & GDP_c \leq 10000 \end{cases}$$

3.1.1.5.3 ξ_{AGE} : Factor de susceptibilidad de edad

Se considera un factor de reducción que expresa la resiliencia reducida de categorías de edad en comparación con un rango de edad de referencia en el cual se considera que entre 20 y 50 años una persona tendrá la máxima resiliencia esperada (Uzielli, Nadim, Lacasse, & Kaynia, 2008). En la Tabla 3 se dan los valores de susceptibilidad para este factor.

Tabla 3 Valores propuestos para el factor de susceptibilidad por edad (Uzielli y otros, 2008)

Edad promedio de la población (años)	ξ_{AGE}
0–5	1.00
5–10	0.90
10–15	0.70
15–20	0.30
20–50	0.00
50–55	0.10
55–60	0.30
60–65	0.50
65–70	0.70
70–75	0.90
≥75	0.95

3.1.1.6 Intensidad

Los valores que se asignan a la intensidad parten del tipo de movimiento en masa y la información que se obtenga de simulaciones o bien del registro de informes técnicos de eventos en el área.

En esta metodología la Intensidad asume la definición como set de parámetros espacialmente distribuidos describiendo la destructividad de un deslizamiento (Hungr, 1997 en Uzielli y otros, 2008).

El modelo general para la intensidad de un movimiento en masa que actúa sobre un elemento vulnerable es:

$$I = k_s * [r_K * I_K + r_M * I_M]$$

Donde:

- k_s : Índice de impacto espacial
- $k_s = A_i/A_t$
- A_i : Área perteneciente a la categoría afectada por el deslizamiento
- A_t : Área total perteneciente a la categoría
- r_K : Factor de relevancia cinética de la categoría
- r_M : Factor de relevancia cinemática de la categoría
- I_K : Parámetro de intensidad cinética
- I_M : Parámetro de intensidad cinemática

Una restricción en la aplicación de los factores de relevancia es que estos deben sumar la unidad entre ambos:

$$r_K + r_M = 1$$

3.1.1.6.1 I_K : Parámetro de intensidad cinética

Las características cinéticas son predominantes en caso de movimientos rápidos

$$I_K = \begin{cases} 0.00 & C < 5 * 10^{-7} \\ 0.10 * [\log_{10}(C) + 6.3] & 5 * 10^{-7} \leq C \leq 5 * 10^3 \\ 1.00 & C > 5 * 10^3 \end{cases}$$

- C : Velocidad de la masa deslizante (mm/s)

3.1.1.6.2 I_M : Parámetro de intensidad cinemática

Se asume que el daño causado en un edificio por un deslizamiento de movimiento lento se debe al desplazamiento. Para estructuras situadas en una masa de suelo que se mueve suavemente y de manera traslacional se usa el siguiente modelo:

$$I_M: \begin{cases} 2D_G^2/D_{G,t}^2 & D_G/D_{G,t} < 0.5 \\ 1.0 - 2(D_{G,t} - D_G)^2 / D_G^2 & 0.5 \leq D_G/D_{G,t} \leq 1.0 \\ 1.0 & D_G/D_{G,t} > 1.0 \end{cases}$$

- D_G : Desplazamiento Absoluto del Suelo (mm)
- $D_{G,t}$: Valor del umbral de D_G sobre el cual se supone daño estructural completo o pérdida de funcionalidad. Se debe asignar a partir de modelos teóricos, usando datos disponibles o en la base de la experiencia.

Tabla 4 Posibles set de valores para los factores de relevancia cinética y cinemática

Categoría	Tipo de deslizamiento	r_k	r_M
Estructuras	Rápido	0.90	0.10
Estructuras	Lento	0.15	0.85
Personas	Rápido	0.75	0.25
Personas	Lento	1.00	0.00

3.1.2 Aplicación y adecuación de la metodología

La metodología en Uzielli y otros (2008) previamente presentada fue adecuada durante el proceso de su aplicación. Para esto se tomó en cuenta el tipo y estado de la información de los factores de susceptibilidad del área de estudio, así como la accesibilidad a la misma.

3.1.2.1 Selección de las localidades

Para los propósitos de este estudio se hizo una selección de las localidades a ser visitadas tanto en Moyogalpa como en Altagracia. Los criterios utilizados fueron:

- Localidades afectadas con mayor frecuencia por flujos de detritos recientes
- Zonas donde en el análisis preliminar de susceptibilidad a movimientos en masa se determinó ocurrencia de flujos.
- Disponibilidad de la información de la localidad.

Aplicando estos criterios se visitaron las localidades que se muestran en la **Tabla 5**

Tabla 5 Localidades visitadas durante el estudio

MUNICIPIO DE MOYOGALPA	MUNICIPIO DE ALTAGRACIA
La Flor	San Marcos
La Concepción	Las Cruces
La Paloma	Urbaite
Esquipulas	Las Pilas
San Lázaro	Sintiope
San José del Sur	

3.1.2.2 Población y muestra

La cantidad de encuestas a ser realizadas se determinó en base al cálculo de la muestra para cada municipio (AnexoB1), tomando en cuenta la información de la cantidad de viviendas de los poblados elegidos para este estudio (**Tabla 6**). Para cada municipio se calculó un 97% de confianza.

En base a esto se determinó que para Moyogalpa se realizarían 149 encuestas, tomando 1 de cada 8 casas aleatoriamente. Para Altagracia se determinó que se encuestarían 218 estructuras, tomando 1 de cada 6 aleatoriamente. Se realizó una estratificación de la muestra en base al dato de cantidad de viviendas que se obtuvo para cada poblado o localidad (**Tabla 7**).

Tabla 6 Cálculo de la muestra para el número de encuestas a ser realizada en cada municipio, conforme los datos de viviendas de las municipalidades.

MOYOGALPA			ALTAGRACIA		
Población	Tamaño de la muestra	Valor de estratificación	Población	Tamaño de la muestra	Valor de estratificación
N	n	N/n	N	n	N/n
1195	149	0,1243	1201	217	0,1808

Tabla 7 Cálculo de la muestra estratificada para cada poblado

MOYOGALPA				ALTAGRACIA			
Poblado	Población por localidad	Estrato	Factor de Selección	Poblado	Población por localidad	Estrato	Factor de Selección
	N	n	K		N	n	K
La Flor	304	38	8	San Marcos	225	41	6
La Concepción	210	26	8	Las Cruces	531	96	6
La Paloma	163	20	8	Urbaite	229	41	6

Esquipulas	270	34	8	Las Pilas	114	21	6
San Lázaro	83	10	8	Sintiope	102	18	6
San José del Sur	165	21	8	TOTAL	1201	217	
TOTAL	1195	149					

Cada encuesta se realizó en una vivienda o estructura. Esto quiere decir que no se tomaron grupos de estructuras como una sola. En las situaciones donde varias familias relacionadas vivían en aglomeración de viviendas se eligió una del grupo. En los casos donde varias estructuras conformaban una vivienda (Ej: Cocina separada del resto de la vivienda) se encuestó la estructura donde la mayor parte de la familia se mantiene la mayor parte del tiempo, generalmente la estructura donde se localizan las habitaciones y sala.

3.1.2.3 Adecuación de la susceptibilidad de estructuras

3.1.2.3.1 Determinación del Factor de susceptibilidad de la Tipología Estructural

Para la determinación de la Tipología Estructural y su peso como factor de susceptibilidad se relacionaron las tipologías constructivas utilizadas en Nicaragua (Reinoso, 2005) con las tipologías estructurales en Uzielli y otros (2008). Para esto se usaron como criterios el material empleado y sistemas constructivos usados en Nicaragua descrito en Reinoso (2005) (Anexo B2).

En base a esta relación se elaboró un instrumento a modo de encuesta (Anexo B3) para generar la información de los tipos estructurales en el área de estudio con el mayor detalle posible. En base a los datos arrojados durante el análisis de las encuestas se agregó la tipología “Mampostería confinada mal aplicada” asignándole un valor como factor de susceptibilidad dentro de la escala ya establecida.

Tabla 8 Clasificación de las tipologías constructivas en Nicaragua con las tipologías estructurales en Uzielli y otros (2008)

Tipología estructural (Uzielli y otros, 2008)	Tipología constructiva Nicaragua	Resistencia	ϵ_{STY}
Más liviana, estructura simple	Ripios	Ninguna	1
	Madera	Ninguna	1
Estructuras liviana	Adobe	Muy baja	0.9
	Taquezal	Muy baja	0.9
Mampostería de piedra, concreto y madera	Minifalda	Baja	0.7
	Mampostería sin refuerzo	Baja	0.7
	Mampostería confinada mal aplicada	Baja-media	0.6
Mampostería de ladrillo, estructuras de concreto	Mampostería confinada	Media	0.5
Estructuras de concreto reforzado	Mampostería reforzada	Alta	0.3

La “Mampostería confinada mal aplicada” son construcciones en las que se pretende seguir el sistema de la “Mampostería confinada” pero no contiene todos los elementos de confinamiento verticales y/o horizontales. El elemento de confinamiento más común son las vigas verticales, sin embargo estas suelen tener espacios de distancias variadas entre ellas, frecuentemente de más de 2 metros; también es frecuente que no se construyan las vigas

alrededor de las ventanas ni las puertas, ni las intermedias o asísmicas. Se pudo observar que la construcción de viviendas con estas características en el área de estudio ya es una práctica bastante aplicada.

Finalmente considerando lo expuesto anteriormente se definió el factor de susceptibilidad por tipología estructural a cada vivienda que fue encuestada conforme los valores que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** El criterio del investigador en la asignación del valor de factor por tipología estructural jugó un rol importante debido a que en muchas viviendas se observó más de una tipología constructiva. Para asignar este valor se consideraron los siguientes aspectos:

- Tabla de valores del factor por tipología estructural previamente establecida para este estudio (**Tabla 8** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).
- Predominio de la tipología constructiva en la vivienda.
- En caso que el porcentaje de una tipología constructiva en relación a la otra fuese igual (50%-50%) en el conjunto de la vivienda, se asumió el factor de susceptibilidad con la tipología de susceptibilidad más alto.

3.1.2.3.2 Determinación del Factor por Estado del mantenimiento:

En la metodología en Uzielli y otros (2008) no quedan claros los criterios para determinar el grado de estado de mantenimiento. Durante este estudio se utilizaron los criterios dados en Du, Yin, Wang, Wu, & Chai (2016) los cuales se reclasificaron conforme los valores de estado de mantenimiento en Uzielli y otros (2008) como se muestra en la **Tabla 9**.

Estos criterios fueron incorporados en el instrumento aplicado en campo (Anexo B3). Conforme los criterios y valores establecidos, las encuestas realizadas y el criterio del investigador se le asignó un valor de factor de estado de mantenimiento a cada estructura encuestada durante el trabajo de campo.

En algunas estructuras la tipología estructural influyó en el valor asignado al estado del mantenimiento, principalmente aquellas estructuras hechas de ripios. A estas se les asignó un valor de susceptibilidad de 1 debido a la naturaleza poco resistente y de rápido deterioro de los materiales.

Tabla 9 Criterios para evaluar el estado del mantenimiento de estructuras de Heinimann (1999) y su asociación a los valores para el mismo factor en Uzielli y otros (2008)

Criterios y Valores para el factor estado de mantenimiento (Juan Du et al. ,2016)			Uzielli y otros (2008)	
Estado de Mantenimiento	Sser	Descripción	xSMN	Estado del Mantenimiento
Extremadamente bueno	0.00	Sin deformación, ni agrietamiento y envejecimiento de los materiales	0.00	Muy bueno
Bueno	0.05	Distorsión sobre la estructura, sólo aparece daño superficial como cubierta exfoliante	0.10	Bueno
Deformación menor	0.25	Aparecen grietas finas en la pared (ancho de 1 mm)	0.25	Medio
Deformación media	0.50	Las fundaciones parecen un poco asentadas	0.40	Pobre
Deformación seria	0.75	El muro se inclina, el suelo se inclina o se abulta, aparecen grietas de tensión en la pared	0.50	Muy pobre
Deformación extremadamente seria	1.00	La estructura se desvía, la fundación pierde apoyo, la tubería se interrumpe		

3.1.2.3.3 Análisis de la susceptibilidad estructural

Una vez determinados los valores de los factores por tipología estructural y estado del mantenimiento de las estructuras se aplicó la ecuación dada en Uzielli y otros (2008) para el cálculo de la Susceptibilidad Estructural para cada estructura encuestada en el trabajo de campo (Anexo B6 y Anexo B7).

Los valores de Susceptibilidad Estructural fueron procesados usando el programa ArcGIS 10.5 con el método de extrapolación de Vecinos Próximos (Chuvieco, 2008), con el fin de poder apreciar el comportamiento espacial de la susceptibilidad en los poblados (Anexo B8).

Así mismo se calculó el valor de Susceptibilidad estructural para cada localidad visitada mediante un promedio ponderado de cada factor (Anexo B9).

3.1.2.4 Adecuación de la susceptibilidad de las personas

3.1.2.4.1 Susceptibilidad de las personas en estructuras

Las susceptibilidad de las personas dentro de estructuras se aplicó conforme lo indicado en Uzielli y otros (2008), a partir del cálculo de la Susceptibilidad Estructural para cada vivienda encuestada, lo que también permitió representar los datos espacialmente mediante la generación de mapas rasters por extrapolación de Vecino Próximos. También se calculó la Susceptibilidad de personas en estructuras como un promedio simple para cada municipio y para cada poblado (Anexo B10).

Se propone que este valor representa mejor la vulnerabilidad de las personas considerando un evento en el que el movimiento en masa se da en horas de la noche, momento en que la mayoría de los habitantes están en sus hogares.

3.1.2.4.2 Susceptibilidad de las personas en espacios abiertos y vehículos

La susceptibilidad de las personas en espacios abiertos y vehículos se realizó considerando los factores y tipos de datos indicados en la metodología expuesta (Tabla 10).

El **Factor de Ingresos** se calculó sobre el valor del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita a precios actuales 2016 para Nicaragua, dado por el Banco Mundial (<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=NI>). Acorde a la metodología, al ser un valor menor a \$10,000.00, el valor de este factor queda en 0.05 para ambos municipios.

El Factor de Densidad Poblacional se calculó en base a las proyecciones al 2012 del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) (<http://www.inide.gob.ni/estadisticas/Cifras%20municipales%20a%20C3%B1o%202012%20INI%20DE.pdf>) y el Anuario Estadístico 2008 de esta misma institución (INIDE, 2008). Esta es la información oficial más reciente que existe.

El Factor de Susceptibilidad por edad se calculó a partir de los datos de los habitantes de las viviendas recopilados con las encuestas durante el levantamiento de campo haciendo un promedio ponderado del factor de edad por cada localidad y cada municipio (Anexo B11 y Anexo B12). Se realizó de esta manera debido a que no se encontró información de edades de la población con los rangos especificados en la metodología.

3.1.2.5 Determinación de la intensidad

El tipo de fenómeno objeto de este estudio son los flujos o lahares del Volcán Concepción, los cuales continuamente han impactado comunidades altamente expuestas. Al momento no hay un acuerdo sobre el parámetro para definir el la intensidad de estos fenómenos, usándose el espesor del depósito, el volumen o la velocidad en distintos estudios (Akbas, Blahut, & Sterlacchini, 2009; Saballos, 2013).

Acorde a la metodología de Uzielli y otros (2008), el comportamiento de los flujos se puede caracterizar como movimiento rápido el cual genera un impacto por colisionar contra las viviendas y no porque estas estén sobre la masa deslizante. Basados en estas características de movimiento los elementos para calcular la intensidad resultan de la siguiente forma:

- Factor de relevancia cinética $r_k=0.9$
- Factor de relevancia cinemática $r_M=0.1$
- El índice de impacto espacial (k_s) es obtenido a partir de la cartografía de los flujos y el área de los poblados
- El Parámetro de intensidad cinemática (I_M) asume el valor de cero, debido a que las estructuras no están sobre la masa deslizante
- El valor del Parámetro de intensidad cinética (I_k) se calcula en base a la velocidad del flujo en el área de impacto a las viviendas. Esta información se puede obtener a partir del modelamiento con software especializado o por datos presentes en informes técnicos.

Para este estudio la obtención del parámetro de velocidad de flujo ha significado una limitante para la determinación completa de la vulnerabilidad física, debido que los datos relacionados a la intensidad en los informes técnicos generados por INETER y algunos estudios previos contienen principalmente espesores de depósito (Anexo B13), sobre todo en los informes más recientes, y cálculos de volúmenes para algunos flujos sobre los cuales existe más información (Saballos, 2013). Así mismo, a través de las encuestas se pudo obtener podría tener una aproximación de los espesores de los flujos (Anexo B14). Sin embargo este estudio no tuvo el alcance para generar datos de velocidad de flujo en el área de impacto a las viviendas.

Estudios de velocidad de lahares en el Monte Santa Elena sugieren que los lahares pueden desarrollar velocidades entre 1.3 m/s y 40 m/s Pierson (1985) en (Muñoz-Salinas, Manea, Palacios, & Castillo-Rodríguez, 2007). Sin embargo estudios de velocidad de lahares en Nevado del Ruiz y el Popocatepetl han llegado a concluir que el comportamiento de las

velocidades de los lahares están altamente relacionado a el mecanismo que los desencadena y a la profundidad del flujo (Muñoz-Salinas, Manea, Palacios, & Castillo-Rodríguez, 2007). Sin embargo estos estudios se realizaron tomando en cuenta la morfología de los canales en los que se desplazan los lahares. Para definir un mejor la velocidad del flujo en el área de impacto a las viviendas y otras estructuras, se debería llevar a cabo el modelamiento de los mismos con datos de elevación de alta resolución y software especializados.

3.2 Resultados

3.2.1 Encuestas realizadas

El levantamiento de los datos de campo para la componente de vulnerabilidad física a través de encuestas se hizo en dos momentos distintos para Moyogalpa y Altagracia. Cada municipio se visitó durante una semana en las ciudades seleccionadas.

En Moyogalpa se realizaron en total 152 encuestas de estructuras (Anexo B4) y en Altagracia 219 (Anexo B5). Sin embargo el número de encuestas realizadas en cada localidad no resultó acorde a la estratificación debido a varias circunstancias:

- 1) Al momento de realizar las encuestas se cubrió el área de los poblados acorde al factor de selección calculado junto con la muestra, cada 8 casas en Moyogalpa y cada 6 casas en Altagracia (Tabla 7). Sin embargo se situación la situación de que en algunas ciudades se sobrepasó la cantidad deseada de encuestas, mientras en otras el número alcanzado fue menor. Esto pudo deberse a varias causas, una de ellas es la diferencia de criterios al contabilizar las viviendas (estructuras). Como parte de la metodología en este estudio, cada estructura se contó como unidad, independientemente de su tamaño. Sin embargo se encontraron situaciones en donde una sola estructura representaba al menos 2 viviendas para distintas familias, o en casos opuestos, varias estructuras conformaban una sola vivienda.
- 2) Otra situación a tomar en cuenta es que para el municipio de Altagracia el acceso a los datos de vivienda y población de la municipalidad fue posible con sólo un corto tiempo antes de la semana de campo correspondiente. Ya establecida la colaboración se debieron actualizar los cálculos respecto a la información disponible en el mismo momento de la actividad de campo, lo que creó diferencias respecto a lo planificado previamente

Tabla 10 Comparación de encuestas realizadas en relación a la muestra calculada en cada poblado

MOYOGALPA			ALTAGRACIA		
Poblado	Muestra	Encuestas realizadas	Poblado	Muestra	Encuestas realizadas
La Flor	38	50	San Marcos	41	71
La Concepción	26	31	Las Cruces	96	59
La Paloma	20	18	Las Pilas	21	9
Esquipulas	34	21	Urbaite	41	60
San Lázaro	10	11	Sintiope	18	20
San José del Sur	21	21	TOTAL	217	219
TOTAL	149	152			

En base al número de encuestas realizadas en cada municipio se calculó un error del 5% para Moyogalpa y 4% para Altagracia, con un nivel de confianza del 97% en cada caso. Estos valores se ven alterados en los poblados donde no se pudo llegar al número de encuestas acorde a la muestra calculada.

A pesar de las discrepancias se decidió continuar aplicando la metodología debido a que la información espacial se encuentra en las áreas más céntricas y de mayor concentración de viviendas, y por lo tanto se asumió estas áreas como las zonas expuestas en orden de ejemplificar la aplicación de la metodología.

3.2.2 Susceptibilidad estructural

3.2.2.1 Factor por tipología estructural

Los datos obtenidos durante el levantamiento de campo muestran que en el área de estudio hay un predominio de estructuras de susceptibilidad alta (0.7) con más del 50% en ambas municipalidades (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Estas estructuras corresponden a construcciones hechas con ladrillos, ya sean de barro cocido, concreto, piedra cantera e incluso adoquines, y con madera, pero sin ningún tipo de sistema de refuerzo o confinamiento. Los tipos de construcciones que forman este grupo son mampostería sin refuerzo y construcciones minifalda (Anexo B19).

La construcción de viviendas con mampostería confinada (valor de susceptibilidad 0.5) es la segunda tipología estructural con mayor presencia con porcentajes de 20% y 18% en Moyogalpa y Altagracia respectivamente. Es importante mencionar que también construcciones de mampostería confinada mal aplicada se encontraron con frecuencia en el área así como construcciones sin acabar. Las observaciones durante la realización de las encuestas indican que la razón de mayor peso para construir de esta manera son las limitaciones económicas de los habitantes y posiblemente falta de conocimiento sobre la calidad de las construcciones.

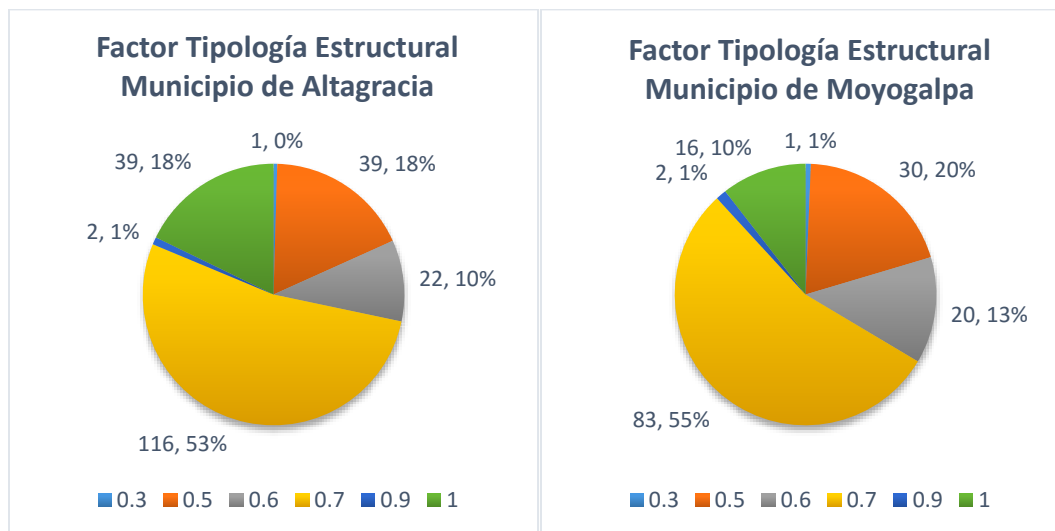


Gráfico 1 Resultados del Factor de Tipología estructural para cada municipio del área de estudio

Las estructuras con valores de susceptibilidad más alto, 0.9 y 1, se hayan en mayor proporción porcentual en Moyogalpa, con un 19% entre ambos, mientras que en Altagracia alcanzan el 11%. Estas estructuras corresponden a viviendas de adobe, taquezal, madera y ripios, predominando significativamente las últimas dos tipologías. Las estructuras de taquezal y adobe no se reconocen fácilmente debido a que los habitantes suelen ponerles un repello para fines estéticos. Las pocas viviendas en las que se identificó taquezal y adobe fueron en parte a través de la conversación con sus habitantes durante las encuestas. Estas tipologías no suelen estar parcialmente presentes en las estructuras y en la mayoría de los casos corresponden a la parte más antigua de la misma.

El menor valor de susceptibilidad encontrado es de 0.3 correspondiente a estructuras de mampostería reforzada. En el área es muy poco frecuente el uso de esta tipología, su aplicación se encontró en muy pocas viviendas y algunas escuelas, y la razón de que fuesen construidas de esta manera es debido a la influencia de externos. Por ejemplo: el dueño de una vivienda de mampostería reforzada manifestó que fueron sus hijos, quienes viven en Costa Rica, quienes construyeron la casa; mientras que en el caso de la Escuela de primaria La Flor la construcción de la misma fue donada y supervisada por la Cooperación Japonesa. Los resultados del factor de tipología estructural por cada ciudad se pueden encontrar en Anexos B15 y Anexo B16.

3.2.2.2 Factor estado del mantenimiento

En la mayoría de las estructuras el estado de mantenimiento es bastante bueno. Más de la mitad tiene susceptibilidades entre 0 y 0.25, esto indica que las casas no tienen daño o sólo tienen un leve deterioro superficial. En el caso de Moyogalpa el 63% están en estas condiciones, y en Altagracia el 53% (**Gráfico 2**).

Las estructuras que se encuentran con valores de 0.4 y 0.5 muestran deformaciones más serias, tales como grietas que atraviesan los muros y el piso, muros sin apoyo, desvíos, etc. En algunos casos las viviendas ya no son habitables (Anexo B20). El 37% y 47% de las estructuras están en estas condiciones en Moyogalpa y Altagracia respectivamente.

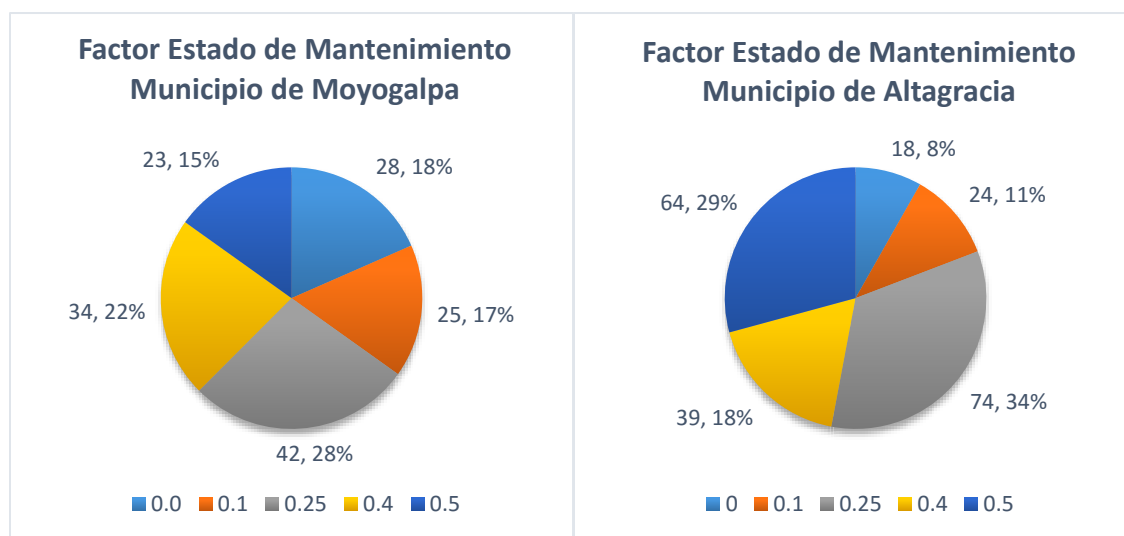


Gráfico 2 Resultados del Factor de Estado de Mantenimiento para cada municipio del área de estudio

3.2.2.3 Susceptibilidad Estructural

En el área de estudio la susceptibilidad estructural mantiene valores similares entre municipios y poblados, resultando ligeramente más baja en Moyogalpa que en Altagracia. En promedio cada una presenta una susceptibilidad de 0.76 y 0.8 respectivamente (**Gráfico 3**). Estos valores indican una probabilidad alta de que las estructuras sufran daños si son afectadas por un movimiento en masa.

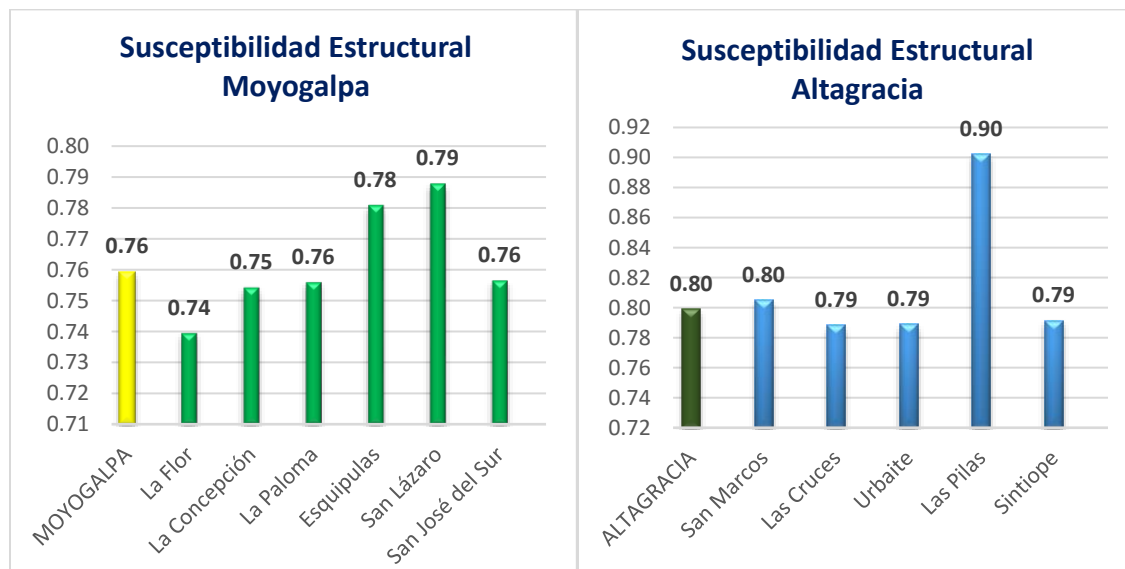


Gráfico 3 Resultados de la Susceptibilidad Estructural por cada municipio del área de estudio y las ciudades evaluadas dentro del estudio

Los promedios de susceptibilidad por cada ciudad muestran valores similares al promedio de su municipio correspondiente. En ambos municipios las ciudades más pequeñas mostraron los valores más altos, San Lázaro en Moyogalpa y Las Pilas en Altagracia.

Los datos de las encuestas fueron dispuestos espacialmente y a partir de los valores de susceptibilidad se extrapolaron los valores para generar mapas de susceptibilidad por cada poblado (Anexo 17 y Anexo B18). En algunos casos se elaboró un solo mapa para varios poblados debido a su cercanía geográfica. Los resultados son consistentes con las observaciones de las estructuras en campo y permiten observar la el comportamiento y distribución espacial de la susceptibilidad estructural.

Esta información resulta muy útil para la planificación de actividades de emergencia a nivel de poblado o área. Dado que permite anticipar donde se podría tener daños más severos.

3.2.3 Susceptibilidad de las personas

3.2.3.1 Susceptibilidad de las personas en estructuras

Este valor resulta de gran utilidad considerando un escenario en donde el movimiento en masa se da de noche. En ambos municipios se obtuvieron valores intermedios y la mayoría

de los poblados muestran promedios acordes (**Gráfico 4**). Sin embargo en Las Pilas la susceptibilidad de personas en estructuras es marcadamente más alto.

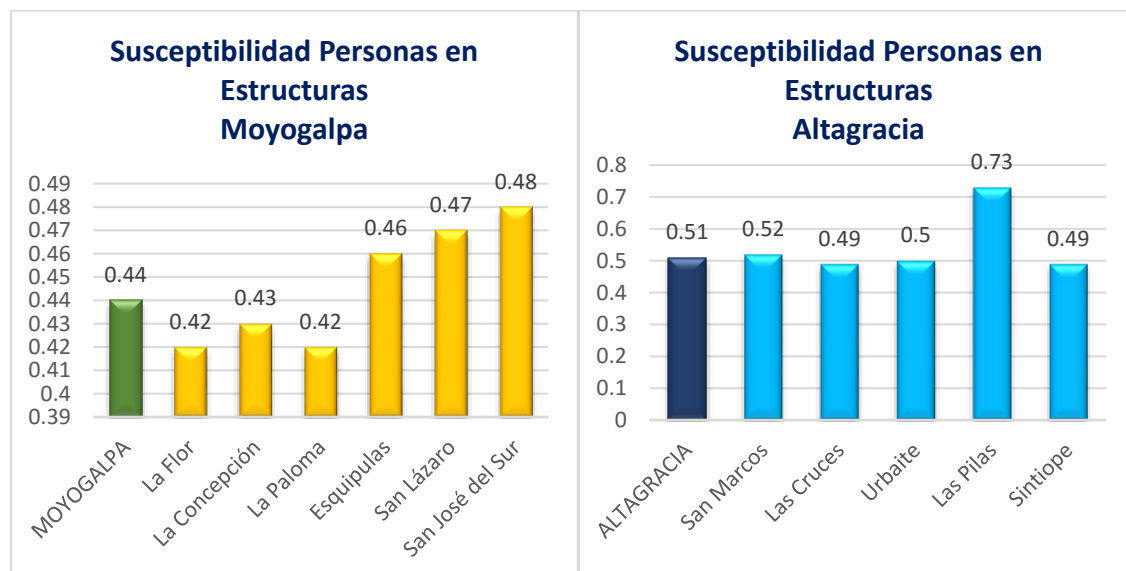


Gráfico 4 Resultados de la Susceptibilidad de Personas en estructuras para cada municipio del área de estudio y los poblados evaluados dentro de este estudio

Estos datos también fueron extrapolados para observar la distribución espacial de personas susceptibles a daños por estructuras mediante mapas rasters (Anexo B8). Los resultados muestran con bastante claridad zonas que deben ser de mayor interés en el momento de ejecutar acciones de emergencia tales como mitigación y evacuación.

3.2.3.2 Susceptibilidad de las personas en espacios abiertos y vehículos

Estos valores son útiles a nivel de municipio dado que sus factores aportan información de país y municipio. Sólo el factor de edad corresponde especialmente a cada poblado.

Para Moyogalpa los valores de susceptibilidad tanto para municipio (0.64) como para poblados están en un rango medio, a excepción de San Lázaro que presenta un valor alto de 0.71 (**Tabla 11**).

Tabla 11 Cálculo de la Susceptibilidad de personas en espacios abiertos y vehículos en Moyogalpa y el valor de sus factores

POBLADOS	Factor de susceptibilidad de densidad poblacional		Factor de susceptibilidad de ingresos		Factor Susceptibilidad Edad	Susceptibilidad Personas Espacios Abiertos
	DP	ϵ_{PDN}	GDP _C	ϵ_{GDP}	ϵ_{AGE}	S _{PSN}
MOYOGALPA	155.91	0.35	2151.4	0.05	0.41	0.64
La Flor	155.91	0.35	2151.4	0.05	0.36	0.61
La Concepción	155.91	0.35	2151.4	0.05	0.43	0.65
La Paloma	155.91	0.35	2151.4	0.05	0.37	0.61
Esquipulas	155.91	0.35	2151.4	0.05	0.45	0.66
San Lázaro	155.91	0.35	2151.4	0.05	0.53	0.71
San José del Sur	155.91	0.35	2151.4	0.05	0.39	0.63

Para Altagracia el valor promedio (0.59) resultó levemente más bajo que para Moyogalpa, pero siempre en un rango medio y con los valores de los poblados acorde a este (Tabla 12).

Tabla 12 Cálculo de la Susceptibilidad de personas en espacios abiertos y vehículos en Altagracia y el valor de sus factores

POBLADO	Factor de susceptibilidad de densidad poblacional		Factor de susceptibilidad de ingresos		Factor Susceptibilidad Edad	Susceptibilidad Personas Espacios Abiertos
	D _P	ϵ_{PDN}	GDP _C	ϵ_{GDP}	ϵ_{AGE}	S _{PSN}
ALTAGRACIA	104.58	0.32	2151.4	0.05	0.37	0.59
San Marcos	104.58	0.32	2151.4	0.05	0.36	0.59

Las Cruces	104.58	0.32	2151.4	0.05	0.34	0.57
Urbaite	104.58	0.32	2151.4	0.05	0.38	0.60
Las Pilas	104.58	0.32	2151.4	0.05	0.47	0.66
Sintiope	104.58	0.32	2151.4	0.05	0.39	0.61

CAPÍTULO 4. Procesos de gobernanza de riesgos y vulnerabilidad institucional en las áreas de influencia del Volcán Concepción

4.1 1 Marco teórico

El término gobernanza se refiere a las acciones, procesos tradiciones e instituciones en donde se ejerce la autoridad, se toma decisiones y éstas son implementadas (IRGC, 2008). Este término ha sido aplicado en el contexto de riesgos para describir una vasta variedad de actores y procesos dirigidos a crear decisiones colectivas para reducir riesgos de desastres. Es la conceptualización de la compleja interacción de entre el gobierno, instituciones, aspectos económicos y la sociedad (van Asselt & Renn, 2011). El Consejo Internacional de Gobernanza de Riesgos (IRGC) define que la gobernanza de riesgos consiste en identificación, evaluación, manejo y comunicación de riesgos en contextos amplios que incluyen una variedad de actores, procesos y mecanismos relacionados a cómo la información relevante sobre riesgos es obtenida, analizada y comunicada, y cómo las decisiones son tomadas ((IRGC, 2008) p.4).

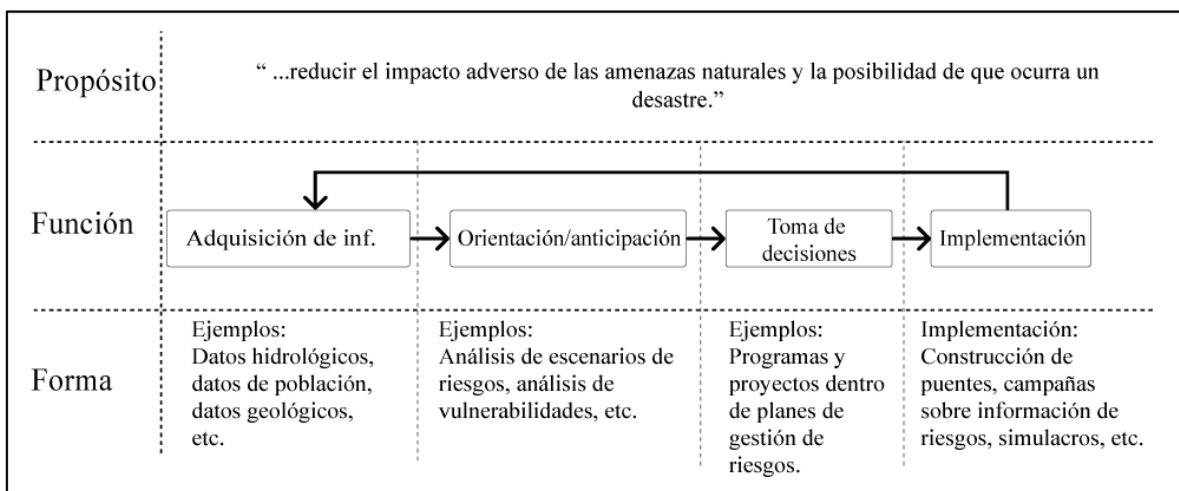
En la presente investigación se pretende explorar la complejidad de los sistemas de gestión de riesgos analizando cómo éstos desempeñan procesos dirigido a acciones que reducen riesgos a desastres, tomando como referencia la definición de gobernanza de riesgos antes mencionada. Con esta finalidad, la metodología aplicada en el componente C de este proyecto es el modelo funcional (Functional model of DRM) propuesto por (Rivera, Tehler, & Wamsler, 2015, 2016) que pretende evaluar el desempeño de los sistemas de gestión de riesgos haciendo uso de los niveles de abstracción de la ciencia del diseño propuesta por (Simon, 1996). Donde un sistema para la gestión del riesgo se puede interpretar como un artefacto diseñado para cumplir un propósito, que a su vez desempeña funciones para alcanzar ese propósito y sigue una forma determinada para ejecutar esas funciones.

El propósito del sistema establece un parámetro para conocer si un sistema de gestión de riesgos está cumpliendo con el objetivo para el cuál fue creado. Al analizar qué tan exitoso es un sistema al lograr su propósito, se puede determinar que independientemente de su contexto, el sistema es capaz¹ de cumplir con el objetivo encomendado.

¹ Nótese que al referirse “a un sistema” se está considerando la multitud de actores y procesos que conlleva una estructura compleja que trabaja hacia un objetivo común.

El segundo nivel (función), consiste en dividir las acciones que realiza el sistema en funciones básicas. En este estudio se utilizan cuatro funciones fundamentales propuestas por el modelo funcional: (1) obtención de información, (2) orientación y anticipación, (3) toma de decisiones e (4) implementación². Los actores dentro del sistema necesitan información de diferente tipo que puede ser obtenida por fuentes diversas (e.g. monitoreo de amenazas, condiciones físico-naturales, cantidad de población, indicadores económicos etc.). Posteriormente, es necesario un proceso de comprensión de la información obtenida, como lo es el análisis de riesgos. De esta manera los actores del sistema comprenden los riesgos y pueden anticiparse (o crear escenarios) ante situaciones que podrían provocar daño (e.g. con los datos meteorológicos se pueden predecir huracanes o tormentas tropicales). Finalmente, el sistema debe reaccionar ante la posibilidad de daños (también durante o posteriormente a un evento) y tomar acciones, esto corresponde a la función de implementación.

El tercer nivel (forma) consiste en cómo el sistema desempeña esas funciones para cumplir su propósito. Es decir, se refiere a procesos de coordinación, comunicación, uso de normativas, etc. Estos procesos son únicos porque dependen del contexto donde el sistema opera y es influenciado por múltiples factores como lo son procesos políticos, culturales, económicos, etc. (Figura C1).



² Es importante mencionar que los actores del sistema de gestión de riesgos realizan más funciones que las cuatro básicas propuestas por el modelo funcional. Con la intención de enriquecer el análisis de este estudio, se han integrado aspectos de capacitación, evaluación y comunicación.

Figura C1. Tres niveles de un sistema de gestión de riesgo propuesto por el Modelo Funcional (modificado de (Rivera et al., 2016).

Debido a que los tres niveles que el Modelo Funcional propone son abstractos (propósito, función y forma) es muy difícil identificarlos en el sistema, para ello, el modelo funcional basa el análisis del desempeño del sistema de gestión de riesgo en los productos del mismo. Es decir, bajo la suposición de que un sistema de gestión de riesgos realiza tareas concatenadas, se espera que cada función cree un “producto” que debe ser compartido con las demás partes del sistema. Es decir, la función “adquisición de información” recolecta datos que serán los insumos para la función “anticipación y orientación”, los escenarios de riesgos creados en ésta última función podría generar deberían ser insumos para los planes de gestión de riesgos que se producen en la función “toma de decisiones”. Posteriormente, esos planes guían los procesos de implementación, siendo esta la última función del Modelo Funcional.

Un sistema de gestión de riesgos es complejo y su desempeño no necesariamente es lineal como lo propone el Modelo Funcional, ya que un actor o un grupo pueden desempeñar una o más funciones a la vez. Cada actor, grupo de trabajo o institución realizan sus funciones bajo objetivos de trabajo específicos (bounded rationality, ver (Simon, 1955, 1996)), haciendo del sistema una estructura altamente compleja. Para tal efecto, el modelo trata de identificar estas acciones usando las funciones básicas propuestas y así se puede simplificar el análisis de su desempeño. A su vez, es posible determinar fragmentación en el sistema de gestión de riesgos. Esto sucede cuando un producto de una función no es transmitido a otra, o el producto compartido no es lo suficientemente claro o manejable para que sirva de insumo en otra parte del sistema (Cedergren & Tehler, 2014). Por ejemplo, si un plan de gestión de riesgos municipal (que es producto de la función de toma de decisiones) es muy complejo o no presenta medidas de mitigación adecuadas a las necesidades reales del municipio, se le haría muy difícil a la función de implementación hacer uso de este producto. En este caso, se crea un vacío en la continuidad del desempeño del sistema.

El concepto de fragmentación difiere del concepto de vulnerabilidad institucional pero se encuentran relacionados. Vulnerabilidad instruccional es definida como “el contexto y los procesos donde instituciones formales (aquellas que se encuentran dentro del marco de las regulaciones, legislaciones, burocracia, etc.) y el ámbito informal (cultura, tradiciones, religiones, etc.) son muy débiles para proveer protección ante desastres o desconocen su deber de proveer seguridad humana” ((Lassa, 2011) p. 38). En correspondencia con esta definición, el concepto de fragmentación utilizado en este estudio está dirigido a determinar

los vacíos y debilidades que contribuyen a la incapacidad de un sistema de gestión de riesgos para proveer seguridad humana.

Estudios previos se han enfocado en evaluar sistemas de gestión de riesgos analizando componentes del mismo o estableciendo análisis basados en parámetros tales como preparación para la respuesta (Norad, 2008; Zantal-Wiener & Horwood, 2010) o índices de desempeño (Carreño, Cardona, & Barbat, 2007; Chen, Tao, & Zhang, 2009). Pocos estudios han explorado estas evaluaciones con los niveles de vulnerabilidad institucional. Siendo así, en este estudio se establecen tres niveles de vulnerabilidad institucional basados en la capacidad del sistema en alcanzar su propósito:

(1) **vulnerabilidad institucional alta**, sucede cuando el nivel local (o nacional) podría carecer de un sistema de gestión de riesgos o los procesos que éste desempeña no logran reducir los riesgos a desastres. Quizás el mismo sistema puede incrementar las vulnerabilidades locales como consecuencia de su incapacidad de desempeñar sus funciones básicas (el sistema no es exitoso al alcanzar su propósito).

(2) **vulnerabilidad institucional media** indica que el sistema sí alcanza su propósito principal pero se pueden identificar obstáculos en su funcionamiento que reducen su capacidad y efectividad. Es decir, que el sistema a pesar que presenta procesos fragmentados, estos vacíos no impiden totalmente que el sistema tenga un desempeño aceptable y logre reducir la posibilidad de desastres.

(3) **vulnerabilidad institucional baja** es determinada cuando el sistema logra su objetivo exitosamente mostrando pocas debilidades y procesos fragmentados en su funcionamiento.

Cabe mencionar que un sistema para la prevención de desastres siempre está expuesto a ser mejorado (es decir, se descarta la posibilidad de determinar un nivel de vulnerabilidad institucional nulo) y que los niveles de vulnerabilidad que se estudian en esta investigación están basados en el desempeño del sistema desde la perspectiva funcional antes expuesta.

4.2 Métodos

Los métodos usados en este componente del estudio corresponden a: muestreo intencional, método bola de nieve, entrevistas semi-estructuradas, grupo focal y análisis de documentos. La recolección de información inició haciendo uso del muestreo intencional que consiste en la selección de actores, literatura y documentos empíricos que son conocidos por contener información de interés (Creswell, 2007; Guarte & Barrios, 2006). Para ello, se recolectaron

políticas, leyes, documentos oficiales y de organizaciones no gubernamentales relacionados a la gestión de riesgos a nivel nacional y local de los municipios de Altagracia y Moyogalpa. Este paso permitió establecer el contexto institucional y la identificación de actores claves. Así también, se logró recopilar documentos que produce el sistema para la gestión de riesgos (e.g. planes de gestión de riesgos municipales).

El método bola de nieve permite identificar actores cuando un actor hace referencia a otro potencial informante o documentos que pueden ser de utilidad en el estudio (Babbie, 2010). De esta manera se fue creando una lista de actores que participaron en las entrevistas semi-estructuradas o proporcionaron documentos de importancia.

Las entrevistas semiestructuradas son conversaciones que permiten obtener información sobre situaciones cotidianas, opiniones, creencias, formas de trabajo, etc. (Sapsford & Jupp, 2006). Las entrevistas aplicadas en este componente fueron guiadas por preguntas del instrumento “Protocolo de entrevista semi-estructurada” (Anexo C1.). Las variables que definieron el diseño del instrumento fueron: aspectos de coordinación, adquisición de información, toma de decisiones, comunicación, implementación, capacitación, evaluación, retos y obstáculos. Las entrevistas semiestructuradas se aplicaron a 23 participantes, de los cuales, 4 laboran instituciones que tienen influencia en toda la isla, 6 trabajan en instituciones de Altagracia, 11 pertenecen a instituciones de Moyogalpa, un líder de barrio y un actor del SINAPRED (nivel nacional) (Tabla C1). Las entrevistas fueron grabadas y posteriormente transcritas para su análisis. Se aclaró a cada participante que se conservará su anonimato pero en el análisis se muestra los cargos que ocupan. Durante las entrevistas se aprovechó a recolectar información. Los documentos obtenidos se encuentran en la lista de literatura recopilada en el Anexo C2.

Tabla C1. Lista de actores e instituciones que participaron en las entrevista semiestructuradas.

No.	Cargo	Institución	Cobertura geográfica
1	Presidente de la Junta Directiva	Fundación Entre Volcanes	Moyogalpa y Altagracia
2	Asesor técnico y miembro del COMUPRED	Asociación Tecuilcan	Moyogalpa
3	Agua y Saneamiento	Alcaldía de Moyogalpa	Moyogalpa
4	Responsable de Turismo	Alcaldía de Moyogalpa	Moyogalpa
5	Coordinador del Programa de Ometepe	Fauna y Flora Internacional	Moyogalpa y Altagracia

6	Delegado Territorial y miembro del COMUPRED	Ministerio de Educación (MINED)	Moyogalpa
7	Profesor, Delegado Territorial y miembro del COMUPRED	Ministerio de Educación (MINED)	Altagracia
8	Responsable de Proyectos Isla de Ometepe	Centro de Producción más Limpia	Moyogalpa y Altagracia
9	Responsable de Unidad de Riesgos Ambientales	Alcaldía de Moyogalpa	Moyogalpa
10	Encargado de Catastro	Alcaldía de Moyogalpa	Moyogalpa
11	Responsable de Proyectos	Alcaldía de Moyogalpa	Moyogalpa
12	Enfermera municipal y técnico de enlace en el COMUPRED	Ministerio de Salud de Altagracia	Altagracia
13	Director de Organización Territorial e Institucional	SE-SINAPRED	Nacional
14	Coordinador	Fundación Bainbridge Ometepe Islas Hermanas.	Moyogalpa y Altagracia
15	Coordinador	Fundación Sí a la Vida	Altagracia
16	Director de Centro de Salud	Centro de Salud	Moyogalpa
17	Director de Epidemiología	Centro de Salud	Moyogalpa
18	Secretario	Red de Organizaciones Civiles de Ometepe y Líder de Barrio (COBAPRED).	Moyogalpa
19	Presidente	Asociación de Mujeres de la Organización Puesta del Sol.	Moyogalpa
20	Administrador general de proyectos	Alcaldía de Altagracia	Altagracia
21	Técnico responsable de proyectos	Alcaldía de Altagracia	Altagracia
22	Encargado de Gestión de Riesgos	Alcaldía de Altagracia	Altagracia
23	Líder Sandinista y miembro del COBAPRED	Poblador voluntario	Moyogalpa

Los grupos focales son métodos que permiten explorar en profundidad información sobre temas de interés provenientes de un grupo limitado de personas que comparten algunas características (Masadeh, 2012). En el estudio se llevó a cabo un grupo focal en la Comunidad La Flor del municipio de Moyogalpa el 22 de junio de 2017 con un total de 20 pobladores, un moderador y el equipo de trabajo del proyecto que brindó asistencia (Figura 2). Para llevar a cabo este método se diseñó un instrumento guía con preguntas que ayudaron a dirigir la conversación (Anexo C.3). La discusión se grabó con una grabadora de mano y con un teléfono inteligente para efectos de redundancia asegurando la grabación por posibles fallos técnicos. Posteriormente, se transcribió el contenido para su análisis.

Se aplicó un análisis de contenido en las transcripciones de las entrevistas y del grupo focal, basándose en el método análisis de documento, que consiste en revisar y analizar los texto para determinar patrones de información que permitan generar conocimiento (Bowen, 2009). Para este fin, se revisó el texto de cada entrevista y grupo focal y se clasificó de acuerdo a las variables establecidas en el diseño de la entrevista: (1) aspectos sobre gobernanza (coordinación, comunicación, participación, etc.), (2) obtención de información, (3) anticipación y orientación, (4) toma de decisiones, (5) implementación, agregándose al modelos éstas variables (6) capacitación, (7) evaluación, y (8) obstáculos y retos. Se realizaron tablas con columnas que contienen las variables, cita textual, nombre de la institución y observaciones.



Figura 2. Fotografías del grupo focal realizado en la Comunidad La Flor, Municipio de Moyogalpa.

4.3 Resultados

4.3.1 Sistema para la reducción de desastres en Nicaragua

El Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINPRED) fue creado con asistencia técnica y financiera del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), encontrándose éste dentro de sus marcos de trabajo (SE-SINAPRED, 2010). Por tanto, el sistema nacional³ se encuentra en concordancia con la definición de “gestión de riesgos de desastres” propuesta por las Naciones Unidas como “*el proceso sistemático de utilizar directrices administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre*” ((UNISDR, 2009) p. 19).

El sistema nacional fue creado en el año 2000 y su funcionamiento está definido por la Ley 337, y posteriormente tuvo una ligera modificación con su reforma en la Ley 863. A pesar que el sistema nacional fue establecido antes de la publicación de las terminologías de la (UNISDR, 2009), el propósito del sistema siempre ha estado dirigido a la reducción de riesgos de desastres, lo que es reflejado en el objetivo de la Ley 337 “*establecer los principios, normas, disposiciones e instrumentos generales necesarios para crear y permitir el funcionamiento de un sistema interinstitucional orientado a la reducción de riesgos por medio de las actividades de prevención, mitigación y atención de desastres, sean éstos naturales o provocados*” (Artículo 1, Ley 337 año 2000) (Executive Secretariat-SINAPRED, 2010).

Por tanto, considerando la definición de gestión de riesgos de desastres de las Naciones Unidas y el objetivo de la creación del sistema nacional dado en las legislaciones nacionales, en este estudio, el propósito del sistema es “*reducir el impacto negativo de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre*”.

El sistema nacional se caracteriza por ser una estructura donde las autoridades nacionales definen su funcionamiento de manera vertical. Para ello, el sistema nacional se conforma por comités y comisiones establecidas en tres niveles administrativos: nacional,

³ “Sistema” se usa en este documento como un término general para hacer referencia a la estructura existente que se dedica a gestionar y reducir riesgos en Nicaragua. A pesar que la Ley 337 y su reforma Ley 863 promueven la participación en el SINAPRED de todos los pobladores como miembros individuales o como parte de instituciones privadas o públicas, este estudio se enfoca el desempeño de los actores que están dentro del SINAPRED y los que, en la práctica real, podrían estar fuera del mismo.

departamental (provincial) y municipal (local). Estos comités tienen la finalidad de integrar instituciones públicas y privadas, organismos no gubernamentales (ONG) nacionales e internacionales y la población.

La Ley 337 y su reforma la Ley 863, indican que el sistema nacional se conforma por (SE-SINAPRED, n.d.):

- El Comité Nacional de Prevención, Mitigación y Atención de Desastres,
- Secretaría Ejecutiva (SE-SINAPRED)
- Comisiones de Trabajo Sectoriales
- Comités Departamentales
- Comités de las Regiones Autónomas
- Comités Municipales
- Centros de Operaciones de Desastres (COE)

El Comité Nacional es presidido por el Presidente de la República y éste integra a Ministros y autoridades nacionales. Las Comisiones de Trabajo Sectoriales⁴ que se encargan de ejecutar y cumplir las medidas propuestas por el Comité Nacional. Los Comités Departamentales, Comités de las Regiones Autónomas y Comités municipales (COMUPRED) son integrados por representantes de las instituciones miembros del Comité Nacional que cuenten con presencia en el territorio en cada uno de estos niveles administrativos. La entidad que se encarga coordinar, ejecutar, facilitar y monitorear éstos comités y demás actores del sistema es la Secretaría Ejecutiva del SINAPRED (SE-SINAPRED, 2010)⁵.

4.3.2 El sistema a nivel local

A nivel local, los comités para la gestión de riesgos son creados según el contexto y las necesidades de cada municipio. En el caso de Altagracia y Moyogalpa, cada municipio cuenta con los comités establecidos en la Ley 337 y otros grupos de trabajo que han sido dispuestos por el Gobierno de turno o estructuras creadas por los pobladores. Actualmente, ambos

⁴ Cada Comisión de Trabajo Sectorial da atención a nueve sectores prioritarios: Educación e información, salud, medioambiente, transporte e infraestructura, defensa al consumidor, suministros, fenómenos naturales, operaciones especiales, seguridad.

⁵ En este estudio, se analiza los aspectos de gobernanza de riesgo y vulnerabilidad institucional a nivel local en la Isla de Ometepe, por tanto, este nivel se presentará como mayor detalle en la descripción del sistema.

municipios cuentan con los siguientes comités y grupos de trabajo que están presentes en los planes de respuestas comunitarios y municipales (SE-SINAPRED, n.d.):

- Comités Municipales para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (COMUPRED)
- Comisiones de Trabajo Sectoriales presentes en cada municipio
- Comité de Barrio para la Prevención y Mitigación de Desastres (COBAPRED)
- Brigada Local de Respuesta (BRILOR)
- Brigada de Respuesta de Barrio (BRIBAR)
- Brigada Escolar de Respuesta (BRIES)
- Brigada Municipal de Respuesta (BRIMUR)
- Centros de Operaciones Especiales (CODE)
- Búsqueda Salvamento y Rescate (BSR)

El COMUPRED, según el Plan de Respuesta Municipal de Altagracia (2017), se conforma por un coordinador (el Alcalde), vice-coordinador, secretario ejecutivo, coordinador de CODE, Equipo de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN) y por las Comisiones de trabajo sectoriales presentes en la isla que son Comisión de Salud, Educación e Información, Suministros Básicos, Infraestructura y Transporte, Operaciones Especiales, Ambiente y Recursos Naturales, Seguridad y Defensa al Consumidor (Alcaldía de Altagracia, 2017). La Ley 337 establece ocho comisiones de trabajo sectorial, en la estructura presente en Ometepe se ha agregado dos comisiones más que son la de Niñez y Adolescencia, y Agropecuaria.

La Alcaldía de Moyogalpa a través del COMPURED con el apoyo técnico de la Asociación Tecuilcan se encuentra apoyando a las comunidades para la creación de Planes de Respuestas Comunitarios. Algunos planes ya finalizados que se encuentran en proceso de aprobación fueron obtenidos durante el trabajo de campo en la isla (Anexo C.2.). La información obtenida en Altagracia fue a nivel municipal, sin embargo, los participantes de las entrevistas indicaron que se encuentran promoviendo la creación de estos planes.

Los planes a nivel comunitario obtenidos describen las estructuras de trabajo para la reducción de desastres a este nivel. El COMUPRED promueve la creación de Comité de Barrio para la Prevención y Mitigación de Desastres (COBAPRED) y a la vez, el diseño de planes de respuesta que guíen la planificación organización, coordinación, ejecución y control, de las acciones de protección a la población. Estos planes indican que los COBAPRED se encuentran conformados por un coordinador, vice-coordinador, coordinadores de brigadas, responsables de alerta y comunicación, responsable de logística de evacuación y responsable de capacitación y enlace.

A pesar que los planes no describen la participación de actores políticos, en el trabajo de campo se identificó estructuras que tienen una actuación importante para las intervenciones en los territorios (incluyendo visitas a las comunidades). Éstos son los Secretarios Políticos del Gobierno de turno que son los que coordinan los Consejos de Líderes Sandinistas (CLS). Esta estructura fue creada por el gobierno en el 2007 y antes eran llamados Consejos del Poder Ciudadano (CPC). En ambos municipios existe una “Casa del Partido” que alberga estos actores municipales y sus representantes en las comunidades que son llamados “Líderes sandinistas” (Figura C.2.). Éstos últimos son pobladores voluntarios que sirven como enlace para llevar a cabo acciones indicadas por el gobierno a través de los Secretarios Políticos. Siendo una de ellas, el apoyo a las acciones para la reducción de desastres en las comunidades.

“(…) Nosotros no podemos usar cualquier información del territorio si no pasamos por donde el Secretario Político. Se supone que él domina todo el ámbito de la comunidad, los problemas sociales, los problemas económicos, todo” (…) Digamos que ellos son la máxima representación para brindarnos información a nivel municipal, inclusive hasta departamental y nacional, porque la lógica de trabajo es lo siguiente: se monta un comité local para la prevención y mitigación de desastres. Hubo la idea de que fueran los secretarios políticos los coordinadores de ese comité local”. - Administrador general de proyectos, Alcaldía de Altagracia

(…) En cada comunidad un secretario político tiene el plan de respuesta en sus manos, el secretario político principal tiene la obligación de darle monitoreo a estos planes (…). – Encargado de Gestión de Riesgos, Alcaldía de Moyogalpa.

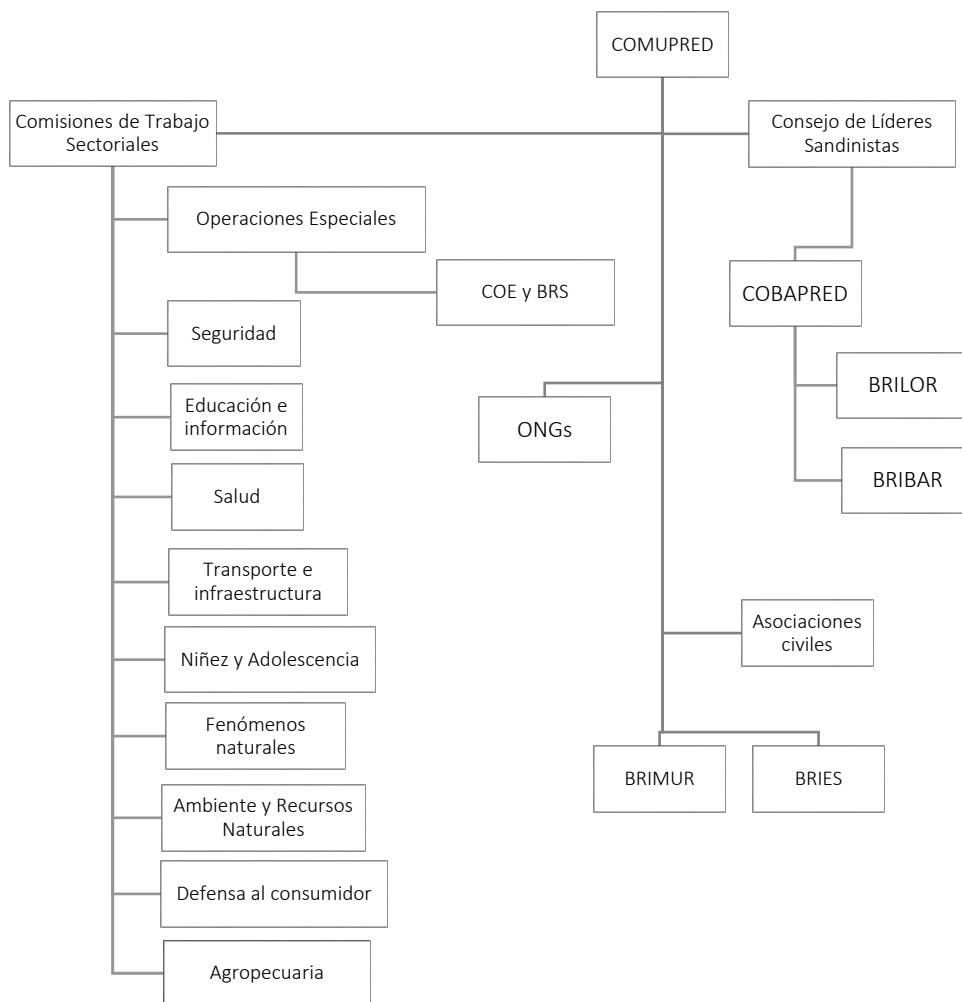


Figura C2. Estructura del sistema para la gestión de riesgos a nivel local⁶.

Los planes de respuestas comunitarios muestran otros comités que aunque no forman parte de la estructura local del sistema a nivel legislativo tienen una actuación importante en la

⁶Comités Municipales para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (COMUPRED), Comisiones de Trabajo Sectoriales presentes en cada municipio, Comité de Barrio para la Prevención y Mitigación de Desastres (COBAPRED), Brigada Local de Respuesta (BRILOR), Brigada de Respuesta de Barrio (BRIBAR), Brigada Escolar de Respuesta (BRIES), Brigada Municipal de Respuesta (BRIMUR), Centros de Operaciones Especiales (CODE), Búsqueda Salvamento y Rescate (BSR).

gestión de riesgos municipal: Gabinetes de la Familia, comunidad y vida (GFCV), comités de padres de familia creados en las escuelas, promotores de salud del Ministerio de Salud (MINSAL)(Alcaldía de Moyogalpa, 2016), agrupaciones religiosas y otros grupos creados con el apoyo de organizaciones no gubernamentales (ONG) para el mejoramiento de medios de vida (por ejemplo, la Asociación de Mujeres de la Organización Puesta del Sol que participó en este estudio).

4.3.3 Funcionamiento del Sistema para la reducción de riesgos

El sistema a nivel municipal, en la práctica, replica la forma de trabajo orientada por la Ley 337 y su reforma 863. Las Alcaldías de Moyogalpa y Altagracia con sus respectivas estructuras del COMPUPRED coordinan las instituciones nacionales que tienen representación en los territorios, e interactúa con organizaciones no gubernamentales y estructuras comunitarias. La isla cuenta con la presencia de instituciones de gobierno como el Ministerio de Educación, el Ministerio de Salud, La Policía Nacional, Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL) etc. Otras instituciones de gobierno con sede en la Ciudad de Rivas⁷ que no tienen oficinas en la isla, envían sus representantes territoriales algunos días a la semana y ellos distribuyen las actividades de trabajo en las dos municipalidades. Por ejemplo, el Ministerio del Ambiente y Los Recursos Naturales, Medio Ambiente (MARENA) y el Ministerio de Transporte e Infraestructura siguen esta dinámica de trabajo.

Las Alcaldías de Moyogalpa y Altagracia tienen estructuras internas de trabajo similares. En general, se conforman por el despacho de los alcaldes, vice-alcaldes, administración, planificación, catastro, servicios municipales, medioambiente, turismo, agua y saneamiento y la unidad de riesgo ambiental. Ésta última es la unidad técnica de enlace que la Ley 337 indica para la coordinación de las actividades. El encargado de esta unidad coordina las actividades sobre manejo de riesgos con las unidades internas de la alcaldía y otras instituciones del estado, ONGs e instituciones privadas.

“Siempre vamos de la mano con ellos (unidad de riesgo ambiental), tenemos proyectos con ellos a través de gestión de riesgo, lo que nos encamina a ir a valorar sitios críticos junto con ellos, después nosotros hacemos nuestra respectiva valoración técnica y la damos a conocer a ellos y a la autoridad municipal que es el alcalde y después de eso se determina si se va a

⁷ Rivas es la ciudad y municipio que funciona como centro administrativo. Es la cabecera del departamento (provincia) de Rivas.

ejecutar o no. Por lo general son obras de mitigación y para evitar los riesgos en las comunidades o en las familias” - Técnico responsable de proyectos, Alcaldía de Altagracia.

El responsable de la Unidad de Riesgo Ambiental también apoya la coordinación del COMUPRED. El comité realiza sesiones de trabajo semanales en ambos municipios, en ella participan los miembros de este comité descritos en la sección 4.3.2 y otras comisiones invitadas que trabajan en temas relacionados. Si es necesario el COMUPRED crea sesiones extraordinarias donde se convocan a los miembros en casos especiales o cuando existe la posibilidad de activar las alertas.

“(…) sesionamos semanalmente en la parte ordinaria y cualquier situación de emergencia y con el dinamismo con que se trabaja ahora hacemos sesiones especiales casi permanentes con frecuencia gestiones de riesgo de los eventos que se dan y los simulacros que ahora se les están llamando ejercicios cuando participa la población (...)” – Representante Territorial, Ministerio de Educación.

La gestión de riesgo y las iniciativas para la conservación de los recursos naturales han ganado relava en ambos municipios. Debido a que, en el 2010, la UNESCO reconoció a la isla como Reserva Biósfera Ometepe (UNESCO, 2010). De esta manera, las ONGs que trabajan en estos temas han ganado importancia y han logrado una mejor articulación con las instituciones de gobierno locales. Durante el trabajo de campo se identificaron ONGs que colaboran con la alcaldía y otras instituciones de gobierno a nivel municipal o en toda la isla: Fundación entre volcanes, Tecuilcan, Fundación Bainbridge Ometepe Islas Hermanas, Fauna y Flora Internacional, Asociación de Movimiento de Jóvenes de Ometepe y Centro de Producción más Limpia.

Las formas de coordinación entre estas organizaciones y las alcaldías que fueron identificadas en las entrevistas son: (a) participación conjunta en programas y proyectos, (b) presentación y solicitud de aprobación de instrumentos relacionados al medioambiente, desarrollo y medios de vida y (c) Asistencia técnica puntual o permanente. La primera se relaciona a proyectos financiados por fondos gestionados por ONGs y ejecutados con las Alcaldías y otras instituciones relacionadas a los sectores de trabajo abordados en los proyectos. La segunda consiste en que una vez que las organizaciones presentan un plan (conservación, manejo de recursos naturales, etc.), éste es presentado a la Alcaldía para su consideración y aprobación. Y la última forma de coordinación es la asistencia técnica puntual para temas o proyectos específicos o permanentes, como es el caso de Tecuilcan.

Las Alcaldías de Moyogalpa y Altagracia han integrado a la Asociación Tecuilcan dentro de sus comisiones ambientales para que ésta brinde acompañamiento en temas sobre

sostenibilidad económica y ambiental. La Asociación Tecuilcan apoya a las actividades del COMPURED como lo es la creación de comités como el COBAPRED y la actualización de los planes de respuesta comunitarios y a nivel municipal. Los instrumentos que esta asociación realiza cuentan con la participación de miembros de las comunidades y las instituciones que conforman el COMUPRED.

Las ONGs no sólo trabajan con las alcaldías, sino también, crean consorcios para proyectos o se apoyan con otras instituciones de gobierno como MARENA, MAGFOR, etc. Incluso, entre ONGs trabajan de manera conjunta. Por ejemplo, la Fundación Fauna y Flora Internacional explicó en la entrevista que se encuentran colaborando con estudios de investigación y monitoreo de movimientos en masa con la Universidad Agraria (UNA), Fundación entre Volcanes, Cuerpo de Paz y la Universidad de Michigan.

4.3.3.1 Adquisición de información

A nivel nacional, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) es la entidad a cargo generar información científica y el monitoreo de fenómenos meteorológicos, hidrológicos, volcánicos, sísmicos, etc⁸. Esta institución trabaja en función de un plan de trabajo anual, ejecuta proyectos indicados por las autoridades, desarrolla programas de investigación con colaboración técnica y financiera con otras entidades similares o universidades internacionales y ellos brindan asesoría técnica ante la ocurrencia de fenómenos naturales (Rivera et al., 2015).

En las entrevistas, esta institución fue identificada por los participantes como la entidad que estudia los fenómenos naturales a través de visitas de campo a los municipios. También, los participantes indican que esta institución provee información sobre cartografía. INETER ha instalado un sistema de monitoreo y alerta temprana en volcanes que consiste en estaciones meteorológicas y cámaras de vigilancia (INETER, 2007).

“A partir del apoyo que nos brinda INETER con la información científica actualizada tenemos también un sistema de alerta temprano instalado solamente en El Concepción, hay sismógrafos, hay dos cámaras web que nos están dando la información. Nosotros podemos tener acceso a la información, pero científicamente quienes hacen la revisión y el análisis son ellos”.- Encargado de Gestión de Riesgo, Alcaldía de Altagracia

⁸ Sitio web del INETER: <http://www.ineter.gob.ni/#>

El sistema que se encuentra instalado en el Volcán Concepción cuenta con conexión a internet y ellos han dado acceso a los técnicos de las municipalidades a este sistema. De igual manera, es posible acceder al monitoreo en tiempo real en sitio web de este instituto⁹. Los responsables de gestión de riesgos tienen contacto con las áreas de monitoreo y desde la sede se les solicita inspecciones in situ cuando hay pequeños incidentes en los equipos que no requiere conocimiento técnico a profundidad.

“(…) (cámara de vigilancia) no la estamos revisando constantemente mente, más bien, ellos nos están diciendo, ‘mirá, el equipo que está en la Chirca está marcando que hay un pequeño deslizamiento, vaya a comprobar’. Nosotros nos damos ni cuenta, pero el equipo como es sensible y Managua lo está monitoreando constantemente y nos llaman y nosotros afirmamos que sí se deslizó 300 m en la arena que había y cayeron unos árboles que los capta el equipo”.- Administrador general de proyectos, Alcaldía de Altagracia.

Además de INETER, existen ONGs que generan datos sobre amenaza y monitoreo. Por ejemplo, el proyecto que ejecuta Fauna y Flora internacional con la Universidad Nacional Agraria, Fundación entre Volcanes y Cuerpo de paz consiste en colocar pluviómetros para el monitoreo de movimientos en masa. De esta manera, el proyecto pretende correlacionar los datos de precipitaciones como factor detonante de movimientos en masa en el Volcán Concepción. Este proyecto surgió luego de las afectaciones por los flujos de escombros que ocurrieron en octubre de 2014¹⁰ Los datos obtenidos en este proyecto no han podido enlazar con el sistema de alerta temprana del INETER. Los participantes indican que han tenido limitaciones para coordinarse con otras instituciones.

“En un principio el proyecto estaba enfocado en los gobiernos locales y nosotros establecíamos el pluviógrafo que iba estar conectado por una red de internet que en ese caso queríamos que los gobiernos locales asumieran el costo del internet y ellos se quedarán con el equipo porque es muy importante en Ometepe. Sin embargo, con el gobierno hicimos muchos intentos a través del INIFOM e INETER y no pudimos. Entonces decidimos instalarlos donde voluntarios o personas que nos están colaborando y nosotros pues tomamos el registro”.- Coordinadora, Fauna y Flora Internacional.

Además de los datos de monitoreo, el sistema recoge información. Cada institución de gobierno en el territorio recoge información según el campo de trabajo. Los participantes de

⁹ <http://web-geofisica.ineter.gob.ni/geofisica/webcam/index.html>

¹⁰ <http://www.laprensa.com.ni/2014/10/09/departamentales/1250801-lluvia-provoca-deslave-en-volcan-concepcion>

las entrevistas del Ministerio de Salud indican que ellos recogen datos estadísticos diariamente, esta información se analiza y se presenta a las instancias superiores en un informe mensual. El Ministerio de Educación ha indicado a los profesores que se levante una lista de asistencia diaria para conocer cuántos niños y edades, quiénes ocupan las instalaciones escolares. Estos datos son utilizados para fines internos de cada ministerio y a la vez son compartidos con el COMPURED en las sesiones semanales. Los miembros del COMUPRED que participaron en las entrevistas explican que durante sus sesiones de trabajo se unifica esta información en tablas que permiten un fácil manejo durante las emergencias.

La SE-SINAPRED ha capacitado a los técnicos de enlaces y miembros de la estructura del sistema a nivel local para utilizar tablas de recolección de datos sobre amenazas y vulnerabilidades (Tabla Multi-amenazas). Estas tablas son aplicadas por los encargados de la unidad de riesgo ambiental de las municipalidades, Secretarios Políticos, COBAPRED, y Líderes comunales para recoger información y determinar cuáles son los puntos que requieren de atención priorizada (llamados “puntos críticos”). La SE-SINAPRED a nivel central ocupa esta información para brindar asistencia a las comunidades para la elaboración de los planes de respuestas municipales.

Los responsables de las unidades de riesgo ambiental de las municipalidades identificaron las siguientes fuentes de información: (1) información que proviene de los pobladores, (2) la información cartográfica que comparte INETER, (3) información sobre amenazas y vulnerabilidades que provee Defensa Civil del Ejército de Nicaragua, (4) datos sobre población, edades, grupos vulnerables, etc. Que provee el Ministerio de Salud. La fuente de información indicada como más importante es la que proviene de las comunidades.

Las ONGs coleccionan información directamente de las comunidades beneficiarias de sus proyectos. Cuando se trata de planes o instrumentos normativos, las ONGs pueden acercarse a las autoridades locales para presentarlos y lograr que sean aprobados. Sin embargo, los datos obtenidos por ONGs puede que no sean considerados para ser compartidos.

“(...) las acciones que hemos realizado en el proyecto han sido como voluntariados de cada uno de nosotros. En este momento para compartir los resultados no nos hemos sentado y pensar cómo vamos a compartir y cuál será la mejor manera de compartir los resultados (de sus proyectos) (...)”. – Coordinadora, Fauna y Flora Internacional.

Los productos de la función “adquisición de información” que más fueron repetidos durante las entrevistas fueron los mapas de riesgos. Así también datos poblacionales, económicos e inventarios de “puntos críticos” y recursos para la respuesta (e.g. albergues, zonas seguras,

etc.). Esta función tiene dos sistemas paralelos de obtención de información: (1) la información científica que es recogida por las dos instituciones que más se indicaron en las entrevistas: INETER y Defensa civil, (2) La información que brindan los pobladores con base en el conocimiento que ellos tienen de sus propias comunidades.

4.3.3.2 Anticipación

Una vez que el sistema obtiene información base sobre el medio donde opera, éste debe procesarla, orientarse y anticiparse ante posibles daños (Rivera et al., 2016). En las entrevistas se identificó que los actores a nivel local dan mucha relevancia al conocimiento de su entorno y al conocimiento empírico que han obtenido a través de la experiencia. Los participantes indicaron que los mapas de riesgos que les proveen INETER son útiles, pero el análisis de riesgos en sus municipios con la participación de los pobladores es fundamental. A pesar que SE-SINAPRED les brinda asistencia si los municipios lo solicitan, los actores locales tienden a dirigir estos procesos con los recursos e instituciones presentes en los municipios.

“(intervenciones) Por lo general lo hacemos nosotros porque tenemos un poquito de conocimiento junto con la gestión de riesgo, pero también a veces las familias nos dicen que aquí pasa una corriente y entonces nosotros vamos al sitio, determinamos que si es cierto de acuerdo a nuestra experiencia conocemos muchos puntos críticos del municipio.(...) aunque no seamos expertos en hidráulica, pero está el técnico que tiene muchos conocimientos en hidráulica y él determina de acuerdo a sus análisis para saber cuánto es el largo del puente, sus dimensiones, la cantidad de peso que va a soportar, etc. (¿Piden apoyo a otras instituciones?) Casi no, nosotros hacemos aquí casi todo el proceso, poco tenemos esa información”.- Alcaldía de Atlagracia.

La intervención de la población en los procesos para el análisis de riesgos es relevante, principalmente, cuando se les involucra en la creación de los planes de respuesta. Para ello, se les invita a sesiones de trabajos y se elaboran mapas de riesgos comunitarios. La finalidad de realizar estos mapas es que las comunidades contribuyan identificando las amenazas y vulnerabilidades de su entorno y se empoderen de los planes de respuesta.

“El proceso que se hace con la gente es realizar el análisis de riesgo. A veces no implica cierto conocimiento en riesgo para no determinar desde las comunidades cómo se puede hacer ese proceso. Con las comunidades el hemos venido realizando un proceso de reflexión y de construcción del escenario de riesgo, y lo que hacemos es que a través de sesiones de trabajo con las comunidades elaboramos el mapa de riesgo comunitario (...) Entonces, en nuestra comunidad nosotros tenemos identificadas nuestras familias, quiénes están en alto riesgo y principalmente si esas familias tienen personas de la tercera edad, si hay personas con discapacidad, si hay embarazadas, entonces en ese plan nosotros tenemos están los cuatro

sectores de las comunidades, la población en riesgo ante inundaciones, ante sismos, ante lahares..” – Asesor técnico y miembro del COMUPRED, Tecuilcan.

La SE-SINAPRED brinda asistencia a los municipios usando como base la tabla multi-amenazas (ver sección 4.3.3.1: adquisición información) dada en Excel. Los actores locales llenan esta tabla sobre las zonas vulnerables. Posteriormente, a nivel nacional se hace una sobreposición de esta información con los datos de amenaza. De esta manera la SE-SINAPRED e INETER visitan los municipios para hacer evaluaciones más detalladas que les permiten identificar las áreas que deben ser priorizadas. De esta manera, también la SE-SINAPRED monitorea y evalúa las capacidades en los territorios.

Los productos que la función “orientación y anticipación” crean como insumos para otras partes del sistema que las entrevistas revelaron son:

- Escenarios de riesgos
- Mapas de riesgos elaborados por instituciones como INETER
- Mapas de riesgo comunales, elaborados por la población
- Inventarios, localización y análisis de zonas vulnerables (puntos críticos)
- Análisis de riesgos para centros de albergues
- Diagnóstico de instituciones e infraestructura primaria
- Análisis de obras de mitigación y prevención
- Identificación de eventos en proceso y su análisis (eg. monitoreo del Volcán Concepción)

4.3.3.3 Toma de decisiones

Una vez que el sistema identifica riesgos, éste debe proceder a tomar acciones que permitan reducir los impactos de desastres (Rivera et al., 2016). Con esta finalidad, la ley 337 (Executive Secretariat-SINAPRED, 2010) indica que el sistema nacional debe crear planes que consideren las diferentes amenazas en cada territorio, ubicación geográfica y procesos administrativos que permitan reducir riesgos a desastres de manera eficiente. Para ello, la SE-SINAPRED brinda asistencia técnica y es encargada de aprobar los planes de gestión de riesgos, planes de respuesta u otros que sean elaborados a nivel departamental (provincial) y municipal.

Plan Nacional de Gestión de Riesgos (2010-2015) se define como “un instrumento de planificación nacional, regional, municipal y local, que pretende sea desarrollado desde una perspectiva integradora, multisectorial e interinstitucional por las entidades de gobierno, Organismos no Gubernamentales (ONG), organizaciones locales y con la participación activa de la población en general” (SE-SINAPRED, 2010) p.4). Éste documento y el Plan Nacional de

Desarrollo Humano (Secretariat of the President of Nicaragua, 2012) son los instrumentos que definen los lineamientos de trabajo y la prioridades son dadas por el gobierno.

A nivel municipal los planes de gestión de riesgo y respuesta son elaborados a diferentes niveles. Primero, los planes municipales son dirigidos por el COMUPRED con las instituciones que existe en el territorio, los funcionarios de la alcaldía (que también son miembros del COMPURED), ONGs invitadas, Secretarios Políticos y Líderes Sandinistas (como representantes de la sociedad). La asistencia técnica y aprobación es proporcionada por la SE-SINAPRED. Segundo, a nivel comunitario (local), los planes se realizan con participación del COBAPRED, Secretarios Políticos, Líderes Sandinistas, ONGs y los pobladores. Estos planes son elaborados con asistencia técnica de las alcaldías.

“Y actualmente como alcaldía tenemos planes de riesgo de seis comunidades y estamos en proceso de continuar acompañándoles para lograr que las otras comunidades también tengan sus planes de riesgo actualizados. (...) Participan cuando se reestructuran estos COBAPRED, los representantes religiosos, la parte juvenil, alguien que represente los jóvenes; si en la comunidad vive una enfermera pues ella integra esa estructura, hacen presencia maestros también, miembros de las estructuras comunitarias, miembros del partido más que todo”. – Asesor técnico y miembro del COMPURED, Tecuilcan.

Los planes municipales y comunales recolectados en el estudio tienen estructuras similares. Éstos contienen objetivos, línea base del municipio/comunidad, descripción de amenazas y vulnerabilidades, tipos de alerta y organización, estructuras para la respuesta, inventarios de alberges, contactos y responsables. La información sobre amenazas que contienen los planes incluye descripciones de posibles consecuencias en las zonas más expuestas. Las vulnerabilidades están expresadas en la identificación de los “puntos críticos”, número de población expuesta (por familia o número de individuos) y población más vulnerable (cantidad de niños, adultos mayores y mujeres embarazadas).

“Una vez que realizamos ese escenario de riesgo viene el proceso de reflexionar y decir qué hacemos. Si ya tenemos identificado nuestro escenario de riesgo, cuáles deben ser las siguientes acciones que debemos realizar, ya sea en la etapa de preparación, de mitigación y de respuesta; porque estamos claros que en la etapa de preparación hemos venido acompañando a las familias, que la etapa de preparación y promoción es un proceso donde estamos actualizando planes, nos estamos capacitando, nos estamos organizando”- Asesor técnico y miembro del COMPURED, Tecuilcan.

Actualmente, la SE-SINAPRED ha proporcionado a los técnicos de las Unidades de Riesgo ambiental un formato para la elaboración de planes de respuesta multi-amenazas. Estos

planes tienen un enfoque claramente descrito como: operativo, realista, previsor, integrador, flexible y dinámico. El formato entregado a las municipalidades es una guía para llenar las partes que lo componen, los actores locales precisan de comprender los requisitos del plan y crear planes o estructuras que son sugeridas en el formato. Estos planes contemplan análisis de amenazas y vulnerabilidades. También integra aspectos relacionados con: capacidad de respuesta y organización, capacidad de gestión, capacidades humanas y medios, capacidades técnicas y tecnológicas, capacidades logísticas para la evacuación terrestre (en el caso de Ometepe, se también se considera evacuar con medios acuáticos).

El plan de respuesta multi-amenaza establece estrategias para acciones antes, durante y después de un evento. En general, este plan de respuesta define que en la etapa de prevención (antes) se deben elaborar los siguientes planes: (1) Plan Familiar de Respuesta, (2) Plan de Seguridad Escolar, (3) Planes de Respuesta de Barrios y Comunidades y (4) Plan de Atención Psicosocial. Estos planes también contemplan, en esta fase, acuerdos con medios de comunicación para divulgación, elaboración de material informativo, etc. En la etapa durante, el plan prioriza la rehabilitación de servicios básicos y la ejecución del EDAN. En la etapa post-desastre, el plan multi-amenazas propone la elaboración de un Plan Estratégico para la Recuperación de los Medios de Vida.

Los encargados de las Unidades de Riesgos Ambientales, asisten a las familias para la elaboración de planes de respuesta familiares a través de visitas a las comunidades. Ahí es donde se les indica las vulnerabilidades y las zonas de seguridad.

“Ahora está de moda lo que se llama Planes de Respuesta Familiar, es un ámbito más pequeño, pero más complejo, en el sentido que hay que ir y acompañar a la familia. Entra uno y le pregunta cuándo hizo la casa y responden que tiene 30 años y la heredó de su mamá y las vigas uno las ve que están podridas. Allí vienen las recomendaciones y allí con un croquis y ya se hace el plan de respuesta familiar. Cuando ya queda marcada la zona de seguridad a la hora de un sismo y que a todas las familias se les dijo qué hacer y a los niños a donde ir. Es más complejo porque hay que ir casa a casa y detenerse junto con ellos” – Administrador general de proyectos, Alcaldía de Altagracia.

El Ministerio de Educación realiza planes de seguridad escolar para preparar a los profesores y alumnos para la respuesta a las emergencias. Esto es indicado por las oficinas nacionales del ministerio. Debido a que los padres de familia son miembros de las comunidades que se involucran más en participar en actividades escolares, se ha aprovechado este interés para impulsar los planes escolares y los planes respuesta familiares.

“También los planes de seguridad tanto institucionales como en los diferentes centros educativos, el funcionamiento de la comisión porque somos parte de la comisión de educación, cuál es nuestro funcionamiento aparte de participar en la sesión municipal. (...) los padres de familia en el tema de la seguridad y del resguardo y cuidado de los niños han sido parte trascendental. Actualmente nos encontramos cada mes con los padres de familia donde hay temas específicos y uno de los temas es La seguridad de ellos, el cuidado de ellos en todos los aspectos”. – Delegado territorial y miembro del COMUPRED, Ministerio de Educación Moyogalpa

Las medidas de mitigación y prevención pueden estar integrada en los planes o no. Éstas se deciden a través de cuatro procesos: (1) La población solicita a la alcaldía atención a zonas donde tienen afectaciones, (2) La municipalidad define si es necesario construir las obras con base en afectaciones recurrentes, (3) El gobierno, desde el nivel nacional, indica las obras a realizarse y (4) Las ONG las ejecutan directamente en coordinación con el gobierno local o de forma independiente.

Así como es indicado por la Ley 337, el Ministerio de Salud elabora los “Planes de Emergencia Sanitario Local” en Altagracia y Moyogalpa. Estos documentos establecen en su objetivo que las acciones para enfrentar las situaciones de riesgo y vulnerabilidad en el municipio de Moyogalpa planificadas en el plan se deben realizar a través del COMUPRED. A nivel interno cuentan con un Comité Institucional de Emergencia Municipal (CIE) (sector salud).

Estos documentos están diseñados para atender a desastres en dos vías: (1) Los procedimientos internos para asegurar el funcionamiento de la estructura de salud y (2) los procedimientos técnicos ante un súbito incremento en el número de víctimas. Los procedimientos fueron definidos para eventos relacionados a impactos por sismos, inundaciones y erupciones volcánicas. Presentan un inventario de población por edades y situación vulnerable para las amenazas por erupciones volcánicas, sismos, movimientos en masa, inundaciones, e incendio forestal. También identifican los posibles impactos por cada una de estas amenazas. Además, el Ministerio de Salud se encuentra en constante de monitoreo de epidemias y se elaboran planes para dar atención a afectaciones de la salud que pueden surgir a lo largo del año.

Los productos más tangibles que la función “toma de decisiones” son los planes de: gestión de riesgos, respuesta municipal, respuesta a nivel comunal, respuesta a nivel familiar, escolares, del sector salud y a nivel institucional. A pesar que los planes son una fuente muy importante de información sobre los procesos de tomas de decisiones colectivas, se puede percibir que muchas decisiones se encuentran dispersas en programas y proyectos que las alcaldías y otras instituciones realizan. Principalmente, cuando muchas decisiones son

tomadas para dar respuestas a necesidades urgentes de las comunidades, indicadas por el gobierno central o ejecutadas de forma independiente por ONGs.

4.3.3.4 Implementación

Los procesos de “implementación” a nivel local dan continuidad a los procesos dados en la función previa “toma de decisiones”. Es decir, si los proyectos son formulados a nivel local, también son implementados de la misma manera, contando en algunos casos con asistencia técnica del nivel nacional a través de instituciones de gobierno como es el Ministerio de Transporte e Infraestructura. Los encargados de proyectos de las municipalidades indicaron que muchas veces ellos mismos identifican, diseñan y ejecutan las obras contando con fondos de las municipalidades, también pueden recibir fondos del Ministerio de Hacienda y Crédito Público o los puede proporcionar alguna ONG u otros donantes.

“la mayor parte (obras de mitigación) la hemos hecho con los técnicos de nosotros allí con los ingenieros vemos la parte de la estructura de los caminos y carreteras. Hemos tenido asistencia de fuera cuando en estos últimos años en el invierno la carretera intermunicipal bajan pie de materiales, allí si tenemos asistencia de un ingeniero que viene con maquinaria que manda SINAPRED, pero normalmente si no hay eventualidad las hemos hecho con los técnicos de aquí, del proyecto”. – Administrador general de proyectos, Alcaldía de Altagracia.

En este caso no tenemos fondos para hacer obras de mitigación, eso ya lo consigue cada una de las municipalidades con el apoyo del gobierno. Desde INETER a veces nos apoyan en cooperación. En esta temática hay muchas organizaciones que están interesadas en la parte de gestión de riesgo y recibimos apoyo de alguna cooperación externa, por ejemplo de la Cooperación Japonesa. (...) pequeñas obras de mitigación que la alcaldía con sus mismos recursos puede hacer para reducir el riesgo de algún lugar”.- Director de organización territorial, SE-SINAPRED

El COMUPRED no ejecuta proyectos directamente como unidad de trabajo, sino que los programas y proyectos que contemplan los planes se dirigen a las unidades correspondientes en la alcaldía. Por ejemplo, si se requieren obras de mitigación, la unidad de proyecto se encarga de gestionar, planificar y ejecutar. Cuando sucede un evento de magnitudes que superen las capacidades técnicas y recursos físicos de la municipalidad, SE-SINAPRED envía maquinarias y técnicos para dar atención a la respuesta y consecutivamente ir corrigiendo los daños. Por ejemplo, durante el flujo de escombros de 2014, los participantes indicaron que el gobierno central envió maquinarias y recursos humanos. Posteriormente, hubo continuidad en la construcción de algunas obras de mitigación, incluyendo las viviendas que

se proporcionaron a las familias que tuvieron que ser reubicadas en el asentamiento humano que se llama “La Ciudadela”¹¹.

“(el flujo de escombros de 2014) fue bastante significativo, se sacó de la villa un poquito más de 60,000 metros cúbicos de material, pasamos casi 50 días limpiando con una maquinaria a través de ALBA-EQUIPO mandada por el Gobierno y era constante de seis a seis, era inmensa la cantidad de sedimento que bajó sobre la villa, nunca visto. (...) Entonces allí sabíamos que había que hacer obras de mitigación, pero lo hemos visto con la parte de INETER. Ellos (INETER) ha venido a hacer estudios pero no nos han dicho que podríamos hacer”.- Alcaldía de Altagracia.

SE-SINAPRED promueve la creación y reforzamiento de capacidades a través de ejercicios de respuesta nacionales. Para este fin, SE-SINAPRED enlaza los actores en la estructura del sistema y comparte un escenario de riesgo (hipótesis) a nivel nacional. Cada institución de gobierno y otras instituciones privadas que voluntariamente deseen participar, deben crear escenarios de riesgos internos y activar los planes de respuesta institucional. A nivel municipal, esta información se envía a los alcaldes y responsables de las unidades de riesgo. A nivel comunal, son coordinados por la alcaldía y los Secretarios Políticos. Se contactan a los Líderes Sandinistas para que éstos convoquen a los miembros de los COBAPRED y se planifiquen detalles del ejercicio. Posteriormente, los Líderes Sandinistas se encargan de comunicar la información del ejercicio a los pobladores. De manera simultánea los responsables de la Unidad de Riesgo Ambiental de las alcaldías convocan a los miembros del COMPURED y éstos coordinan las actividades del ejercicio a nivel institucional¹².

“(los simulacros se coordinan) en conjunto con la Casa de Gobierno. Hoy tenemos una reunión en mi casa para orientarnos. Yo ya me encargué de avisar a todos los de mi barrio para que se presenten. Es rápida la orientación que se les va dar. (...) Tuvimos un caso la vez pasada. Se encendió la alarma de tsunami, y a una señora le dio un paro cardíaco, siendo un simulacro. Eso pasa porque no están orientados, no saben cómo manejar una situación. Igual pasa aquí,

¹¹ <http://canal4.com.ni/index.php/multinoticias/4171-gobierno-entrega-ciudadela-a-familias-afectadas-por-lluvias-y-deslave-en-la-isla-de-ometepe>

¹² Mientras se visitaba una de las escuelas para solicitar una entrevista (sin previo aviso), hubo un sismo en el Pacífico. Enviaron un aviso de las oficinas departamentales vía telefónica. A pesar de que el movimiento no fue percibido, se activaron los protocolos y se evacuaron las instalaciones. Los profesores explicaron que es una forma de poner en práctica el plan y entrenar a los alumnos.

dicen que ya aburre. No se trata de que ya aburre, si no de prevenir, y es una vida humana”. – Líder Sandinista y miembro del COBAPRED, Moyogalpa

4.3.3.5 Comunicación y participación

Los participantes de las entrevistas enfatizaron la importancia de comunicar la información sobre riesgos y motivar a los pobladores a involucrarse en actividades para la reducción de riesgos a desastres. En la tarea de divulgación, el Ministerio de Educación y Ministerio de Salud hacen campañas de visitas a los pobladores para informarles sobre estos temas de riesgos y educación en salud. Las escuelas tienen un papel importante en la educación y creación de una cultura sobre riesgo tratando de llegar a los estudiantes y sus familiares.

El Ministerio de Educación asigna profesores y rutas de trabajo para que visiten las comunidades y familias de manera que haya participación en actividades de capacitación y ejercicios como los simulacros.

“(…) no es fácil motivar a la familia y entonces a uno le dan metas o le asignan comunidades. En mi caso el hecho de que soy profesor y con el trabajo de docencia tiene que ver con estudiantes, tocamos a las familias entonces de pronto nos asignan comunidades en un mes, entonces damos resultados. Movemos a la gente hay que estar yendo a visitar, hacemos unas visitas 15 días antes. Hay de diferentes primero hacemos el de casa a casa, luego buscamos el compromiso con las familias porque hay que hacer que participe la gente y nos ponemos una meta (…)”- Ministerio de Educación, Altagracia

El Ministerio de Salud, mantiene un plan de comunicación y participación con los pobladores de las comunidades. Los planes de este ministerio incluyen visitas casa a casas, dependiendo de las metas del plan, se informa a la población sobre acciones a tomar para evitar epidemias y enfermedades. Un ejemplo dado por el Ministerio de Salud en Moyogalpa es el Plan Invierno, donde se visitan las comunidades y se les da información sobre acciones contra el dengue, leptospirosis, chinkungunya, etc. Estos planes también contemplan acciones articuladas con el COMPUPRED como lo son las capacitaciones de brigadas de primeros auxilios, respuesta rápida ante desastres, etc.

A nivel comunal, los planes elaborados con participación de los actores locales se informan a través de asambleas. Los encargados de la elaboración de los planes promueven su conocimiento. Los participantes de las entrevistas indican que es más fácil la apropiación de estos temas y la participación de los pobladores en proyectos o simulacros cuando las comunidades son las que demandan apoyo para mejorar sus condiciones y reducir sus vulnerabilidades.

“(…) también hacemos proyectos con la población, porque la misma necesidad del agua hace organizarse a la población que recurre a las alcaldías (...)” – Agua y Saneamiento, Alcaldía de Moyogalpa.

Las ONGs que participaron en el estudio dirigen su trabajo en temas en los que la participación de los beneficiarios es muy importante. Por ejemplo, la Fundación entre Volcanes indicó que cuando se proponen planes para el manejo de recursos naturales, por ejemplo, primero se debe involucrar a las comunidades y posteriormente presentar el plan a las autoridades locales. Cuando un proyecto finaliza no existe seguimiento y continuidad de las lecciones aprendidas.

“Se concertó primero a las comunidades donde la gente estaba involucrada y también se les presentó a los gobiernos locales. Se ha hecho a través de despachos, ya eso internamente al consejo municipal se le ha presentado todos estos planes y estos estudios, y esa es la forma. Si se saca un ejemplar se les ha dado, y hasta allí, no podemos hacer más nada”. – Presidente de la Junta Directiva, Fundación entre Volcanes.

4.3.3.6 Capacitación

SE-SINAPRED se encarga de fortalecer las capacidades para la gestión de riesgos en el sistema. Ellos han establecido cuatro ciclos de capacitación cada año destinado a los técnicos de enlace de las municipalidades e instituciones de gobierno. A la vez, SE-SINAPRED planea realiza visitas a los territorios para evaluar si lo aprendido se está aplicando en la práctica.

“Vamos a ir a distintos municipios a hacer un sondeo para ver qué capacidad ha adquirido la población, los técnicos de gestión de riesgo, porque al otro lado tenemos la Dirección de Capacitación y respuesta. Todos los años ellos hacen cuatro ciclos de capacitación. En este sondeo nos vamos a dar cuenta si la gente está captando la temática que se está dando”. - Director de organización territorial, SE-SINAPRED

Los Líderes Sandinistas apoyan con la ejecución de capacitaciones con los pobladores y miembros de estructuras locales. Por ejemplo, miembros de la Asociación de Mujeres de la Organización Puesta del Sol han recibido capacitaciones que fueron convocadas y organizadas con apoyo de los líderes comunales. Los Líderes Sandinistas y los Secretarios Políticos también participan en capacitaciones.

A pesar que existen programas de capacitación a nivel central, el sistema carece de programas de inducción para funcionarios nuevos en las unidades de gestión de riesgos en las alcaldías. Así también, no todos los funcionarios de las alcaldías reciben capacitaciones en estos temas.

“(…) (Participación en capacitaciones) Bueno, hasta hoy no, lo hemos adquirido con el tiempo, la experiencia nos ha lo dado, hacemos todo aquí y estudiamos aparte, somos un poquito autodidactas tanto el técnico como yo y miramos y a la hora del momento nosotros siempre estamos adelante, (…)”. – Técnico responsable de proyectos, Alcaldía de Altagracia.

El Ministerio de Educación integra información sobre riesgos en los temas escolares y se encarga de entrenar a los estudiantes y profesores a través de ejercicios. Los profesores son capacitados por el nivel central con apoyo de las instituciones en el territorio, por ejemplo, el Ministerio de Salud provee capacitaciones en primeros auxilios y apoya a la creación de brigadas de emergencias en centros escolares. Este ministerio también capacita a otras instituciones que participan en el COMUPRED. El Ministerio de Salud a su vez, es convocado a nivel departamental para participar en capacitaciones que imparte SE-SINAPRED.

“(…) en la parte de estudios sociales miramos geografía, también hay una parte de formación cívica, también en ciencias naturales se les habla de lo que son las amenazas y los riesgos: los Huracanes, los terremotos y los volcanes. También cuando se actualiza el plan de seguridad escolar y participan todos los estudiantes, después van los profesores y hasta que ya llega un equipo pequeño, qué son las brigadas de profesores que actualizan los planes”. – Ministerio de Educación, Altagracia.

Las ONG que participaron en este estudio indican que ellos no han sido capacitados en estos temas y no participan en las actividades del COMUPRED. Sin embargo, mostraron interés en participar en las capacitaciones ya que están conscientes de la importancia de reducir riesgos en sus municipios.

4.3.3.7 Evaluación

El COMUPRED se reúne semanalmente para discutir y dar seguimiento a las acciones para la reducción de desastres en los municipios. Estas reuniones se realizan en las Casas del Partido en ambas municipalidades. El COMUPRED realiza evaluaciones una vez al mes en las asambleas. Los participantes de las entrevistas indicaron que los simulacros han sido una forma exitosa de medir las capacidades e identificar debilidades que deben mejorarse.

“(…) nos reunimos el COMUPRED, donde tuvimos que expresar las dificultades, lo que nos limitó a movilizar a más personas de lo que logramos movilizar, si estábamos o no satisfechos y en qué podíamos mejorar. (...) Cada responsable de la institución expone sus observaciones de qué dificultad hubo en cuanto su respuesta hacia la población, vemos si la dificultad de la semana anterior si la logramos cumplir en ésta, o tal vez si tenemos alguna cosa que nos manden de la nacional, entonces, la secretaria política es la que nos hace saber, ella es la que nos monitorea”.- Encargado de gestión de riesgos, Alcaldía de Altagracia

Las alcaldías, apoyados por la Asociación Tecuilcan, realiza evaluaciones con las comunidades. Siendo los parámetros para medir el éxito de las intervenciones la capacidad de convocatoria y las lecciones aprendidas que identifican con los pobladores. Luego de estas reuniones con los pobladores, los técnicos de la asociación en conjunto con los funcionarios de las Alcaldías reflexionan dónde pueden mejorar el trabajo con las comunidades.

A nivel nacional, SE-SINAPRED utiliza los planes presentados por las municipalidades para su aprobación para conocer las debilidades y las capacidades que tienen los actores a nivel local. Una vez que los planes son evaluados, SE-SINAPRED entra en comunicación con las alcaldías y acuerdan posibles capacitaciones u otras formas de mejorar las debilidades de los planes.

4.3.3.8 Retos y obstáculos

A los participantes de las entrevistas se les preguntó cuáles son los retos, obstáculos y fortalezas de la gestión de riesgo a nivel local. En este estudio obstáculos se entienden como las limitaciones identificadas por los participantes que reducen la efectividad de la gestión de riesgos a nivel local. En cambio obstáculos son aquellos aspectos que pueden ser superados. En la Tabla C2. se presenta una síntesis de las respuestas.

Tabla C2. Obstáculos, retos y fortalezas de la gestión de riesgos a nivel local identificada por los participantes del estudio.

Obstáculos
Obtención de fondos limitados. Empoderamiento limitado en funcionarios que trabajan en la temática. Falta de recursos humanos para dar atención a las actividades. Falta de continuidad una vez que los proyectos finalizan. Necesidad de técnicos capacitados en ingeniería que apoyen los proyectos de infraestructura. Ausencia de oficinas y planes para desarrollo urbano. Limitación en la ejecución de proyectos al necesitar del aval del gobierno central. Dificultades en lograr que las iniciativas locales sean avaladas por el gobierno central.
Retos
Lograr mayor participación ciudadana. Disminuir los impactos del cambio climático. Lograr que todos los pobladores participen en capacitaciones y tengan un plan de respuesta familiar. Reducir los puntos críticos de los municipios usando obras de mitigación y prevención. Obtención de maquinarias y equipos que permitan responder con más efectividad.

Mejorar la planificación para ir construyendo lo que ha sido previsto dirigidos por planes más integrales.

Mayor involucramiento del gobierno local en intervenciones del gobierno central en los municipios.

Fortalezas

Los pobladores tienden a apropiarse de las técnicas si se logra que comprendan los beneficios.

Las autoridades locales comprenden que reducir riesgos es una prioridad.

Existe buena articulación entre las instituciones del estado presentes en la isla.

Claridad en los roles de las instituciones que pertenecen al COMPUPRED

Constancia y alta participación en las reuniones del COMUPRED.

La actitud de los actores es más receptiva debido a los eventos recientes que han afectado a las comunidades.

A pesar que muchas ONGs apoyan y facilitan el trabajo sobre asuntos ambientales, algunas de estas instituciones trabajan de manera independiente a los objetivos propuestos en los gobiernos locales. Esta falta de coordinación podrían crear conflictos entre el trabajo interinstitucional por duplicidad de esfuerzos, poco aprovechamiento de los recursos, acciones ejecutadas de manera dispersa, etc. Para ello, el gobierno desde finales de 2016 ha indicado que toda intervención que se realice en los territorios debe ser informada al alcalde y aprobada por el Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), instancia que dará seguimiento y mejorará la coordinación entre instituciones.

4.3.4 Grupo focal

La guía de grupo focal aplicada estuvo enfocada en recabar información relacionada a (1) conocimiento sobre riesgos, (2) obtención de información y capacitaciones, (3) conocimiento de planes de emergencias y acciones para reducir riesgos en su comunidad, y (5) identificación de fortalezas y limitaciones de la gestión de riesgo en las comunidades. En el grupo focal participaron 20 pobladores de la Comunidad La Flor, Municipio de Moyogalpa.

Los participantes indicaron que ellos son convocados a participar en los simulacros y a conocer sobre los planes de respuesta a través de los Líderes Sandinistas. La comunidad está dividida en cuatro sectores y cada uno cuenta con un Líder Sandinista que sirve como enlace con las alcaldías e instituciones de gobierno. Así también, los miembros de las brigadas establecidas en la comunidad transmiten información sobre riesgos. Los pobladores no siempre son invitados a participar en los simulacros pero aseguran que las escuelas siempre realizan ejercicios. Ellos identifican que en la comunidad, los niños y adolescentes son los han recibido más capacitaciones en estos temas.

“Tuvimos orientación por cualquier deslave u otro evento para dónde íbamos a ir, tenemos rutas de evacuación para la alerta verde, amarilla y roja. Hemos tenido algunas orientaciones. (...) lo primero en un asunto de esos ¿qué es lo que tenemos que hacer? Sacar los niños, los ancianos, los enfermos, los inválidos. Es lo primero que tenemos que hacer porque el joven puede correr duro pero esas personas no”.- Poblador, Comunidad La Flor.

A pesar que la información sobre riesgos es divulgada en las comunidades, los pobladores conservan el conocimiento obtenido por su interacción con la naturaleza y el transmitido por generaciones. Esto da como resultado que los pobladores creen hipótesis sobre el comportamiento del volcán y los movimientos en masa. Los pobladores de la Flor consideran que ellos se encuentran localizados en unos de los flancos menos peligrosos del volcán. Ellos han identificados dónde se ha depositado material en eventos anteriores y usan como indicadores el crecimiento de árboles sobre éstos depósitos. Este análisis y la memoria histórica de los pobladores les han conducido a deducir que los movimientos en masa suceden cada 40 años.

“Allí había bajado la lava (flujo de detritos o escombros) y se miraba recto hasta allá arriba y después fueron creciendo plantas de Capulín y se hicieron unos capulinales y yo me iba con otros muchachos a recoger Capulines en unos tarros. Quiero decirle que en esa época yo tenía 11 años, un día de estos cumplí 69 y entré a los 70, ya estoy en los 70. Quiero decirle que hace tres años se dio el deslave otra vez (2014), allí estoy recordando que los deslaves se dan cada 40 años como decían ellos (sus padres y abuelos)”.- Poblador, Comunidad La Flor.

Además, los pobladores han identificado que la deforestación es uno de las causas principales de los movimientos en masa que ocurren en las laderas del Volcán Concepción. Por tanto, ellos consideran que la reforestación y el cuidado de los recursos naturales son importante para reducir los riesgos a movimientos en masa. También, expresan que ellos pueden predecir si sucederá un evento a través del comportamiento de los animales (Anexo C 4). *“Nosotros los campesinos hemos aprendido que cuando lloran los pajaritos es señal de que va a llover, mientras que el de la ciudad no oye eso ni mira a las hormigas cuando se van trasladando con sus huevitos por se están cambiando de casa y señal de que va a llover”.- Poblador, Comunidad La Flor.*

“Una vez que hubo un temblor bien fuerte en el país, a las cinco y media, cuatro y media de la mañana cantó un Congo (mono) y allí uno dice como campesino “qué raro que este Congo tiene hambre”, pero no era que tenía hambre sino que el percance iba a suceder, a las cinco y media de la mañana estaba el temblor fuertemente sobre la tierra. (...) Exactamente, como uno es campesino conoce esas cosas”.- Poblador, Comunidad La Flor.

Los participantes consideran que tienen una muy buena comunicación con la alcaldía de Moyogalpa. Quiénes a través de sus líderes, entran en contacto con ellos cuando sucede un sismo o algún evento que requiera que se activen las alertas. Ellos indican que los planes no se les ha comunicado en detalle pero sí se les ha convocado a reuniones, a pesar que la participación es activa, existen pobladores que no están interesados en asistir.

Los pobladores reconocen la importancia de las acciones para gestionar riesgos debido a las lecciones aprendidas del flujo de escombros de 2014. Algunos de los participantes del grupo focal explicaron que ellos ayudaron a evacuar algunas familias y rescataron a otros pobladores durante el evento.

“Estamos teniendo una experiencia ahorita, es el primer deslave que llegó a la población (en 2014) que nos causó mucho nervio porque cuando yo recordé me fui hasta aquí, ya iba nadando la ropa y me entró nervio, esa es la primera experiencia que tenemos, ahora nosotros hablamos así un lenguaje como que hemos quedado meleros (temerosos), cuando pasó lo del cerro allí no más se despertó uno”.- Poblador, Comunidad La Flor.

Así también, reconocen que lo sucedido en el 2014 les ha motivado a participar y aprender sobre estos temas. Y saben que no siempre las acciones que ellos consideran adecuadas son las más efectivas durante las emergencias. También se identifican ellos mismos como los primeros actores dando atención a las emergencias. Los participantes de las brigadas están motivados porque a nivel central se han hecho concursos y otorgado premios a las que tienen los mejores desempeños. La brigada Búsqueda Salvamento y Rescate (BSR) de la comunidad La Flor ha ganado el primer lugar a nivel nacional en este concurso. Esta brigada fue formada por iniciativas de profesores de la comunidad y han recibido capacitaciones por los bomberos en Rivas y Managua.

“Allá sacaron gente que estaba a punto de perder la vida, nadie murió pero allí hubo gente que casi se nos pierde por falta de movimiento de nosotros. (...) Había una muchacha que puso un plástico para que no se le metiera el agua y se fue el agua así dirigiendo, toda su cama se llenó de agua”.- Poblador, Comunidad La Flor.

“Esa vez del ocho de octubre del 2014, primero la alcaldesa con todo el equipo del COMUPRED hicieron presencia, anduvieron viendo todo, desde donde nació el deslave anduvieron y apoyaron bastante también y no solamente la Alcaldía hizo presencia, sino también las iglesias trajeron aportes porque tuvimos más de cien personas damnificadas en la escuelita, había niños, embarazadas, teníamos de todo allí”.- Poblador, Comunidad La Flor.

Los pobladores han identificado que falta continuidad en los proyectos que las autoridades nacionales y locales han desarrollado en la comunidad. Indican que a los líderes sandinista se les entregaron materiales para atención a la respuesta pero éste no se aprovechó.

“(...) el SINAPRED nos vino dando seguimiento. Trajeron material y lo pusieron en una casa, había un radio comunicador, pero ya con el tiempo se deterioró. Dijeron que lo iban a volver a activar porque eso es muy importante tenerlo. No lo han activado, se necesitan materiales, hay pero muy viejos y deteriorados. (...) después lo entregó al responsable de la comunidad quien iba a ver lo de las brigadas. El COBAPRED es ahora. El material lo llevaron y allí está pero no activado para cualquier cosa estar en contacto con el radio comunicador. Hace como un año vinieron del ejército y estuvieron revisándolo, vieron la batería y dijeron que iban a regresar para ver si lo reparaban pero hasta la fecha no han vuelto.”- Poblador, Comunidad La Flor.

También indicaron que su participación en la determinación de rutas de evacuación y otras acciones de respuesta en su comunidad requiere de la participación de los pobladores pues ellos conocen los territorios y pueden proporcionar información más precisa de las afectaciones en su territorio.

“Quiero contarle algo. Cuando tuvimos las orientaciones de los puntos que al final no eran los correctos. Pusieron como centro de refugio y tampoco allí era indicado porque bajaba la lava, dijeron que por el barrio nuevo y allí es muy bajo. Yo pienso que esos puntos no eran los adecuados para refugio.”- Poblador, Comunidad La Flor.

Los pobladores ven necesario que se les siga capacitando en temas de riesgo de una manera que sea comprensible. De esta manera ellos indican que podrían contribuir a adecuar los planes de respuesta a sus comunidades y replicar lo aprendido con los miembros de sus familias. Los pobladores indican que ellos desconocen de dónde las autoridades adquieren la información para hacer esos planes y desean participar más activamente en las decisiones que se toman sobre sus territorios.

4.4 Fragmentación y vulnerabilidad institucional

Este estudio ha determinado que el sistema para la gestión de riesgos a nivel local presenta procesos fragmentados que obstaculizan el desempeño del sistema en partes específicas de las funciones que éste realiza. Sin embargo, los resultados muestran que los avances logrados en el manejo de riesgos a nivel local han sido significativo identificándose un grado **medio de vulnerabilidad institucional**.

El sistema a nivel local en las municipalidades de Altagracia y Moyogalpa presentan fortalezas que le han permitido reducir los riesgos a desastres. Siendo éstas las identificadas en el estudio:

Marco legal e institucional: Los instrumentos que guían la práctica de la gestión de riesgos a nivel nacional se han establecido en el país desde el año 2000. La Ley 337 y su reforma Ley 863 han servido como los instrumentos bases para la creación de otros documentos y la adecuación de los mismos en la práctica en todos los niveles administrativos del país. En la actualidad, la estructura establecida en la legislación para el sistema nacional prevalece en la práctica y a nivel local se han agregado estructuras en las comunidades que han hecho del sistema una estructura robusta donde cada actor conoce los roles que desempeña (incluyendo a los pobladores).

Involucramiento y empoderamiento: El sistema a nivel local involucra y asigna tareas a los líderes locales que funcionan como enlace entre el COMUPRED, las alcaldías, y otras instituciones de gobierno. Estas estructuras dividen las comunidades en sectores para dar cobertura a las comunidades integrando a los pobladores en actividades relacionadas a la gestión de riesgos. Así también, el sistema local ha canalizado acciones a través de los ministerios de salud y educación, aprovechando la cercanía a la población que estas entidades requieren por la naturaleza de sus sectores de trabajo. Los poblados son pequeños y las distancia entre ellos son relativamente cortas, esto ha brindado ventajas ya que los actores tienden a conocerse entre sí facilitando la comunicación y las estrategias de intervención en los territorios.

Lecciones aprendidas: Por ser la isla de Ometepe un lugar donde han ocurrido eventos volcánicos y por movimientos en masa de forma recurrente. El sistema local, y sus actores en todos los niveles, han tenido la oportunidad de aprender de la experiencia. El conocimiento que han adquirido no ha sido solamente por capacitaciones sino por haber sido parte o haber estado cerca de un evento que ha dejado consecuencias negativas (flujos de escombros de 2014). Este es el caso contrario de lo que se conoce como “criterio minimizado” (Judgmental discounting) donde los individuos desestiman la posibilidad de que un desastre ocurra debido a que perciben los riesgos como eventos distantes o que sucederán en el futuro (Gifford, 2011). En este caso, los actores locales están conscientes que los riesgos de su entorno tienen alta probabilidades de transformarse en desastres.

Además de las fortalezas del sistema, al analizar su desempeño fue posible detectar algunos procesos Los procesos fragmentados que contribuyen con las vulnerabilidades institucionales. Es decir, la dificultad del sistema para alcanzar su propósito “reducir el

impacto negativo de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre” (ver sección 4.31). Éstos se describen a continuación.

Adquisición de información: Este estudio confirma los procesos de fragmentación del sistema nacional detectados por (Rivera et al., 2015) en esta función. El sistema local (al igual que el nacional) tiene dificultades en manejar información que proviene de dos fuentes: la información generada por las instituciones técnico-científicas y la que es obtenida a nivel comunitario. A nivel local, los actores manejan la información de las comunidades como inventarios dirigidos a dar atención a la respuesta. La información científico-técnica es recibida en informes o datos de monitoreo que no son manejables para los actores locales. Por tanto, se tiende a utilizar esta información para armar los planes de respuesta pero en la práctica, el análisis de riesgo y la toma de decisiones están basados en el conocimiento del territorio de los actores locales y la determinación de lo que ellos definen como puntos críticos. Esta desconexión podría ser superada si la información científica llega a las localidades en formatos sencillos de fácil comprensión.

Anticipación: Además que el análisis de riesgos de los planes de respuesta tienen dificultades en integrar la información científica. Se detectaron debilidades en el análisis de vulnerabilidades a nivel local. Los planes de respuesta la expresan en términos de la cantidad de población y su clasificación en población vulnerable por edades, personas con necesidades especiales y mujeres embarazadas. Debido a que los participantes de las encuestas han indicado que hacen visitas casa a casa y apoyan en la elaboración de planes de respuesta familiar, donde indican las zonas de seguridad de las viviendas. Es posible aprovechar estos esfuerzos para la creación de bases de datos que apoyen el análisis de vulnerabilidades físicas y se profundice el análisis de estos factores considerando la infraestructura primaria (hospitales, abastecimiento de agua, abastecimiento de energía, vías de comunicación). Los documentos revisados en este estudio no consideran la alta afluencia de turistas en la isla y las vulnerabilidades que éstos presentan.

Toma de decisiones: esta función se ejecuta considerando dos procesos que no necesariamente están relacionados. Durante la elaboración de los planes de respuesta, se proponen medidas físicas y no físicas que no siempre logran concretarse. Por otro lado, las decisiones sobre gestión de riesgos que se toman a nivel municipal tienden a dar respuestas a problemas inmediatos y difícilmente siguen las medidas propuestas en los planes. Esto se debe a que los planes obtenidos en el trabajo de campo están enfocados a la atención a la respuesta y no tienen un enfoque preventivo que guíe la toma de decisión en esta función. Para ello, es necesario que se diseñen planes de gestión de riesgos que complemente los vacíos de la planificación de medidas para reducir riesgos en los municipios. La eficiencia en

los procesos de planificación necesita estar complementados con otros planes que son fundamentales para el desarrollo sostenible de los municipios y la integración de la gestión de riesgos. Por ejemplo, ambas municipalidades carecen de planes municipales de desarrollo humano y planes de desarrollo territorial.

Implementación: Esta función es muy dependiente de los procesos que tienen lugar en la función de toma de decisiones. Para que las acciones para reducir los riesgos se materialicen, los actores locales siguen los siguientes procesos: (a) obras y acciones menores son ejecutadas y financiadas por las municipalidades, (b) las obras provienen directamente del gobierno central y son ejecutadas por el mismo, y (c) las ONGs implementan las obras de manera independiente. Las debilidades encontradas en las obras que siguen los procedimientos a, es que podrían carecer de apoyo técnico y por consiguiente existe la posibilidad que su diseño no sea eficiente. Los participantes han expresado que cuando los proyectos se ejecutan con los procedimientos b, tienen limitaciones para que se tome en cuenta los aportes locales. Finalmente, los procedimientos c, podrían generar conflictos si no existe una buena comunicación y coordinación con las municipalidades, al duplicar esfuerzos y desaprovechar la oportunidad de crear estrategias de intervención coordinadas.

CAPÍTULO 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones componente A

Se sugiere complementar este estudio con trabajos de geofísicos que permitan determinar el trazo y la geometría de las fallas que afectan el edificio del volcán Concepción y que podrían ser el origen de movimientos en masa actuando como detonantes en el caso de actividad sísmica originadas por las mismas.

Por la naturaleza de los mapas de factores condicionantes y de susceptibilidad a movimientos en masa existe la necesidad de actualizarlos permanentemente en función de la ocurrencia de eventos futuros, cambios en el uso del suelo, reubicación de infraestructura primaria y equipamiento, etc.

Es necesario que cada alcaldía prepare a sus técnicos y elabore un sistema de información geográfico donde se mantenga actualizada la información en relación a los movimientos en masa y los riesgos geológicos en general.

5.2 Conclusiones componente B

La metodología propuesta en este estudio representa un punto de partida para crear instrumentos y procesos con el objetivo de generar información de vulnerabilidad física que sirva de herramienta para fortalecer los planes de emergencia y la gestión de riesgos ante movimientos en masa.

Las ventajas de aplicar este método consisten en:

- Que no sólo involucra la vulnerabilidad de las edificaciones sino que también toma en cuenta la de las personas en distintos escenarios a una escala regional más conveniente para el uso de las municipalidades
- Los datos se pueden analizar y generar distintas formas de presentar los resultados lo cual es útil ante las diferentes escalas de análisis de riesgos en un país (nacional, local).
- En relación a la generación de datos necesarios para la determinación de la susceptibilidad de estructuras (edificaciones), los instrumentos creados en este estudio tienen el potencial de ser insertados y aplicados por los mismos técnicos locales lo que permitiría crear una base de datos de mayor detalle y de fácil

actualización en base al crecimiento y cambios en las condiciones de vivienda de la población y la infraestructura pública.

En comparación a la información de vulnerabilidad física que se maneja en este momento en los planes municipales, los productos que pueden ser generados mediante la metodología generada en este estudio, representarían una mejoraría en la base para tomar decisiones y la elaboración de los planes de emergencia.

Sin embargo la determinación de la intensidad para obtener una determinación completa de la vulnerabilidad física, es recomendable que sea asumida por instituciones especializadas que puedan conseguir y/o desarrollar los recursos para realizar los modelos necesarios para definir valores de intensidad acorde a las características del fenómeno.

Esta método de trabajo todavía tiene oportunidades de mejora que deberían ser exploradas y validada con otros expertos nacionales. Sin embargo se considera que los aportes de este método para una mejor determinación de la vulnerabilidad física en Nicaragua podrían mejorar significativamente los esfuerzos en la gestión de riesgos a nivel municipal.

Los datos de susceptibilidad a recibir daños tanto para estructuras como para personas y su distribución espacial representan información de gran utilidad. Idealmente las municipalidades podrían llevar un censo de esta información insertando la aplicación del instrumento desarrollado en las actividades y procesos de gestión de riesgos que ya existen. Con datos a mayor detalle y su periódica actualización se tendría una herramienta confiable sobre la cual basar la toma de decisiones.

5.3 Conclusiones Componente C

El sistema nacional para la reducción de desastres establecido en Moygalpa y Altagracia tiene un desempeño aceptable logrando alcanzar el objetivo del sistema con ciertas dificultades (Vulnerabilidad institucional). A pesar que éstas limitaciones reducen su eficiencia, el sistema presenta logros significativos debido a que éste respalda su funcionamiento en un marco legal e institucional muy bien establecidos y es manejado con claridad por los actores locales. También el sistema cuenta con una alta participación de los pobladores quienes han aprendido por la experiencia a causa de la alta frecuencia de eventos que ocurren en Ometepe.

El sistema presenta procesos fragmentados entre las funciones que éste realiza. En la función de adquisición de información el sistema dificultades en manejar dos mecanismos de

recolección de información. La información científica y los datos de monitoreo resultan muy difíciles de manejar para los actores locales. La función de anticipación requiere reforzar su análisis de vulnerabilidad para mejorar el análisis de riesgos y así los resultados de esta función serían insumos más precisos para la función de toma de decisiones. La función de implementación contiene procesos dispersos ya que hay desconexiones en los procesos de comunicación y planificación. Ambos municipios necesitan desarrollar planes de gestión de riesgos que contemplen una planificación adecuada al contexto y las necesidades de los territorios. Es sumamente importante que este plan sirva como rector de los planes de respuesta municipales y locales y a su vez tenga una relación estrecha con el diseño de los planes municipales de desarrollo humano y territorial, de los que ambas municipalidades carecen.

El modelo funcional utilizado en este estudio permitió explorar el desempeño del sistema a nivel local utilizando como referente las funciones que éste realiza. Este modelo se encuentra en proceso de desarrollo y este estudio ha permitido explorar las posibilidades de investigación en el futuro y pasos a seguir para su adecuación y mejoramiento, considerando su potencial para ser replicado en otras áreas de Nicaragua y la región Centroamericana. .

Referencias

- 3) Akbas, S. O., Blahut, J., & Sterlacchini, S. (2009). Critical assessment of existing physical vulnerability estimation approaches for debris flows. *Proceedings of landslide processes: from geomorphologic mapping to dynamic modeling*, (págs. 229-233). Strasbourg.
- 4) Alcaldía de Altagracia. (2017). Plan de Respuesta Municipal de Altagracia. Rivas: Comité Municipal para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (COMUPRED - Alcaldía de Altagracia).
- 5) Alcaldía de Moyogalpa. (2016). Plan para La Reducción del Riesgo ante Desastres Antropogénicos y Naturales Comunidad San Lazaro Manejo Del Riesgo y Gestion de la Biósfera Ometepe. Rivas: Alcaldía de Moyogalpa, Tecuilcan, Fons Menorquí de Cooperació, SINAPRED.
- 6) Alemán Zambrana, H., Vado Romero, E., & Mora, N. (2017). *Plan de Emergencia Sanitario Local 2017 Moyogalpa*. Moyogalpa.
- 7) Babbie, E. (2010). *The Practice of Social Research* Vol. I. C. Caldeira & D. Moneyppenny (Eds.), (pp. 528). Retrieved from http://bib.convdocs.org/docs/41/40473/conv_1/file1.pdf
- 8) Blair, T. C. and McPherson J. G. (1994). "Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages." *Journal of Sedimentary Research* A64 (3): 450-489.
- 9) Bowen, G. A. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40. doi: 10.3316/QRJ0902027
- 10) BBC (2016 noviembre 25). El huracán Otto deja al menos 13 muertos a su paso por Centroamérica. Redacción BBC Mundo. Disponible en: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-38071162>.
- 11) Benvenuti, M and Martini, I. (2002). Terrestrial hyperconcentrated flows and their deposits. *Flood and megaflood precesses and deposits: recent and ancient examples*. P. Martini, Baker, V. and Garzón, G. Oxford, Blackwell Sciences. 32: 167-193.
- 12) Borgia A., Van Wyk de Vries B.(2003). The volcano evolution of Concepción, Nicaragua. *Bulletin of Volcanology* 65: 248-256.
- 13) Carreño, M., Cardona, O., & Barbat, A. (2007). A disaster risk management performance index. *Natural Hazards*, 41(1), 1-20. doi: 10.1007/s11069-006-9008-y

- 14) Cedergren, A., & Tehler, H. (2014). Studying Risk Governance Using a Design Perspective. *Safety Science*, 68, 89-98.
- 15) Chen, G.-h., Tao, L., & Zhang, H.-w. (2009). Study on the methodology for evaluating urban and regional disaster carrying capacity and its application. *Safety Science*, 47(1), 50-58. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2007.12.002>
- 16) Chuvieco E. (2008) Teledetección ambiental “La observación de la Tierra desde el espacio. Editorial Ariel S.A.
- 17) Comité Institucional de Emergencia de la Unidad de Salud: Municipio de Altagracia. (2017). *Plan de Emergencia Sanitario Local 2017 Altagracia*.
- 18) Comité Municipal para la Prevención, Mitigación y Atención a Desastres. (2017). *Plan de Respuesta Municipal 2017*. Municipio de Altagracia, Isla de Ometepe, Rivas.
- 19) Creswell, J. W. (2007). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (2nd ed.): SAGE Publications.
- 20) Cruden D. M. (1991) A simple definition of a landslide. *Bulletin of international association of engineering geology*. No 43, Paris.
- 21) Cojan, I. et Renard, M. (1997). *Sédimentologie*, Dunod. 418 pp.
- 22) Cortés, G. P. (2001). “Lahares asociados a la actividad eruptiva del Volcán Cerro Machin, Colombia.” VIII Congr. Colomb. De Geología, Manizales: 15.
- 23) Delgado H. (2002). Lahares del volcán Concepción. Departamento de vulcanología, Instituto de geofísica, UNAM. Mexico.
- 24) Delgado H. (2002). Colapso estructural. Departamento de vulcanología, Instituto de geofísica, UNAM. Mexico.
- 25) Du, J., Yin, K., Wang, Y., Wu, Y., & Chai, B. (2016). Quantitative vulnerability evaluation of individual landslides: Application to the Zhaoshuling Landslide, Three Goirges Reservoir, China. En S. Aversa, L. Cascini, & L. Picarell, *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice* (págs. 851-859). Roma: Associazione Geotecnica Italiana.
- 26) Executive Secretariat-SINAPRED. (2010). Ley Creadora del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres, sus reglamentos y normas complementarias (Vol. 337). Nicaragua: La Gaceta No. 70.
- 27) Gifford, R. (2011). The Dragons of Inaction: Psychological Barriers That Limit Climate Change Mitigation and Adaptation. *American Psychologist*, 66(4), 290-302.

- 28) Guarte, J. M., & Barrios, E. B. (2006). Estimation Under Purposive Sampling. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 35(2), 277-284. doi: 10.1080/03610910600591610
- 29) Hradeky P. y Sebeta J., (2002). Mapa geomorfológico de la isla de Ometepe. INETER, Nicaragua - Servicio Geológico Checo, Republica Checa.
- 30) Hürlimann, M., Corominas, J. & Moya, J. (2003). Debris-flow events in the eastern Pyrenees: preliminary study on initiation and propagation. *Debris-Flow Hazards Mitigation: mechanics, prediction, and Assessment*. D. R. C.-I. Chen. Rotterdam, Millpress. 1: 115-126.
- 31) IFAD (2017). Investing in Rural People in Nicaragua. International Fund for Agricultural Development (IFAD). Disponible en: <https://www.ifad.org/documents/10180/0b033967-d5ce-467a-a7ed-7992f2221630>.
- 32) INETER (n.d.). Volcán Concepción. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Disponible en: <http://web-geofisica.ineter.gob.ni/boletin/2005/04/volcan-concepcion0504.htm>
- 33) INETER (2016). Registro de sismos en la región del volcán Concepción.
- 34) INETER (2015) Mapa de coberturas y uso de la tierra de Nicaragua. Escala 1:75.000.
- 35) INETER. (2007). Geophysical Department: Description: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).
- 36) INETER (2004). Hojas topográficas de la isla de Ometepe, escala 1:50.000. Moyogalpa (3050-i) y San José del Sur (3050-ii)
- 37) INETER (1986). Hojas topográficas de la isla de Ometepe, escala 1:50.000. Moyogalpa (3050-i) y San José del Sur (3050-ii)
- 38) INETER (1970). Hojas geológicas de la isla de Ometepe, escala 1:50.000. Moyogalpa (3050-i) y San José del Sur (3050-ii)
- 39) INIDE (2008A). Moyogalpa en Cifras. Instituto Nacional de Información de Desarrollo. Disponible en: <http://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasMun/Rivas/MOYOGALPA.pdf>
- 40) INIDE. (2008). *Anuario Estadístico 2008*.

- 41) INIDE (2008B). Altagracia en Cifras. Instituto Nacional de Información de Desarrollo. Disponible en: <http://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasMun/Rivas/ALTAGRACIA.pdf>
- 42) INIDE (2012). Población Total Estimada al 30 Junio del Año 2012. Disponible en: <http://www.inide.gob.ni/estadisticas/Cifras%20municipales%20a%3%B1o%202012%20INIDE.pdf>
- 43) Incorporate Research Institutions for Seismology (IRIS) http://ds.iris.edu/wilber3/find_event
- 44) IRGC. (2008). An Introduction to the IRGC Risk Governance Framework.
- 45) Johnson, A. M. (1984). Debris Flow. Slope instability. D. a. P. Bruden, D. New York, Wiley: 257-361.
- 46) Kaynia, A. M., Papathoma-Köhle, M., Neuhäuser, B., Ratzinger, K., Wenzel, H., & Medina-Cetina, Z. (2008). Probabilistic assessment of vulnerability to landslides: Application to the village of Lichtenstein, Baden-Württemberg, Germany. *Engineering Geology* (101), 33-48.
- 47) Kreft, S.; Eckstein, D.; & Fisher, L. (2015). Global Climate Risk Index 2016: Who Suffers the Most from Weather Events? Weather-related Loss Events in 2014 and to 1995 to 2014. Chapman-Rose, J.; Kier, G.; Baum, D. (ed). German Watch, Federal Ministry for Economy Cooperation and Development.
- 48) Lassa, J. A. (2011). Institutional Vulnerability and Governance of Disaster Risk Reduction: Macro-, Meso-and Micro Scale Assessment. (Doctoral), Universitäts-und Landesbibliothek Bonn, Bonn. Retrieved from <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2011/2451/2451.htm>
- 49) Lavell, A., Mansilla, E., & Smith, D. (2003). Regional programme for risk management in Central America: Ideas and notions relating to concept and practice (pp. 91 p.): Coordination Centre for Natural Disasters Prevention in Central America (CEPREDENAC) and United Nation Development Program (UNPD).
- 50) Lavigne, F. et Thouret, J. (2000). "Les lahars; dépôts, origines et dynamique". *Bulletin de la société géologique de France* 171(5): 545-557.
- 51) Major, J. N., Ch. (1989). "Snow and ice perturbation during historical volcanic eruptions and the formation of lahar and floods." *Bulletin of volcanology* 52: 1-27.

- 52) Major, J. N., Ch. (1989). "Snow and ice perturbation during historical volcanic eruptions and the formation of lahar and floods." *Bulletin of volcanology* 52: 1-27.
- 53) Masadeh, M. (2012). Focus group: Reviews and practices. *The Journal of Applied Science and Technology*, 2(10).
- 54) Muñoz-Salinas, E., Manea, V., Palacios, D., & Castillo-Rodríguez, M. (2007). Estimation of lahar flow velocity on Popocatepetl volcano (Mexico). *Geomorphology* (92), 91-99.
- 55) Muñoz, C. (2001). Analyse et simulation des instabilités de terrain et lahars sur les volcans Acatenango-fuego, zonage par des systèmes d'information géographique. Section des Sciences de la Terre, Université de Genève: Thèse, vol. 29, pp. 200.
- 56) Naciones Unidas (2015). Basic Country Statistics and Indicators. Disponible en: <http://www.preventionweb.net/countries/nic/data/>
- 57) Nyström J., Levi B., Torbjörn S., Fallick A. and Darce M. (1993). Cenozoic volcanism within the nicaraguan geotraverse. *Rev. Geol. Amér. Central*, 16: 107-111. En Darce Rivera A. M. (2017). *Compilación de artículos GEOLÓGICOS de Nicaragua*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua). Nicaragua.
- 58) Norad. (2008). Evaluation of the Norwegian Emergency Preparedness System (NOREPS). In J. L. Nordic Consulting Group and Channel Research: Cosgrave, T.; Sørvald, M.; Brusset, E. Jørgensen, S (Ed.): Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad).
- 59) Obando T. (2009). Reconocimiento geológico de la amenaza por deslizamientos y lahares en Los Ramos, San Pedro y Sintiope, al Sur del Volcán Concepción.
- 60) Dr. Ingeniero Tupak Obando, Junio del 2,009
- 61) Pulgarin, A. B. (2001). "Transformación y removilización de avalanchas de escombros en flujos de escombros, evidencia morfológica y sedimentológica: valle del rio Paez." VIII Congr. Colomb. De Geología, Manizales,: 15.
- 62)
- 63) Pulgarin, A. B. y Correa, A. M. (2001). "Depósitos fragmentarios no consolidados sobre el edificio del Complejo Volcánico Nevado del Huila(CVNH): relación con los sistemas morfogénicos de alta montaña, clasificación y caracterización." VIII Congr. Colomb. De Geología, Manizales: 16.

- 64) REDHUM (2016). Centro América: Trayectoria y Situación Huracán Otto. Disponible en: <http://reliefweb.int/map/nicaragua/centro-am-rica-trayectoria-y-situaci-n-hurac-n-otto-24-de-noviembre-de-2016-1700hrs>
- 65) Reinoso, E. (2005). *Estudio de vulnerabilidad sísmica de Managua*. SECRETARÍA EJECUTIVA - SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES. Managua: INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES.
- 66) Rivera, C., Tehler, H., & Wamsler, C. (2015). Fragmentation in disaster risk management systems: A barrier for integrated planning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, Part 4, 445-456. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.09.009>
- 67) Rivera, C., Tehler, H., & Wamsler, C. (2016). Evaluating Disaster Risk Management – Is it Possible? In C. N. Madu & K. Chu-hua (Eds.), *Handbook of Disaster Risk Reduction & Management* (pp. 451-475). London: World Scientific Press & Imperial College Press.
- 68) Rodríguez, A.C. (2015) en Wheelock R. Jaime et al. (2015). *Desastres Naturales de Nicaragua*. 2a Ed. Managua: HISPAMER. 284 p.
- 69) Saballos, J. A. (2013). *Short and Long Term Volcano Instability Studies at Concepción Volcano, Nicaragua*. University of South Florida.
- 70) Sánchez A., Urbina, M.A. & Propin, E. (2008). Rasgos territoriales del turismo de la isla de Ometepe, Nicaragua. *Cuadernos de Turismo*. Universidad de Murcia. No. 21. p.p. 159-179. Murcia.
- 71) Sapsford, R., & Jupp, V. (2006). *Data Collection and Analysis*. London: SAGE Publications in association with the Open University.
- 72) SE-SINAPRED. (2010). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo* (Zúñiga Briceño, S.; Izaguirre, A.; Martínez, A.; Miranda, N.; y Miranda, E. ed.). Managua: Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED).
- 73)
- 74) SE-SINAPRED. (n.d.). *Guía Nacional para el Funcionamiento de los Comités Municipales para la Prevención, Mitigación y Atención a Desastres (COMUPRED)* Secretaría Ejecutiva - Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED).

- 75) Secretariat of the President of Nicaragua. (2012). Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016 [National Plan for Human Development 2012-2016] Draft under referendum. Nicaragua.
- 76) Scott, K. M. (1988). "Origins, behavior and sedimentology of lahars and lahar-runout flows in the Toutle-Cowlitz system". U.S. geological survey professional paper 1447A: 1-74.
- 77) Sieber, L. (2002). Landslides resulting from structural failure of volcanoes. Catastrophic landslides: Effects, occurrence, and mechanisms. Evans and DeGraff ed. Boulder Colorado, Geological Society of America Reviews in Engineering Geology. XV: 209-235.
- 78) Sieber, L. (1984). "Large volcanic debris avalanches: characteristics of source areas, deposits, and associated eruptions." Journal of volcanology and geothermal research 22: 163-197.
- 79) Simon, H. A. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. The quarterly journal of economics, 69(1), 99-118. doi: 10.2307/1884852
- 80) Simon, H. A. (1996). The sciences of the artificial (3rd ed.): MIT Press.
- 81) Sistema nacional para la prevención mitigación y atención a desastres (SINAPRED) (2016) Plan de respuesta municipio de Moyogalpa, Rivas, Nicaragua.
- 82) Smith, G. A. (1986). "Coarse-grained nonmarine volcanoclastic sediment: terminology and depositional process". Geological society of America bulletin 97: 1-10.
- 83) Sistema nacional para la prevención mitigación y atención a desastres (SINAPRED) (2016) Plan de respuesta municipio de Moyogalpa. Nicaragua.
- 84) The World Bank, & GFDRR. (2010). Disaster risk management in Latin America and the Caribbean Region: GFDRR Country Notes (pp. 276). Washington, DC.: Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR) and the World Bank.
- 85) Uti, T., Takarada, S. & Yoshimoto, M. (2000). Debris Avalanches. Academic Press: 617-626.
- 86) UN. (2015). Sendai framework for disaster risk reduction 2015 - 2030. Paper presented at the Third UN World Conference in Sendai, Sendai, Japan.
- 87) UNESCO. (2010). Ecological Sciences for Sustainable Development: Ometepe. from <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological->

sciences/biosphere-reserves/latin-america-and-the-caribbean/nicaragua/ometepe-island/

- 88) UNFCCC. (2007). Climate Change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries United Nations Framework Convention on Climate Change.
- 89) UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción de Riesgos de Desastres: United Nation International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR).
- 90) Uzielli, M., Nadim, F., Lacasse, S., & Kaynia, A. M. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology* (102), 251-256.
- 91) Vallance, J. W. (2000). Lahars. *Encyclopedia of Volcanoes*. A. Press: 601-616.
- 92)
- 93) Vallance, J. W. Scott., M. K. (1997). "The Osceola mudflow from Mount Rainier: Sedimentology and hazard implications of a huge clay-rich debris flow". *GSA Bulletin*, 109(2): 143-163.
- 94) Van Asselt, M. B. A., & Renn, O. (2011). Risk governance. *Journal of Risk Research*, 14(4), 431-449.
- 95) Voight, B., Glicken, H., Janda, R. J. & Douglass, P. M. (1981). . (1981). "Catastrophic rockslide avalanche of May".
- 96) Wheelock R., J. et al. (2015). *Desastres Naturales de Nicaragua*. 2a Ed. Managua: HISPAMER. 284 p.
- 97) World Bank (2016). Country Overview: Nicaragua. Available at: <http://www.worldbank.org/en/country/nicaragua/overview>.
- 98) Zantal-Wiener, K., & Horwood, T. J. (2010). Logic modeling as a tool to prepare to evaluate disaster and emergency preparedness, response, and recovery in schools. *New Directions for Evaluation*, 2010(126), 51-64. doi: 10.1002/ev.329