

2012

“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ASOCIADA A LA AMENAZA DEL VOLCÁN DE FUEGO EN LA ALDEA PANIMACHÉ”.

Factores prioritarios de la vulnerabilidad evaluados: Físico, Estructural, Social y Económico.

Amenazas analizadas: Caída de ceniza, Flujos Piroclásticos y Lahares.

En la investigación se buscó conocer las características de la aldea Panimaché para proponer algunas medidas de prevención y mitigación que ayuden a disminuir su nivel de vulnerabilidad que aporten a la reducción del riesgo volcánico. Con aplicaciones SIG se identificó espacialmente la ubicación geográfica de cada una de las familias en relación al grado de vulnerabilidad para cada factor evaluado categorizando por niveles desde muy alto a bajo, en relación con las respuestas proporcionadas por la población en la aplicación del instrumento tipo encuesta.



Lic. Aleyda Xiomara León Ramírez

Carné 100016662

Universidad de San Carlos de Guatemala. USAC

01/01/2012



Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Posgrados de la Facultad de Arquitectura USAC



“Evaluación de la vulnerabilidad
asociada a la amenaza del Volcán de Fuego”

TESIS

Para obtener el grado de
Maestra en Ciencias

“Gestión para la Reducción de Riesgos”

Presenta:

Aleyda Xiomara León Ramírez

Terna evaluadora:

Asesora: Maestra Rosa Sánchez del Valle

Consultor: Dr. David Monterroso

Consultor: Ing. Fulgencio Garavito



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
VOCAL I	Arq. Gloria Ruth Lara Cordón de Corea
VOCAL II	Arq. Edgar Armando López Pazos
VOCAL III	Arq. Marco Vinicio Barrios Contreras
VOCAL IV	Br. Jairo Daniel Del Cid Rendón
VOCAL V	Br. Carlos Raúl Prado Vides
SECRETARIO	Arq. Alejandro Muñoz Calderón

TRIBUNAL EXAMINADOR

EXAMINADOR	Ma. Rosa Sánchez del Valle
EXAMINADOR	Dr. David Monterroso
EXAMINADOR	Ing. Fulgencio Garavito
DECANO	Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
SECRETARIO	Arq. Alejandro Muñoz Calderón

ASESORA

Ma. Rosa Sánchez del Valle

AGRADECIMIENTOS

A Dios, en primer lugar, por permitirme culminar esta fase de mi vida, por darme el entusiasmo, perseverancia e interés en trabajar esta investigación, para que sea un aporte a mi institución y a mi país.

A la Maestra Rosa Sánchez del Valle por su tiempo, asesoría y consejos que ayudaron a que este trabajo se finalizara exitosamente, así mismo al Doctor David Monterroso y el Ingeniero Fulgencio Garavito por sus valiosos aportes.

Al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología por todo el apoyo y comprensión. Gracias, señor director Eddy Sánchez.

A mis compañeros de trabajo con mucho cariño y respeto, especialmente a Gustavo Chigna por su disponibilidad, apoyo, información y fotografías proporcionadas para esta investigación.

A la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA), por haber creído en esta propuesta de investigación y por el apoyo en el levantamiento de información en las comunidades asentadas en las faldas del volcán de Fuego; además por la impresión de los mapas elaborados en las ocho comunidades, especialmente los de la aldea Panimaché.

Al personal del proyecto Volcán de Fuego por toda su colaboración durante la ejecución del estudio, que los resultados obtenidos en esta investigación sean de apoyo como medida de GR en estas comunidades vulnerables ante la amenaza volcánica.

A la población de las comunidades visitadas, especialmente, a los habitantes de la aldea Panimaché, por habernos abierto las puertas de sus hogares y brindar su confianza, colaboración y apoyo incondicional en la realización del trabajo de campo. Especialmente a la familia Barrera, a la profesora Milsa de la Cruz, y a Nesfor Calderas Girón.

A los observadores del Volcán de Fuego, Amílcar Calderas, Edgar Barrios, Saraí Pérez, por todo ese empeño y dedicación para que todo saliera como lo habíamos planificado.

A mis compañeros de la Maestría en Gestión para la Reducción del Riesgo por su amistad incondicional y por todos esos buenos momentos que compartimos.

A la coordinación de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Arquitectura, por todas las gestiones durante la carrera, para que siempre tuviéramos catedrático y salón para nuestra clase.

A mi esposo Raúl Del Cid por su paciencia y comprensión, gracias por estar siempre a mi lado, apoyarme en todas mis decisiones y motivarme a seguir adelante.

A mis queridos hijos Raúl y Fernando Del Cid León, porque este logro servirá de motivación en sus vidas. Les agradezco infinitamente, el haber sacrificado sus días libres por mí.

A mi madre, porque siempre está a mi lado y me protege con sus oraciones, su tiempo, su amor y comprensión.

A mi hermano, por ese amor incondicional y porque sé que siempre se ha sentido orgulloso de su hermana.

A toda mi familia en general, porque este logro será motivo de alegría para cada uno, especialmente para mi suegra cuyas oraciones siempre han estado acompañándome; a mi cuñada María Hernández, a mis primos, sobrinos, tíos, tías, por darme ánimos a seguir adelante.

A mi queridísimo abuelito Papá Lan, por quererme y tenerme todos los días en sus largas oraciones.

A la memoria de mi papaíto y mi viejita Mamá Fina, porque sé que me envían diariamente sus bendiciones desde el cielo, los extraño.

ACTO QUE DEDICO

A Dios en primer lugar por haberme permitido llegar a este punto de mi vida y haber alcanzado uno de tantos logros propuestos en mi vida. Por permitirme vivir en esta hermosa tierra y por bendecirme en cada momento.

A mi familia en general por que este sea un motivo más para que se sientan un poquito más orgullosos y sigan pidiendo a Dios para que me motive a seguir adelante alcanzando las muchas metas que aún quedan, con su bendición.

Al personal del INSIVUMEH porque esta investigación sea una entre muchas que se realicen en beneficio de las poblaciones que viven en riesgo por la amenaza volcánica. Este trabajo de tesis está dedicado especialmente a la sección de Vulcanología por toda esa información valiosa que se me facilitó para poder generar este documento. Gracias Gustavo Chigna por tu amistad y apoyo incondicional.

A mi país GUATEMALA porque me vio nacer y me permite ser parte de los buenos, de los que aman esta tierra y de los que se esfuerzan por ser la diferencia. De los luchadores que se preocupan por dar un poquito para aquellos que se encuentran en desventaja.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE MAPAS.....	IX
ÍNDICE DE PALABRAS	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XII
CAPÍTULO 1	1
1.1INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PROBLEMA A INVESTIGAR	3
1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y MONOGRÁFICA.	4
1.2.1.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN.	4
1.2.1.2 TIPOLOGÍA DE LAS VIVIENDAS.....	5
1.2.1.3 IDIOMA.....	5
1.2.1.4 ECONOMÍA.....	5
1.2.1.5 CLIMA	5
1.2.1.6 VÍAS DE COMUNICACIÓN	6
1.2.1.7 POBLACIÓN	6
1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.4 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	8
1.4.1 HIPÓTESIS PRINCIPAL	8
1.4.2 HIPÓTESIS SECUNDARIAS	8
1.4.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.4.3.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL	8
1.4.3.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	8
1.4.3.3 MÉTODOS	9
I. ENTREVISTAS A EXPERTOS	9
II. MAPA COMUNITARIO.....	9
1.4.3.4 TECNICAS	9

I. RECORRIDOS COMUNITARIOS	9
1.4.3.5 INSTRUMENTOS	10
I. MAPA SECTORIZADO	10
II. ENCUESTA A LA POBLACIÓN	10
III. METODOLOGÍA NOAA	10
1.4.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG	11
CAPÍTULO 2	13
2.1 MARCO HISTÓRICO	13
2.1.1 EL FENÓMENO VOLCÁNICO EN GUATEMALA	13
2.1.1.1 DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DE FUEGO	14
2.1.1.2 DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DE PACAYA	16
2.1.1.3 DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN SANTIAGUITO	18
2.1.2 VIGILANCIA Y MONITOREO VOLCÁNICO	19
2.1.2.1 VIGILANCIA VISUAL	19
2.1.2.2 MONITOREO SISMICO VOLCÁNICO	19
2.1.2.3 MONITOREO GEOQUÍMICO	20
2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	20
2.2.1 EL RIESGO	20
2.2.1.1 COMPONENTE SOCIAL DEL RIESGO	21
2.2.1.2 PERCEPCIÓN DEL RIESGO	22
2.2.1.3 CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO	23
2.2.1.4 ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES	24
2.2.1.5 GESTIÓN DEL RIESGO A DESASTRES	24
2.2.2 LA AMENAZA	26
2.2.2.1 LA AMENAZA VOLCÁNICA	26
2.2.2.2 LA AMENAZA DEL VOLCAN DE FUEGO	26
I. CAÍDA DE TEFRA	27
II. FLUJOS PIROCLÁSTICOS	27
III. FLUJOS DE LAVA	27
IV. AVALANCHAS DE ESCOMBROS	27
V. LAHARES	27
VI. GASES VOLCÁNICOS	28
VII. EROSIÓN REGRESIVA	28
2.2.2.3 PELIGRO Y RIESGO VOLCÁNICO	28
2.2.3 VULNERABILIDAD	29
2.2.4.1 FACTORES DE LA VULNERABILIDAD	30

I. FACTOR SOCIAL.....	30
II. FACTOR ECONÓMICO	30
III. FACTOR FÍSICO ESTRUCTURAL	30
2.2.4 LOS DESASTRES.....	31
2.2.4.1 LA MITIGACIÓN	32
2.2.4.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN	32
2.2.4.3 MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS VOLCÁNICOS.....	32
2.2.5 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	33
CAPÍTULO 3	35
3.1METODOLOGÍA.....	35
3.1.1 ANÁLISIS DE LA AMENAZA	35
3.1.2 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	38
3.1.2.1 DEL MAPA COMUNITARIO	38
3.1.2.2 RECORRIDO DE CAMPO Y EL RECONOCIMIENTO DE ÁREA.....	40
3.1.2.3 MAPA SECTORIZADO	41
3.1.2.4 ENCUESTA.....	41
3.1.2.5 PONDERACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	42
I. PONDERACIÓN DEL FACTOR FÍSICO.....	42
II. PONDERACIÓN DEL FACTOR SOCIAL Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO	43
III. PONDERACIÓN DEL FACTOR ECONÓMICO	44
IV. PONDERACIÓN DEL FACTOR ESTRUCTURAL.....	44
1. VULNERABILIDAD MUY ALTA	45
2. VULNERABILIDAD ALTA.	45
3. VULNERABILIDAD MEDIA.....	46
4. VULNERABILIDAD BAJA.	46
3.1.2.6 CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL	47
3.1.2.7 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	47
I. MAPAS DE VULNERABILIDAD.....	48
II. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL	48
III. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD POR HOGAR	48
IV. MAPAS IMPRESOS.....	48
3.1.3 ANALISIS HIDROMETEOROLÓGICO	49
3.1.3.1 MODELACIÓN DE CAUDALES	52
CAPÍTULO 4	55
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55

4.1.1 ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN SOCIAL.....	55
4.1.2 ANÁLISIS DEL FACTOR ECONÓMICO.....	57
4.1.3 ANÁLISIS DEL FACTOR ESTRUCTURAL.....	59
CAPÍTULO 5	61
5.1 CONSIDERACIONES FINALES	61
BIBLIOGRAFÍA.....	67
REFERENCIAS CITADAS	69
REFERENCIAS INSTITUCIONALES CONSULTADAS	70
ANEXO NO.1.....	71
ANEXO NO.2.....	77
ANEXO NO.3.....	86
ANEXO NO.4.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. INDICADORES SOCIOECONÓMICOS	6
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS VOLCÁNICAS	14
TABLA 3. NIVELES ESTABLECIDOS PARA LA VULNERABILIDAD SOCIAL VS	43
TABLA 4. NIVELES ESTABLECIDOS DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA VEC	44
TABLA 5. NIVELES ESTABLECIDOS PARA LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL VES.....	44
TABLA 6. CÁLCULO DE CAUDAL.....	49
TABLA 7. PRINCIPALES ERUPCIONES PERÍODO 1581 - 1999.....	78
TABLA 8. ERUPCIONES VOLCÁNICAS DURANTE EL PERÍODO 2000 – 2007.....	79
TABLA 9. PONDERACIÓN FACTORES PRIORITARIOS DE LA VULNERABILIDAD	80
TABLA 10. VULNERABILIDADES POR FAMILIA	82
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS VOLCÁNICAS E ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD.	83
TABLA 12. DESCRIPTIVOS DE INDICADORES ECONÓMICOS INE	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE VOLCANES ACTIVOS EN GUATEMALA	1
FIGURA 2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PANIMACHÉ.....	5
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE VOLCANES Y FOCOS ERUPTIVOS DE GUATEMALA.	13
FIGURA 4. ERUPCIONES PREVIAS AÑO 2000 VOLCÁN DE FUEGO.....	15
FIGURA 5. ERUPCIONES PREVIAS AÑO 2000 VOLCÁN DE PACAYA.	17
FIGURA 6. ERUPCIONES PREVIAS AÑO 2000 VOLCÁN SANTIAGUITO.	18
FIGURA 7. SEÑAL SÍSMICA	20
FIGURA 8. EQUIPO DE MEDICIÓN DE GASES SO ₂	20
FIGURA 9. EQUIPO DE MONITOREO SÍSMICO	20
FIGURA 10. GRÁFICA DE NIVEL DE SO ₂	20
FIGURA 11. VOLCANES CENTROAMÉRICA Y MÉXICO	36
FIGURA 12. ELABORACIÓN DEL MAPA COMUNITARIO	40
FIGURA 13. RECORRIDO Y RECONOCIMIENTO COMUNITARIO.....	40
FIGURA 14. ENTREVISTAS A LA POBLACIÓN.	42
FIGURA 15. VIVIENDAS EN MUY ALTA VULNERABILIDAD	45
FIGURA 16. VIVIENDAS CON VULNERABILIDAD ALTA.....	45
FIGURA 17. VIVIENDAS CON VULNERABILIDAD MEDIA.....	46
FIGURA 18. VIVIENDAS CON VULNERABILIDAD CON VULNERABILIDAD BAJA.....	46
FIGURA 19. GPS Y SIG.....	47
FIGURA 23. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE LA CUENCA.	51
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL FLUJO.....	51
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE DRENAJES.	51
FIGURA 22. ACUMULACIÓN DE FLUJO.	51

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PANIMACHÉ.	87
MAPA 2. MODELO 3D DEL VOLCÁN DE FUEGO Y UBICACIÓN DE COMUNIDADES CERCANAS.....	88
MAPA 3. MAPA DE FLUJOS PIROCLÁSTICOS VOLCÁN DE FUEGO.	89
MAPA 4. MAPA DE AMENAZA CAÍDA DE CENIZA.	90
MAPA 5. MAPAS DE AMENAZA POR LAHARES Y FLUJOS PIROCLÁSTICOS	91
MAPA 6. EXPOSICIÓN ANTE FLUJOS PIROCLÁSTICOS	92
MAPA 7. EXPOSICIÓN ANTE LA AMENAZA POR LAHARES	93
MAPA 8. MODELO DE ELEVACIÓN SOBRE EL NIVEL DEL MAR.....	94
MAPA 9. MAPA DIGITAL EDITADO DE LA COMUNIDAD.	95
MAPA 10. MAPA COMUNITARIO SIN EDICIÓN.....	95
MAPA 11. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL FACTOR SOCIAL.....	96
MAPA 12. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL FACTOR ECONÓMICO.....	97
MAPA 13. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL FACTOR ESTRUCTURAL.	98

MAPA 14. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL VULNERABILIDAD GLOBAL BAJA	100
MAPA 15. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL VULNERABILIDAD GLOBAL ALTA	101
MAPA 16. DISTRIBUCIÓN DE FAMILIAS CON VULNERABILIDAD GLOBAL MUY ALTA.	102
MAPA 17. CROQUIS COMUNITARIO DIVIDIDO EN 4 SECTORES.....	103
MAPA 18. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POR CONDICIÓN DE VIVIENDA.....	104

ÍNDICE DE TÉRMINOS

ACTIVIDAD FUMARÓLICA, 17	GESTIÓN DEL RIESGO, 1
ACTIVIDAD VOLCÁNICA, 8	HIDROGRAMA, 55
AMENAZA, 11	ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCÁNICA, 14
AVALANCHAS DE ESCOMBROS, 28	ÍNDICE DE PELIGROSIDAD, 14
CAPACIDAD LOCAL, 65	LAHARES, 11
CAUCE, 55	LAHARES, 29
CINTURÓN DE FUEGO, 13	LEPA, 60
DESASTRE, 32	MAPAS DE AMENAZA, 11
EMIGRACIÓN INTERNA, 2	MAPAS DE RIESGO, 11
EROSIÓN REGRESIVA, 29	MAPAS DE VULNERABILIDAD, 11
ERUPCIÓN, 78, 79	MAPAS MORFOMÉTRICOS, 12
ESCALA, 40	MÉTODO DELPHY, 9
ESCUDO VOLCÁN, 14	MITIGACIÓN, 33
ESPECTRÓMETRO DE CORRELACIÓN, 21	MODELAMIENTO HIDROLÓGICO, 12
ESTRATO VOLCÁN, 14	ONDAS DE CHOQUE, 78, 79
ESTRATO-VOLCÁN, 14	RASTER, 11
ESTROMBOLIANA, 14	RIESGO, 4
FLUJOS DE LAVA, 78, 79	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, 7
FLUJOS PIROCLÁSTICOS, 11	SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL, 35
FLUJOS PIROCLÁSTICOS, 78	TEFRA., 28
FLUJOS PIROCLÁSTICOS, 28	VOLCÁN, 2
GASES VOLCÁNICOS, 29	VULCANIANA, 14
GESTIÓN DE RIESGO A DESASTRES POR VOLCANES, 22	VULNERABILIDAD, 1

RESUMEN

La ubicación en la que se encuentran asentadas las comunidades cercanas al Volcán de Fuego constituye motivo de atención de expertos nacionales y extranjeros. La falta de preparación de las autoridades locales y de la población en general, ante el impacto que pueda causar una erupción volcánica y la consecuente vulnerabilidad de dichas comunidades sigue preocupando a entidades públicas y privadas, debido a la constante actividad del volcán y el registro histórico de hechos lamentables en donde se evidencia esa carencia.

En este contexto, nace el interés de realizar la presente investigación que busca conocer las características de la aldea Panimaché y proponer algunas medidas de prevención y mitigación que ayuden a disminuir su vulnerabilidad y aporten a la reducción del riesgo.

Una vez se identificó y ponderó la vulnerabilidad de cada una de las familias, se ingresó la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para visualizar cada uno de los factores prioritarios de la vulnerabilidad; cómo se ubican en la población las familias respecto a los niveles establecidos de vulnerabilidad global siendo estos: bajo, alto y muy alto con relación a los factores evaluados: físico, económico, social y estructural ante la amenaza por caída de ceniza, flujos piroclásticos y lahares.

Los principales resultados señalan que, en el caso de una erupción moderada o grande, como las ocurridas en los años de 1974 y 2002, la ceniza causaría graves daños a la economía de la aldea, a la salud de los habitantes, así como el deterioro de sus viviendas.

Se realizaron reconocimientos del área identificando las zonas más vulnerables, iniciando este recorrido desde el ingreso principal de la aldea, el cual se localiza a 17 kilómetros; identificando las vías de acceso, las cuales quedan bloqueadas en época lluviosa, lo que imposibilita y dificulta las tareas de evacuación durante una erupción volcánica.

Después del reconocimiento en el área, se fortaleció la capacidad de organización de algunos actores locales, para que estos replicaran el ejercicio con la población mediante la elaboración de un mapa comunitario, el cual podrá ser utilizado como herramienta en la identificación de riesgos locales, y amenazas a los que se encuentran expuestos. También se hizo énfasis en los recursos disponibles como medida de prevención ante una posible emergencia causada por la erupción del Volcán de Fuego, así como en la implementación de planes de emergencia y en la definición de rutas de evacuación para reducir riesgos ante desastres volcánicos.

ABSTRACT

The location for the communities that are closer to Fuego volcano, require the attention of local and foreign experts, public and private institutions, due to the frequent activity and its historic registry as a consequence of the facts where there is lack of preparation and precaution by local authorities before the possible impact that a volcano eruption may cause due to some vulnerability.

From this risky scenario, the interest in performing a research that tries to know the features of aldea Panimaché, and it also proposes some precaution measures that might help to reduce its vulnerability, and also the risk.

Once the vulnerability of each family was identified, all the information gathered was saved in the Geographical Information System (GIS) in order to prioritize each vulnerable fact. The families within the established global vulnerability level are as follow: low, high, and very high. Regarding the evaluated facts such as: physical, economic, social and structural before threats such as: Ash fall and pyroclastic flows.

The main arguments show that in case of a moderate or a big eruption, just like the ones which occurred in 1974 and in 2002, the ashes may cause a great damage not only to the small town economy, but also to the inhabitants' health and it may damage their homes as well.

Recognition of the area was performed, and it was possible to identify the most vulnerable areas, such recognition started at the main town entrance which is located as far as 17 kilometers, the access areas were identified but they are blocked during the rainy season, and this makes evacuation very difficult during a volcano eruption.

After the recognition, training was strengthened to some local people, in order to be shown to the rest of the community; also a community map was made, and it can be used as a tool to identify local risks, some of the threats that they are exposed to, and the available resources as a precaution measure before any possible emergency caused by a Volcán de Fuego eruption, it can also be used for any emergency plan, to determine evacuation routes, and to reduce any risk caused by volcano disasters.

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN.

Esta investigación fue desarrollada en calidad de tesis de la evaluación de la vulnerabilidad de la aldea Panimaché ante la amenaza por caída de ceniza, lahares y flujos piroclásticos.

Considerando que en Guatemala existe abundante documentación relacionada con el evento y dichas amenazas derivadas del vulcanismo, y que la mayoría de estas se ubican en el área vulcanológica, es necesario estudiar el comportamiento de los volcanes en el territorio desde el punto de vista de la vulnerabilidad.

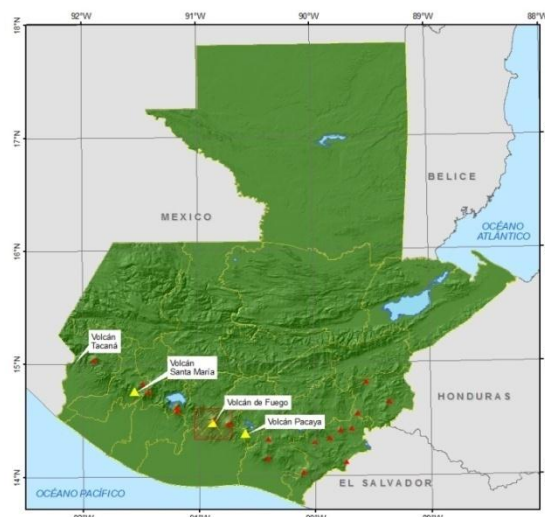


Figura 1 Ubicación geográfica de volcanes activos en Guatemala

Fuente: elaboración propia

En Guatemala el uso del enfoque de Gestión del Riesgo (GR) es utilizado a partir de los años ochenta. Es probable que lo reciente en el uso del enfoque explique por qué el desarrollo teórico conceptual o la construcción del conocimiento en torno a ese tema siga dándole más énfasis al estudio de la amenaza y menos al estudio de la vulnerabilidad y la vinculación de esos dos factores que son los que finalmente nos proporcionan los escenarios de riesgo.

Lo descrito explica el interés en iniciar un estudio más sistemático que involucre ambos factores y plantear una propuesta que permita tener un escenario de riesgo para un caso determinado, en este caso el de la aldea Panimaché, y que este pueda servir eventualmente como modelo para ser implementado en otras áreas del país.

Sabemos que la naturaleza alrededor del mundo ha jugado un papel importante en el desarrollo o del deterioro del ambiente cuando se hace mal uso de sus recursos. Desde sus orígenes, debido a los fenómenos geológicos, la dinámica y natural transformación de la tierra, la formación de la cadena volcánica como resultado de este proceso y los ríos que aportan tierras fértiles al país, constituyendo una riqueza en cuanto a recursos naturales. A pesar de las riquezas que provee, debido a los procesos políticos, sociales, culturales y económicos que

registra la historia de nuestro país, como la de otros, no se han librado del impacto de los fenómenos naturales. Se sabe que más de 1,300 volcanes han entrado en erupción durante los últimos 10,000 años. Típicamente, 50 volcanes entran anualmente en erupción.

En Guatemala existen 323 volcanes o estructuras identificadas como de origen volcánico, de los cuales solo 4 se encuentran actualmente activos. Durante los últimos años el país ha sufrido consecuencias a causa de erupciones volcánicas que han afectado tanto a la economía nacional como las condiciones y medios de vida de las poblaciones cercanas a volcanes activos. Las más recientes ocurridas en 1998 y 2010 la erupción del Volcán de Pacaya, 2003 y 2004 erupción del Volcán de Fuego, 2010 erupción volcán Santiaguito. En su período de erupción estos volcanes lanzaron ceniza que alcanzó varios kilómetros siendo los principales sectores afectados la agricultura, ganadería y la navegación aérea¹.

Los cambios en la morfología y geografía del territorio, año con año, nos enseñan a comprender el entorno en el que vivimos y a ver cuán vulnerables somos y como aumentamos esas condiciones de vulnerabilidad. El crecimiento poblacional, la emigración interna y externa de poblaciones hacia las zonas urbanas en busca de nuevas oportunidades, la falta de políticas para mejorar la calidad de vida en las áreas rurales incrementan las condiciones estructurales que nos hacen cada vez más vulnerables ante el impacto u ocurrencia de desastres que retrasan el desarrollo. Los asentamientos de poblaciones en zonas no aptas para la construcción de viviendas, el uso inadecuado del suelo y los recursos naturales muestran el desafío a la naturaleza, puesto que nos ubicamos en lugares en donde el peligro está presente e impedimos o nos interponemos en su curso de acción, tal es el caso de las comunidades asentadas en las faldas del volcán de Fuego, específicamente la aldea Panimaché que es el área de estudio.

Existe una relación directa entre la demanda de crecimiento poblacional y las condiciones de la región geográfica en la que se ubican las comunidades, sobre todo por su situación económica, que obliga a buscar los lugares de más alto riesgo para asentarse. Es necesario proveer de herramientas para poder adaptarse a los riesgos existentes derivados de fenómenos naturales, antrópicos y socio-naturales que limitan el crecimiento y desarrollo seguro de la población.

¹ El INSIVUMEH, a través de la unidad de vulcanología genera información específica de cada uno de los volcanes activos de Guatemala, la historia eruptiva que estos han tenido y los daños que estos han causado a la población. Información disponible en: <http://insivumeh.gob.gt> Enero 2011.

Algunos de los eventos que han ocasionado daños causados por la actividad del volcán de Fuego de los cuales se tiene registro, se muestran en la tabla No.7 (Ver anexo No.2 Tablas. “Principales erupciones período1581 – 1999”). Para las erupciones ocurridas durante la década 2000 – 2010 como se detalla en la tabla No.8, se describen eventos que la población recuerda perfectamente por ser de fechas recientes, a pesar de que ninguna de estas tiene similitud con la ocurrida en 1974 cuando los daños fueron de gran magnitud según lo señalan las personas de la tercera edad que aún viven en la comunidad. La caída de ceniza de las últimas erupciones, afectó considerablemente los techos de las viviendas, cultivos y la salud de las personas que habitan en poblaciones cercanas, como se menciona en la cronología descrita en la tabla No.8 (Ver anexo No.2 Tablas. “Erupciones volcánicas durante el período 2000 – 2007”).

1.2 PROBLEMA A INVESTIGAR.

La zona de estudio ha sido analizada y actualmente existen investigaciones realizadas en el tema de la amenaza volcánica y el impacto causado por erupciones pasadas del volcán de Fuego. Las instituciones del país relacionadas con el monitoreo y la observación volcánica, como también las de protección civil del país, han avanzado en la implementación de equipo, el cual ayuda a mejorar la obtención de la información volcánica.

Se hace necesario analizar propuestas metodológicas existentes, la posibilidad de aplicarlas al territorio, pensar en un proceso que permita introducir algunas modificaciones a esas metodologías para contar con una propuesta propia. En este estudio será aplicada una de éstas a la aldea Panimaché, la cual permitirá contar con recomendaciones para su aplicación en otros contextos.

A pesar de la tendencia de ver a los volcanes como un atractivo en el paisaje del territorio guatemalteco y como fuente de riqueza por los ricos minerales que favorecen la agricultura, es necesario además visibilizar el hecho que también representan un riesgo para las poblaciones que se asientan en sus alrededores. Para ello es importante realizar estudios que aporten información sobre las condiciones de vulnerabilidad de éstas ante fenómenos naturales, tal es el caso de la actividad volcánica motivo de estudio de esta tesis.

Actualmente, en el país, existen muchos estudios enfocados en la identificación de la amenaza volcánica expresada en los diferentes peligros o riesgos volcánicos que esta constituye. Organizaciones nacionales e internacionales desde hace varias décadas, se han esforzado por impulsar y apoyar la formulación de políticas, estrategias, programas y acuerdos que obliguen a gobiernos y representantes de protección civil a nivel regional y mundial a reducir el Riesgo de Desastres (RD) causados por fenómenos naturales.

En el entorno internacional, el componente de GR se ha incorporado en múltiples iniciativas de políticas y gestión nacional para los recursos naturales. El aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, en el Marco de Acción de Hyogo planteados en la década pasada y la cual concluye en 2015, avanza en lo que corresponde a Guatemala y se lucha por dar cumplimiento a este acuerdo.

Sin embargo, los estudios sobre vulnerabilidad para el área del volcán de Fuego aún son muy pocos, no obstante la existencia de muchos a nivel más general sobre la afectación de la amenaza volcánica y los peligros ocasionados por este fenómeno. Unos a nivel de cuenca, otros a nivel local, pero no existe un estudio que represente la vulnerabilidad de las familias a nivel individual.

Un aproximado de 25000 personas distribuidas en 20 comunidades, se asientan cerca del volcán de Fuego. La aldea Panimaché, es una entre las más cercanas al edificio volcánico, ya que dista del cráter 7 kilómetros lo que representa un alto grado de exposición a las expresiones de la natural actividad del volcán.

1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y MONOGRÁFICA.

1.2.1.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN. La aldea Panimaché pertenece jurisdiccionalmente al municipio de Yepocapa del departamento de Chimaltenango. Se ubica en la ribera Este del Río Tempiscal. Dista de la cabecera municipal a 15 kilómetros al Sur; el tipo de carretera en el área es de revestimiento suelto y se localiza a 85 kilómetros de la ciudad capital en la Latitud Norte 14°25'43" y Longitud Oeste -90°56'20" coordenadas correspondientes a la iglesia católica de la comunidad.

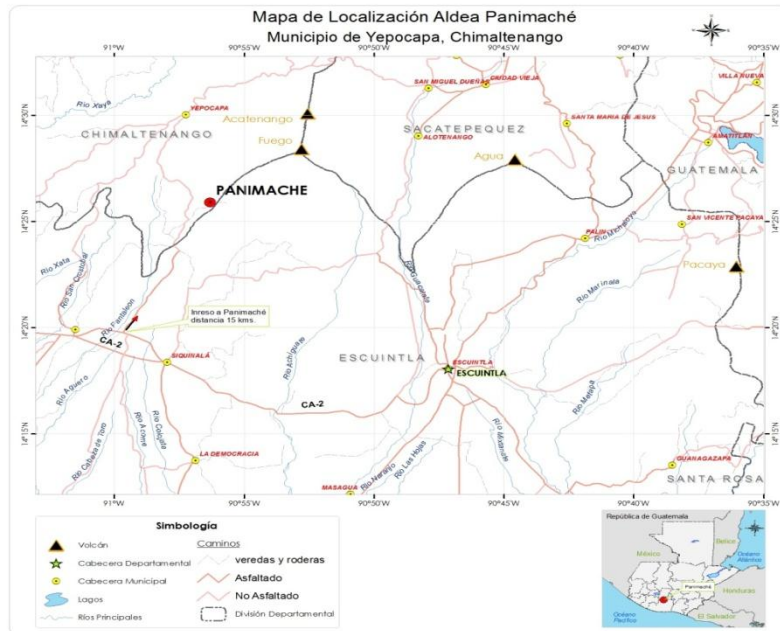


Figura 2. Ubicación geográfica de Panimaché

Fuente: Elaboración propia con base en información del Instituto Geográfico -IGN- e Instituto Nacional de Estadística -INE-.

1.2.1.2 TIPOLOGÍA DE LAS VIVIENDAS. El tipo de vivienda en su mayoría, están construidas de paredes de madera y techos de lámina de zinc. Un alto porcentaje en malas condiciones. En el apartado del análisis de la vulnerabilidad estructural se detallan los porcentajes respecto a la tipología de estas.

1.2.1.3 IDIOMA. La población habla español en su totalidad, ya que la mayoría de ellos son personas nacidas en este lugar.

1.2.1.4 ECONOMÍA. Los ingenios azucareros ubicados en la zona ofrecen la mayor oportunidad de ubicación laboral para la población masculina y un menor porcentaje para la mano de obra femenina. Un alto porcentaje de la población son agricultores que poseen sus propias tierras; otros trabajan como jornaleros en fincas cercanas. Se cultiva maíz, frijol, pacaya, guineo y café; las cosechas son utilizadas para la venta y el consumo.

1.2.1.5 CLIMA. Esta es una región con un clima templado por ubicarse en las cercanías al volcán, temperaturas mínima 20°C y máxima 30°C.

1.2.1.6 VÍAS DE COMUNICACIÓN. El tipo de revestimiento de los caminos es tipo suelto la viabilidad de estos corresponde a la categoría 5, es decir, transitable todo tiempo según la clasificación de la red vial establecida por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

1.2.1.7 POBLACIÓN. Según datos del último censo nacional de población y habitación realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2002, la población total de la aldea está distribuida entre 143 hombres y 138 mujeres, entre niños, niñas, adolescentes y ancianos. A continuación se muestran los distintos indicadores económicos resultado de este censo, en donde se reflejan los aspectos socioeconómicos poblacionales. (Ver anexo No.2 Tablas. "Descriptivos de Indicadores Económicos INE").

Tabla 1. Indicadores Socioeconómicos

Población económicamente activa rama actividad

RAMTOT	RAM1	RAM2	RAM3	RAM4	RAM5	RAM6	RAM7	RAM8	RAM9	RAM10	RAM11	RAM12	RAM13
67	56	0	5	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1

Servicio agua promedio cuartos

TOTHOG	EXCLUSIVO	VARHOG	PUBLICO	POZO	CAMION	RIO	OTRO	PROMEDIO	PERPORDOR
52	44	3	2	0	1	2	0	2	4

Discapacidad

TOT	URB	RUR	HOGDISC	CEGUER	SORDERA	DISCEXTREM	MENTAL	OTRA	OID 1
5	0	5	3	0	0	3	0	0	22485

Educación

TOTAL	HOMBRES	MUJERES	NINGUNO	PREPRI	PRI1_3	PRI4_6	MEDIA1_3	MEDIA4_7	SUPERIOR	ALFAB	ALFABHOM	ALFABMUJ
203	106	97	59	0	94	44	6	0	0	144	82	62

Inasistencia escolar

TOTAL	PUBLICO	PRIVADO	NOASIS	TOT	FALDIN	TIETRAB	NOHAY	PADRESNO	QUEHAHOG	NOGUSTA	TERMINO	OTRA
203	71	2	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Población económicamente activa por ocupación

OID1	ECACOT	ECAC1	ECAC2	ECAC3	ECAC4	ECAC5	ECAC6	ECAC7	ECAC8	ECAC9	ECAC10
2666	67	0	0	1	1	1	1	4	4	55	0

Materiales de los techos

LOCHABPAR	LADRILLO	BLOCK	CONCRETO	ADOBE	MADERA	LAMET	BAJA	LEPA	OTRO
62	0	19	0	0	43	0	0	0	0

Materiales de paredes

TOTLOCPAR	CONCR	LAMET	ASBCEM	TEJA	PALMA	OTRO
62	0	60	2	0	0	0

Servicio Sanitario

TOTHOG	SERVSANI	TOTEX	REDRE	FOSEP	EXCLAV	LETRINA	COMPTOT	REDRE_1	FOSEP_1	EXCLAV_1	LETRINA_1	SINSERSVAN
52	52	47	2	36	8	1	5	0	4	0	1	0

Fuente: INE. XI Censo Nacional de Población y IV de Habitación 2002.

1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

1. ¿Cuándo y de qué forma se debe promover la participación para la reducción de riesgo volcánico en la aldea Panimaché?
2. ¿Es la metodología aplicada correcta para evaluar y analizar la vulnerabilidad ante la amenaza volcánica?
3. ¿Se cuenta con información oportuna para alertar a las comunidades ante una erupción volcánica?
4. ¿Son los Sistemas de Información Geográfica una herramienta útil para la identificación del riesgo ante una erupción volcánica?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Conocer el nivel de vulnerabilidad y riesgo ante la amenaza por caída de ceniza, flujos piroclásticos y lahares en que se encuentran las familias de la aldea Panimaché.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Diseñar las medidas básicas de mitigación para reducir alguna de las vulnerabilidades evaluadas en la aldea.
2. Generar, a través de la implementación SIG, los mapas de vulnerabilidad y riesgo ante la amenaza por caída de material volcánico.
3. Fortalecer la capacidad local con la elaboración del mapa comunitario.
4. Divulgar los resultados de esta investigación con las autoridades para que sean utilizados como una herramienta para la reducción del riesgo de desastres por amenaza volcánica.

1.4 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.

1.4.1 HIPÓTESIS PRINCIPAL.

“Los impactos derivados de la actividad volcánica se explican en parte por el desconocimiento de pobladores y autoridades del grado de vulnerabilidad local de cada una de las familias asentadas en los lugares considerados en riesgo”.

1.4.2 HIPÓTESIS SECUNDARIAS.

“El riesgo de sufrir el impacto volcánico se vería reducido, si conociendo algunos de los factores prioritarios de la vulnerabilidad, la población buscara medidas que la mitiguen, reduzcan o eliminen”.

“El riesgo se puede reducir si las familias de la zona de estudio conocen los factores prioritarios de la vulnerabilidad”.

1.4.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.3.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL. Consulta de los documentos referentes al tema vulcanismo, incluyendo tanto estudios técnicos que se han realizado en Guatemala relacionados con el volcán de Fuego, como estudios especializados que se han realizado sobre el área específica de esta investigación. Aquí también se incluye bibliografía referente a Gestión del Riesgo (GR) que se encuentra en Guatemala y Centroamérica y que ha sido desarrollada a partir de investigaciones de la cadena volcánica y sus diferentes expresiones.

1.4.3.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO. Como en este caso se va a utilizar el enfoque de gestión del riesgo o como el enfoque epistemológico parte de la propuesta de que el riesgo es el resultado de la relación dinámica entre amenaza, vulnerabilidad y capacidades locales, esta investigación requiere de una mirada múltiple, en el sentido de que en el enfoque técnico ha de incluirse un enfoque social. Para poder abarcar el segundo y el tercer componente del riesgo que son la vulnerabilidad y las capacidades locales, se utilizarán diferentes métodos, técnicas e instrumentos.

1.4.3.3 MÉTODOS.

i. *Entrevistas a expertos.* Se realizarán entrevistas a expertos en el tema, aplicando el método Delphi,² donde, a través de preguntas cerradas, se les interrogará de acuerdo a su profesión y rol que desempeñan en la comunidad, a la vez se les hará otras de orden científico, utilizando cuestionarios individuales para conocer y determinar el traslado, tratamiento y uso de la información científica que se quiera, según instituciones y niveles. (Ver anexo No.1 Instrumentos. “Entrevista a expertos”).

ii. *Mapa comunitario.* Otro de los métodos a aplicarse en esta investigación será la elaboración de un mapa comunitario, para que la población visualice gráficamente la ubicación de cada una de las viviendas y bienes ante la amenaza. Este se realizará aplicando la propuesta metodológica del Instituto Nacional de Estudios Territoriales de Nicaragua (INETER), la cual se explicará en el capítulo 3. Nuestra propuesta consiste en incluirle las siguientes adaptaciones: insertar en el mapa, resultado de la aplicación esta metodología, el croquis de la comunidad, el cual fue realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) a una escala más pequeña, es decir, que la hoja topográfica se amplió de una escala de 1:50,000³ a 1:5,000. Esto permitirá utilizar la misma escala del croquis. De esta forma la población podrá reconocer visualmente el territorio que ocupa dentro de la comunidad y el área de amenaza al que se encuentra expuesto, así como la localización geográfica de sus viviendas. (Ver anexo No.3 Mapas. “Mapa comunitario”).

1.4.3.4 TÉCNICAS.

i. *Recorridos comunitarios.* Servirán para identificar y conocer las condiciones de cada una de las viviendas, así como también el aspecto físico donde se encuentran asentadas, tomando en cuenta su cercanía al volcán. Con este se generará un mapa, como se mencionó en el capítulo anterior y podrá ser utilizado además como herramienta en la elaboración de planes de emergencia, definición de rutas de evacuación y otras actividades que, como comunidad, deseen elaborar para reducir el riesgo de desastres.

² Disponible en: http://www.echalemojo.org/uploadsarchivos/metodo_delphi.pdf, 27/03/2011.

³ Esta escala 1:50,000 es utilizada para mostrar a través de un mapa mayor cobertura, pero mientras más grande es la escala menor es el detalle que se logra obtener en el resultado. Es por esto que el INE realiza croquis a escalas más pequeñas para el levantamiento de la cartografía utilizada para la realización de censos y encuestas. Escalas pequeñas pueden considerarse desde 1:10,000 (esto es igual a reducir 10,000 veces el tamaño original) a menores escalas.

1.4.3.5 INSTRUMENTOS.

Entre los instrumentos analizados y estudiados, se ha considerado la aplicación de cuatro que a nuestro criterio podrán facilitarnos la realización de la investigación y recopilar información complementaria para mejorar los resultados. En los siguientes incisos se explica cada uno de ellos.

i. *Mapa Sectorizado*.⁴ Para completar la información a nivel comunitario sobre los factores prioritarios de la vulnerabilidad, se utilizará un mapa con el croquis y la fotografía aérea del área de interés, ordenados por sectores para facilitar la tabulación y el vaciado dentro de la base de datos (Ver anexo No.3 “Mapas. Croquis comunitario”).

ii. *Encuesta a la población*. Para determinar el nivel de vulnerabilidad. Para recopilar información sobre los factores prioritarios de la vulnerabilidad, se incluyen en la entrevista tres áreas del cuestionario que permitirán su cuantificación. Los factores seleccionados para este estudio son: social, el cual corresponde al área 1, el factor económico al área 2 y el estructural al área 3. (Ver anexo No.1 Instrumentos. “Encuesta para determinar la vulnerabilidad de los factores prioritarios: Social, Económico, Estructural”).

iii. *Metodología NOAA*. El instrumento a utilizar para analizar la vulnerabilidad y cuantificarla, originalmente fue construido por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Se basa en la utilización de cinco parámetros y dos criterios que permiten la cuantificación de 0 a 1. **Si**, se cuantifica como **0** y **No**, se cuantifica como **1**.⁵ La NOAA en su metodología Risk and Vulnerability Assessment Tool (RVAT) Herramienta de Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por sus siglas en inglés, propone la ponderación citada por Hernández, en la cual basaremos el valor numérico que se le asignará a cada una de las preguntas para obtener la vulnerabilidad. Uno de los aportes de esta investigación es tomar esta propuesta metodológica y adaptarla a las condiciones nacionales. Esta consiste en tomar estos parámetros, sumarlos y dividirlos en 5 y 4 rangos que corresponderán a los distintos niveles de vulnerabilidad.

⁴ Esta metodología de la sectorización es aplicada en el INE para tener un mejor control de las viviendas encuestadas y facilitar la tabulación de los resultados.

⁵ La NOAA desarrolló esta metodología para la FEMA para ayudar a las comunidades a determinar y priorizar su vulnerabilidad a amenazas. Disponible en: www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/mitigate.htm Fecha de consulta: marzo 2010.

1.4.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG. Utilizando esta herramienta se podrán generar los mapas donde se mostrarán las viviendas de la aldea Panimaché con relación al grado de vulnerabilidad al que cada una está expuesta y su nivel de riesgo con respecto a la amenaza evaluada del volcán de Fuego. Estos resultados se obtendrán de la operación espacial con las herramientas de análisis que el software de ArcGis provee, considerando que bajo el enfoque de GR, donde propone que: el **Riesgo = Amenaza * Vulnerabilidad / Capacidad local**. Una vez obtenida toda la información necesaria y procesada, los resultados se presentarán a través de:

- a. Mapas de vulnerabilidad
- b. Mapas de amenaza
- c. Mapas de riesgo y
- d. Base de datos estructurada de la población

Para visualizar espacialmente la ubicación de de las áreas en más alto riesgo, se utilizará la información existente de amenaza por caída de ceniza, flujos piroclásticos y lahares, de la base de datos de investigaciones realizadas en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Tomando como base de que el dato referente a la amenaza y su vulnerabilidad permite la generación de un mapa de riesgo, como aplicación del enfoque de GR que propone la formula expuesta en el párrafo anterior, se facilitará la visualización de la comunidad respecto a su nivel de riesgo ante la amenaza volcánica.

Con la información de vulnerabilidad obtenida desde la base de datos de la población y la amenaza se generará una imagen raster⁶, ambos en el mismo formato se podrá realizar la operación matemática de sumar los resultados, luego clasificarlos y finalmente obtener el nivel de riesgo de cada familia de la comunidad. Para obtener este resultado será necesario interpolar ambos, es decir vulnerabilidad por amenaza. Una vez se tenga el nuevo dato se clasificarán en 4 rangos, siguiendo la metodología propuesta. Para visualizarlo en los niveles de riesgo **Alto, Medio, Alto y Muy alto** como se muestra en los mapas (Ver anexo Mapas. Mapa de riesgo comunitario).

⁶ El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informacion_Geográfica 29 de Marzo 2011.

Cada uno de los factores de vulnerabilidad se muestra en este documento así: 1) Respecto a la ubicación de la vivienda; 2) En un mapa que muestra las viviendas con relación al nivel de vulnerabilidad; y 3) Un mapa que representa el nivel de riesgo del sector. (Ver anexo Mapas).

Para el análisis de la amenaza se utilizará la información existente en el INSIVUMEH, y se mostrará a través de mapas que visualizan la comunidad con relación a la amenaza por caída de ceniza, lahares y flujos piroclásticos. (Ver anexo Mapas. Mapas de amenaza).

En este además, se analizó la información hidrometeorológica de la estación ubicada en la aldea Panimaché, la cual sirvió de base para la generación de los mapas morfométricos de la cuenca del río Taniluyá. Así también se aplicará el programa de modelamiento hidrológico SMADA (Stormwater Management and Design Aid). En este sentido, el desarrollo y explicación del uso de esta metodología, se explicará a mayor detalle en el capítulo 3.

2.1.1.1 DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DE FUEGO.⁹ Uno de los volcanes más activos de Guatemala, conocido desde la época de la conquista, con más de 62 erupciones. Como características es un Estrato-volcán, con erupciones de tipo estromboliana vulcaniana, índice de explosividad volcánica de 4 (de acuerdo a la erupción de 1932), e índice de peligrosidad de 14. (Ver anexo No.2. Tablas). En las tablas 1 y 2 de este capítulo se representó la historia eruptiva de este volcán a partir de 1551 y los eventos más recientes, a continuación un breve resumen de las erupciones más recientes de este volcán.

Tabla 2. Características volcánicas

Relaciones generales, entre tipos de volcanes, tipo predominante de lava, estilos eruptivos y características eruptivas más comunes.				
Tipo Volcán	Lava predominante		Estilo eruptivo	Características eruptivas más comunes
	Composición	Viscosidad relativa		
Escudo volcán	Basáltica	Fluidal	Generalmente no explosivo a debilmente explosivo	Fuentes de lava, flujos de lava (extensos), lagos y pozas de lava
Estrato volcán	Andesítica	Menos fluidal	Generalmente explosivo, pero a veces no explosivo	Flujos de lava (medianos), productos balísticos explosivos, caídas de tefra, flujos y oleadas piroclásticas
	Dacítica a Riolítica	Viscosa a muy viscosa	Típicamente muy explosivo, pero puede ser no explosivo, especialmente después una explosión grande	Productos balísticos explosivos, caídas de tefra, flujos y oleadas piroclásticas, flujos de lava (cortos) y domos de lava.
<i>Escudo volcán</i>	<i>Ubicados generalmente en el interior de las placas tectónicas (intraplaca)</i>			
<i>Estrato volcán</i>	<i>Ubicados generalmente a lo largo o cerca de los márgenes de placas tectónicas convergentes (zonas de subducción); también se les denomina volcanes compuestos</i>			

Fuente: I. Tilling (1987) "Los peligros volcánicos".

1974: Última erupción fuerte. Según registros históricos esta tuvo lugar en el mes de Septiembre y afectó gran parte del país.

1999 – 2000: La nueva fase eruptiva de este volcán inicia el 18 de mayo de 1999, con flujos piroclásticos sobre el flanco Sur Este (SE) en dirección de las barrancas El Jute y Las Lajas, este material llegó aproximadamente a cien metros de la carretera que comunica Escuintla con Antigua Guatemala. El aumento de la sismicidad se registró horas antes de la erupción la cual

⁹ La información relacionada con la historia eruptiva de los volcanes activos del territorio proviene de los informes técnicos que se realizan en la sección de vulcanología del INSIVUMEH y de la entrevista con el vulcanólogo señor Gustavo Chigna Marroquín.

expulsó columnas de 2,000 metros de altura, así como material volcánico que se dispersó sobre el flanco Oeste y que llegó a alcanzar tales distancias que se reportaron caídas de materiales hasta en el área Sur de la República de El Salvador. El cráter se deformó en esta ocasión y quedó con una profundidad de 50 metros y un diámetro de cien metros.

2001 - 2003: Se registran las erupciones más fuertes de este ciclo eruptivo, con flujos piroclásticos que rellenaron de material volcánico, en un alto porcentaje, la Barranca Seca o Santa Teresa, cuyas dimensiones eran de entre 100 y 150 metros de ancho y de profundidad, respectivamente. Los flujos llegaron a 1000 metros de la aldea Sangre de Cristo.

2007: Se registran seis erupciones consideradas como moderadas por sus características. El principal riesgo de las erupciones de las últimas fechas ha sido el material volcánico que se ha ido depositando en las barrancas, Santa Teresa, Taniluyá, Ceniza, Trinidad, Achiguate, El Jute, Las Lajas y Barranca Honda por donde históricamente ha descendido el material y lo arrastra hacia la costa sur del país, principalmente durante la época lluviosa, lo que ocasiona daños a la infraestructura vial, en las diferentes vías que comunican a la mayoría de aldeas ubicadas en los flancos: Este, Sur, Oeste y Sur Oeste del volcán, imposibilitando el traslado hacia las cabeceras municipales. Entre las poblaciones que se asientan en las orientaciones mencionadas se encuentran: Panimaché, Panimaché II, Morelia, Santa Sofía, Los Yucales, El Porvenir, Sangre de Cristo, pertenecientes al municipio de San Pedro Yepocapa del departamento de Chimaltenango; Comunidad Ceilán, San Andrés Osuna, La Rochela y La Trinidad, pertenecientes al departamento de Escuintla. (Ver anexo mapas. Ubicación de poblaciones afectadas durante la erupción del 2007 y Mapa de Flujos Piroclásticos Volcán de Fuego).

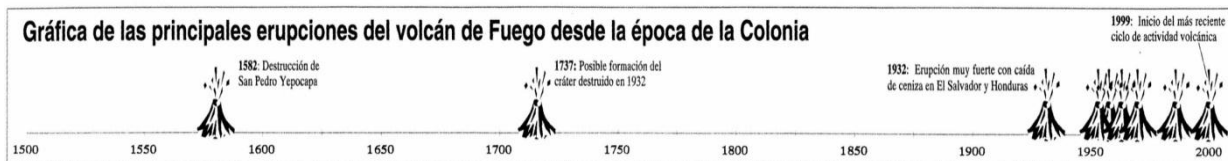


Figura 4. Erupciones previas al año 2000 volcán de Fuego

2.1.1.2 LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DE PACAYA. Inició su período de actividad en 1962, desde ese año mantiene una actividad constante. (Ver anexo No.4 Reseña histórica a través de fotografías. “Volcán de Pacaya y erupción del 27 de mayo 2010”).

1998: Se registra por primera vez el traslado de ceniza hasta la ciudad capital, que se encuentra a 30 kilómetros del volcán; dicha situación causó el cierre forzoso de operaciones en la navegación aérea nacional e internacional por un período de tres días. Los espesores de ceniza variaron entre uno y dos centímetros en la ciudad, las trazas pequeñas de ceniza avanzaron hasta 200 kilómetros en dirección norte, con reportes de ceniza en el departamento de Cobán.

2000: Se registran dos erupciones de tipo paroxismal en el transcurso del año afectaron las aldeas cercanas asentadas en el flanco Oeste y Sur Oeste (SO) del volcán. Siendo estas El Caracol, El Patrocinio y El Rodeo, poblaciones que han sido constantemente evacuadas a San Vicente de Pacaya durante las erupciones. A partir de este año el volcán mantuvo actividad fumarólica con expulsión constante de gases principalmente de dióxido de azufre sin ningún otro tipo de actividad.

2006: Se registra fuerte sismicidad que hacen que en el cono volcánico se formen grietas o fisuras, principalmente de Norte a Sur, en forma de malla. A inicios del mes de marzo se da la primera actividad efusiva, la cual se mantuvo constante hasta el año 2010 y con esta actividad se rellenó gran parte de la meseta en el flanco Norte. Sin embargo, también los flujos de lava se desplazaron constantemente de Norte a Sur, debido al apilamiento de lava, lo cual modificó el área de amenaza, ya que se dieron cambios importantes en este. Estos se han reflejado además en el flanco Sur donde la morfología del cráter también ha cambiado. Actualmente se puede observar un ensanchamiento de todo el edificio volcánico.

De la erupción registrada el 27 de Mayo 2010.

2010: El INSIVUMEH a través de la sección de vulcanología, monitoreó varios flujos de lava en dirección Sur los que se incrementaron durante los días 13 y 17, estos formaron trece flujos más con longitudes de entre 700 a 1300 metros, hecho que provocó un aumento considerable de la sismicidad de la actividad volcánica.

Día 26: Ya los flujos eran uno solo, alimentado por una fuente incandescente a la mitad del flanco Sur del volcán que formó un lago de lava con longitudes de 500 metros de ancho y dos

kilómetros de largo. Como medida de prevención el INSIVUMEH emite las primeras alertas a las autoridades de protección civil del país así como a autoridades del parque nacional del Volcán Pacaya ante la ocurrencia de una posible erupción.

Día 27. Da inicio la actividad eruptiva a las 2:15 de la tarde. Por primera vez desde el año 2000 los técnicos del INSIVUMEH observaron explosiones de tipo estrombolianas en el cráter Mackeney, con una altura aproximada de 500 metros sobre el cráter. Durante la actividad, el volcán expulsó abundante ceniza y generó flujos piroclásticos sobre el flanco Sur. Por la dirección que en ese momento tenía el viento, se emite la alerta a aeronáutica, puesto que la dispersión de la ceniza era en dirección a la ciudad capital de Guatemala. A las 19:00 da inicio la fase más explosiva de la erupción, con dos fuentes sostenidas de lava de aproximadamente dos kilómetros de altura, parte del cráter Mackeney colapsó sobre el flanco Oeste, ocasionando que las fuentes de lava descendieran directamente sobre este, propiciando caída de bloques o material incandescente y bloques de diferente tamaño sobre las comunidades cercanas.

Entre las comunidades más afectadas se puede mencionar: San Francisco de Sales, Calderas, Mesías Altas. Afectadas en menor escala: Mesías Bajas y El Cedro. En San Francisco de Sales el espesor de la ceniza fue entre 20 y 50 centímetros; los bloques incandescentes causaron el incendio de cinco casas y el espesor de la ceniza hizo colapsar en un alto porcentaje los techos de las casas. Ceniza con espesores hasta de 7 centímetros fue transportada hacia el lago de Amatitlán y la ciudad capital. Según información de la sección de vulcanología, hubo reportes de caída de ceniza de entre 3 y 5 centímetros de espesor en la ciudad capital de Guatemala, lo que obligó el cierre del Aeropuerto Internacional La Aurora por tres días. La dispersión de ceniza, según los reportes recibidos por esa institución, tuvo un alcance aproximado de 300 kilómetros desde el cráter. Se reportó ceniza en mínima cantidad en la ciudad de Puerto Barrios del departamento de Izabal y parte del Sur del departamento de Petén. Esta erupción está considerada como una de las erupciones que más ha afectado a las poblaciones cercanas al edificio volcánico.

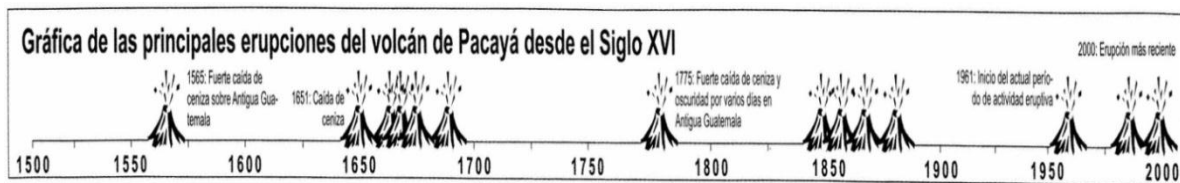


Figura 5. Erupciones previas año 2000 volcán de Pacaya.

2.1.1.3 DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN SANTIAGUITO. Complejo de domos dacíticos, su principal actividad se da en el cráter del cono caliente, activo desde 1970, con explosiones continuas de flujos de lava, y flujos piroclásticos, los que son generados por el espesor de su lava. Todo el material es depositado en las barrancas alrededor del volcán, donde nacen algunos de los ríos que representan uno de los principales riesgos por el descenso continuo de lahares principalmente en época lluviosa. Río Nimá I, Nimá II, Tambor y San Isidro, afluentes del Río Samalá, el cual baja directamente hacia la costa sur con grandes volúmenes de material volcánico. Este fenómeno afecta a lo largo de aproximadamente 60 kilómetros con desbordamientos de ríos, azolvamiento e inundaciones en los márgenes del Río Samalá.

1986: La población de El Palmar del municipio de Coatepeque jurisdicción del departamento de Quetzaltenango fue parcialmente destruido a causa de los lahares que descendieron por el río Nimá II.

1997: Destrucción total de El Palmar por el descenso de Lahares por el Río Nimá I. Esta población es una de las primeras que fue trasladada debido a una erupción volcánica. Como dato histórico este proceso trajo como resultado la primera expropiación para los reubicados hacia una nueva localidad. Se trató de una decisión tomada en acuerdo entre gobierno y pobladores puesto que ellos no querían perder su identidad de quetzaltecos. Su nueva ubicación se encuentra a 8 kilómetros de su antiguo hogar, conocido actualmente como el Viejo Palmar, pero ahora viven en un lugar menos expuesto al riesgo volcánico.

2010: Esta erupción provocó colapsos en el cráter, que generaron flujos piroclásticos y caída de ceniza en la ciudad de Quetzaltenango, la segunda ciudad en importancia del país, situada en el flanco norte del volcán Santa María.



Figura 6. Erupciones previas año 2000 volcán Santiaguito.

2.1.2 VIGILANCIA Y MONITOREO VOLCÁNICO.

En relación con el monitoreo y vigilancia de los volcanes, se conoce que antes que la vulcanología apareciera como ciencia moderna a inicios del siglo XX, únicamente se hacían observaciones a través de quienes vivían en las cercanías de los volcanes, quienes detectaban los precursores de posibles erupciones.

En Guatemala es a partir de 1973, con la creación del Observatorio Nacional, que se inicia el monitoreo de la actividad del volcán de Fuego en cooperación con el Servicio Geológico de Estados Unidos, (USGS). A partir de esa fecha se realizan las siguientes actividades relacionadas a la vigilancia:

2.1.2.1 VIGILANCIA VISUAL.

Se hace a través de los observatorios situados en lugares cercanos a los edificios volcánicos. El sistema de vigilancia para el volcán de Fuego está constituido por OVFGO1¹⁰ que se localiza en la aldea Panimaché y OVFGO2 en la aldea Sangre de Cristo.

Se considera que Guatemala es el único país en la región centroamericana que cuenta con observadores locales capacitados para generar reportes de la actividad volcánica quienes transmiten información vía radio y/o teléfono tres veces al día. Los reportes se ven incrementados a medida que la actividad volcánica aumenta. Transmiten información a la central del INSIVUMEH cuando se presentan las siguientes características: cambios en la liberación de energía, aumento en el número de explosiones, aumento en la expulsión de ceniza, incremento en la actividad sísmica, retumbos, ondas de choque, manifestación de avalanchas de bloques que descienden por las barrancas en el perímetro volcánico.

2.1.2.2 MONITOREO SISMICO VOLCÁNICO.

Los métodos de monitoreo sísmico y de deformación han demostrado ser apropiados para medidas sistemáticas e interpretación diagnóstica de los modelos de comportamiento de intranquilidad volcánica.

En el año 2007 el Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS, fortaleció al INSIVUMEH con equipo para modernizar las estaciones y el sistema de adquisición Earth

¹⁰ Observatorio Volcán de Fuego OVFGO

Worm¹¹ en las estaciones sísmicas de la estación Fuego3 (FG3), ubicada al este del volcán de Fuego, en la finca La Candelaria, en el municipio de Alotenango, Sacatepéquez; FG7, ubicada en el observatorio de la Aldea Panimaché, Yepocapa, Chimaltenango; FG6, ubicada en la Aldea La Soledad, Acatenango, Chimaltenango. Estas estaciones están equipadas con sistema de telemetría las cuales transmiten la información en tiempo real a las oficinas centrales de INSIVUMEH en donde es procesada, analizada, caracterizada e interpretada para visualizar el comportamiento del volcán. Además de la vigilancia, también se realizan mediciones de gas.

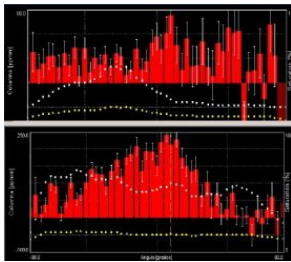


Figura 7. Gráfica de nivel de SO2



Figura 10. Equipo de monitoreo sísmico

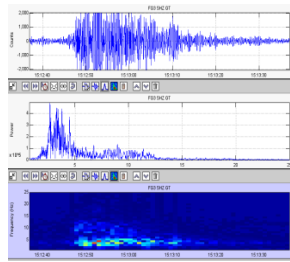


Figura 8. Señal sísmica



Figura 9. Equipo de medición de gases SO2

2.1.2.3 MONITOREO GEOQUÍMICO.

Mediciones de SO₂¹² (Dióxido de azufre, gas emanado de la actividad del volcán). Apoyados por equipo de espectrómetro de correlación (COSPEC), los técnicos hacen estas mediciones, las cuales pueden realizarse tanto de forma estacionaria como móvil y aérea.

2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

2.2.1 EL RIESGO.

Según Luhman (1996), el origen de la palabra “riesgo” es aún desconocido, aunque señala que varios autores que han estudiado su etimología opinan que existe la posibilidad de que proceda del árabe, dada su presencia en documentos medievales italianos. Entre los autores cita a Douglas (1987) quien expone que el término “riesgo” nació en Francia en el siglo XVII como parte de la teoría de las probabilidades (García, 2005). Para De Epalsa, M., sobre la etimología árabe islámica de la palabra “riesgo” que se relaciona con la palabra “rizq” que significa, en el

¹¹ Gusano de Tierra por sus siglas en inglés.

¹² El dióxido de azufre es uno de los principales gases emanados por el magma. Según estudios realizados a nivel mundial, el incremento de este puede ser premonitor de una erupción volcánica. INSIVUMEH desde 1995 cuenta con un espectrómetro de correlación COSPEC que permite determinar las toneladas métricas por día emanadas en la fumarola del volcán. En 2008 se implementó la vigilancia volcánica con la instalación de dos equipos de medición de dióxido de azufre SCAN DOAS. Estos transmiten la información en tiempo real hacia INSIVUMEH, lo que permite hacer una correlación entre la sismicidad y la emisión de gases y se complementa con la información de los observadores, mejorando así los sistemas de alerta que se emiten hacia protección civil.

Corán, “cuanto depara la Providencia”, es decir algo que puede ser bueno o malo. También fue localizada la palabra en documentos italianos del siglo XI escritos en latín, como *riscum*, *risichium*, *risquo*, *rischis*, e incluso en francés, como “*risque*” de ese mismo origen italiano medieval. Posteriormente la palabra “riesgo” se convirtió en sinónimo de peligro, temor, catástrofe.

Un análisis del desarrollo conceptual del término riesgo en la perspectiva de la forma como hoy se aplica, nos referimos a riesgo a desastres, ha sido desarrollado por Briones, para quien se trata de un “...concepto con base material y otra social. La primera, expresa la probabilidad de que se produzcan eventos no deseados y daños. La visión dominante del riesgo es heredera de las nociones generadas a partir de la ilustración y fue desarrollada por las ciencias exactas y la economía. Los riesgos entonces se calcularon e identificaron con la amenaza. Por otra parte, la base social del riesgo se forma de la relación entre cultura y vulnerabilidad socioeconómica...”.

En “Gestión de riesgo a desastres por volcanes”. H. Pyle (2000), este lo define como “...la probabilidad de pérdida de vidas humanas, de propiedades y de su capacidad productiva en un área expuesta a peligros volcánicos...”.

Como apoyo la International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) por sus siglas en inglés, para la International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR) la Asociación Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth’s Interior) ha propuesto líneas prioritarias de investigación para la mitigación de los peligros volcánicos. Entre estas líneas, seleccionaron a los volcanes de la década, con el fin de llevar a cabo una labor de mejora y diseño de herramientas que sirvan para la prevención de los desastres volcánicos. Entre este listado se encuentra el complejo volcánico Santa María – Santiaguito, ubicado en el departamento de Quetzaltenango.¹³

2.2.1.1 COMPONENTE SOCIAL DEL RIESGO. Al tomar auge el enfoque de GRRD, la atención pasó de ser exclusivamente del estudio del componente de la amenaza al referido a la vulcanología y a las condiciones de vulnerabilidad de las comunidades. En ese sentido, Acosta (2005) cita a Duclos (1987), quien analiza la construcción social de riesgos mayores y

¹³ Esta estrategia tiene como objetivo disminuir substancialmente el impacto que los peligros naturales tienen sobre las vidas humanas, los daños producidos a la propiedad y la interrupción o impedimento a las actividades sociales y económicas.

“...reconoce que el acercamiento antropológico del riesgo se ha desarrollado en torno al tema de la construcción social del riesgo a partir de mostrar como la percepción racional de los riesgos está marcada por la falta de información y la omisión de los contextos sociales en la definición de los símbolos que permitan identificar los riesgos mismos...”. Acosta señala que fue a partir de 1980 que se identifica un uso intensivo de la noción de construcción social del riesgo.

No obstante, el riesgo no puede entenderse si no se hace referencia a la forma de cómo las personas lo perciben.

2.2.1.2 PERCEPCIÓN DEL RIESGO. En este aspecto Ibarra, R. (2004) citando a Bryant (1991) dice que “...las experiencias anteriores que un sujeto o grupo de personas hayan tenido respecto a un desastre natural, pueden aumentar o disminuir la percepción de riesgo de dichos grupos...”. Cita también a Peyref (2001) para quien las “...investigaciones revelan que la razón de la inseguridad percibida como más alta en todas las zonas de riesgo volcánico es la cercanía al volcán...”; esta aseveración es apoyada por Glendon y McKenna (1995) quienes mencionan que “...la percepción de riesgo está influida por factores individuales, la seguridad que la persona percibe ante el riesgo, el comportamiento y el estado de alerta individual...”.¹⁴

Para Vallejo y Vélez la percepción del riesgo difiere de un individuo a otro, ello está condicionado por factores sociales, culturales, económicos, políticos y de familiaridad con la amenaza. En el primer caso, tenemos niveles de asociación y estructuración de los roles sociales; en el segundo caso, evidenciamos toda una carga ideológica, religiosa y tradicional entre otras; en el tercer caso se menciona que el nivel de representación del riesgo varía conforme a la calidad de vida de los individuos ya que existe una alta probabilidad de que la comunidad preste mayor atención a los riesgos diarios que enfrentan como el desempleo, la escasez de alimentos, el déficit en educación y vivienda que a los posibles riesgos ambientales o naturales que le circundan.

Para la Real Academia Española (RAE) “Percepción es “...1. Sensación interior que resulta de una impresión hecha a nuestros sentidos. 2. Conocimiento, idea...”. Según la enciclopedia Sopena, la percepción es “...la sensación interior resultante de una impresión material, hecha por los sentidos...”.

¹⁴ El objetivo de esa investigación fue analizar la influencia y la interacción de las variables percepción de riesgo, sentimiento de invulnerabilidad y estrés ante una situación de riesgo, como es el vivir en una región que se encuentra bajo amenaza volcánica. Disponible:http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lps/ibarra_r_p/CAPITULO_4.html. Fecha de consulta: marzo 2011.

2.2.1.3 CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO. Las referencias que hemos hecho a la amenaza y su relación dinámica con la vulnerabilidad, nos permiten hacer referencia al riesgo como resultado de una construcción social, es decir, la forma de cómo las personas se asientan en los territorios, la forma de cómo se apropian de los recursos, cómo hacen uso de estos recursos para sus formas de vida, sobrevivencia y de producción, que es lo que se denomina como construcción social del riesgo. En ese sentido, para Briones este es un "...proceso que incluye factores como la exclusión económica (pobreza), lagunas en el manejo del territorio (aspectos geográficos), percepción del riesgo (aspectos políticos)...",¹⁵ además cita a Luhman respecto al hecho que "...el riesgo y el peligro son términos mal entendidos en la gramática de los desastres [...] nota que en las sociedades antiguas, lo que domina es el peligro mientras en las modernas es el riesgo. Hace la diferencia relacionando al peligro con algo concreto y al riesgo con la incertidumbre de un posible daño...".

Para García, V. (2005), "...Hay dos puntos de observación que utilizan el mismo concepto de construcción social del riesgo. Ambos parten de condicionantes sociales como eje central para su definición: una derivada de la visión culturalista, que ofrece la percepción de los grupos sociales acerca de los riesgos que pueden vulnerar a sus comunidades o sociedades, y otra surgida del análisis de la génesis que conduce a situaciones de vulnerabilidad de grupos específicos de la sociedad...".

La industrialización, la urbanización descontrolada y exagerada, el deterioro del medio ambiente, se manifiestan negativamente en eventos extremos causados por fenómenos naturales. Es así como la humanidad va construyendo sus propios riesgos. Los estudios por reducir esas mismas vulnerabilidades ayudarán a construir sociedades adaptadas y preparadas. Cardona, O. (2001). Señala que "...La situación ambiental en los países en desarrollo ocurre en forma contraria a la de los países desarrollados en mucho menos tiempo, influyen el crecimiento demográfico, la migración interna a consecuencia del desempleo, el alto déficit de vivienda, la carencia de servicios públicos y sociales, la economía informal, la violencia social, el aumento de la vulnerabilidad ante los fenómenos naturales y la disminución de la calidad de vida...". Para Cardona, muchas ciudades se construyen en lugares en riesgo y cita tres razones.

1. Las ciudades visualizaron en ese momento las ventajas del lugar que los posibles riesgos (...)

¹⁵ Este artículo se encuentra disponible: www.eumed.net/rev/rucc/20/ . Fecha de consulta: agosto de 2011.

2. El desarrollo de las ciudades no estaba conducido por una cultura de gestión de riesgos (...)
3. Las ciudades traspasaron lo que originalmente fueron sitios relativamente seguros.

Como finalmente señala Cardona "... El concepto de gestión del riesgo ha estado siempre en torno a la intervención en el riesgo y desastres, data esencialmente de la última mitad de los años noventa del siglo pasado y, desde entonces, ha reemplazado en muchos lugares las nociones de Manejo, Gestión o Administración de Desastres, tan comunes desde los años sesenta en adelante..."

2.2.1.4 ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES (ISDR, 2009), por sus siglas en inglés, propone que la gestión del riesgo de desastres busca evitar, disminuir o transferir los efectos adversos de las amenazas mediante diversas actividades y medidas de prevención, mitigación y preparación. Otra de las definiciones que aquí se proponen es "...El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales, vía el comentario: La gestión del riesgo abarca la evaluación y el análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y de acciones específicas para controlar, reducir y transferir el riesgo..."

2.2.1.5 GESTIÓN DEL RIESGO A DESASTRES. Históricamente, los países centro americanos trabajaron con un enfoque que se ha definido como emergencista o reactivo. (Sánchez, 2008). Con ese término se hace referencia al hecho de que las instituciones solo actuaban después de que un evento se había concretado en una emergencia o en un desastre. A partir de la década del 80 se empezó a conocer, divulgar y aplicar, por parte de las instituciones del Estado, un nuevo enfoque conocido como Gestión para la Reducción del Riesgo a Desastres (GRRD), que es utilizado en su versión resumida como Gestión de Riesgo (GR).

Fue la introducción de este nuevo enfoque que definió cambios en las instituciones y desarrollos conceptuales que respaldan una forma de intervención que además de la respuesta a la emergencia incluye dos componentes más: la prevención y la mitigación, sin dejar de tomar en cuenta la preparación que es el concepto donde se engloba todas aquellas actividades que se desarrollan antes de que un evento se concrete y provoque un desastre o una emergencia.

Se han propuesto distintas definiciones para la gestión de riesgo. Para Narváez, Lavell y Pérez (2009), "...La Gestión del Riesgo de Desastre, definida en forma genérica, se refiere a un proceso social cuyo fin último es la previsión, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial, sostenibles...".

Estacio J. (2005), agrega que la GR debe encaminarse hacia una planificación preventiva. "...La gestión del riesgo aplicada a la prevención y mitigación constituye en la actualidad, un conjunto de acciones, mecanismos y herramientas encaminadas a la reducción de riesgos de desastres dentro de un contexto de planificación preventiva. Para ello se requiere plena capacidad y disponibilidad de los actores involucrados a fin de transformar los factores de vulnerabilidad en oportunidades de cambio que permitan evitar o mitigar el impacto de futuros desastres...".

Para Narváez, Lavell y Pérez, la gestión del riesgo es el "...conjunto de elementos, medidas y herramientas dirigidas a la intervención de la amenaza o la vulnerabilidad, con el fin de disminuir o mitigar los riesgos existentes..."¹⁶.

Para Gellert, G. (2003), además de los aspectos mencionados, agrega el componente "**cultural**" en donde se considera que la gestión del riesgo es el instrumento que nos aporta la cultura para que manejemos adecuadamente nuestra relación con las amenazas del medio, al igual que nuestras debilidades o vulnerabilidades frente a esas amenazas, de manera tal que los riesgos que surgen de la confluencia de las dos, no necesariamente se conviertan en desastres.

A los aspectos que estos tres autores han señalado es importante agregar que visto que se trata de procesos que tienen que ver con componentes culturales, se entiende por qué Wilches Chaux (1998) añade que la sociedad puede influir en cambiar su riesgo. Este autor lo define como "...proceso a través del cual una sociedad, o subconjuntos de una sociedad, influyen positivamente en los niveles de riesgo que sufren, o podrían sufrir...".

Finalmente, Lavell (2008) analiza que esa intervención de la sociedad puede ser entendida con medidas compensatorias definidas como "...Medidas compensatorias dirigidas a cambiar o

¹⁶La gestión del riesgo de desastres es un documento conceptual dirigido a actores sociales e institucionales comprometidos con la gestión del riesgo de desastres. El documento digital está disponible en: http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/PROCESOS_ok.pdf. y fue consultado en Marzo del 2011.

disminuir las condiciones de riesgo existentes. Son medidas de prevención – mitigación y preparación que se adoptan con anterioridad de manera alternativa, prescriptiva o restrictiva, con el fin de evitar que se presente un fenómeno peligroso, o para que no generen daños, o para disminuir sus efectos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente...”.

2.2.2 LA AMENAZA. Representa la posibilidad de que se manifiesten fenómenos naturales capaces de provocar desastres. Es por esto que, al caracterizarlas, se debe indicar la región geográfica donde se pueden manifestar los fenómenos, la magnitud o intensidad esperados y, de ser posible, dar información sobre el comportamiento del fenómeno en el tiempo. Es importante conocer con la mayor precisión posible la amenaza en estudio, para poder realizar una caracterización de la misma.

Las amenazas comprenden eventos propios de la naturaleza, eventos que se crean en esa intersección de la naturaleza con la sociedad, donde por prácticas humanas diversas se transforman en elementos de aquélla, de tal forma que constituyen amenazas en lugar de recursos, a veces conocidas como amenazas socio-naturales, eventos tecnológicos y contaminantes, y otros de índole social que toman la forma de conflictos o violencia social. En esta investigación trataremos sobre la amenaza que constituye para la población el Volcán de Fuego y en su forma más específica, los materiales que este expulsa al entrar en un período de actividad. Hablaremos entonces sobre ceniza, flujos piroclásticos y los lahares que constituyen amenaza en época lluviosa.

2.2.2.1 LA AMENAZA VOLCÁNICA.¹⁷ Los principales productos en una erupción lo constituyen los gases, lava y fragmentos sólidos calientes o en estado incandescente.

2.2.2.2 LA AMENAZA DEL VOLCÁN DE FUEGO. Considerando el comportamiento actual y el estudio de los depósitos de erupciones anteriores, el volcán de Fuego presenta las amenazas que a continuación se describen. (Ver anexo No.4. Fotografías de erupciones pasadas) en donde se muestran escenas de diferentes épocas en donde los volcanes activos de Guatemala han ocasionado algún tipo de daño a las poblaciones.

¹⁷ Para caracterizar la amenaza volcánica de Guatemala, el INSIVUMEH ha propuesto estas definiciones técnicas, con diferenciación de la amenaza para los cuatro volcanes activos del territorio. Disponible en: www.insivumeh.gob.gt/geofisica/vulcanología. enero de 2011.

i. *Caída de tefra.* Esta constituye el material expulsado por medio de las columnas generadas durante las erupciones y que son transportados por el viento. Pueden ser desde muy finos hasta bloques y fragmentos grandes que siguen una trayectoria y que caen en los alrededores del cráter. La caída de la tefra del volcán de Fuego puede ocurrir hasta casi 100 kilómetros del volcán en la dirección predominante del viento y a una distancia de 50 kilómetros. La capa de ceniza podría alcanzar 5 centímetros de espesor, mientras que podría esperarse la caída de fragmentos mayores hasta una distancia de casi 8 kilómetros del cráter. Ver anexo Mapas. Mapas de amenaza).

ii. *Flujos Piroclásticos.* Son nubes de gas y material sólido muy pulverizado a alta temperatura, que desciende a grandes velocidades, 100 kilómetros por hora o mayor, por las barrancas. En el volcán de Fuego, estos fenómenos han ocurrido durante las principales erupciones, y las zonas más expuestas a sufrir sus efectos se encuentran dentro de las barrancas que bajan del volcán y las zonas aledañas a estas. Se ha estimado que en anteriores ocasiones, estos flujos han viajado hasta casi 12 kilómetros dentro de los cauces de las quebradas. (Ver anexo Mapas. Mapas de amenaza).

iii. *Flujos de lava.* Los flujos de lava se originan en el cráter, generalmente después de la fase más intensa, y se mueven lentamente por sus costados, formando coladas en forma de lengua, las cuales escurren por las empinadas laderas en la parte alta del volcán.

iv. *Avalanchas de escombros.* Desprendimientos de tierra y lahares. Debido a la acumulación de materiales sueltos en las laderas del volcán y al la presencia de lluvias torrenciales y otros factores desestabilizadores de estos materiales, pueden generarse avalanchas de escombros que se canalizan en las barrancas. Estas pueden alcanzar grandes velocidades y desplazarse a varios kilómetros. Cuando los materiales de las avalanchas se mezclan con agua de lluvia se forman flujos de lodo y escombros o lahares.

v. *Lahares.* Es un término Indonesio que describe la mezcla caliente o fría de roca y agua que descienden en las laderas de un volcán o en las riberas de los ríos. Al descender lucen como una masa de concreto que arrastra rocas y sedimentos de materiales que encuentra a su paso. (Ver anexo No.3 Mapas. Mapas de amenaza volcánica).

vi. *Gases volcánicos*. Investigadores como Tilling, I. analizan y describen este proceso en la forma siguiente: "...El magma contiene gases disueltos, los cuales escapan hacia la atmosfera, tanto durante las erupciones como mientras el magma permanece estacionado cerca de la superficie. Los gases también pueden ser emitidos por sistemas hidrotermales. El gas volcánico más abundante es el vapor de agua; otros gases importantes son el dióxido de carbono, monóxido de carbono, oxido de azufre, ácido sulfhídrico, cloro y flúor...".

vii. *Erosión regresiva*. Amenaza relacionada por la intensidad de la lluvia de la zona. En el diccionario geológico la erosión regresiva se define como "... la producida en sentido opuesto al de la corriente de agua, con el consiguiente traslado hacia atrás de la cabecera de éste. En el sentido de la corriente, la actividad erosiva del río no se detiene hasta alcanzar la base de erosión (local: lagos, grandes llanuras, o absoluta: el mar); la intensidad de dicha erosión depende de la cantidad de agua transportada, de la pendiente, del material arrastrado, de la resistencia del suelo...".¹⁸

2.2.2.3 PELIGRO Y RIESGO VOLCÁNICO. Según George P. L Walker "...son los volcanes con pendientes moderadas los que presentan el riesgo más elevado porque sus productos son ampliamente dispersados durante sus erupciones. Los valles de los ríos pueden actuar como canales para lahares, permitiendo el transporte de los materiales fragmentarios más allá del área alrededor del volcán. Entre los dos tipos de riesgo que se pueden considerar están los inmediatos y los potenciales. Entre los inmediatos están los que ocurren por lo menos una o más de dos veces por siglo, con una probabilidad alta de que la población experimente un peligro de ese tipo en su vida. El riesgo potencial es el que raras veces ocurre menos de una vez por siglo. La probabilidad es baja de que la población experimente un evento de este tipo en su vida..."

Como se dijo anteriormente, el enfoque de GR incluye tres factores: la amenaza, la vulnerabilidad y las capacidades locales. Este último factor es indispensable si se quiere entender porqué ese enfoque hace énfasis en que es la acción de los seres humanos la que puede permitir la reducción del riesgo, a partir de la puesta en práctica de sus capacidades, las cuales, según García, Marín y Méndez (2006), "...están relacionadas con la preparación, antes y después de un evento, por parte de las autoridades y de la población..."

¹⁸ Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1649> Fecha de consulta: noviembre 2011.

*"El precio que debe pagarse
por las demandas que la humanidad
ha impuesto sobre nuestro medio ambiente
- extravagancia rayando en autentico despilfarro- es cada vez mayor".*

Príncipe Sadruddin Aga Khan, India.

2.2.3 VULNERABILIDAD. Otro de los factores que constituyen el riesgo es la vulnerabilidad que tienen los seres humanos ante el impacto de un fenómeno natural o provocado. En este sentido, la Organización para la Salud (OPS) (2004), la describe como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento de sufrir daño debido a posibles acciones externas y, por lo tanto, su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.

La anterior definición de OPS define la vulnerabilidad como una predisposición. Barrenechea, J., Gentile E., González S., Natenzon C. (1998), agregan que esa predisposición va de la mano con los aspectos socioeconómicos previos al evento. Por lo tanto, para estos autores, "...la vulnerabilidad está definida por las condiciones socioeconómicas previas a la ocurrencia del evento catastrófico en tanto que capacidad diferenciada de hacerle frente...".

Acosta (2005), ubica la vulnerabilidad como eje principal en el estudio del riesgo y de los desastres. Menciona como resultados paradigmáticos, citando a Wilches Chaux y su definición de vulnerabilidad global, a la que hace referencia a las distintas vulnerabilidades que incrementan la magnitud de los desastres. Cita a Blaikie, quien según Acosta, acierta en cuanto a la definición de vulnerabilidad en su estudio, titulado con el mismo nombre y que ha sido definido como "...el tratado más contundente y globalizante que se ha escrito sobre las complejas relaciones que se tejen entre vulnerabilidad y desastres...".¹⁹

Según Blaikie (1994) "...el concepto de vulnerabilidad involucra una variedad de magnitudes, desde alto y bajo nivel de vulnerabilidad para diferente población, usando el término principal para esa población que es más vulnerable. Los grupos más vulnerables son esos que también buscan fuertemente la reconstrucción de sus casas después del desastre. Ellos también son vulnerables a los eventos subsecuentes del evento...".

¹⁹ Disponible en <http://books.google.com.gt> Natural hazards, people's vulnerability and disasters. Fecha de consulta: mayo 2011.

2.2.4.1 FACTORES DE LA VULNERABILIDAD. Para Wilches "...la vulnerabilidad en sí misma constituye un sistema dinámico, es decir, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el "bloqueo" o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente "desastre". A esa interacción de factores y características vamos a darle el nombre de vulnerabilidad global...". En esta investigación se utilizaron las definiciones de este autor para analizar el factor social, económico y físico estructural de las viviendas y población. A continuación una definición de éstos.

i. *Factor Social*. "...se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. Una comunidad es socialmente vulnerable en la medida en que las relaciones que vinculan a sus miembros entre sí y con el conjunto social, no pasen de ser meras relaciones de vecindad física, en la medida en que estén ausentes los sentimientos compartidos de pertenencia y de propósito, y en la medida en que no existan formas de organización de la sociedad civil que encarnen esos sentimientos y los traduzcan en acciones concretas...".

ii. *Factor Económico*. Wilches, G. Cita a Cuny (1983), Davis (1980), Wijkman y Timberlake (1985), quienes aportan ejemplos que demuestran cómo los sectores económicamente más deprimidos de la humanidad son, por esa misma razón, los más vulnerables frente a los riesgos naturales. También cita a Wijkman y Timberlake quienes presentan cuadros que prueban la existencia de una relación inversamente proporcional entre la mortalidad y el ingreso económico en casos de desastres.

Wamsler, C. (2001). "...Cuando urbanización y pobreza se entrecrocán, se crean asentamientos humanos precarios...". La vulnerabilidad económica se manifiesta en desempleo, falta de educación, limitación del uso de servicios públicos y viviendas precarias, como se muestra en los datos obtenidos del XI Censo Nacional de población, indicadas en los párrafos anteriores.

iii. *Factor Físico estructural*. Se refiere especialmente a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, y a las deficiencias de sus estructuras físicas para "absorber" los efectos de esos riesgos.

Analizando contextos urbanos, Wamsler, C. (2001), agrega "...los defectos de construcción; falta de calidad de los elementos de construcción...técnicas de construcción inadecuada ante las amenazas existentes...". También hace la siguiente anotación: "...ante las erupciones volcánicas, los asentamientos humanos que se encuentran cerca de un volcán, por lo general se encuentran a las faldas del mismo, y en caso de una erupción, directamente en el camino del flujo de lava. La lluvia de ceniza y la caída de piedras tienen un gran alcance y amenazan constantemente los asentamientos que están ubicados al pie del volcán..."

"...no se puede ser vulnerable si no se está amenazado y no existe una condición de amenaza para un elemento, sujeto o sistema si no está expuesto y es vulnerable a la acción potencial que representa dicha amenaza...". Cardona, O.

2.2.4 LOS DESASTRES.

Romero, G., Maskrey, A. (1993) definen el desastre como: "...La correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (como situación económica precaria, viviendas mal construidas, tipo de suelo inestable, mala ubicación de la vivienda)...".

Según Cardona, O. (1989): "...un desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos a alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente..."

Para Lavell, A. (2004): "...Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona, o comunidad afectada, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada..."

2.2.4.1 LA MITIGACIÓN. De acuerdo al criterio de Lavell, A., (2008) quien define esta etapa como la “...planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente, es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias y sólo es posible atenuarlas...”.

Para Maskrey, A., [...] “...pareciera que la mitigación popular tuviera dos objetivos diferentes pero a la vez interrelacionados: 1) Mitigar el riesgo presentado por elementos vulnerables a una determinada amenaza en un momento dado para resolver problemas inmediatos enfrentados por la población y 2) Progresivamente reducir la vulnerabilidad de la población mediante la transformación de las relaciones de producción (económicas, territoriales, ecológicas, sociales, culturales y políticas) que la condicionan...”. Este autor propone dos ejes, donde el primero consiste en implementar medidas específicas de mitigación y el segundo en profundizar la conciencia de la vulnerabilidad y organización que se necesita para poder reducirla.

2.2.4.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN. Para Wilches, G. (1993), “...el término "mitigar" no debe tomarse en el sentido coloquial de "aliviar", sino en el sentido muy concreto y específico que se le da en la administración de desastres: Mitigación equivale en este contexto a reducción de la vulnerabilidad. A eliminar o reducir en lo posible esa incapacidad de la comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en el ambiente. A reducir su impotencia frente al riesgo, ya sea éste de origen humano o natural...”.

2.2.4.3 MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS VOLCÁNICOS. De forma más específica y aplicada a los riesgos que la actividad volcánica pueda ocasionar, Gándara, J. (2002), dice que dicha mitigación “...comprende actividades y medidas sostenidas para la eliminación o reducción del riesgo de daños a las propiedades y pérdida de vidas causada por las amenazas...”. Este autor propone que dentro de la planificación de asentamientos seguros se debe contemplar aspectos como: la ubicación, diseño de la vivienda, materiales de construcción. Adicionalmente, que las comunidades deben estar organizadas y constantemente realizar simulacros de evacuación, identificación de rutas de evacuación, elaboración de mapas de amenaza y desarrollo de planes de mitigación.

En relación con el aspecto técnico científico, se tienen las siguientes perspectivas temáticas de la mitigación: Para Tilling I. (1989), esta consiste en “...un programa efectivo para mitigar el

riesgo de las erupciones volcánicas (y otros fenómenos relacionados) que incluya los siguientes componentes: 1) la identificación de los volcanes de alto riesgo; 2) la evaluación y zonificación de los peligros volcánicos; 3) la vigilancia volcánica y predicción de erupciones; y 4) el manejo de las emergencias volcánicas...”.

Gellert, G. (2003), haciendo referencia al impacto que, en 2008 el huracán Mitch ocasionó en el país, el cual se vio exacerbado por el daño que el hombre causa al ambiente, opina que “...en Centroamérica todavía queda mucho por hacer para mitigar el impacto de las catástrofes naturales...Estamos plenamente conscientes de la urgencia de implementar medidas que puedan aminorar las trágicas consecuencias de estas calamidades...”. Gellert menciona los efectos de los desastres, los cuales podrían aminorarse, pero no así sus causas, las cuales han sido construidas socialmente.

2.2.5 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG). De acuerdo a la definición de Peña (2005): “...Las ciencias aplicadas, en este caso la informática y SIG, tecnologías fundamentadas en el uso de datos espaciales y que se aplican cada vez más a otras disciplinas, son utilizadas para el procesamiento y visualización de los datos obtenidos en el campo para la generación de nuevos resultados...”²⁰

Alvarz, A.: [...] “...los SIG se han convertido en una herramienta poderosa de gran alcance dentro de la infraestructura cibernética de hoy, proporcionando un marco alrededor del cual podemos analizar y entender mejor nuestro mundo. ...Los SIG han introducido nuevos conceptos relacionados con el análisis y modelaje de datos complejos, mapas interactivos y la integración de gran variedad de datos con información geo-espacial. ...Esta plataforma también ha sido efectivamente utilizada para estudiar y resolver problemas relativos a desastres”. [...]”²¹.

Villanueva, E., Carmen, E.: “Sistemas integrados y automatizados de almacenamiento de datos geográficos, análisis matemáticos de los mismos y presentación de los resultados, tanto en forma alfanumérica como gráfica, constituyen los Sistemas de Información Geográfica”. [...]”²².

²⁰ Disponible en: http://www.ua.es/deco/sig/index_files/resumen.pdf. Fecha de consulta: marzo 2011.

²¹ Este estudio propone la utilización de los SIG en la evaluación de riesgo de desastres naturales y vulnerabilidad de la comunidad. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/95/94> marzo 2011.

²² Investigación realizada en Lima, en el tema de desastres y mitigación de riesgos naturales mediante estudios de planificación del desarrollo. Disponible en: http://www.crid.or.cr/cd/CD_GERIMU06/pdf/spa/doc5955/doc5955.pdf. marzo 2011.

El Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés (GPS). Un SIG es un "...Sistema de Información diseñado para trabajar con datos georreferenciados, mediante la utilización de coordenadas espaciales o geográficas...", es decir, con información geográfica. La tecnología de los GPS (Global Position System) se ha constituido en un medio para introducir datos en SIG, siendo además una de las principales fuentes. Global Position System (Sistema de posicionamiento global)

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGÍA.

En el capítulo 1 se describieron las fases de la investigación. En este aspecto hablaremos sobre la fase 1 la cual consistió en la investigación de las bibliografías y documentos que nos ayudaron a construir el marco teórico. Se hizo mención de los temas relevantes tanto en la GR como en la vulcanológica además aspectos vinculados a este. En el presente capítulo nos centraremos en mencionar algunas de las investigaciones realizadas en torno al volcán de Fuego y otros volcanes que han sido objeto de estudio en Guatemala, investigaciones que servirán de base para el desarrollo de esta tesis, puesto que algunas profundizan sobre los peligros que categorizan e identifican al volcán en estudio, como un volcán de alta peligrosidad y explosividad a nivel mundial. También se profundizará en las fases de la investigación de campo y obtención de los resultados para su posterior análisis e interpretación.

3.1.1 ANÁLISIS DE LA AMENAZA. Para este análisis se tomó como base la propuesta presentada por Rose, Mercado, Matías y Girón, (1987), en una investigación relacionada a los riesgos volcánicos a los que la población cercana se encuentra expuesta. De acuerdo con su investigación y a su criterio, estos riesgos son: La caída de ceniza con columnas eruptivas de aproximadamente 5 y 15 kilómetros de altura. Plantean asimismo que la ceniza puede caer a más de 100 kilómetros de distancia. Los problemas más notables de la amenaza lo constituyen la acumulación de dicha ceniza, la consiguiente pérdida de las cosechas, y el colapso de techos, la contaminación de fuentes de agua potable y los problemas respiratorios. Otros riesgos de acuerdo con este estudio, son la caída de bombas y bloques, avalanchas, coladas de lava, avalanchas incandescentes y lahares.

Investigación de Prado, B., Tello, M. (1996): Continuando con la identificación de los riesgos y amenazas del volcán de Fuego, agregaron al área de estudio al volcán Acatenango, viendo el conjunto como un complejo volcánico. Concluyen mencionando cómo las comunidades se ven afectadas en su economía después de un evento causado por dichos volcanes. Entre los lugares afectados, identificaron a Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla. Según esta investigación son catorce municipios los que se encuentran en riesgo.

Wamsler (2001), enfoca la prevención de desastres volcánicos como un proyecto de mitigación de riesgos urbanos en Guatemala. El objetivo: la reducción del riesgo de las comunidades que están ubicadas en las cercanías de los volcanes Pacaya y Fuego, la implementación de medidas sencillas de gestión de riesgo y formas para mejorar el monitoreo de la actividad volcánica.²³

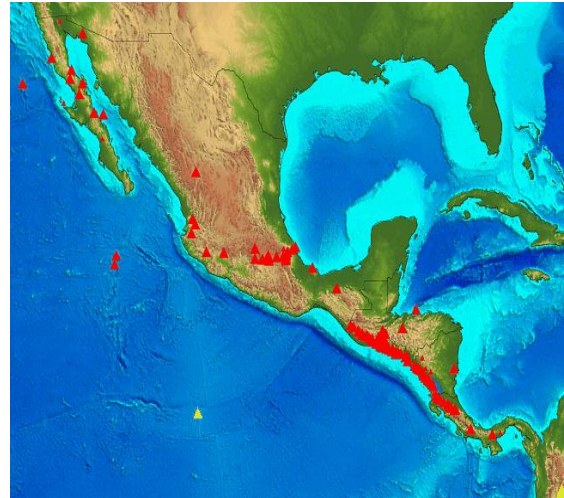


Figura 11. Volcanes Centroamérica y México

Existen instituciones internacionales que generan información en tiempo real a través del monitoreo que estas mantienen, la cual es utilizada para la emisión de alertas. Tal es el caso del Programa Global de Volcanismo (Global Volcanism Program). Este instituto de Estados Unidos provee información sobre todos los volcanes activos del mundo y sus erupciones durante los últimos 10,000 años. Centra sus actividades principalmente en dos: 1. Reporte de las erupciones actuales alrededor del mundo, 2. Construcción de bases de datos y archivos de sus erupciones.²⁴

Podemos también mencionar la investigación realizada por Haapala, Escobar, Wallance y Mota (2006). En su informe sobre la actividad del volcán Atitlán, según investigaciones y reportes de la Universidad Tecnológica de Michigan (Michigan Technological University), las erupciones de este iniciaron hace 10,000 años; desde que los españoles arribaron a Guatemala han ocurrido seis grupos de erupciones (1469, 1505, 1579, 1663, 1717, 1826 y 1856).²⁵

Continuando con la periodicidad de actividad del volcán de Fuego, para Vallance (2001) "...La erupción más reciente del volcán de Fuego se produjo en mayo de 1999, y la más grande ocurrió en 1974. Las erupciones de 1974 esparcieron un espesor de ceniza de 20 centímetros o

²³ Prevención Volcánica PREVOL, proyecto donde se proponen medidas básicas para la reducción de las vulnerabilidades de viviendas ubicadas en riesgo a fenómenos naturales, en este caso la amenaza volcánica.

²⁴ Cada mes publican más de 1000 copias, las cuales son enviadas a las instituciones de investigación volcanológica alrededor del mundo y contienen entre 15-25 reportes de cada volcán. Información disponible en: http://www.volcano.si.edu/info/about/about_gvp.cfm 30 de marzo de 2011.

²⁵ Disponible en <http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Guatemala/Publications/OFR2005-1403/framework.html>. Fecha de consulta: marzo 2011

más a 50 kilómetros hacia el Suroeste. Ambas erupciones produjeron flujos piroclásticos que se movían hasta 10 kilómetros por valles y descendieron a 60 kilómetros por hora...”.

Sobre las amenazas volcánicas, Anleu (2008), presenta una propuesta metodológica para identificar las amenazas existentes en la cuenca del río Achiguate-Guacalate, señalando los desastres ocurridos como los más recurrentes: la amenaza volcánica, los deslizamientos, los flujos de escombros y las inundaciones. Esta caracterización podrá ser utilizada, de acuerdo con el autor, como elemento de planificación y uso apropiado del territorio.

Peraldo y Mora (1995), hacen una reseña histórica de una erupción del Volcán de Fuego ocurrida en 1717 y hacen el siguiente relato: “Este es uno de los volcanes más explosivos de América Central y su historial de erupciones es de los más completos de nuestra región. Ha mantenido una importante actividad que se mezcla con períodos de calma relativamente extensos. De las erupciones anteriores a 1717 existen varias constancias documentales de 1505, 1581, 1582 y 1585. El discurso documental referente a la erupción de 1717 es sumamente rico en detalles, suficientes para determinar la secuencia eruptiva y poder clasificarla. La erupción de 1717 se manifestó el viernes 27 de agosto en horas de la mañana, aunque no se precisa la hora exacta: ...”el viernes veinte y siete de agosto desde por la mañana empezó unos de los cuatro volcanes que cercan la ciudad de Guathemala a echar más humo del que regularmente echa ...en la anterior cita la fecha es un dato concreto, mientras que existe incertidumbre en cuanto a la hora, pues se indica que la actividad pudo ser observada en la mañana de dicho día; no obstante, otros pasajes del documento señalan que la actividad se originó en horas de la noche del día 26 y en la madrugada del día 27. Sin embargo, se prefiere usar el dato explícito de la anterior cita. La erupción presentó un desarrollo gradual con varios máximos, separados por períodos de relativa calma, hasta culminar en una fase altamente energética. Genéticamente, la actividad puede clasificarse como estromboliana y con base en las descripciones documentales, se le asigna un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) de 3 a 4.

Los productos emitidos fueron piroclastos de proyección aérea: gruesos (bloques y bombas) y finos (arena y ceniza) y coladas de lava. En la descripción se indica que los productos finos alcanzaron una distancia de...50 leguas hacia la parte que la arrojó..., aproximadamente 275 km. Las coladas de lava fueron efusionadas hacia el Este Noreste, puesto que se observaron

desde la ciudad de Antigua Guatemala. La descripción de estas coladas de lava da la idea de ser más fluidas que blocosas.”

Una vez identificadas algunas de estas investigaciones, se consideró útil para la presente sobre el tema de la amenaza volcánica con respecto a lahares, el estudio del científico Vallance, J., (2001); y para conocer cuáles son los riesgos que afectan a las comunidades del volcán analizado se tomó como base la información de Rose, W., Mercado, R., Matías, O., Girón, J., (1987). Estas publicaciones fueron útiles en la identificación de la amenaza volcánica.

3.1.2 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS. Se determinó utilizar para este objetivo el método Delphy para la obtención de información específica del rol de algunos expertos. El objetivo era conocer más a detalle esos aspectos que influyen en el manejo, uso y traslado de la información técnico científica de los diferentes niveles de actuación. Este se fundamentó en preguntas orientadas a sus actividades en torno a una erupción volcánica. (Ver anexo No.1. Instrumentos. Cuestionario a expertos). Dicho instrumento se dirigió a los siguientes actores:

1. Técnicos expertos del INSIVUMEH.
2. Personal responsable del manejo de información de la CONRED.
3. Técnicos del proyecto Volcán de Fuego.
4. Coordinador Departamental para la Reducción de Desastres de Chimaltenango, Escuintla y Sacatepéquez.
5. Coordinador Regional para la Reducción de Desastres.

Consistió en cuatro segmentos dirigidos a las actividades de: 1. Monitoreo, 2. Información, 3. Coordinación y 4. Respuesta. Con las respuestas obtenidas nos permitió tener una idea sobre el tratamiento, uso, manejo y traslado que se le da a la información científica, según niveles de acción en momentos de crisis o de actividad normal del volcán de Fuego. Con los resultados de este instrumento además, se podrán proponer medidas que ayuden a facilitar la comunicación entre estos niveles.

3.1.2.1 DEL MAPA COMUNITARIO. Para su desarrollo se utilizó la metodología propuesta por INETER como se mencionó en el capítulo 1. Se propuso complementar el resultado ajustando el croquis comunitario con la intención de tener un mapa con número de

viviendas actualizado, ubicación de escuelas, iglesias, salón comunal, información importante para identificación tanto de recursos como de la ubicación geográfica de las familias en relación a las áreas más vulnerables.

La metodología consistió en ampliar la escala de una hoja topográfica escala 1:50,000 a una escala menor 1:5000, de tal manera que se tenga un área ampliada para el trazado de toda la información existente en esta, como ríos, caminos, curvas de nivel, lugares vecinos y, lo más importante, la identificación de las amenazas a las que está expuesta la población.

El tamaño del cuadro en la hoja topográfica es de 500 metros con un tamaño de 2 centímetros. Así que para determinar el tamaño del cuadro y la escala se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$\frac{\text{Escala de la hoja topográfica } 50,000}{\text{trabajar}} = 5,000 \text{ escala a trabajar}$$

Para el tamaño del cuadro a trazar en el papel:

El tamaño de cada cuadro en el mapa será de 20*20 centímetros a una escala de 1:5,000. Lo más importante es que el mapa ha mantenido una escala, ya que seguirán siendo los mismos 500 metros pero a una escala con mayor detalle, en este caso 5,000. A los participantes en su elaboración se les compartió la importancia y el porqué de que en los mapas se incluya la siguiente información:²⁶

1. El Norte
2. Escala
3. Leyenda
4. Título
5. Fecha de actualización
6. Quienes lo elaboraron



Ejemplo de Norte



Ejemplo de escala

1 kilómetro



Ejemplo de leyenda

²⁶ Es importante que los mapas comunitarios y mapas en general tengan una escala pues esto facilita entre otras cosas medir distancias entre un elemento y otro, así como también, puede compartirse con otras personas a quienes se les facilitará la comprensión del mismo. El Norte para indicar la ubicación de la comunidad, la leyenda para estandarizar e identificar todos los elementos existentes en el mapa, la fecha porque constantemente hay que actualizarlo para monitorear los cambios en períodos de tiempo no muy prolongados. Quienes lo elaboraron para saber a quienes abocarse en caso de existir alguna necesidad.



Figura 12. Elaboración del mapa comunitario

3.1.2.2 RECORRIDO DE CAMPO Y EL RECONOCIMIENTO DE ÁREA. Esta técnica consistió en primer lugar, en conocer la aldea con el acompañamiento de líderes comunitarios y pobladores. Esta actividad fue útil porque facilitó el traslado al mapa los detalles naturales y artificiales observados en el trayecto.

Entre las características observadas están los diferentes cultivos locales, como la pacaya, el café y el guineo. Otro aspecto importante identificado en la aldea son las condiciones en la que se encuentran los caminos, las viviendas y escuelas. Se hizo además un recorrido en la Barranca Taniluyá, que constituye una de las principales amenazas para la población en tiempo de lluvia, puesto que nace en el volcán y es afluente junto con la Barranca Seca, Mineral y Gobernador, del Río Pantaleón que en invierno causa serias dificultades a estas poblaciones impidiéndoles salir hacia la carretera principal.

Aspectos importantes relacionados con las formas de vida de las familias fue otro aspecto observado lo que enriqueció la investigación. Otras vertientes que nacen en el volcán y afectan las vías de acceso por el descenso de material volcánico en tiempo de lluvia son: Ceniza que es afluente del Río Achigüate; las barrancas Honda, Las Lajas y El Jute son afluentes del Río Guacalate.



Figura 13. Recorrido y reconocimiento comunitario

En la investigación se decidió utilizar los instrumentos que a nuestro criterio se adecúan a las necesidades y objetivos que deseamos alcanzar.

3.1.2.3 MAPA SECTORIZADO. Se agruparon las viviendas y se asignó un número de sector a cada uno. A este proceso se le conoce con el nombre de sectorización. Se tomó como base el croquis a escala 1:5,000 del INE para facilitar y organizar la información. Adjunto a este la fotografía aérea actual²⁷, la que sirvió para visualizar y comparar cual ha sido el crecimiento tanto poblacional como de la infraestructura entre en una comparación de los años 2001²⁸ y 2006²⁹. El croquis se dividió en seis sectores para facilitar el orden de la información obtenida en la encuesta.

Debido que el número de familias a entrevistar era de 75, se decidió asignar por sector grupos no mayores a 15 viviendas. En este mapa se enumeró cada una de las viviendas, el cual codificaba e identificaba a cada familia. Es decir, el número que aparece en la boleta correspondió al número en el mapa. Esto facilitó el proceso de vaciado de la información en el SIG, puesto que cada vivienda contenía un código único. (Ver anexo No.3 Mapas. Mapa sectorizado). El código representa según los establecidos por el IGN el número que identifica al departamento, al municipio y al lugar poblado. Además, para este fin se asignó número de sector y número de vivienda.

3.1.2.4 ENCUESTA. El instrumento utilizado se estructuró en 45 preguntas, dividido en cinco apartados y distribuidos de la siguiente manera: 1. Información general del encuestado; 2. Análisis de la percepción del riesgo; 3. Análisis de la organización social; 4. Vulnerabilidad económica; y 5. Vulnerabilidad estructural. (Ver anexo No.1 Instrumentos. “Cuestionario de evaluación de la vulnerabilidad”). Se consideró necesario entrevistar al 100% de la comunidad debido a que se pretende conocer cuál es el grado de vulnerabilidad del núcleo familiar.

²⁷ Imagen aérea del territorio a escala 1:5,000, en la cual se pueden identificar fácilmente detalles naturales y artificiales como ríos, vegetación, puentes, carreteras, entre otros. Esto facilitó ubicar nuevas viviendas dentro de la aldea.

²⁸ El Instituto Nacional de Estadística para la realización del X Censo Nacional de Población y Habitación actualizó su cartografía existente en 2001.

²⁹ Ese año, el IGN, a través de un proyecto financiado por el Banco Mundial, realizó la toma de fotografía aérea del territorio nacional.



Figura 14. Entrevistas a la población.

3.1.2.5 PONDERACIÓN DE LA VULNERABILIDAD. De acuerdo con la propuesta de Cardona, O. (2003), "...El riesgo es el potencial de pérdidas que le pueden ocurrir a un sujeto o sistema expuesto, como resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad...". Durante el desarrollo de esta investigación se evaluaron tres factores prioritarios de la vulnerabilidad, y así conocer y ubicar las condiciones que hacen vulnerable a cada una de las familias que viven en la aldea Panimaché. Dado que no se puede intervenir en la actividad volcánica para reducir el riesgo, se hace esta propuesta de levantamiento total, con el objetivo de que las autoridades dentro de sus políticas, o la misma población, se propongan modificar las condiciones de vulnerabilidad de la comunidad expuesta a este fenómeno natural, y adopten medidas de prevención y mitigación para reducir los riesgos causados por la amenaza volcánica.

i. *Ponderación del factor físico.* Considerando que la vulnerabilidad física la determina la ubicación geográfica en relación con el grado de exposición a diferentes fenómenos naturales la amenaza volcánica en la que se encuentra expuesta la aldea Panimaché es alta. Su cercanía al volcán y por ende el grado de afectación a las expresiones de la actividad volcánica la hacen vulnerable a lahares, caída de ceniza y a los flujos piroclásticos. Siguiendo la metodología de la NOAA el grado de vulnerabilidad física de esta es *muy alta al cual se le asigna un valor de 5.* (Ver anexo No.3 mapas. Mapas de amenaza). Hernández (2010) cita la metodología de la NOAA en los valores de la frecuencia, área de impacto y del daño potencial la que se define entre un rango de 1 a 5 de la siguiente manera: **1 = Muy bajo. 2 = Bajo. 3 = Moderado. 4 = Alto. 5 = Muy alto.**

Siguiendo la metodología propuesta por Hernández, la fórmula de la NOAA es la siguiente:

$$T = (F + A) * D$$

Donde:

T = valor relativo de exposición

F = ponderación de la frecuencia con que se ha presentado el peligro analizado

A = área de impacto

D = daño potencial

En el daño potencial, de acuerdo con la actividad histórica como se muestra en la tabla No.6 y No.7 presentadas en el capítulo 1, desde 1551 el volcán de Fuego ha expulsado ceniza en cantidades considerables, afectando la agricultura, ganadería y a la población en general. El área de impacto se considera que sería toda la población analizada e inclusive comunidades vecinas. Se propone asignarle un valor relativo de exposición de 5 correspondiente a “muy alto” como se expuso anteriormente.

ii. *Ponderación del factor social y percepción del riesgo.* Como se describió en el planteamiento metodológico, a las preguntas con respuesta **Si** se le asignó valor **0**; a las respuestas **No** se le asignó un valor de **1**. Se obtuvo valores que sumados van entre 0 y 22 como se muestra en la tabla 3. Estos, al final se dividieron en 3 rangos, asignándoles un nivel de vulnerabilidad a cada uno y con el apoyo del software SIG (ArcGis 9.3.1)³⁰ se estableció la normalización y desagregación en 3 niveles de vulnerabilidad, como se describe a continuación:

Tabla 3. Niveles establecidos para la Vulnerabilidad Social VS

Nivel de Vulnerabilidad Social y Percepción del Riesgo	Intervalos
Baja	10 – 13
Alta	13 – 18
Muy Alta	18 - 22

³⁰ Software autorizado por ESRI (Environmental System Research Institute).

iii. *Ponderación del factor económico.* Para la cuantificación de este se procedió de igual forma que con el social, dando valores de 0 a 1; los resultados se sumaron y se normalizó dividiendo ahora en 4 niveles, como se muestra en la tabla 4. Esta información se utilizó para poder visualizar espacialmente en el mapa cual es la condición por familia de este factor.

Tabla 4. Niveles establecidos de Vulnerabilidad Económica VEC

Nivel de Vulnerabilidad Económica	Intervalos
Baja	0 – 3
Media	3 – 5
Alta	5 – 7
Muy Alta	7 - 8

Tabla 5. Niveles establecidos para la Vulnerabilidad Estructural VES

Nivel de Vulnerabilidad Estructural	Intervalos
Baja	0 – 3
Media	3 – 5
Alta	5 – 7
Muy Alta	7 - 11

iv. *Ponderación del factor estructural.* El procedimiento ha sido igual que para la ponderación de los factores anteriores. Valores de 0 a 1; los resultados se sumaron y se normalizó dividiendo en 4 niveles. A esta ponderación se sumó la condición de los materiales de construcción utilizados, tanto para los techos como para las paredes, asimismo, se categorizó el estado de las viviendas con relación al nivel de vulnerabilidad, siendo estos: bueno, regular, malo y muy malo. El instrumento propuesto por Hernández y modificado en función de nuestro territorio, se investigó y clasificó en cuatro categorías para la determinación de la vulnerabilidad estructural, como se describe a continuación. (Ver anexo No.5.1 Fotografías de viviendas de la aldea Panimaché).

1. *Vulnerabilidad muy alta.* Viviendas construidas con materiales locales utilizados para techos y paredes (palma o lepa, plástico, trozos de madera, bambú), que tienen uno o dos cuartos separados (uno para dormir y otro para cocinar), o uno solo que funciona como dormitorio y cocina, utilizando para esta función “pollos”, conocidos así por la comunidad. Estos están conformados por una pequeña cocina que utiliza leña para la cocción de los alimentos.



Figura 15. Viviendas en muy alta vulnerabilidad

2. *Vulnerabilidad alta.* Viviendas construidas con muros de madera u otro material y techos de lámina en mal estado. Tienen uno o dos cuartos, siendo uno de ellos utilizado como cocina y el otro como dormitorio. Al igual que en las viviendas con vulnerabilidad muy alta, utilizan “polletones” para cocinar con leña.



Figura 16. Viviendas con vulnerabilidad alta

3. Vulnerabilidad media. Viviendas en regulares condiciones, es decir, techos con lamina en buen estado y con pendientes inclinadas, paredes de block o madera, servicios básicos y con al menos dos cuartos utilizados para dormir y uno para cocinar.



Figura 17. Viviendas con vulnerabilidad media

4. Vulnerabilidad baja. Viviendas construidas de block o concreto, techos de lámina o concreto, con la inclinación apropiada y materiales en buen estado. Con cuartos separados para dormitorios y cocina.



Figura 18. Viviendas con vulnerabilidad con vulnerabilidad baja

3.1.2.6 CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL. Esta se determinó con la suma de cada uno de los resultados correspondientes a cada una de las vulnerabilidades indicadas en este capítulo.

VGL = vulnerabilidad global

VF = vulnerabilidad física

VEC = vulnerabilidad económica

VS = vulnerabilidad social

VES = vulnerabilidad estructural

3.1.2.7 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Captura de ubicación geográfica de viviendas utilizando GPS. Para generar el mapa de vulnerabilidad y riesgo utilizando metodología SIG, se tomaron las coordenadas geográficas correspondientes a cada una de las viviendas en latitud y longitud, teniendo como base el nombre del jefe o jefa de hogar para poder vincular la base de datos con la información geográfica.

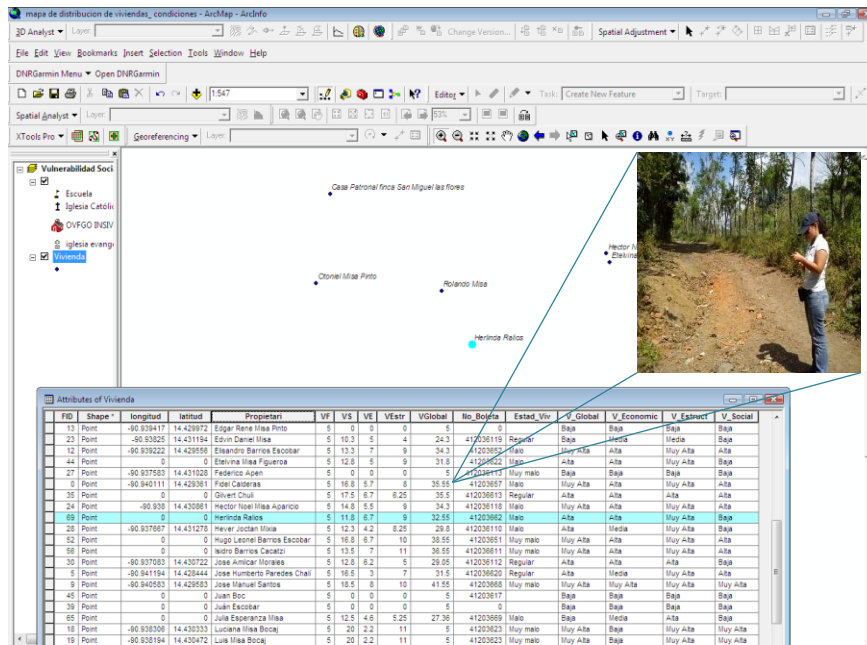


Figura 19. GPS Y SIG

i. *Mapas de vulnerabilidad.* Los mapas de vulnerabilidad de cada uno de los factores prioritarios se generaron utilizando la herramienta de Spatial Analyst del software de ESRI, en el cual se interpoló la información por cada uno de estos factores; el resultado se reclasificó de acuerdo con los niveles establecidos de vulnerabilidad. (Ver anexo No.3 Mapas. Factor social, económico y estructural). Se generó un mapa para cada factor.

ii. *Cálculo de la vulnerabilidad global.* Para esta, se utilizó la herramienta del software SIG de ESRI raster calculator, el cual sirve para hacer operaciones matemáticas y generar nuevos resultados. En este caso se sumaron los rasters resultados de VF, VS, VEC y VES. Este al igual que los demás, se reclasificó en los niveles de Bajo, Alto y Muy Alto. (Ver anexo No.3 Mapas. Vulnerabilidad Global).

iii. *Cálculo de la vulnerabilidad por hogar.* Para la obtención del dato por familia, se convirtió el dato de raster a shape de la vulnerabilidad global para poder hacer una selección desde la base de datos y posteriormente generar la ubicación geográfica por nivel de vulnerabilidad para cada una de las familias. (Ver anexo No.3 Mapas. Distribución geográfica de familias por vulnerabilidad).

iv. *Mapas impresos.* Para la impresión de los mapas comunitarios, se escaneó y luego se editó utilizando un software para edición de imágenes y finalmente se imprimieron tres copias en papel de buena calidad, así también se les compartió en formato digital para ser socializados con la población.

3.1.3 ANALISIS HIDROMETEOROLÓGICO.

Evaluación y distribución temporal de la lluvia. Se analizó la serie de registros diarios históricos de lluvia de la estación OVFGO, ubicada en el Observatorio Vulcanológico de Fuego de aldea Panimaché, esta serie de registros correspondieron al periodo 2000 a 2011.

Tabla 6. Cálculo de caudal

Año	Ene	Feb.	Mar	Abr.	Muy	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2000										403	427	50	
2001	65.0	74.0	165.0	92.8	474.4	518.1	437.2	580.3	802.5	654.3	236.9	61.2	4161.7
2002	0.8	46.8	62.1	111.9	427.3	542.2	403.4	338.5	817.1	783.4	292.8	42.4	3868.7
2003	28.9	11.4	142.7	106.4	280.4	581.4	381.5	420.4	842.6	865.7	302.8	1.8	3966.0
2004	38.8	59.9	158.5	106.7	908.6	669.7	451.1	517.5	923.6	864.8	52.2	76.1	4827.5
2005	1.5	3.5	390.7	174.4	720.4	870.6	828.7	791.5	743.7	1182.1	55.5	129.6	5892.2
2006	135.9	10.3	160.7	283.3	602.8	880.5	699.7	575.3	974.6	1046.7	303.3	59.9	5733.0
2007	0.5	53.4	108.4	282.6	486.4	822.6	563.5	776.5	845.6	619.0	84.5	48.6	4691.6
2008	20.0	202.2	60.8	324.9	674.1	436.8	702.5	575.6	984.5	202.2	14.3	38.5	4236.4
2009	8.0	191.3	828.3	924.6	263.3	480.0	407.8	448.3	233.5	32.7	0.0	90.5	3908.3
2010	0.0	90.5	74.5	539.9	573.1	666.4	663.8	807.9	754.0	358.7	55.2	10.6	4594.6
2011	18.6	248.5	159.9	198.0	297.3	677.7	650.9	710.7	590.7				
Promedio	28.9	90.2	210.1	286.0	518.9	649.6	562.7	594.8	773.9	637.5	165.9	55.4	4573.8
Desvest.	40.81	85.06	224.03	250.21	202.31	155.27	154.10	159.70	211.30	357.45	148.81	35.54	90.6
%variación	141.17	94.34	106.61	87.50	38.99	23.90	27.38	26.85	27.31	56.07	89.72	64.17	1.98

PARA ESTE ANÁLISIS SE CALCULÓ LOS INDICADORES ESTADÍSTICOS SIGUIENTES:

Porcentaje de variación = desviación estándar / promedio.

Promedio mensual interanual = \sum de la lluvia mensual / #de meses.

Total anual = \sum de la lluvia de todos los meses de un año.

Desviación estándar = raíz cuadrada de la varianza (calculada para la \sum del registro de la lluvia mensual para cada año evaluado).

Coefficiente de variación intermensual de todos los años = 141.2

Coefficiente de variación interanual expresado en porcentaje = 1.98

Moda = .06 esta factor está considerado como una lluvia tipo llovizna o neblina.

Mediana = 16.4

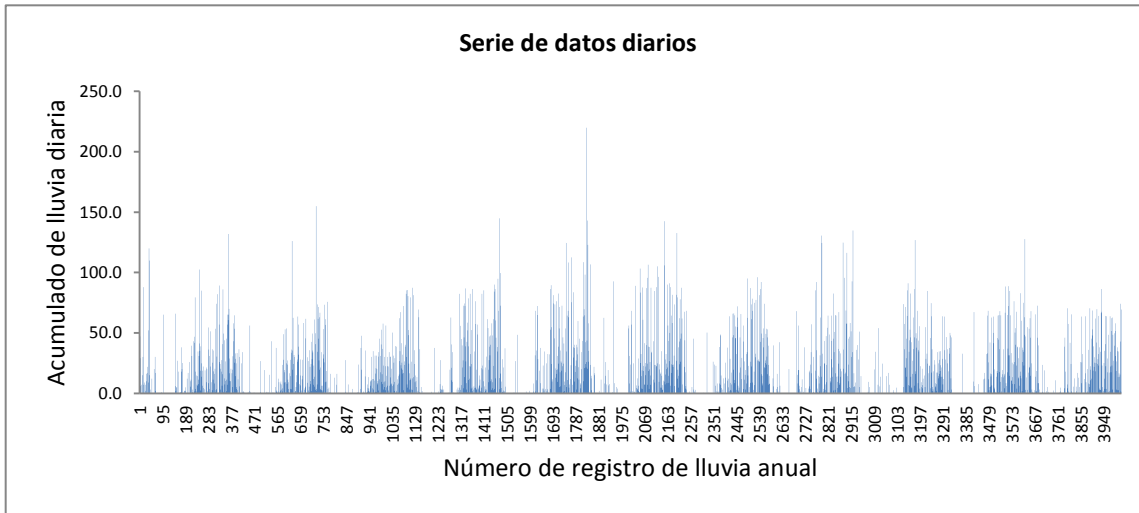


Gráfico 1. Distribución lluvia diaria. 2000 - 2011

Se observa gráficamente que el año con mayor concentración de lluvia corresponde al año 2006. El valor máximo de lluvia se obtuvo en el año 2005 y con valores menores máximos están el 2003, 2007 y 2011 (para este último año, se consideró únicamente valores al mes de septiembre).

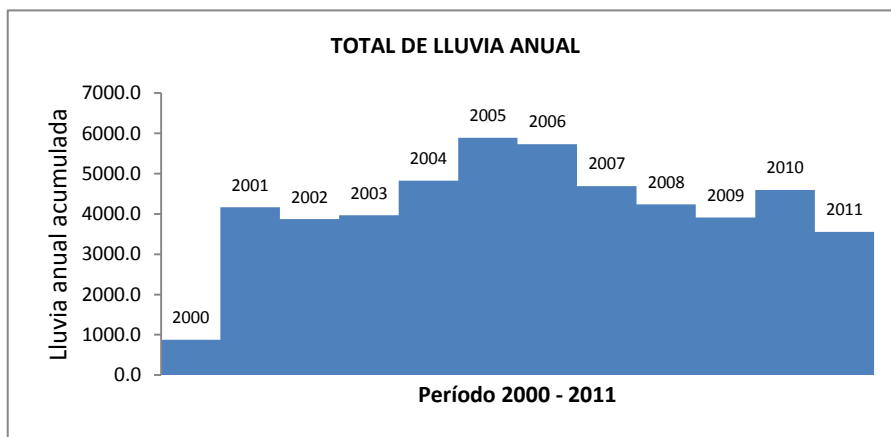


Gráfico 2. Distribución lluvia acumulada anual.

Determinación de parámetros morfométricos de la cuenca del Río Taniluyá a la altura de la población de Panimaché, para la determinación del área tributaria y pendiente topográfica de la cuenca en estudio. Utilizando los SIG y en aplicación de la herramienta “Hidrology” se generó la delimitación de la cuenca del “Río Taniluyá”.

Elaboración de mapas respecto a la orientación de cauces de ríos y quebradas, mapa de acumulación de flujo de lodo, mapa morfométrico: red hidrográfica y delimitación de la cuenca. La cota máxima y mínima se determinó con la altimetría del área. Estos datos sirvieron para estimar el área de la cuenca. El área = 13.5 kms² lo que equivale a 3,337 Acres. 247.1 y 1acre = 1km², de los datos de las cotas se obtuvo la longitud de la corriente principal y este nos ayudó a conocer la pendiente del cauce.

A continuación se muestran los mapas resultantes del proceso para la delimitación de la cuenca, realizados con la herramienta “Hidrology”.

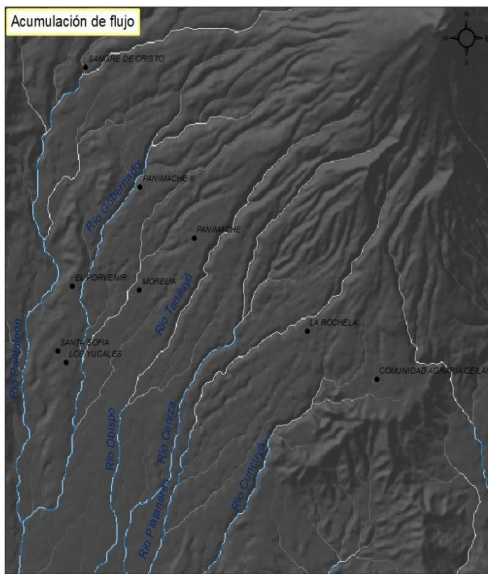


Figura 21. Acumulación de flujo.

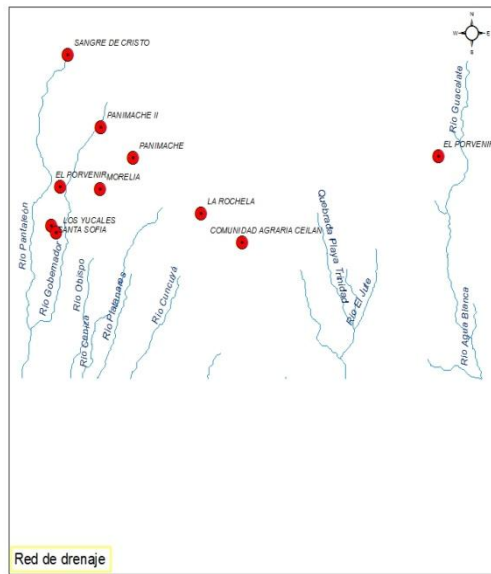


Figura 20. Distribución de drenajes.

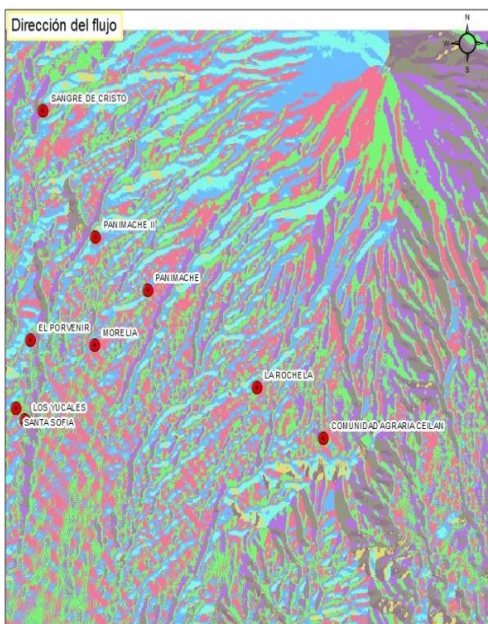


Figura 23. Distribución de la dirección del flujo.

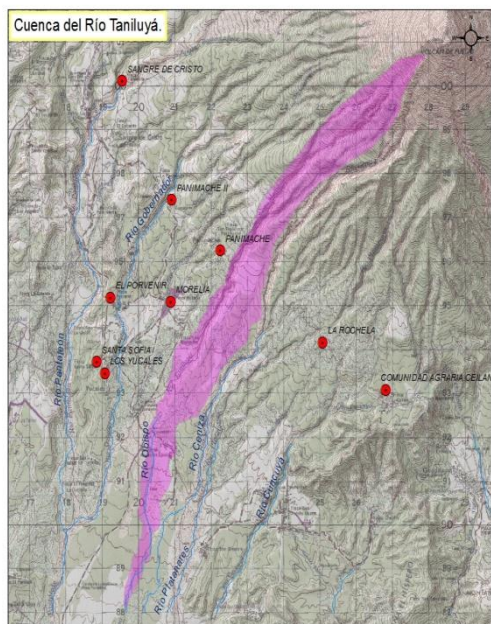
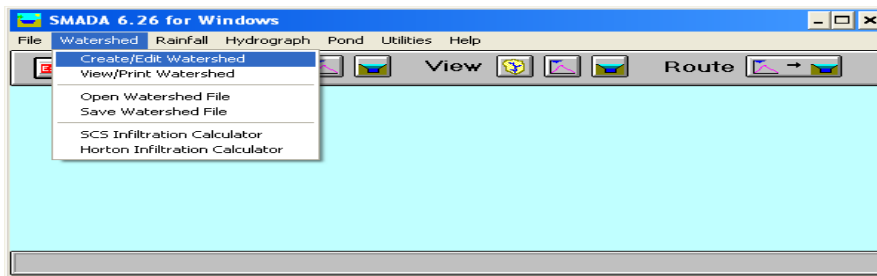
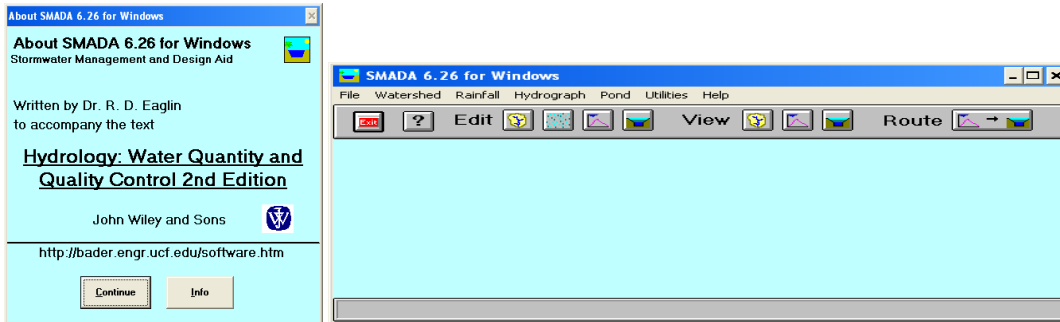


Figura 22. Delimitación del área de la cuenca.

3.1.3.1 MODELACIÓN DE CAUDALES. Con base a registro de lluvia diaria de la estación OVFGO. A continuación se describe la metodología utilizada para obtener el dato del caudal de crecida del río Taniluyá.

“Cálculo de Crecidas Repentinas en la Cuenca del Rio Taniluyá”

Aplicación del programa de modelamiento hidrológico SMADA (Stormwater Management and Design Aid) utilizado en el departamento de investigación y servicios hídricos en las actividades relacionadas con hidrogeología.



The 'Watershed Input' dialog box is shown with the following fields and values:

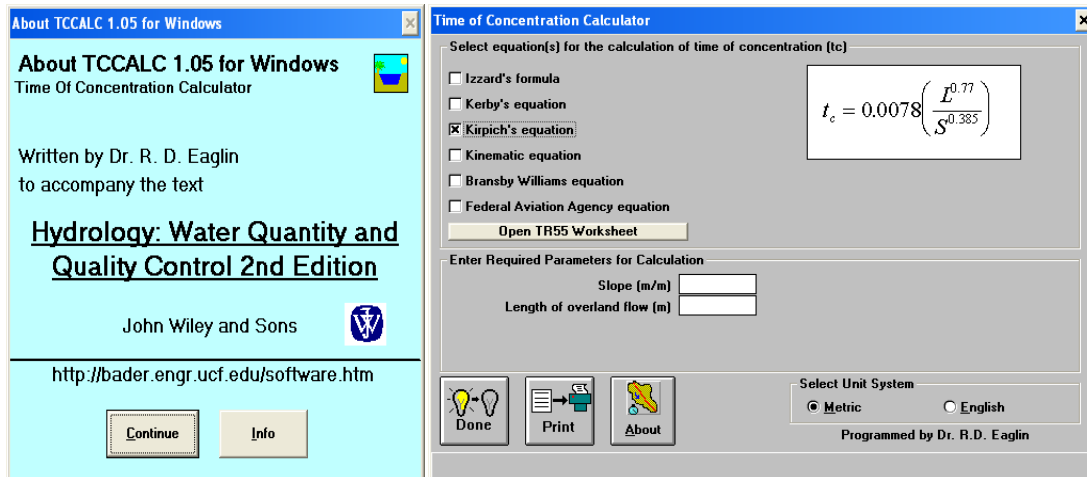
Enter Watershed Characteristics		
Total Drainage Area	3337	acres
Impervious Drainage Area	20	acres
% Impervious Directly Connected	100	%
Time of Concentration	<input type="button" value="Calculate"/>	minutes
Additional Abstraction on Pervious	<input type="text"/>	inches
Additional Abstraction on Impervious	<input type="text"/>	inches
Maximum Infiltration Capacity	<input type="text"/>	inches
Enter 999 for unlimited capacity		
Infiltration Characteristics		
<input checked="" type="radio"/> SCS Curve Number Method <input type="radio"/> Horton Method		
SCS Curve Number	<input type="text"/>	
Initial Abstraction Factor	0.2	

At the bottom of the dialog box, there is a field labeled 'Overland Flow Time to Outlet'.

Área total en acres= 3337

Área de drenaje impermeable = 20 acres

% de área conectada a la cuenca = 100 %



“Cálculo con relación a: cuánto tiempo tarda en llegar una crecida o un flujo de lodo, a inmediaciones de la comunidad de Panimaché, por el cauce del río Taniluyá”.

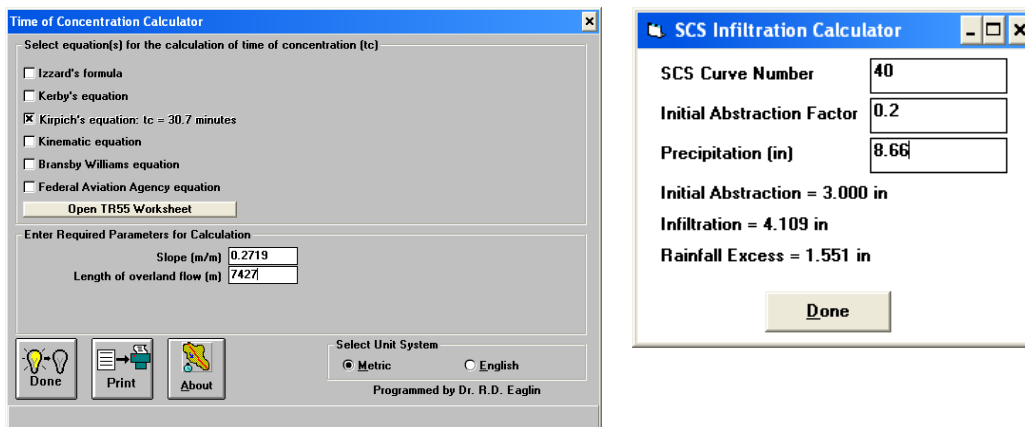
Datos utilizados

Pendiente = variación de cotas / longitud. Datos expresados en metros.

Cotas en MSNM. 3100 máxima y 1080 mínima.

Longitud en metros entre cota máxima y mínima = 7,427 metros.

Pendiente = $3100 - 1080 / 7427 = 0.2719$ metros/metros. Por cada metro disminuye 27 centímetros.



Como resultado tenemos el dato de cuánto tiempo tarda en llegar una crecida o la respuesta de una crecida que pasa por el cauce a inmediaciones de la población de Panimaché. Esto es resultado de una lluvia que precipite cercano al cono. El tiempo de concentración o de respuesta de la cuenca es de 30.7 minutos, según la aplicación de la ecuación de Kirpich.

Para el cálculo de la infiltración del SCS (Servicio de Conservación de Suelo) se utilizó la curva número 40 metros, para un suelo de textura arenosa y permeable. Los resultados para la abstracción inicial de 3 pulgadas de agua de lluvia, para la infiltración de 4.1, y un excedente de lluvia de 1.55 pulgadas.

Watershed Input

Enter Watershed Characteristics

Total Drainage Area	3337	acres
Impervious Drainage Area	20	acres
% Impervious Directly Connected	100	%
Time of Concentration	30.7	minutes
Additional Abstraction on Pervious	3	inches
Additional Abstraction on Impervious	0.1	inches
Maximum Infiltration Capacity	4.11	inches

Enter 999 for unlimited capacity

Infiltration Characteristics

SCS Curve Number Method Horton Method

SCS Curve Number: []

Initial Abstraction Factor: .2

% of Impervious Area which is Directly Connected to Outlet

Guardar como

Nombre de archivo: Panimche\SHD

Carpeta: c:\smada

Guardar como archivo de: Watershed Files (*.SHD)

Unidades: c:

Para el cálculo de intensidad máxima, los datos diarios históricos, están dados con un período de 24 horas. El hidrograma de la crecida producida por la lluvia de los 220 milímetros ó su equivalente de 8.66 pulgadas utilizando el método genérico de SCS metodo1, hace la distribución como se muestra en la grafica.

Rainfall Properties

Total = 8.66 inches

Time (hrs)	Time (min)	Rainfall (inches)
1	1.00	100
2	2.00	200
3	3.00	300
4	4.00	400
5	5.00	500
6	6.00	600
7	7.00	700
8	8.00	800
9	9.00	900
10	10.00	1000
11	11.00	1100
12	12.00	1200
13	13.00	1300
14	14.00	1400
15	15.00	1500
16	16.00	1600
17	17.00	1700
18	18.00	1800
19	19.00	1900
20	20.00	2000
21	21.00	2100
22	22.00	2200
23	23.00	2300
24	24.00	2400

El caudal mayor registrado en la crecida máxima a las 18 horas desde el inicio de la lluvia y con un estimado de 914 pies cúbicos por segundo. Para conocer este resultado en el sistema métrico es necesario realizar la siguiente operación: $914.024/35.29 = 25.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hydrograph Generation

To Generate Hydrograph:

1. Select Method of Hydrograph Generation: Generic SCS Method 1

2. Click Generate Hydrograph Button

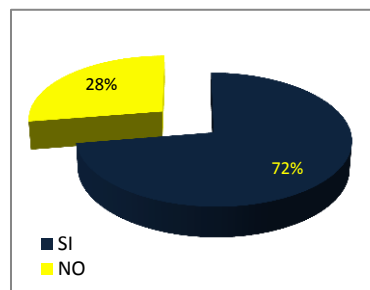
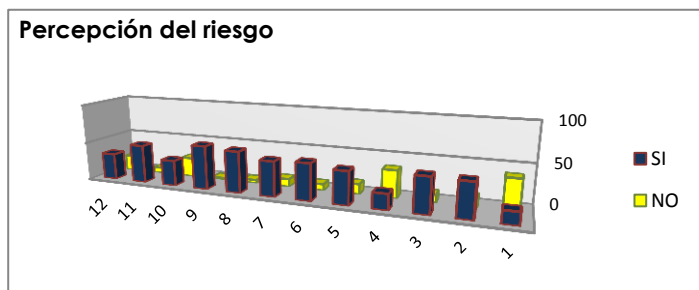
Time (hrs)	Rainfall (inches)	Infiltration (inches)	Excess (cfs)	Runoff (cfs)
1	1.00	0.147	0.000	0.952
2	2.00	0.156	0.000	3.143
3	3.00	0.173	0.000	3.492
4	4.00	0.182	0.000	3.666
5	5.00	0.199	0.000	4.015
6	6.00	0.234	0.000	4.714
7	7.00	0.260	0.000	5.238
8	8.00	0.329	0.000	6.634
9	9.00	0.520	0.000	10.475
10	10.00	2.260	1.451	45.567
11	11.00	0.944	0.938	19.030
12	12.00	0.502	0.499	10.126
13	13.00	0.390	0.382	26.985
14	14.00	0.346	0.324	76.015
15	15.00	0.286	0.257	98.377
16	16.00	0.260	0.225	115.872
17	17.00	0.234	0.197	124.791
18	18.00	0.217	0.000	728.241
19	19.00	0.217	0.000	914.024

Click on Plot to See Large Plot

El cauce del río Taniluyá tiene 100 metros de ancho y 10 metros de profundidad, con este dato se comprueba que la población no ha sufrido problemas con inundaciones por crecida súbita causado por una lluvia intensa. Para obtener este dato se utilizó el valor más alto de lluvia registrado en 24 horas, que es el período de registro de la estación OVFGO.

CAPÍTULO 4

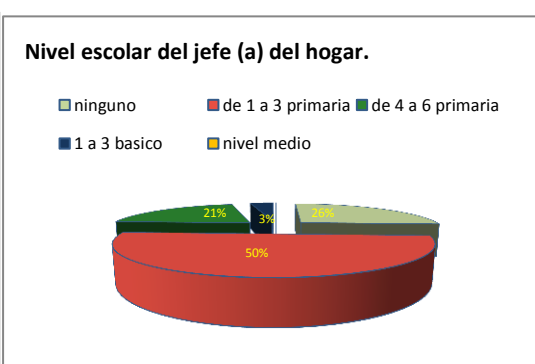
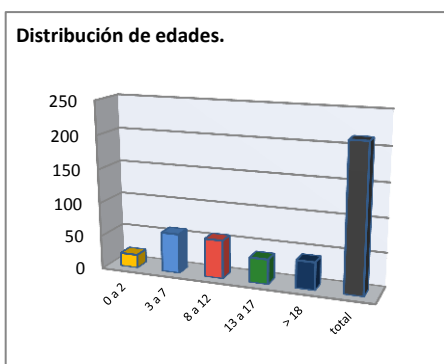
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.



En relación con las respuestas obtenidas en la encuesta realizada a los habitantes de la aldea Panimaché, de su percepción del riesgo ante la amenaza volcánica, el 72% respondió que sí tiene temor y tiene conocimiento de vivir en un lugar en peligro por la cercanía al volcán. El 28% respondió que no. Para medir la percepción se hizo 12 preguntas dentro del instrumento de evaluación.

4.1.1 ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN SOCIAL. Como se puede apreciar en el grafico relativo a las edades de la población, del total de niños que habitan en la aldea sus edades oscilan entre 3 y 12 años. Al momento de una emergencia, de no contar con la debida preparación, el tener niños dificulta a los padres el momento de la evacuación.

En relación con las respuestas del grado de escolaridad del jefe (a) del hogar, se entrevisto a 65 jefes de hogar. El 50% respondió haber asistido hasta el tercer grado, el 21% al cuarto grado, el 3% a tercer grado de educación básica, el 26% no estudió.



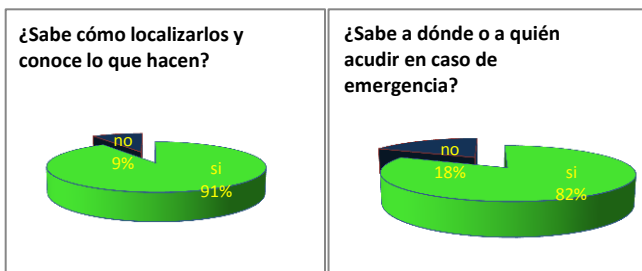
Respuestas de las preguntas número 4, 5 y 6. Segunda parte del Análisis de la organización social de la comunidad:



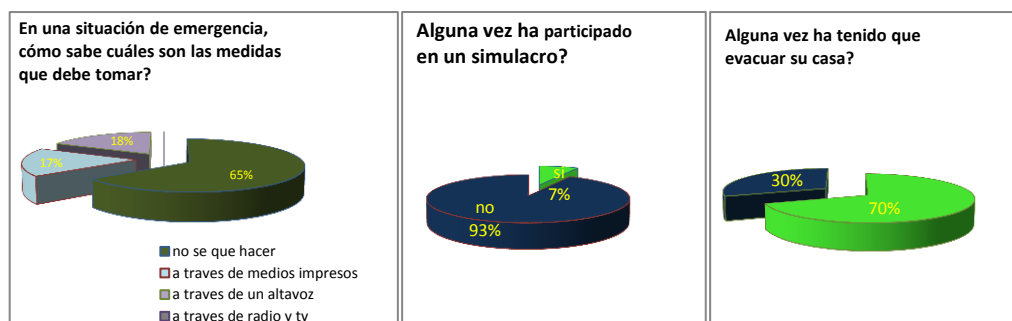
Los peligros que los habitantes de la aldea identifican rápidamente son: la caída de ceniza, los sismos, lava, flujos piroclásticos y lahares, en ese orden respectivamente. De acuerdo con las respuestas, la población en general considera estar organizada ante un evento volcánico de gran magnitud; el 87% respondió afirmativamente y el 13% dijo no estar organizado. A pesar de que en su mayoría están organizados refieren que no ha habido campañas informativas sobre los peligros que existen en la comunidad. El 56% de los entrevistados respondió negativamente a la pregunta sobre la existencia de campañas informativas, mientras que el 44% respondió afirmativamente.

Respuestas 7, 8, 9, 10 y 11. Capacitaciones. El 78% respondió que no, que en la iglesia no tratan el tema sobre qué hacer ante una erupción volcánica (81%). En cuanto a la existencia del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), organización local importante para el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades, el 91% no conoce quiénes son sus integrantes y tampoco tienen idea de cómo localizarlos, ni cuáles son sus actividades dentro de la aldea. Al momento de una emergencia las personas no tienen información sobre personas o instituciones a quienes dirigirse.

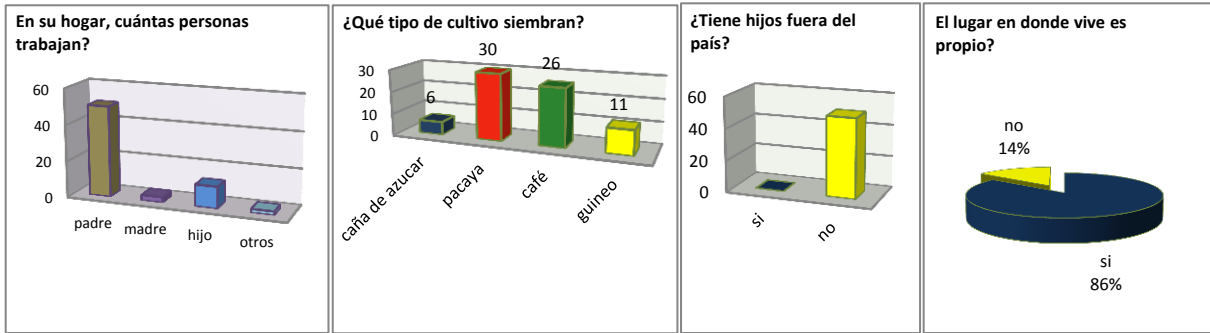




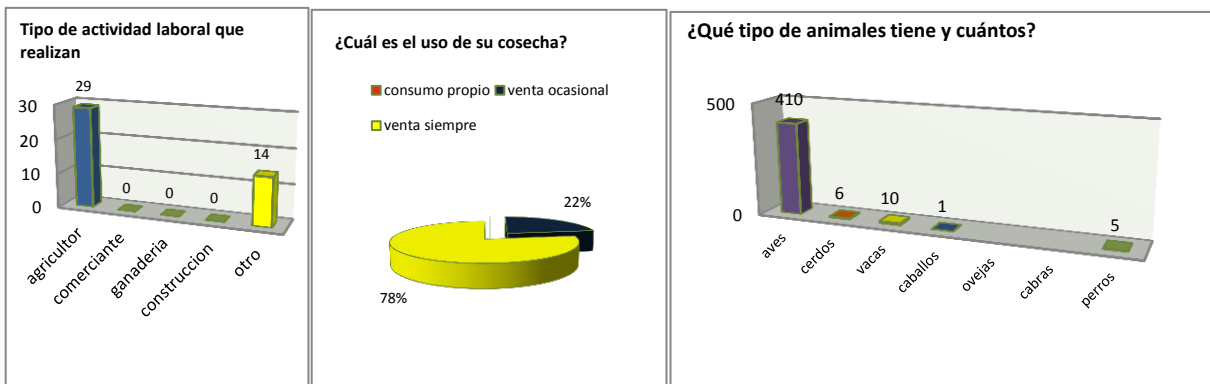
Preguntas 12, 13, 14 y 15. El 65% de los entrevistados respondió no saber qué hacer ante una situación de emergencia; el 18% se enteró por medio de un altavoz; el 17% a través de medios impresos. A la pregunta si participaron alguna vez en simulacros ante un evento volcánico, el 93% respondió que no. El 70% de los entrevistados ha evacuado su vivienda a causa de erupciones volcánicas.



4.1.2 ANÁLISIS DEL FACTOR ECONÓMICO. En la aldea Panimaché quien sale a trabajar en el hogar, aparte del padre, son los hijos mayores. Debido a la ubicación geográfica y el tipo de suelo, se cultiva en un alto porcentaje la pacaya, el café, el guineo y la caña de azúcar, respectivamente. No hay emigración y es bajo el porcentaje de emigración externa; los jóvenes buscan estudiar en los pueblos con más desarrollo cercanos a su procedencia y algunos se van a trabajar a la ciudad capital. Un 85% respondió que las viviendas son de su propiedad.

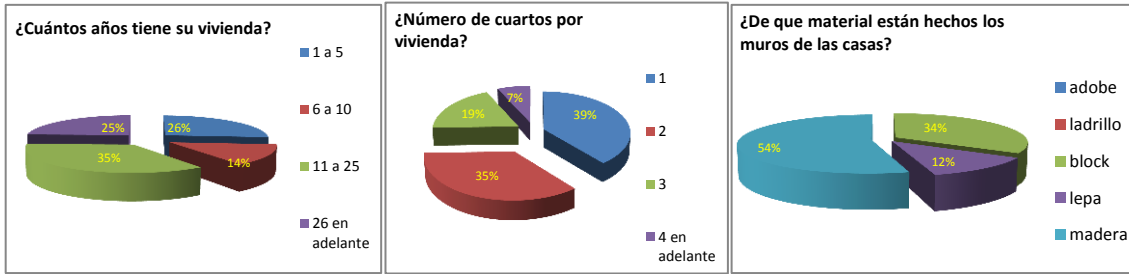


Entre las actividades que desarrollan como medio de vida prevalece la agricultura, trabajan sus tierras y son jornaleros de fincas en el lugar o trabajan en los ingenios de azúcar. Respecto al destino de sus cosechas el 78% lo utilizan para la venta y el 22% restante en ocasiones lo venden o lo utilizan para consumo. Entre los animales que tienen la mayoría son aves, como gallinas, patos y gallos; algunos tienen reces, cerdos y caballos los que utilizan para consumo y para la venta.



La pregunta sobre cuántas personas trabajan en el hogar, se realizó para conocer además, si quienes se encontraban en el trabajo sabían lo que debían hacer en caso de una emergencia. El 69% respondió que no y el 31% dijo que sí sabía qué hacer en caso de presentarse una emergencia volcánica.

4.1.3 ANÁLISIS DEL FACTOR ESTRUCTURAL.

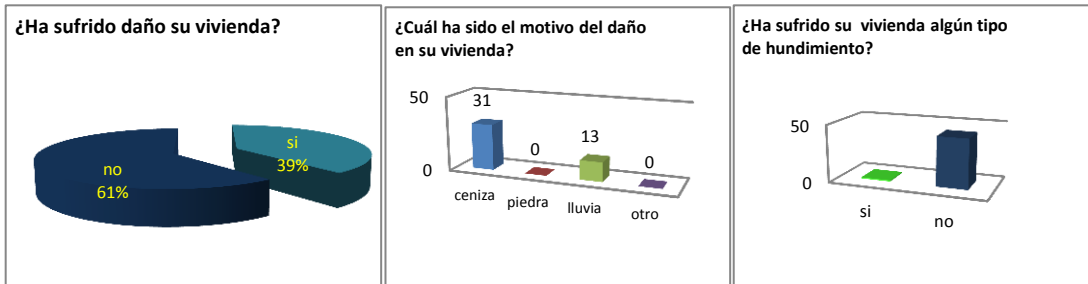


Preguntas 1, 2, 3. Respecto a los años que tienen las viviendas en la aldea, el mayor porcentaje tienen entre 11 y 25 años, representados por el 35%. Respecto al nivel de hacinamiento el 39% de las viviendas cuenta únicamente con un cuarto el cual es utilizado para cocinar y dormir y el 35% cuenta con dos cuartos, uno para cocinar y otro para dormir; el 19% tiene tres y únicamente el 7% de cuatro en adelante, con la cocina separada de los cuartos utilizados como dormitorios.

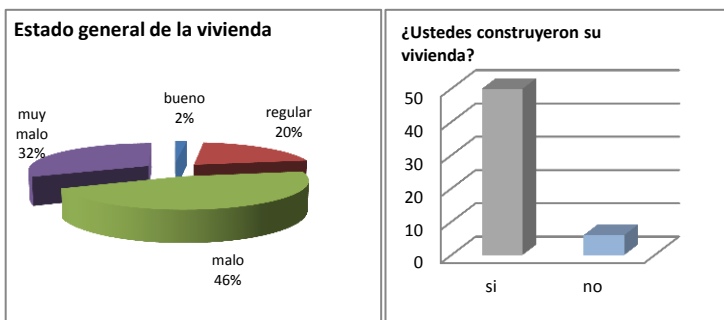
En relación con la pregunta sobre el material con el que están hechos los muros, el 54% es de madera, el 34% de block, y el 12% de lepa o palma.



Los materiales de los techos son todos de lámina. El 40% ha sido afectado por la actividad volcánica y sísmica. Las personas de 27 de las viviendas visitadas respondieron no haber vivido ninguna erupción grande; 10 han vivido una erupción fuerte; 6 han vivido 4 ó más erupciones.



El 61% de las viviendas no han sufrido daños por la actividad volcánica; de las afectadas el 39% ha sido por ceniza volcánica y algunas por las fuertes lluvias. A pesar de estar ubicadas cerca del volcán, la actividad sísmica no ha sido motivo de hundimiento de las viviendas.



Al visitar las viviendas en la aldea se hizo una categorización que va desde el buen estado hasta el muy malo. El 2% lo constituyen las viviendas en buen estado, el 20% regular, el 46% malo y el 32% muy malo.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERACIONES FINALES.

1. Uno de los hallazgos de este trabajo es que en general, se construyen en Guatemala sistemas de información geográfica, así como se estructura la base de datos con los resultados obtenidos en el campo a la vez que se establecen procedimientos para la obtención de mapas, pero después no se les da ningún seguimiento.

Además, a nivel local las personas no terminan siendo beneficiadas de todo este trabajo debido a que no se les facilitan las posibilidades para que se apropien de los resultados de la investigación, la utilicen y en la medida de sus posibilidades, la actualicen.

Por ello, parte de este trabajo consistió en que al final del mismo, el mapa comunitario, uno de los resultados de esta investigación, se reprodujo y se entregó a la comunidad. Se tomó en cuenta el tamaño de las copias, ubicándolos en los lugares más visitados, y permitiendo así que sus miembros se familiaricen con dicho mapa, vean la necesidad de actualizarlo cada vez que amerite y puedan utilizarlo como herramienta de planificación.

Dado que en la comunidad y en la municipalidad tienen acceso a computadora, se entregó además copias digitales del mapa para que lo puedan reproducir o utilizar posteriormente.

2. Los factores evaluados de la vulnerabilidad en esta investigación sumados dieron como resultado su valor global VG desagregado en los niveles muy alto, alto y bajo para cada una de las familias de la aldea Panimaché, es decir, el valor del factor social, económico, físico y estructural en su totalidad, según los parámetros establecidos para su cuantificación. Se establece por lo tanto que los niveles muy altos y altos corresponden a las familias más vulnerables en cuanto a ser afectadas por un evento causado por amenazas naturales o antrópicas, específicamente ante una erupción volcánica, que es el tema de estudio de esta investigación y del fenómeno que evaluamos. El 15% de los hogares tiene un nivel muy alto de vulnerabilidad global; el 37% un nivel alto y el 17% se encuentra en un nivel bajo. Considerando que la vulnerabilidad no es estática sino cambiante, la presente información se aplica a un corto período, de haber una erupción en los próximos cinco años.

3. Debido a la limitación temporal para la realización de la investigación de campo, se seleccionó los factores que a nuestro criterio reflejan la información necesaria para conocer las características de la población que favorecen las condiciones de vulnerabilidad en relación con el tipo de amenaza estudiada.

A) El factor económico es primordial para que las familias cuenten con los recursos para reducir su vulnerabilidad estructural, implementando mejoras a sus viviendas y para que soporten el impacto del material volcánico o poder cambiar periódicamente los techos.

B) El factor social en relación a la organización comunitaria para la toma de decisión ante una autoevacuación, previo a una erupción y poder evitar el desastre, o en la gestión de proyectos de desarrollo o inversión para mejorar las condiciones comunitarias, así también como la escolaridad que tiene la población para mejorar la percepción que esta tiene ante el riesgo volcánico.

C) Los factores físico y estructural proporcionaron información del tipo de vivienda, sus condiciones y su ubicación geográfica con exposición a la amenaza que el volcán, por su actividad y distintas expresiones, representa para la aldea.

4. Los resultados de la evaluación para conocer los eventos más frecuentes y de mayor impacto para la población, reflejaron que son la caída de material volcánico (ceniza) y los lahares. Dada la actividad constante que el volcán mantiene, sus explosiones suelen dejar pequeñas capas de ceniza en los techos de los hogares, afectándolos considerablemente. Dicho material se va acumulando, ya que la mayoría de los techos no tiene la inclinación adecuada para que se deslice. Los materiales están por lo consiguiente muy deteriorados porque las familias carecen de recursos económicos suficientes para cambiarlos periódicamente. En tiempo de lluvia el material acumulado se vuelve más denso y más corrosivo debido a la mezcla de ceniza, gases y agua, haciendo que los techos más débiles colapsen, si no se toma como medida de prevención eliminar todo ese material frecuentemente.

En relación a los lahares, cada época lluviosa se dificulta el acceso a la comunidad debido a que el material eruptado por el volcán se deposita en sus pendientes altas y con la lluvia este desciende arrastrando lo que encuentra a su paso, ocasionando la obstrucción de caminos y vías principales que atraviesan el Río Taniluyá y a la vez afectando el comercio, el transporte y

la agricultura. Es necesario que las autoridades establezcan medidas de prevención y mitigación para que tanto Panimaché como las comunidades vecinas no tengan problemas durante una evacuación oportuna al momento de incrementarse la actividad volcánica. Es de considerar la construcción de un puente que cuente con las dimensiones adecuadas en cuanto al ancho y a la altura para que el material pase libremente y no lo destruya fácilmente.

5. En relación al fenómeno por erosión regresiva, Panimaché tiene un bajo porcentaje de ser afectada, el escurrimiento que se da en toda la ladera se da paralelo al cauce principal del Río Taniluyá lo que disminuye la posibilidad en esa área este tipo de afectación. Sin embargo, existe un alto porcentaje por erosión, se observaron zanjones y grietas formadas por la intensidad de la lluvia. Es recomendable hacer obras de mitigación en estas áreas para estabilizar el terreno y evitar que continúe erosionándose.

6. Vulnerabilidad Económica (VEC). En el párrafo anterior, se hace mención de este aspecto. Es necesario recalcar que los niveles reflejados en el análisis de este factor, el 28% de los hogares se encuentra en un nivel alto, el 8% en un nivel muy alto y el 19% en un nivel de vulnerabilidad económica medio; sólo el 16% se encuentra en un nivel bajo.

7. Vulnerabilidad Estructural (VES) ante la caída de ceniza. En este sentido, el 41% de las viviendas tiene un nivel muy alto, esto representa cerca de la mitad de la población con viviendas en malas condiciones. El 73% de las viviendas se encuentra en condiciones entre malas y muy malas, lo que pone en riesgo a quienes las habitan.

8. El Mapa de riesgo ante la caída de ceniza en la aldea lo constituye básicamente el resultado del mapa de vulnerabilidad estructural VES. En este se muestran las áreas donde se ubican las viviendas en malas condiciones, de acuerdo a los materiales de los techos y paredes, los años que tiene la vivienda y de acuerdo a la observación general. Puesto que la amenaza evaluada en este aspecto es la caída de material volcánico, el buen estado de los techos y paredes de las viviendas es fundamental para que la ceniza no los afecte o provoque el colapso de los mismos.

9. Información obtenida con la aplicación del método Delphy. El objetivo de esta aplicación era determinar, cómo las instituciones y los niveles vinculados con el tema volcánico y el manejo de emergencias influyen en el traslado de la información científica, en el tratamiento que le dan a la misma y en el uso de esta. Por lo tanto, la entrevista se estructuró en cuatro áreas cuyo objetivo fue obtener información relacionada con el proceso de monitoreo, con la información divulgada, con la coordinación y la respuesta ante un evento. Con este fin se entrevistó a personas claves de las instituciones.

9.1 En cuanto al monitoreo, las instituciones vinculadas con este proceso, representadas por cada uno de los expertos, coincidieron en que a pesar de la existencia del equipo instalado este no es aun suficiente para poder establecer los niveles de alerta adecuados ante una erupción volcánica. Cabe mencionar que a pesar de que el equipo instalado por la CONRED corresponde básicamente a la instalación de las bases de radio ubicadas en más de 20 comunidades, la información que diariamente transmiten los radio operadores al centro de control de la misma, esta no es compartida con el INSIVUMEH, extremo que ayudaría a complementar la información obtenida, por medio de la recepción de datos del equipo automático.

9.2 En relación con las acciones ejecutadas por estos actores, se observa que todos, en distintos niveles y no obstante el nivel de confianza que le tienen al ente científico, tienen como primera acción ante una observación anormal en la actividad volcánica, la activación del plan establecido según corresponda, sin antes confirmar con el Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos en su área de vulcanología, los datos relativos al comportamiento del volcán. Es esta área donde se monitorea tanto la actividad sísmica como el nivel de emanación de gases volcánicos, y la que cuenta con datos históricos y registros en tiempo real, con los cuales se pueden tomar medidas preventivas a través de la emisión de información oportuna.

9.3 La información en que se basan las alertas a la población que los actores locales transmiten es confiable en los niveles que estos representan. Esto implica que debe ser consultada y verificada con el ente científico (vulcanología del INSIVUMEH) previo a su emisión o a la toma de alguna medida relacionada con la actividad volcánica. No obstante y a pesar de los esfuerzos por capacitarlos, la información que ellos envían aun adolece de precisión y confiabilidad. Por ello, se sugiere que la transmisión de los datos, además de ser enviada a la CONRED, simultáneamente se envíe a Vulcanología con lo cual se fortalecen también las

bases de datos institucionales. A título de ejemplo: el descenso de lahares es un evento que puede monitorearse de esta forma debido a que los radio operadores observan lo que ocurre en tiempo real y el equipo instalado por el INSIVUMEH muchas veces no registra la actividad. Alimentar los boletines especiales con estos datos ayudaría a que protección civil tenga un mejor panorama de la magnitud del evento.

10. La capacidad local en relación a la identificación de sus amenazas. La población conoce cuales son y con qué frecuencia se presentan, así como los daños que históricamente han ocasionado tanto a la infraestructura como a sus medios de vida. Esto facilita cualquier proceso de fortalecimiento que se quiera dar en la comunidad. Reconocen la importancia de prepararse para enfrentar los impactos que el volcán pueda ocasionar.

11. La metodología aplicada en este análisis puede ser utilizada en estudios de amenazas relacionadas con otros fenómenos y en otras áreas del territorio. Lo importante es contar, de ser posible con la información geográfica de la amenaza, de lo contrario, es factible generarla con la utilización de los SIG. Esta herramienta facilita los procesos de automatización de los datos obtenidos en campo, para poder generar nuevos resultados, como se hizo en esta investigación, interpolando los datos para obtener los mapas de cada uno de los factores evaluados y sobre todo visualizar espacialmente la distribución geográfica de cada familia en relación al nivel tanto de amenaza como de vulnerabilidad.

12. Algunas de las medidas de mitigación y prevención que aquí se proponen:

- a) Mediante estos resultados la población podrá conocer cuáles son sus vulnerabilidades ante la amenaza volcánica.
- b) Esta información podría ser utilizada por instituciones gubernamentales u organizaciones no gubernamentales para la implementación de proyectos que ayuden a reducir dichas vulnerabilidades.
- c) Conociendo sus vulnerabilidades, las comunidades podrían gestionar apoyo financiero para fortalecer sus viviendas, modificar la inclinación de los techos, aplicar pintura especial anticorrosiva para alargar la vida útil de las láminas y protegerlos ante la caída de ceniza, y así mismo emprender la construcción de albergues ubicados estratégicamente en áreas sin riesgo y que cuenten con los servicios necesarios.

d) Mejorar la organización de la comunidad y establecer planes de emergencia y evacuación utilizando como base cartográfica el mapa comunitario realizado durante esta investigación. Los listados con los nombres de las familias identificadas como más vulnerables, resultado del trabajo de campo, serán de mucha utilidad puesto que los podrán agregar en el mapa e identificarlos como prioritarios en el momento de una evacuación. 3. Fortalecer sus capacidades para que puedan vivir bajo riesgo, pero de forma segura.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, A. Sobre la evaluación de riesgo de desastres naturales y vulnerabilidad de la comunidad utilizando sistemas de información geográficos (Vol. 5, pp. 2).
- Anleu, R. (Julio, 2008). *Zonificación de la cuenca del Río Achiguate - Guacalate: Una propuesta de integración de criterios para la reducción del riesgo de desastres*. Ingeniero Agrónomo, San Carlos de Guatemala, Guatemala
- Barillas, E. M., & Carrera, M. (2004). Preparación ante desastres en asentamientos precarios de la zona metropolitana de Guatemala, Centro., 223. Retrieved from
- Blaikie, P., Terry, C., Lan, D., & Ben, W. (1994). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*. Bogotá, Colombia.
- Briones Gamboa, F. La complejidad del riesgo: breve análisis. *Revista de la Universidad Cristóbal Colón Número 20*.
- C., E. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la determinación de áreas vulnerables a riesgos naturales. 8.
- Cardona, O. D. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO.
- Cardona, O. D. (1989). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*.
[http://www.cardique.gov.co/public/userFiles/Articulo%20Evaluacion%20de%20la%20amenaza\(1\).pdf](http://www.cardique.gov.co/public/userFiles/Articulo%20Evaluacion%20de%20la%20amenaza(1).pdf)
- Cardona, O. D. (2008a). Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 3.
- Cardona, O. D. (2008b). Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 3, 157. Retrieved from
- Chaux, G. W. (1993). La Vulnerabilidad Global. *Red de estudios sociales en Prevención de desastres en América Latina*. Retrieved from <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap2.htm>
- Desastres, E. I. p. I. R. d. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. 43.
- Desastres, S. N. p. I. P. y. A. d. Teoría de los desastres y Gestión del Riesgo, from <http://www.pilos.com.co/prevencion-de-riesgos/teoria-de-los-desastres-GESTIÓN-del-riesgo/>
- Douglas, J. (2007). Physical vulnerability modelling in natural hazard risk assessment. 6. Retrieved from www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/7/283/2007/
- EIRD, & IDRC. (2008). *La gestión del riesgo de desastres hoy*.
- Escobar, G. D. Riesgo en zonas Andinas por amenaza volcánica.
- Estacio, J. (2005). Plan estratégico para la reducción del riesgo en el territorio ecuatoriano Retrieved from <http://www.disaster-info.net/PED-Sudamerica/leyes/leyes/suramerica/ecuador/otranorm/PLAN ESTRATEGICO REDUCCION RIESGO.pdf>
- Fers, C. vulcanismo. *Revista Inter Forum*.
- Gamboa, F. B. La complejidad del riesgo. *Revista de la Universidad Cristóbal Colón*, 20.
- García Acosta, V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos *Desacatos* (pp. 15). México: Centro de investigaciones y Estudios superiores en Antropología Social.
- García Acosta, V. (2005). Vulnerabilidad social, riesgo y desastres. Retrieved from
- García Arróliga, N., Marín Cabranis, R., Méndez Estrada, K., Flores Corona, L., López Bátiz, O., Pacheco Martínez, M., . . . Rivera Vargas, D. (2006). Evaluación de la vulnerabilidad física y social. 166. Retrieved from
- Gellert, G. (2003). La comprensión del riesgo a desastres y sus manifestaciones en Guatemala. 51. Retrieved from
- Gustavo, W. (1993). La vulnerabilidad global.

- Haapala, J., Escobar Wolf, R., Vallance, J., Rose, W., Griswold, J., Schilling, & Mota, M. (2006). *Volcanic Hazards at Atitlán Volcano, Guatemala* (2006 ed.).
- Hernández Zúñiga, M. A. (2010). *Vulnerabilidad física, estructural y socio económica en San Pedro Benito Juárez por erupciones del volcán Popocatepetl*. Maestra en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ibarra Reguero, P. (2004). *Sentimiento de invulnerabilidad, estrés y percepción de riesgo en personas bajo riesgo volcánico.*, Universidad de Las Américas Puebla., Puebla, Mexico.
- Julieta, B., Elvira, G., Silvia, G., & Claudia, N. (1998). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo. 13. Retrieved from <http://pirna.com.ar/system/files/PON-Barrenechea-Gentile-Gonzalez-Natenzon-Una%20propuesta%20metodologica%20para%20el%20estudio%20de%20la%20vulnerabilidad.pdf>
- Lavell, A. (2008). Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una definición. 22. Retrieved from <http://desastres.unanleon.edu.ni/pdf/2004/mayo/PDF/SPA/DOC15036/doc15036-contenido.pdf>
- Lavell, A., & Eduardo, F. (1996). Estado, Sociedad y GESTIÓN de los desastres en America Latina *En busca del paradigma perdido*. Retrieved from http://books.google.com.gt/books?hl=es&lr=lang_es&id=o012lrTAe1wC&oi=fnd&pg=PR10&dq=prevencion+y+mitigacion+de+desastres&ots=wWWG5NGYyb&sig=yooNyr3hC3YSO5WJGcQQ5aDWeT8#v=onepage&q&f=false
- Linares, M. d. I. A., Ortíz, R., & Marrero, J. M. (2004). Guía didáctica para profesores sobre Riesgo Volcánico 103.
- Martínez, A. (Writer) & A. Martínez, A. Gómez & C. De la cruz (Directors). (2006). Serie: Atlas Nacional de Riesgos. In S. N. d. P. Civil & CENAPRED (Producer), *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. México: CENAPRED Sistema Nacional de Protección Civil.
- Martínez, A., Gómez, A., & De la cruz, C. (2006). Fenómenos Geológicos *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos* (pp. 275). México: Centro Nacional de Prevención de Desastres
- Maskrey, A. (1998). La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en America Latina. 43. Retrieved from
- Narváez, L., Lavell, A., & Pérez, G. (2009). La Gestión del Riesgo de Desastres: Un enfoque basado en procesos. Retrieved from http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/PROCESOS_ok.pdf
- NOAA. EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD. Retrived from www.csc.noaa.gov/products/
- Norlang, G., Rafael, M., & Karla, M. (2006). Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social
- OSSO, C. (Febrero, 2009). *Estudio de vulnerabilidad física y funcional a fenómenos volcánicos en el área de influencia del Volcán Galeras*. (Informe Final, Capítulo V). San Juan de Pasto, Colombia.
- Perona, N. C. C. y. o. Vulnerabilidad y Exclusión social. Una propuesta metodológica para el estudio de las condiciones de vida de los hogares. [Digital].
- Romero, G., & Maskrey, A. (1993). Los desastres no son naturales (Vol. 1).
- Rose, W., Mercado, R., Matias, O., & Giron, J. (2001). *Evaluación de riesgos del volcán de Fuego*. Guatemala: Michigan Technological University.
- Ruiz Guadalajara, J. C. (2005). De la construcción social del riesgo a la manifestación del desastre. *Desastros*, 19, 13. Retrieved from
- Sánchez, R. (2003). Bajo el volcán. Percepción del riesgo en comunidades migrantes y comunidades asentadas antiguamente en las faldas del volcán de Agua., 35.

- Spence, R., Kelman, I., Brown, A., Toyos, G., Purser, D., & Baxter, P. (2007). Residential building and occupant vulnerability to pyroclastic density currents in explosive eruptions. Retrieved from www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/7/283/2007/
- Vallance, J., Schilling, J., Matías, O., Rose, W., & Howell, M. (2001). Volcano Hazards at Fuego and Acatenango, Guatemala. 23. Retrieved from http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Guatemala/Publications/OFR01-431/past_events_fuego_acatenango.html
- Vallejo, A. (2000). La gestión del riesgo en Colombia como herramienta de intervención pública para la prevención y mitigación de desastres.
- Vallejo, A., & Vélez, J. La percepción del riesgo en los procesos de urbanización del territorio, *Entorno Geográfico*, p. 4. Retrieved from <http://entornogeografico.univalle.edu.co/numero1.htm>
- Wamsler, C. (2001). Medidas de mejoramiento de viviendas y de urbanismo como parte de la Gestión Local del Riesgo (GLR) (01/12/2001 ed., pp. 78). Guatemala: FEMID-GTZ.
- Westen, C., Montoya, L., & Vargas, R. (1999). Aplicación de SIG para la evaluación de amenazas y riesgos. 10. Retrieved from
- Zepeda Ramos, E., Quaas Weppen, R., & Fernández Villagómez, G. (2006). Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica.

REFERENCIAS CITADAS

- www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/mitigate.htm fecha de consulta marzo 2010.
- www.insivumeh.gob.gt fecha de consulta marzo 2010.
- www.insivumeh.gob.gt/geofisica/vulcanología fecha de consulta enero 2011.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informacion_Geográfica fecha de consulta marzo 2011.
- http://www.echalemojo.org/uploadsarchivos/metodo_delphi.pdf fecha de consulta marzo 2011.
- http://www.ua.es/deco/sig/index_files/resumen.pdf fecha de consulta marzo 2011.
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lps/ibarra_r_p/CAPITULO_4.htm fecha de consulta marzo 2011.
- http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/PROCESOS_ok.pdf fecha de consulta marzo del 2011.
- <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/95/94> fecha de consulta marzo 2011.
- http://www.volcano.si.edu/info/about/about_gvp.cfm fecha de consulta marzo de 2011.
- http://www.crid.or.cr/cd/CD_GERIMU06/pdf/spa/doc5955/doc5955.pdf fecha de consulta marzo 2011.
- <http://books.google.com.gt> fecha de consulta mayo 2011.
- <http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Guatemala/Publications/OFR2005-1403/framework.html> fecha de consulta junio 2011.
- www.eumed.net/rev/rucc/20/ fecha de consulta agosto 2011.
- <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1649> fecha de consulta noviembre 2011.

REFERENCIAS INSTITUCIONALES CONSULTADAS

INSIVUMEH (2003). Folletos vulcanológicos: *Volcán de Fuego, Volcán de Pacaya, Volcán Santiaguito*. Guatemala: Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos, Vulcanología.

(2005). *Resumen general de la actividad que genera el volcán de Fuego*.

(2006). *Evaluación cauce Río Taniluyá*.

(2007 – 2011). *Boletines vulcanológicos especiales Volcán de Fuego*.

(2008). *Resumen de actividad del Volcán de Fuego*.

ANEXO No.1

INSTRUMENTOS



“Cuestionario a expertos”

El presente cuestionario tiene como finalidad conocer cuál y cómo es la intervención que su institución tiene en relación a la actividad volcánica, específicamente de la actividad del volcán de Fuego. Los resultados obtenidos de esta encuesta serán utilizados para la elaboración de un informe de tesis de graduación de maestría en Gestión para la reducción del riesgo de desastres de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC.

Instrucciones:

A continuación encontrará una serie de preguntas las cuales deberá leer detenidamente y responder de acuerdo a sus competencias dentro de la institución a la cual pertenece.

I Parte. Monitoreo.

1. ¿Se mantiene monitoreado u observado en un 100% la actividad del volcán? Sí ____ No ____
2. ¿Considera usted que el equipo existente para el monitoreo es exacto, preciso y confiable? Sí ____ No ____
3. ¿Considera que el equipo instalado por parte de su institución es suficiente? Sí ____ No ____
4. ¿De acuerdo con la información emitida por las estaciones, cuál considera usted que es el rendimiento de estas?
100% ____
80% ____
50% ____
Menor a 50% ____
- ii. ¿Podría indicar el número de equipos que su institución ha instalado para el monitoreo de la actividad volcánica y su condición de funcionamiento en porcentaje?

- iii. ¿Cómo procede, si usted observa comportamientos anormales en el volcán?

II Parte. Información.

5. ¿Cuál es el carácter u orden de la información que se genera en su institución?
Científico ____
Informativo ____
Preventivo ____
De alerta ____
6. Es respetada la información que usted o su institución provee? Sí ____ No ____ No se ____
7. ¿Es verificada la información antes de ser divulgada? Sí ____ No ____
8. ¿En qué momento se genera información especial?
 1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____

III Parte. Coordinación.

9. ¿En el momento de presentarse alguna anomalía en la actividad volcánica, hacia qué institución o persona dirige sus acciones?
CONRED ____
INSIVUMEH ____
Observadores ____
Técnicos del proyecto Volcán de fuego ____
Pobladores ____
Alcalde ____

10. ¿Cómo califica usted la coordinación entre protección civil y el ente científico?
- Buena
 - Regular
 - Mala
 - Muy mala
 - Podría mejorar
11. ¿Si su respuesta fue (e) cuales considera que serían estos aspectos a mejorar?
- _____
12. En la última erupción del Volcán de Fuego, ¿Cómo considera que se manejaron las etapas listadas? (Excelente, buena, aceptable, mala, muy mala)
- Prevención _____
- Sistema de alerta _____
- Respuesta _____
13. ¿Podría listar las acciones que su institución o usted realizan en el momento de una erupción del volcán?
- _____

IV Parte. Respuesta

14. De acuerdo con experiencias pasadas, ¿Cómo considera usted que ha sido la reacción de la población en una evacuación?
- Positiva _____
- Negativa _____
15. ¿De acuerdo con su criterio, podría calificar las acciones que realizan en el momento de una emergencia, las siguientes organizaciones? (buena, regular, aceptable, mala, muy mala)
- CONRED _____
- INSIVUMEH _____
- BOMBEROS (Municipales y Voluntarios) _____
- PROYECTO VOLCÁN DE FUEGO _____
- COLRED _____
- CODRED _____
- COCODE _____
- ALCALDÍA MUNICIPAL _____
16. Considera que usted o su institución está preparada ante una erupción volcánica?
- Si _____ No _____ No sé _____

Nombre: _____

Institución: _____

Cargo: _____ Lugar y Fecha: _____

“Encuesta para determinar la vulnerabilidad de los factores prioritarios: Social, Económico, Estructural”

ENCUESTA PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	SOCIAL, ECONÓMICA Y
INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO	
Lugar y Fecha _____	No. _____
Nombre del (la) jefe (a) del hogar: _____	
Edad _____ Sexo: _____ Ocupación: _____	
Cantidad de familiares que viven con el encuestado _____	

AREA 1 - VULNERABILIDAD SOCIAL

PRIMERA PARTE – ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO

PREGUNTA	SÍ	No
1. ¿Se siente preparado para enfrentar una erupción volcánica?		
2. ¿Le asusta que le pase algo a usted, su familia y a su comunidad si el volcán hace erupción?		
3. ¿Considera que depende de las autoridades para ponerlo a salvo ante una erupción?		
4. ¿Se siente informado hacia dónde dirigirse, si se presenta una erupción volcánica?		
5. ¿Le da miedo perder sus cosas o sus animales si hace erupción el volcán?		
6. ¿Si a usted le ofrecieran vivir en otro lugar, aceptaría?		
7. ¿Sabe leer y escribir?		
8. ¿Tiene energía eléctrica en su casa?		
9. ¿Tiene agua potable en su casa?		
10. ¿Hay drenajes en su casa?		
11. ¿Tiene hijos?		
12. ¿Están informados sus hijos sobre los peligros de vivir cerca del volcán?		

SEGUNDA PARTE – ANÁLISIS DE ORGANIZACIÓN SOCIAL

1. ¿Qué edades tienen sus hijos? _____
2. ¿Cuántos de sus niños y niñas estudian? _____
3. ¿Cuál fue el último año de escuela que usted cursó? _____
4. ¿Qué peligros identifica en su comunidad?

Sismos ___ Cenizas ___ Flujos de lodo (Lahares) ___ Deslizamientos ___ Gases tóxicos ___ Hundimientos y agrietamiento ___
 Lava ___ Flujos piroclásticos (nubes de humo) ___

5. ¿Está organizada su comunidad para enfrentar algún tipo de emergencia?

Sí _____ No _____ Describa _____

5. ¿Se han realizado campañas informativas sobre los peligros que existen en la comunidad?

Sí _____ No _____ Describa _____

6. ¿Ha recibido capacitaciones sobre qué hacer ante una erupción volcánica?

Sí _____ No _____ Describa _____

7. ¿En la iglesia tratan el tema de protección ante una erupción volcánica?

Sí _____ No _____ Describa _____

8. ¿Conoce a quienes integran el COCODE? Sí _____ No _____

9. ¿Sabe cómo localizarlos y conoce qué hacen? Sí _____ No _____

10. ¿Sabe a dónde o a quien acudir en caso de emergencia? Sí _____ No _____

11. ¿En una situación de emergencia, cómo sabe de las medidas que debe tomar?

No sé qué hacer _____ A través de los medios impresos _____

A través de personas que dicen qué hacer con un altavoz _____ A través de la radio y la tv _____

12. ¿Alguna vez ha participado en un simulacro? Sí _____ No _____

13. ¿Alguna vez ha tenido que evacuar su casa? Sí, ¿Cuándo? _____ No _____

14. ¿Mantiene en su casa un maletín de emergencia? Sí _____ No _____

ÁREA 2 - VULNERABILIDAD ECONÓMICA

1. En su hogar, ¿cuántas personas trabajan?

Padre _____ Madre _____ Hijos _____ Otros _____

2. ¿Tiene hijos que trabajan fuera del país? Sí _____ No _____

3. ¿Recibe alguna ayuda económica de sus hijos que trabajan fuera del país?

nunca _____ ocasionalmente _____ siempre _____

4. ¿El lugar en donde vive es propio? Sí _____ No _____

5. ¿Qué tipo de actividad laboral realizan los miembros de su familia?

Agricultor _____ Comerciante _____ Ganadería _____ Construcción _____ Otro _____

6. ¿Qué tipo de cultivo siembran?

Maíz _____ Frijol _____ Hortalizas _____ Vegetales _____ Plantas ornamentales _____ Otro _____

7. ¿Cuál es el uso de su cosecha?

Consumo propio _____ Venta ocasional _____ Venta siempre _____

8. ¿Qué tipo de animales tiene en su hogar y cuántos?

Aves _____ Cerdos _____ Vacas _____ Caballos _____ Ovejas _____ Cabras _____ Otros _____

9. ¿Si están en el trabajo, saben qué hacer en caso de una emergencia causada por el volcán?

Sí _____ No _____

ÁREA 2 - VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

1. ¿Cuántos años, aproximadamente, tiene su vivienda? _____

2. ¿Cuántos cuartos tiene su casa? _____

3. ¿De qué material están hechos los muros de su casa?

Adobe ___ Ladrillo ___ Block ___ Lepa ___ Madera ___

4. ¿De qué material están hechos los techos?

Lamina _____ Concreto _____ Palma _____ Teja de barro o asbesto _____

5. ¿Ha sido afectada su vivienda por algún temblor o actividad del volcán? Sí _____ No _____

6. ¿Cuántas erupciones ha vivido en esta casa? _____

7. ¿Ha sufrido algún daño? Sí _____ No _____

8. ¿Cuál ha sido el motivo y cuál fue el tamaño? Ceniza ___ Piedras ___ Lluvia ___ Otro Tamaño _____

9. ¿Su vivienda ha sufrido algún tipo de hundimiento? Sí _____ No _____

10. ¿Ustedes construyeron su vivienda? Sí ___ No _____

11. Estado general actual de la vivienda:

Bueno _____ Regular _____ Malo _____ Muy malo _____

ANEXO No.2

TABLAS

Tabla 7. Principales erupciones período 1581 - 1999

Período	Descripción	Período	Descripción	Período	Descripción
1581	Fuerte erupción de ceniza.	1932	Erupción de ceniza muy fuerte, acompañada de temblores ligeros. Caída de ceniza en Honduras, El Salvador y Ciudad de Guatemala (en esta sea se observó caída de ceniza de 138 kg/m ²) derrumbe del pico puntiagudo del volcán y el cráter se abre al NE. Avalanchas ardientes e incandescentes que daban la impresión de corrientes de lava.	1917-1918	Considerable derrumbe al suroeste del volcán por efecto de los terremotos de diciembre de 1917 y enero de 1918.
1582	Erupción de lava que destruyó el pueblo de San Pedro Yepocapa.	1944	Ligera caída de cenizas en los alrededores del volcán.	1921-1927	Actividad fumarólica intensificada hacia 1926, dimensiones estimadas del cráter: 150m dirección E-W y 75 m en dirección N-S, con profundidad entre 300 y 400 m.
1585	Lluvia de piroclásticos.	1953	11 mayo: ligera erupción. Flujo de lava en los barrancos, visible durante la noche desde la capital. Llenado de brecha del cráter formada en 1932 y la chimenea de la parte central se relleno hasta el borde del anterior cráter.	1974	Fuerte erupción dañando la agricultura.
1685	Frente a las costas del pacífico se detectan grandes cantidades de pómez y otros restos, posiblemente producto de una erupción.	1954	Actividad fumarólica.	1977	Constante actividad piroclástica baja.
1686-1710	Erupciones de ceniza.	1957	La ceniza alcanzó gran altitud.		
1717	Fuerte erupción que duro cuatro meses, caída de ceniza en El Petén y en El Salvador.	1962	Agosto: fuertes coladas de lava y efusión de ceniza.	1978	Flujos de lava.
1737	Fuerte erupción de varios días. Se cree que a partir de aquí, se formó el cráter destruido en la erupción de 1932.	1963	Septiembre: efusión de cenizas ardientes.	1986	Incandescente eyección de tefra visible desde Antigua Guatemala. Reportes de actividad fumarólica durante todo el año.
1775-1860	Erupciones de ceniza.	1967	Abril: efusión de cenizas ardientes	1987	Emisión de gas, microsismos y expulsión de vapor de agua.
1880	09 de mayo: erupción muy fuerte durante la noche, caída de ceniza en Mazatenango y Retalhuleu con posibles flujos de lava al Sur.	1970	Noviembre: abundante vapor de agua y ceniza.	1988	Constante fumarola de gas y moderada emisión de SO ₂ que continúa hasta 1992.
1886	Actividad fumarólica.	1971	Septiembre: poca cantidad de lava y abundante ceniza.	1999	Erupción moderada con emisión de ceniza afectando principalmente al este del volcán (San Juan Alotenango). Flujos piroclásticos dentro de las barrancas que nacen en los costados del volcán. Lahares en la época lluviosa, ocasionando la muerte de una persona y daños en infraestructura vial.

Tabla 8. Erupciones volcánicas durante el período 2000 – 2007

Período	Descripción
2000	Constantes explosiones con retumbos audibles en poblaciones cercanas y caída de ceniza en poca cantidad.
2002	Febrero: descenso de flujo de lava por flanco este del cráter, visible durante las noches que provoca el relleno total del cráter.
	9 Febrero: incremento de actividad estromboliana, visible desde la ciudad capital. Flujo de lava en barranca Las Lajas, alcanzando una longitud de casi 1500m. Se forma un cono de casi 50m. De altura dentro del cráter.
2003	8 enero: erupción moderada. Varios flujos piroclásticos, el más grande en la Quebrada Santa Teresa (Suroeste del volcán) con llenado parcial del barranco.
	Junio: Erupción moderada. Nuevos flujos piroclásticos, en la Quebrada Santa Teresa, rellenan completamente el barranco esparciéndose en una gran extensión afectando la vegetación local.
	en la época de lluvia, gran cantidad de lahares, principalmente en Quebrada Santa Teresa, arrastrando parcialmente los materiales de los flujos piroclásticos recientes.
2004	9 enero: erupción moderada. Flujos de lava principalmente hacia el oeste en cabecera de Quebrada Santa Teresa, alcanzando la base del volcán.
	13, 14 y 15 de Marzo: 2:15 am, erupción estromboliana, constantes explosiones sobre el cráter y avalanchas. Las condiciones atmosféricas no permitieron observar la actividad desde el observatorio. La actividad sísmica a partir de las 9:00 am. Del día 15 se observó incremento en la energía y el tremor con mayor amplitud con un registro entre 30 y 40 explosiones por minuto. Se reportó caída de finas partículas de ceniza en el área sur y sur-oeste, así como retumbos moderados y fuertes, que generaron onda de choque haciendo vibrar techos y ventanas de casas a 15 kilómetros en el perímetro volcánico. A partir de las 20 horas del día 15 de marzo, se despejó el volcán y se observó que sobre el cráter permanecía fuente incandescente de 400 y 500 metros en forma sostenida, con columna de ceniza de 1600 metros de altura y varios kilómetros de largo, dirigiéndose la columna hacia el flanco sur y sur-oeste, depositando finas partículas de ceniza hasta 40 kilómetros del volcán. 2 pequeños flujos piroclásticos avanzaron a 500 metros en la barranca Seca o Santa Teresa. En el flanco este y sur oeste flujos de lava en la barranca honda con una longitud de 400 metros, y en las barrancas Taniluyá y Barranca Seca los flujos alcanzaron de 1000 y 2000 metros de longitud, actividad que es poco frecuente de observar en este volcán.
2007	Junio: Se observa salidas de flujo de lava hacia el sur oeste dentro del canal de la barranca Taniluyá. A pesar de que la pendiente en esta es baja, el flujo no avanza más de 200 metros, se presentan colapsos que ocasionan avalanchas de bloques incandescentes los cuales llegan a la vegetación y provocan algunos incendios.
	8 y 9 de Agosto: Descenso de flujo de lava por las barrancas Santa Teresa, Ceniza y las Lajas, longitudes de 300, 500 y 800 metros respectivamente. La energía liberada registrada en el equipo automático se mantuvo entre 250 y 450 counts por cada 10 minutos desde las 5:30 am hasta las 15:00. A las 16:00 se registran un rango entre 500 y 600 counts por un periodo de 2 horas. A las 18:00 se registra un aumento con rangos entre 950 y 1024 counts por 10 minutos. Durante la erupción se produjeron 14 o más flujos piroclásticos en el flanco sur, sur oeste y oeste con longitudes de más de 1 kilómetro. La erupción fue caracterizada por expulsión de abundante ceniza negra que en su punto de mayor erupción alcanzo 2000 metros de altura, con fuente incandescente de lava en forma sostenida a 300 y 400 metros, la ceniza alcanzó 35 kilómetros de largo principalmente al oeste. Reportando caída de ceniza en Panajachel, Sololá, Yepocapa.
	15 de Diciembre: Columna de ceniza de aproximadamente 30 kilómetros, reportan caída de ceniza en Patulul, Santiago Atitlán. En Panimaché se queman plantaciones a causa de la ceniza. Caída de ceniza gruesa en Sangre de Cristo y en Santa Lucía Cotzumalguapa, Morelia, Santa Sofía y otras comunidades cercanas reportes de personas que presentan molestias en la vista debido al material expulsado por el volcán. Durante la fase post erupción las explosiones continuaron alcanzando los 1300 metros por 3 días y luego desaparecieron dejando únicamente explosiones débiles y moderadas con apareamiento de retumbos y sonidos de desgasificación.

Tabla 9. Ponderación factores prioritarios de la vulnerabilidad

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA POBLACIÓN DE PANIMACHÉ							
Propietario	V. Física	V. Social	V. Económica	V. Estructural	V. Global	No. De boleta	Estado de la vivienda
Fidel Calderas	5	16.80	5.75	8.00	35.55	41203657	Malo
Agusto Santos Cárdenas	5	12.80	4.00	7.00	28.80	412036621	Regular
Santos Calderas Cruz	5	15.55	6.41	10.00	36.96	412036622	Muy malo
Alejandro Barrios	5	16.55	5.00	9.00	35.55	412036625	Muy malo
Maximino Marroquín	5	17.50	8.00	7.00	37.50	412036619	Malo
José Humberto Paredes Chali	5	16.50	3.00	7.00	31.50	412036620	Regular
Tomas Santos Cárdenas	5	12.80	7.00	8.00	32.80	412036618	Malo
Miguel Ángel Arana	5	16.50	4.00	6.00	31.50	412036617	Muy malo
Alejandro Santos	5	13.25	7.00	9.00	34.25	41203669	Malo
José Manuel Santos	5	18.55	8.00	10.00	41.55	41203668	Muy malo
Aparicio Chali	5	0.00	0.00	0.00	5.00	0	sin información
Mario Rolando Batres	5	10.50	4.41	7.00	26.91	412036612	Malo
Elisandro Barrios Escobar	5	13.30	7.00	9.00	34.30	41203652	Malo
Edgar René Misa Pinto	5	0.00	0.00	0.00	5.00	0	sin información
Abdiel Misa Ruano	5	15.25	6.50	8.00	34.75	41203621	Muy malo
Amalia Pérez	5	0.00	0.00	0.00	5.00	0	sin información
Saturnino Misa Bocaj	5	11.30	4.66	7.75	28.71	41203666	Malo
Sergio Misa	5	0.00	0.00	0.00	5.00	0	sin información
Luciana Misa Bocaj	5	20.00	2.25	11.00	5.00	41203623	Muy malo
Luis Misa Bocaj	5	20.00	2.25	11.00	5.00	41203623	Muy malo
Bernardo Misa Bocaj	5	17.75	5.25	11.00	39.00	412036117	Muy malo
Otoniel Misa Pinto	5	12.80	4.50	10.00	32.30	41203631	Malo
Casa Patronal finca San Miguel las flores	5	0.00	0.00	0.00	5.00	0	sin información
Edvin Daniel Misa	5	10.30	5.00	4.00	24.30	412036119	Regular
Héctor Noel Misa Aparicio	5	14.80	5.50	9.00	34.30	412036118	Malo
Nehemías Misa Ruano	5	17.50	6.00	6.00	34.50	412036116	Regular
Victoriano Misa Bucaj	5	13.50	5.00	4.00	27.50	412036115	Regular
Federico Apen	5	0.00	0.00	0.00	5.00	412036113	Muy malo
Hever Joctan Mixia	5	12.30	4.25	8.25	29.80	412036110	Malo
Max Barrios Escobar	5	15.55	3.50	8.75	32.80	412036111	Malo
José Amílcar Morales	5	12.80	6.25	5.00	29.05	412036112	Regular
Arcario Molina Zuleta	5	0.00	0.00	0.00	5.00	0	Muy malo
Maximiliano Misa Bocaj	5	10.50	4.50	7.00	27.00	41203619	Malo

Arnoldo Misa Aparicio	5	17.60	6.00	6.00	34.60	41203618	Malo
Gilver Chali	5	17.50	6.75	6.25	35.50	412036613	Regular
Concepción Minas	5	11.75	6.25	3.25	26.25	41203614	Bueno
Dinora Curumaco	5	12.00	5.00	8.75	30.75	41203615	Malo
Nicolasa Alvarado Figueroa	5	19.50	6.25	7.00	37.75	41203613	Regular
Juan Escobar	5	0.00	0.00	0.00	5.00	0	sin información
Daniel Martín González	5	22.00	6.00	10.75	43.75	41203612	Muy malo
Aparicio Alvarado	5	15.55	6.75	6.00	33.30	412036614	Regular
Roberto Barrios Escobar	5	10.75	4.25	7.75	27.75	41203667	Malo
Etelvina Misa Figueroa	5	12.80	5.00	9.00	31.80	41203622	Malo
Juan Boc	5	0.00	0.00	0.00	5.00	41203617	sin información
Aarón Figueroa	5	15.50	4.00	6.00	30.50	412036317	Regular
Catarino Misa	5	12.50	5.25	7.00	29.75	412036318	Regular
Álvaro Misa	5	13.20	4.25	7.75	30.20	412036420	Malo
Edgar Leonel Misa	5	12.50	4.25	6.75	28.50	412036610	Malo
Catarino Misa Hijo	5	12.80	5.25	4.75	27.80	412036421	Regular
Edgar Antonio Barrios	5	10	5	5	5.00	0	
Hugo Leonel Barrios Escobar	5	16.80	6.75	10.00	38.55	41203651	Muy malo
Mario René Barrios Escobar	5	15.30	6.75	5.00	32.05	41203653	Regular
Mardoqueo Santos Bilches	5	16.00	7.00	4.00	32.00	41203667	Regular
María Victoria Barrios	5	16.80	4.00	7.00	32.80	412036610	Regular
Isidro Barrios Cacatzí	5	13.55	7.00	11.00	36.55	412036611	Muy malo
Carlos Emilio Barrios Escobar	5	16.50	3.00	11.00	35.50	412036612	Muy malo
Luisa Cárdenas Toj	5	15.75	3.00	8.00	31.75	412036613	Malo
Martín Alvarado Figueroa	5	16.75	7.00	11.00	39.75	412036614	Muy malo
William Orlando Misa Alvarado	5	16.50	5.00	9.00	35.50	412036615	Muy malo
Andrés Alvarado Higueros	5	16.75	5.00	9.00	35.75	412036616	Muy malo
Miguel Ángel Arana	5	16.55	4.00	6.00	5.00	412036617	Muy malo
Amílcar Calderas Cárdenas	5	15.89	5.00	11.00	36.89	412036623	Muy malo
Alex Calderas Girón	5	15.89	6.00	10.25	37.14	412036624	Muy malo
Julia Esperanza Misa	5	12.50	4.61	5.25	27.36	41203669	Malo
Manuel Armando Pablo Gómez	5	12.30	4.66	7.00	28.96	41203668	Malo
María Cristina Misa Boj Argueta	5	16.75	2.00	7.00	30.75	41203665	Malo
Marta Consuelo Cacatzí	5	14.50	6.00	6.75	32.25	41203664	Malo
Herlinda Ralios	5	11.80	6.75	9.00	32.55	41203662	Malo

Tabla 10. Vulnerabilidades por familia

Propietario	V_G	V_Ec	V_Es	V_S	Propietario	V_G	V_Ec	V_Es	V_S	Propietario	V_G	V_Ec	V_Es	V_S
Nehemías Misa Ruano	Alta	Alta	Alta	Alta	Max Barrios Escobar	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Juan Escobar	Baja	Baja	Baja	Baja
Arnoldo Misa Aparicio	Alta	Alta	Alta	Alta	Álvaro Misa	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Rolando Misa	Baja	Baja	Baja	Baja
Gilbert Chuli	Alta	Alta	Alta	Alta	María Victoria Barrios	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Juan Boc	Baja	Baja	Baja	Baja
Aparicio Alvarado	Alta	Alta	Alta	Alta	Carlos Emilio Barrios Escobar	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Edgar Antonio Barrios	Baja	Baja	Baja	Baja
Mario René Barrios Escobar	Alta	Alta	Alta	Alta	Luisa Cárdenas Toj	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Mario Rolando Batrez	Baja	Media	Alta	Baja
Marta Consuelo Cacatz	Alta	Alta	Alta	Alta	William Orlando Misa Alvarado	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Maximiliano Misa Bocaj	Baja	Media	Alta	Baja
José Amílcar Morales	Alta	Alta	Alta	Baja	Andrés Alvarado Higueros	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Edgar Leonel Misa	Baja	Media	Alta	Baja
Catarino Misa	Alta	Alta	Alta	Baja	Agusto Santos Cárdenas	Alta	Media	Muy Alta	Baja	Julia Esperanza Misa	Baja	Media	Alta	Baja
Mardoqueo Santos Bilches	Alta	Alta	Media	Alta	Otoniel Misa Pinto	Alta	Media	Muy Alta	Baja	Manuel Armando Pablo Gómez	Baja	Media	Alta	Baja
Tomas Santos Cárdenas	Alta	Alta	Muy Alta	Baja	Hever Joctan Mixia	Alta	Media	Muy Alta	Baja	Edvin Daniel Misa	Baja	Media	Media	Baja
Dinora Colomaco	Alta	Alta	Muy Alta	Baja	Roberto Barrios Escobar	Alta	Media	Muy Alta	Baja	Nicolasa Alvarado Figueroa	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Etelvina Misa Figueroa	Alta	Alta	Muy Alta	Baja	Concepción Minas	Baja	Alta	Media	Baja	Fidel Calderas	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
Herlinda Ralios	Alta	Alta	Muy Alta	Baja	Catarino Misa Hijo	Baja	Alta	Media	Baja	Santos Calderas Cruz	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
María Cristina Misa Boj Argueta	Alta	Baja	Alta	Alta	Aparicio Chali	Baja	Baja	Baja	Baja	Alejandro Santos	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
Miguel Ángel Arana	Alta	Media	Alta	Alta	Edgar René Misa Pinto	Baja	Baja	Baja	Baja	Elisandro Barrios Escobar	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
Aarón Figueroa	Alta	Media	Alta	Alta	Amalia Pérez	Baja	Baja	Baja	Baja	Abdiel Misa Ruano	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
Miguel Ángel Arana	Alta	Media	Alta	Alta	Sergio Misa	Baja	Baja	Baja	Baja	Bernardo Misa Bocaj	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
Saturnino Misa Bocaj	Alta	Media	Alta	Baja	Casa Patronal finca San Miguel las flores	Baja	Baja	Baja	Baja	Héctor Noel Misa Aparicio	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
Victoriano Misa Bucaj	Alta	Media	Media	Alta	Federico Apen	Baja	Baja	Baja	Baja	Hugo Leonel Barrios Escobar	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
Alejandro Barrios	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Arcario Molina Zuleta	Baja	Baja	Baja	Baja	Isidro Barrios Cacatz	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
José Humberto Paredes Chali	Alta	Media	Muy Alta	Alta	Luis Ronaldo Misa Alvarado	Baja	Baja	Baja	Baja	Martín Alvarado Figueroa	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta

Tabla 11. Características volcánicas e Índice de Explosividad.

IVE	Descripción	Altura Pluma	Volumen	Clasificación	Frecuencia	Ejemplo
0	No explosiva	< 100m	Miles de m ³	Hawaiana	Diariamente	Kilawuea
1	Suave	100 – 1000m	Decenas de miles de m ³	Hawaiana / Estromboliana	Diariamente	Pacaya 1962 / 2000
2	Explosiva	1 – 5 km.	Millones de m ³	Estromboliana / Vulcaniana	Semanalmente	Fuego 1500 / 2005
3	Severa	3 – 15 km.	Decenas de millones de m ³	Vulcaniana	Anualmente	Fuego 1500 / 2005
4	Cataclísmica	10 – 25 km.	Centenas de millones m ³	Vulcaniana / Pliniana	Decenas de años	Santa María 1902, Fuego
5	Paroxismal	> 25 km.	1 km ³	Pliniana	Siglos	Santa Maria 1902
6	Colosal	> 25 km.	Decenas de km ³	Pliniana/ ultra-Pliniana	Siglos	Siete Orejas 10,000 AC
7	Súper Colosal	> 25 km.	Centenas de Km ³	Ultra Pliniana	Milenios	Tambora 1815
8	Mega Colosal	> 25 km.	Miles de km ³	Ultra Pliniana	Decenas de Milenios	Atitlán, Amatitlán calderas 86,000 – 23,000

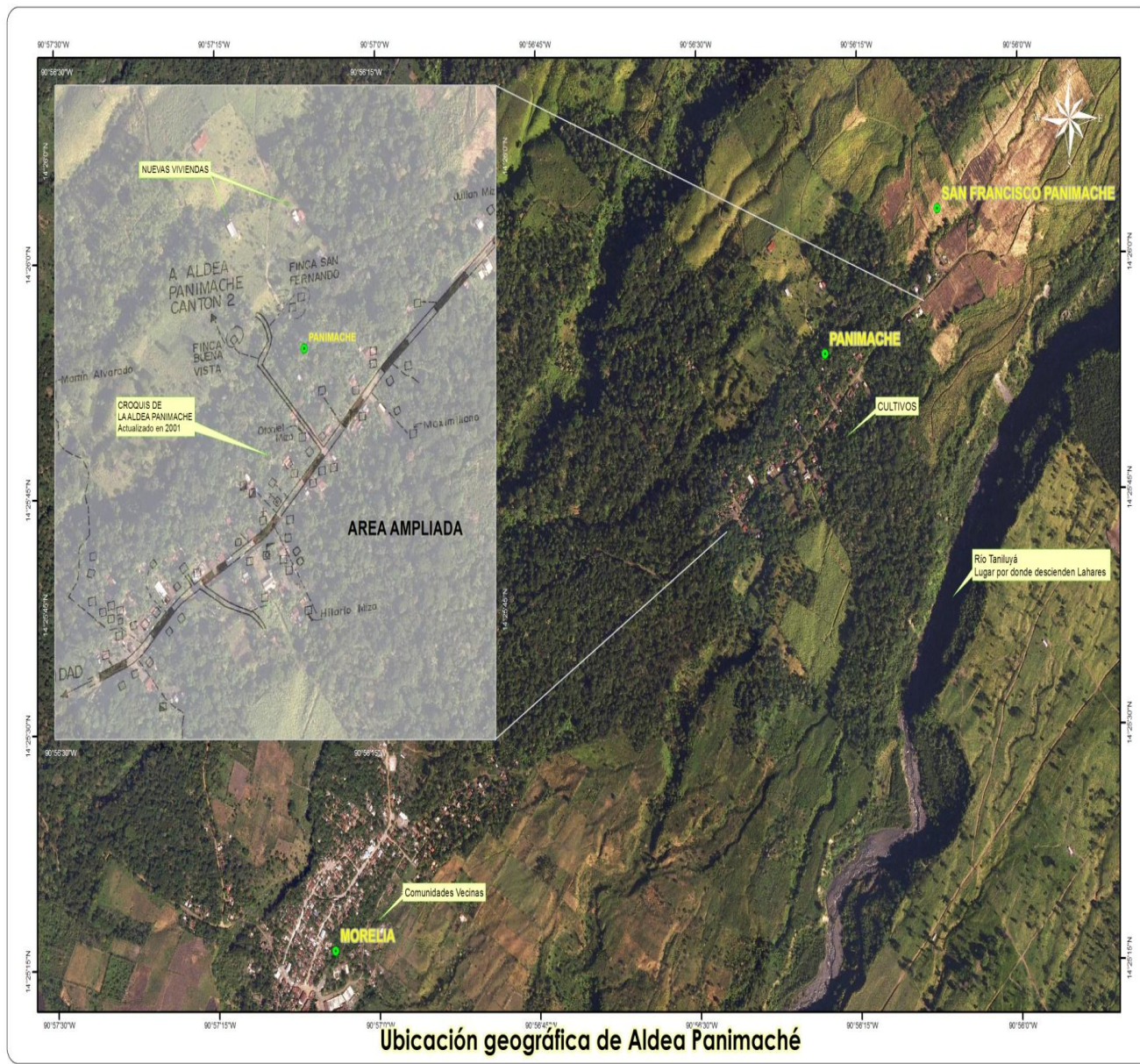
Tabla 12. Descriptivos de Indicadores Económicos INE

Población económicamente activa	
RAMTOT	Total de Población Economía.
RAM1	Total población económicamente activa en la rama de agricultura, caza, silvicultura y pesca.
RAM2	Total población económicamente activa en la rama de explotación de minas y canteras.
RAM3	Total población económicamente activa en la rama de industria manufacturera textil y alimenticia.
RAM4	Total población económicamente activa en la rama de electricidad, gas y agua.
RAM5	Total población económicamente activa en la rama de construcción.
RAM6	Total población económicamente activa en la rama de comercio por mayor y menor, restaurantes y hoteles.
RAM7	Total población económicamente activa en la rama de transporte, almacenamiento y comunicaciones.
RAM8	Total población económicamente activa en la rama de establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a empresas.
RAM9	Total población económicamente activa en la rama de administración pública y defensa.
RAM10	Total población económicamente activa en la rama de enseñanza.
RAM11	Total población económicamente activa en la rama de servicios comunales, sociales y personales.
RAM12	Total población económicamente activa en la rama de organizaciones extraterritoriales.
RAM13	Total población económicamente activa en la rama no especificada.
Servicio de agua promedio cuartos	
TOTHOG	Total Hogar.
EXCLUSIVO	Uso exclusivo del chorro.
VARHOG	chorro para varios hogares.
PUBLICO	chorro público (fuera del local).
POZO	hogares con pozos.
CAMION	hogares con servicio de agua por camión o tonel.
RIO	hogares con servicio de agua por río, lago o manantial.
Discapacidad	
TOT	promedio de personas por hogar.
URB	promedio de personas en hogares urbanos.
RUR	promedio de personas en hogares rurales.
HOGDISC	hogares en que una o más personas tienen alguna discapacidad.
CEQUER	hogares en que alguna persona tiene ceguera.
SORDERA	hogares en que alguna persona tiene sordera.
DISCEXTREM	hogares en que alguna persona tiene discapacidad en las extremidades.
MENTAL	hogares en que alguna persona tiene deficiencia mental.
OTRA	hogares en que alguna persona tiene otra discapacidad.
Educación	
	Total de Hombres y Mujeres.
HOMBRES	Total de Hombres.
MUJERES	Total de Mujeres.
NINGUNO	Ninguno.
PREPRI	Pre-Primaria.
PRI1_3	Primaria de 1 a 3 grado.
PRI4_6	Primaria de 4 a 6 grado.
MEDIA1_3	Media de 1 al 3 grado.
MEDIA4_7	Media de 4 al 7 grado.
SUPERIOR	Superior.
ALFAB	Alfabeta.
ALFABHOM	Alfabeta Hombre.
ALFABMUJ	Alfabeta Mujer.
Inasistencia escolar	
	Público.
PRIVADO	Privado.
NOASIS	No asistió total.
TOT	Inasistencia total.
FALDIN	Falta de Dinero.
TIETRAB	Trabaja.
NOHAY	No Hay.

PADRESNO	Padres no quieren.
QUEHAHOG	Que haceres del hogar.
NOGUSTA	No le gusta, no quiere ir.
TERMINO	Ya termino sus estudios.
OTRA	Otra causa.
Población económicamente activa rama ocupación	
ECACTOT	Total de población económicamente activa por categoría ocupacional (no incluye a los que buscaron trabajo).
OCUP1	Miembros del poder ejecutivo y de los cuerpos legislativos y personal directivo de la administración pública.
OCUP2	Profesionales, científicos e intelectuales.
OCUP3	Técnicos profesionales de nivel medio.
OCUP4	Empleados de oficina.
OCUP5	Trabajadores de los servicios y vendedores de comercio y mercados.
OCUP6	Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros.
OCUP7	Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios.
OCUP8	Operarios de instalaciones y máquinas y montadores.
OCUP9	Trabajadores no calificados.
OCUP10	Fuerzas armadas.
Materiales de los techos	
TOTLOCPAR	Total locales de habitación particulares (viviendas).
CONCR	Material predominante en el techo, concreto.
LAMET	Material predominante en el techo, lámina metálica.
ASBCEM	Material predominante en el techo, asbesto cemento.
TEJA	Material predominante en el techo, teja.
PALMA	Material predominante en el techo, palma o similar.
OTRO	Material predominante en el techo, otro material.
Materiales de paredes	
LOCHABPAR	Total locales de habitación particulares (viviendas).
LADRILLO	Material predominante en las paredes exteriores, ladrillo.
BLOCK	Material predominante en las paredes exteriores, block.
CONCRETO	Material predominante en las paredes exteriores, concreto.
ADOBE	Material predominante en las paredes exteriores, adobe.
MADERA	Material predominante en las paredes exteriores, madera.
LAMET	Material predominante en las paredes exteriores, lámina metálica.
BAJA	Material predominante en las paredes exteriores, bajareque.
LEPA	Material predominante en las paredes exteriores, lepa, palo o caña.
OTRO	Material predominante en las paredes exteriores, otro material.
Servicio sanitario	
SERVSANI	Total de hogares que disponen de servicio sanitario.
EXTOT	Total de hogares con uso exclusivo del servicio sanitario para el hogar.
EXREDRE	Hogares con uso exclusivo del servicio sanitario y el inodoro conectado a la red de drenaje.
EXFOSEP	Hogares con uso exclusivo del servicio sanitario y el inodoro conectado a una fosa séptica.
EXEXCLAV	Hogares con uso exclusivo del servicio sanitario y excusado lavable.
EXLETRINA	Hogares con uso exclusivo del servicio sanitario y letrina o pozo ciego.
COMPTOT	Total de hogares con servicio sanitario compartido entre varios hogares.
COMPREDRE	Hogares con servicio sanitario compartido y el inodoro conectado a la red de drenaje.
COMPFOSEP	Hogares con servicio sanitario compartido y el inodoro conectado a una fosa séptica.
COMPEXCLAV	Hogares con servicio sanitario compartido y excusado lavable.
COMPLETRINA	Hogares con servicio sanitario compartido y letrina o pozo ciego.
SINSERVSANI	Total de hogares que no disponen de servicio sanitario.

ANEXO No.3

Mapa 1. Mapa de Ubicación Geográfica de PANIMACHÉ.

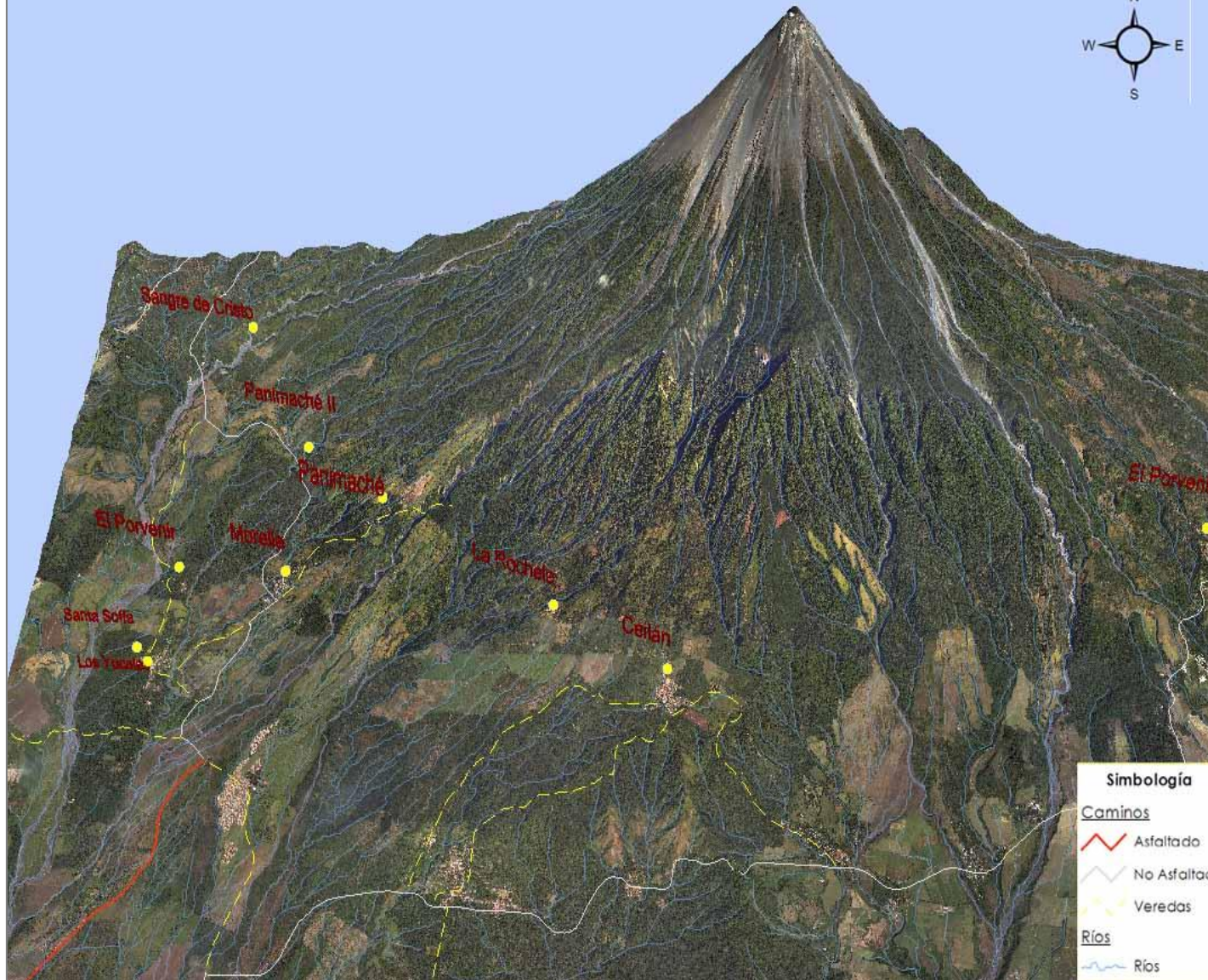
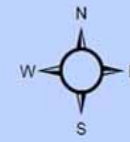


En este mapa se muestra la ubicación geográfica de la aldea Panimaché. Con el uso de la fotografía aérea, fácilmente pueden identificarse elementos que ponen en riesgo a la comunidad. En este caso, la Barranca del Río Taniluyá, por donde desciende el material volcánico como lahares y flujos piroclásticos en tiempo de lluvia o cuando incrementa la actividad del volcán.

También se muestra el croquis de la comunidad. Este fue de utilidad para conocer de forma detallada algunos aspectos que facilitaron la ubicación y distribución por sectores.

A 1.2 kilómetros se localiza Morelia la comunidad más cercana a Panimaché, como se muestra en el mapa.

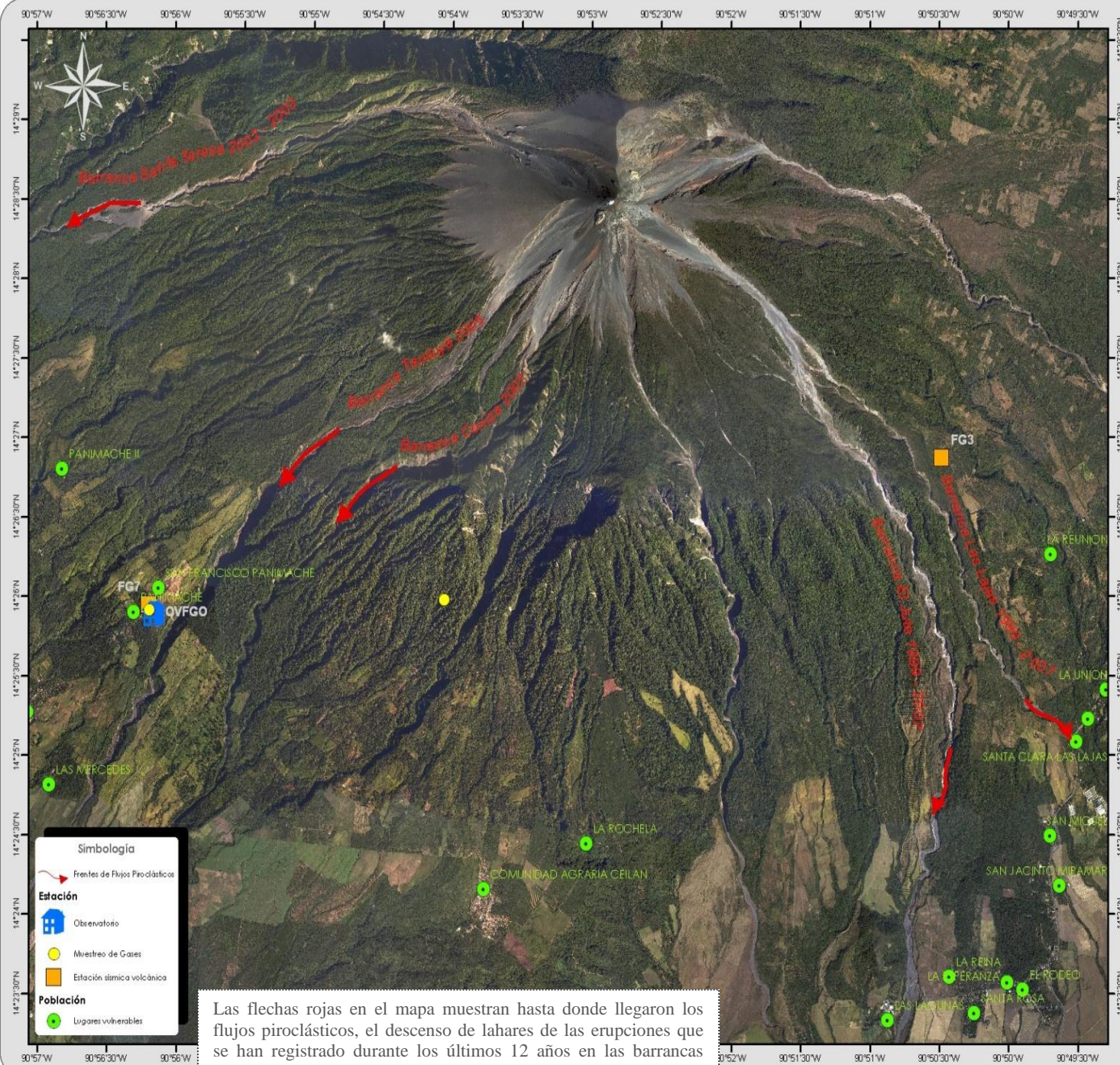
Lugares poblados cercanos al volcán de Fuego



Este es un modelo 3D del área localizando las 10 comunidades más cercanas a las faldas del edificio volcánico.

El modelo de elevación digital con resolución de 20 metros y la fotografía aérea sirvieron de base para poder obtener este resultado. Se pueden observar las vías de acceso principales. Para esto, se clasificaron utilizando las categorías establecidas por el IGN. Así también se muestran las vertientes que nacen en las pendientes más altas del volcán, las que en pendientes más bajas causan el bloqueo de los accesos principales de las comunidades. Las barrancas: Seca, Taniluyá, Mineral, Gobernador son afluentes del Río Pantaleón; Ceniza es afluente del Río Achigüate; las barrancas: Honda, Las Lajas, El Jute, son afluentes del Río Guacalate.

Mapa 3. Mapa de Flujos Piroclásticos Volcán de Fuego.



Las flechas rojas en el mapa muestran hasta donde llegaron los flujos piroclásticos, el descenso de lahares de las erupciones que se han registrado durante los últimos 12 años en las barrancas indicadas.

Actividad Histórica del Volcán de Fuego

Se conoce que en tiempos históricos desde la colonización española el Volcán de Fuego ha hecho 62 erupciones de gran magnitud, las cuales han modificado la morfología de la parte sur - oeste del edificio volcánico. Siendo en 1974 la última erupción ocasionando grandes pérdidas en la agricultura e infraestructura.


El actual período eruptivo del volcán inició el 21 de Mayo de 1999 a la fecha registrándose 17 erupciones en pequeña escala, sin embargo se han registrado flujos piroclásticos los cuales han descendido por las barrancas Seca o Santa Teresa, Taniluyá, Centza, El Jute y Las Lajas como se muestra en el mapa.

En el año 2002 y 2003 han sido las erupciones mas fuertes de este período, donde los flujos piroclásticos han relleno la Barranca Santa Teresa con dimensiones de 60mts. De profundidad y 100 y 150mts. De ancho, estos flujos piroclásticos descendieron a 1km. De distancia de la aldea Sangre de Cristo del departamento de Chimaltenango. Actualmente la población vulnerable a fenómenos de tipo volcánico se considera aproximadamente de 62,000 personas asentadas en varias poblaciones entre cabeceras municipales, aldeas, caseríos y fincas de los departamentos de Chimaltenango, Escuintla y Sacatepéquez.

Existen a la fecha mapas de amenaza volcánica por lahares, flujos piroclásticos, caídas de ceniza, los cuales han sido un aporte de distintos proyectos internacionales siendo uno de ellos el proyecto JICA en 2001. INSIVUMEH monitorea constantemente el comportamiento sísmico volcánico a través de 3 estaciones sísmicas, muestreo de gases en tiempo real por el proyecto NOVAC y con mediciones de COSPEC.



Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología.
 Guatemala, Centro América
 "Sección de Vulcanología"
 Departamento de Investigación y Estudios Geofísicos



Mapa 4. Mapa de amenaza caída de ceniza.

En los mapas de amenaza, se indica la ubicación de la aldea en relación con la caída de ceniza con un escenario de 30 centímetros de espesor. También se muestra su exposición a la amenaza por lahares en donde se muestra como estos afectan las vías de acceso a la comunidad. (Como se explica en mapa 2).



Ríos

- Perenne
- Intermitente

Caminos

- Carretera departamental
- Carretera nacional
- Clasificación sin objeto (veredas, roderas y carreteras que no llevan un número)

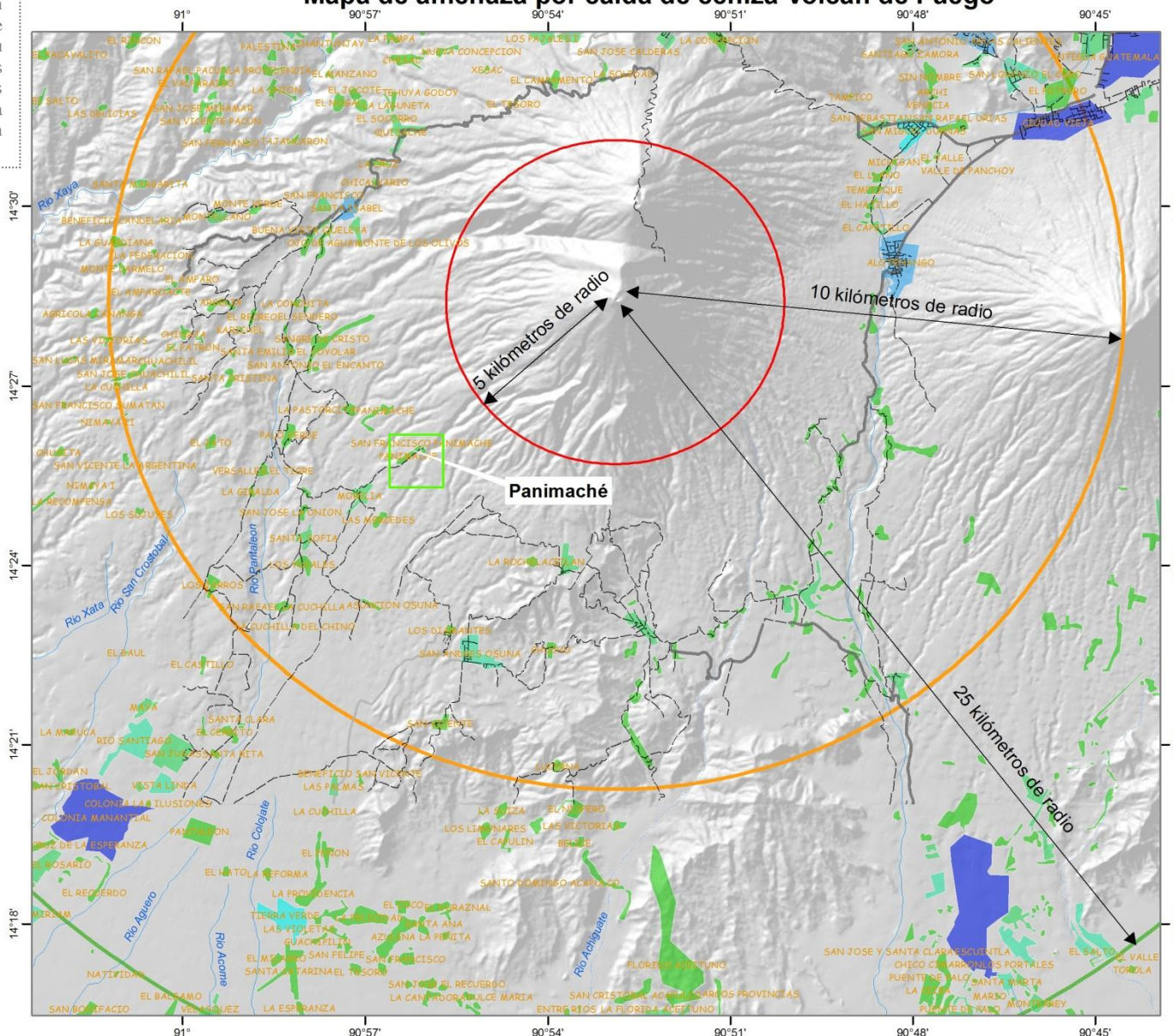
Caída de ceniza

- 10 centímetros
- 30 centímetros
- 50 centímetros

Población

- 0.0 - 500
- 500.1 - 2000
- 2000.1 - 4000
- 4000.1 - 5000
- 5000.1 - 8000
- 8000.1 - 10000
- 10000.1 - 15499

Mapa de amenaza por caída de ceniza Volcan de Fuego



Los mapas, en esta área muestran la ubicación y exposición de la aldea Panimaché ante las diferentes expresiones del volcán. Esto demuestra por qué se le asignó un grado de vulnerabilidad física alto. Su cercanía al cráter no sobrepasa los 8 kilómetros lo que constituye un riesgo para los habitantes.

Mapa de amenaza por lahares o flujo de escombros Volcan de Fuego



Ríos

- Perenne
- Intermitente

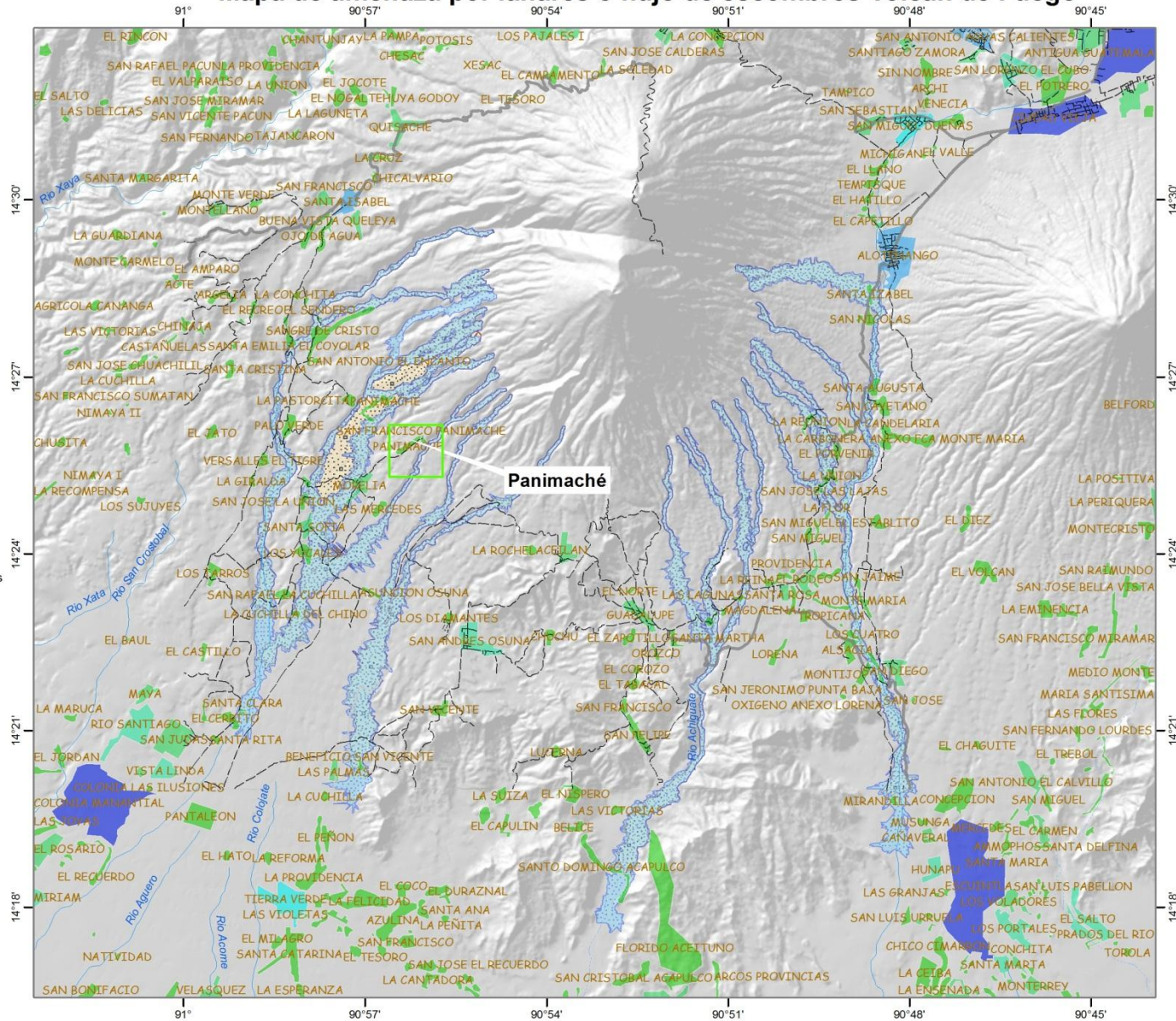
Caminos

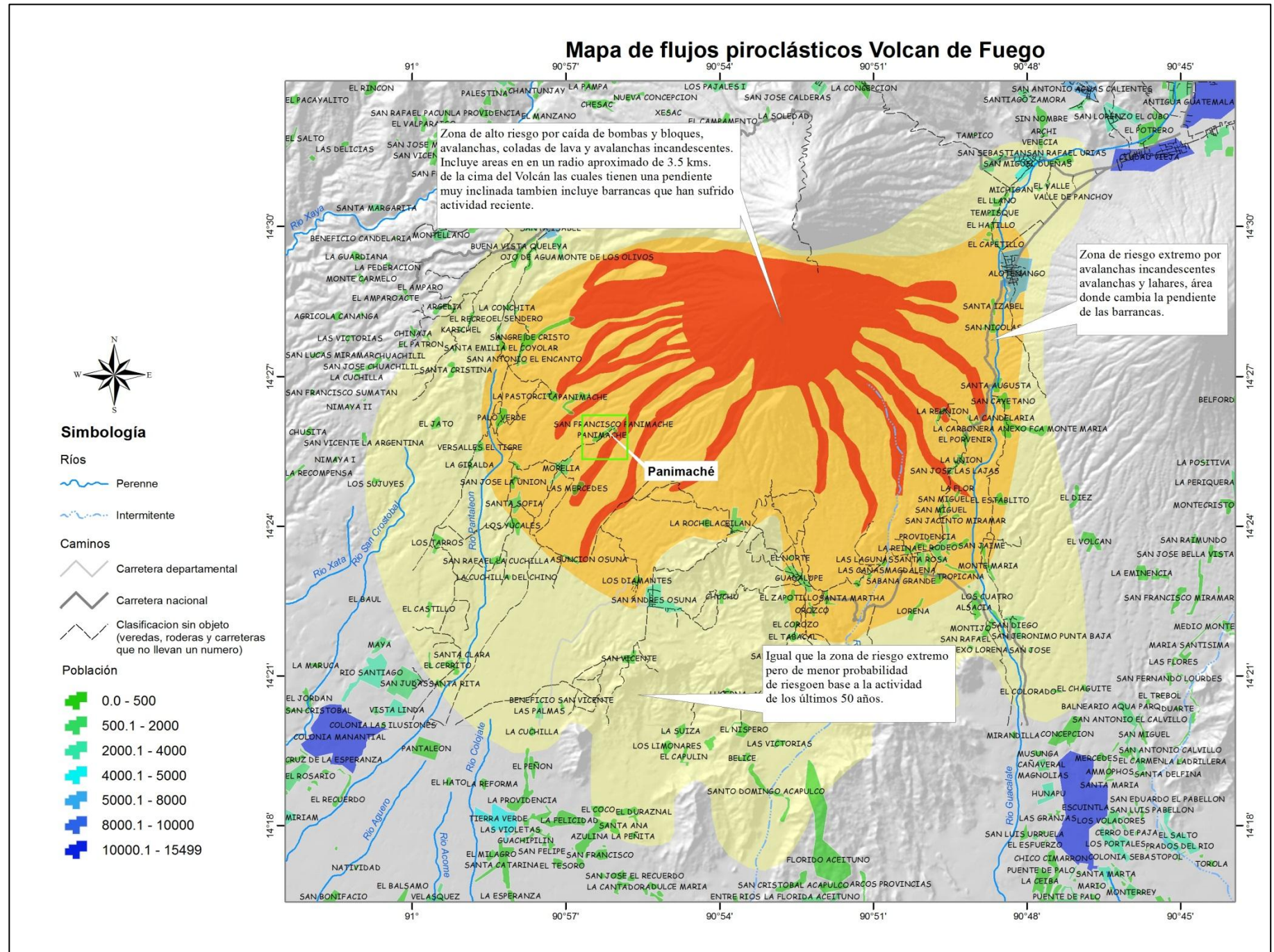
- Carretera departamental
- Carretera nacional
- Clasificación sin objeto (veredas, roderas y carreteras que no llevan un número)

- lahares 4 millones de mts3 de material volcánico escenario 2
- lahares 2 millones de mts3 de material volcánico escenario 1

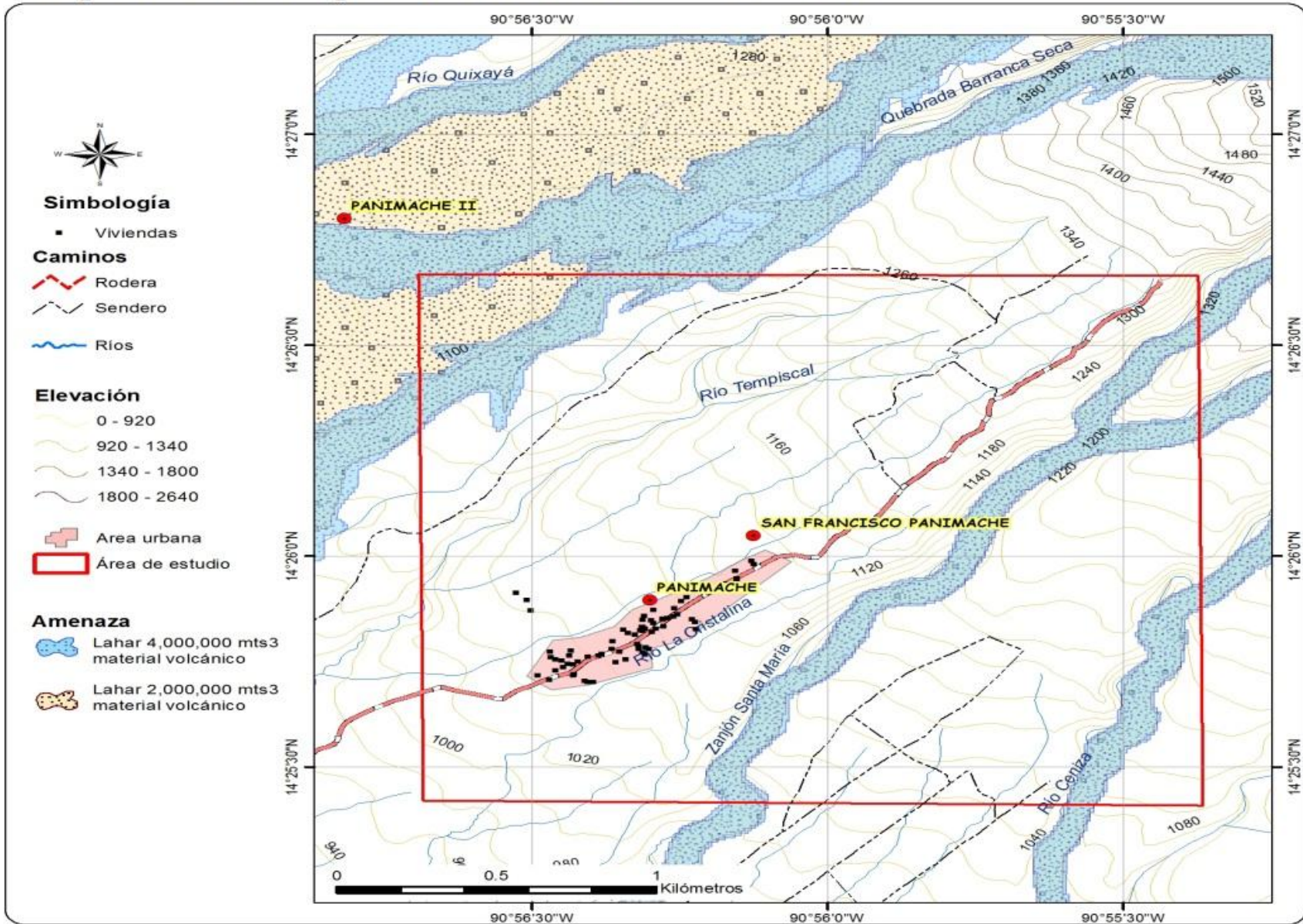
Población

- 0.0 - 500
- 500.1 - 2000
- 2000.1 - 4000
- 4000.1 - 5000
- 5000.1 - 8000
- 8000.1 - 10000
- 10000.1 - 15499

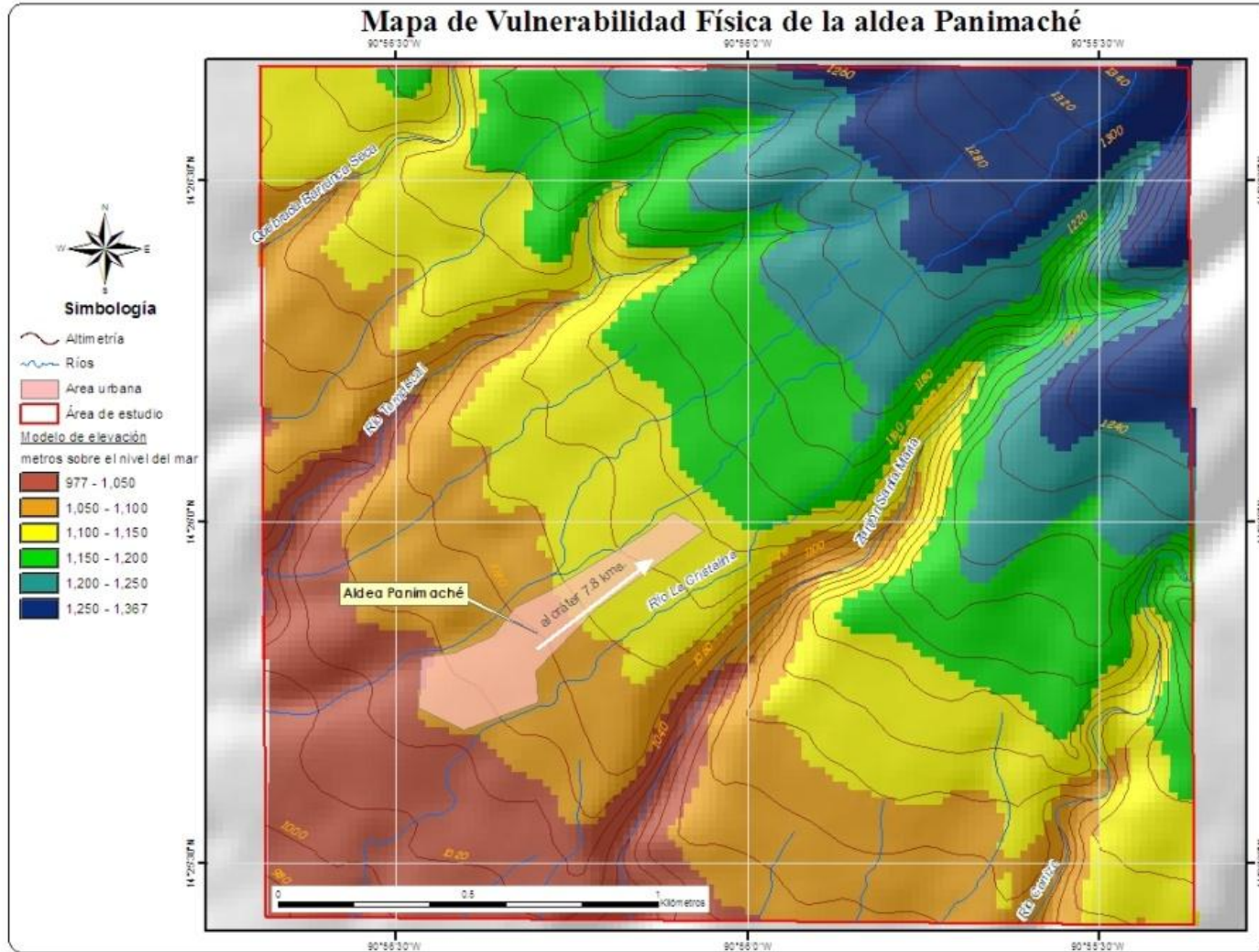




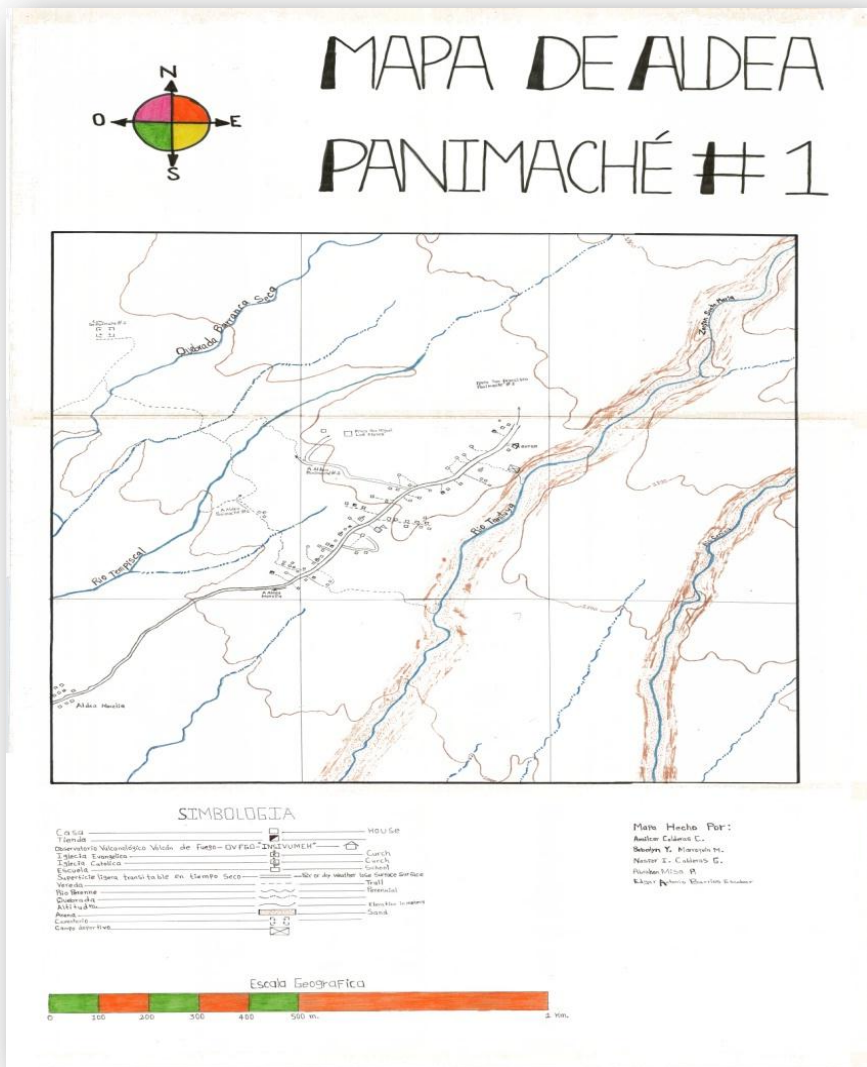
Mapa de amenaza por lahares en la aldea Panimaché



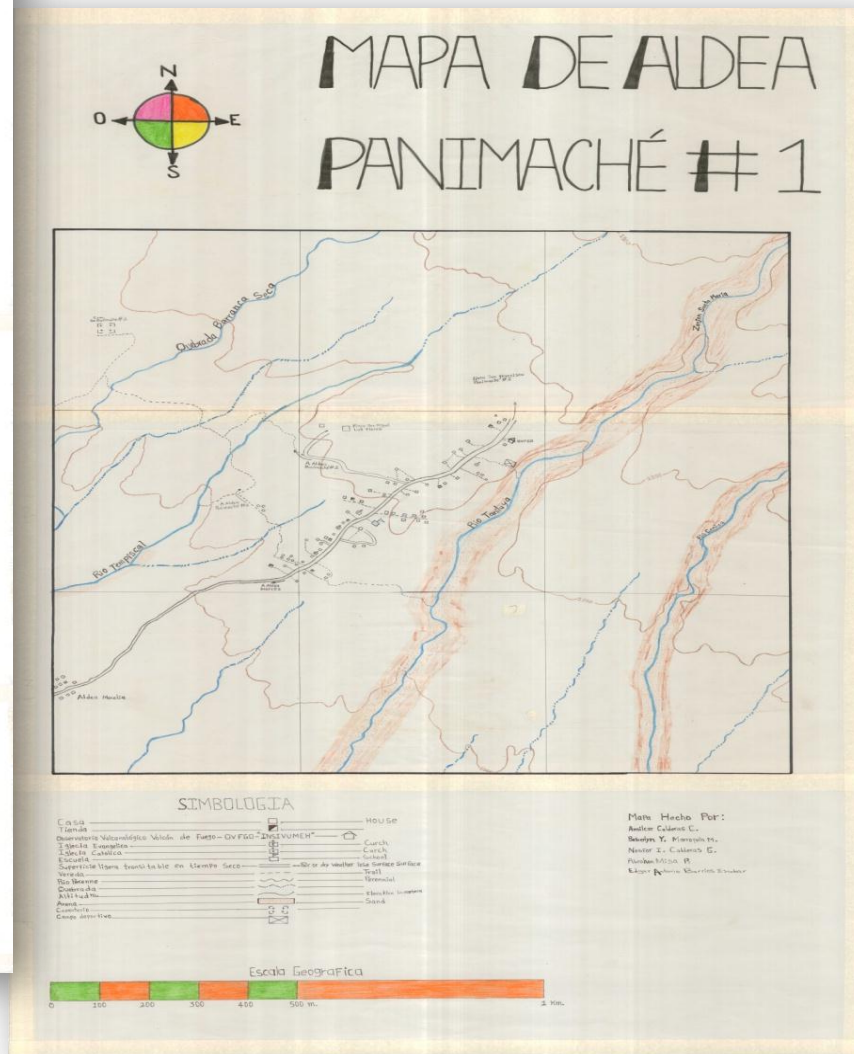
Mapa 8. Modelo de elevación sobre el nivel del mar



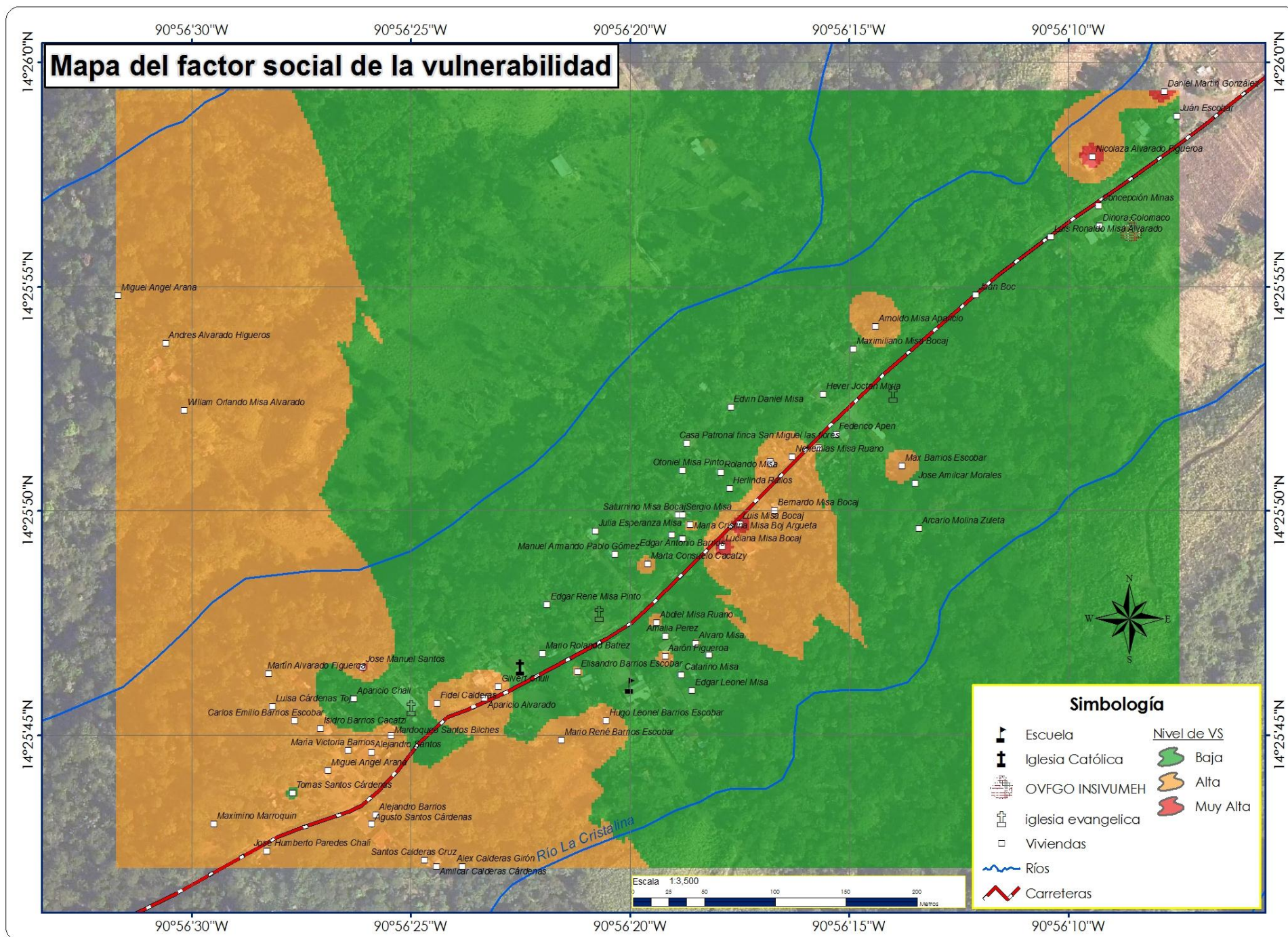
Mapa 9. Mapa digital editado de la comunidad.



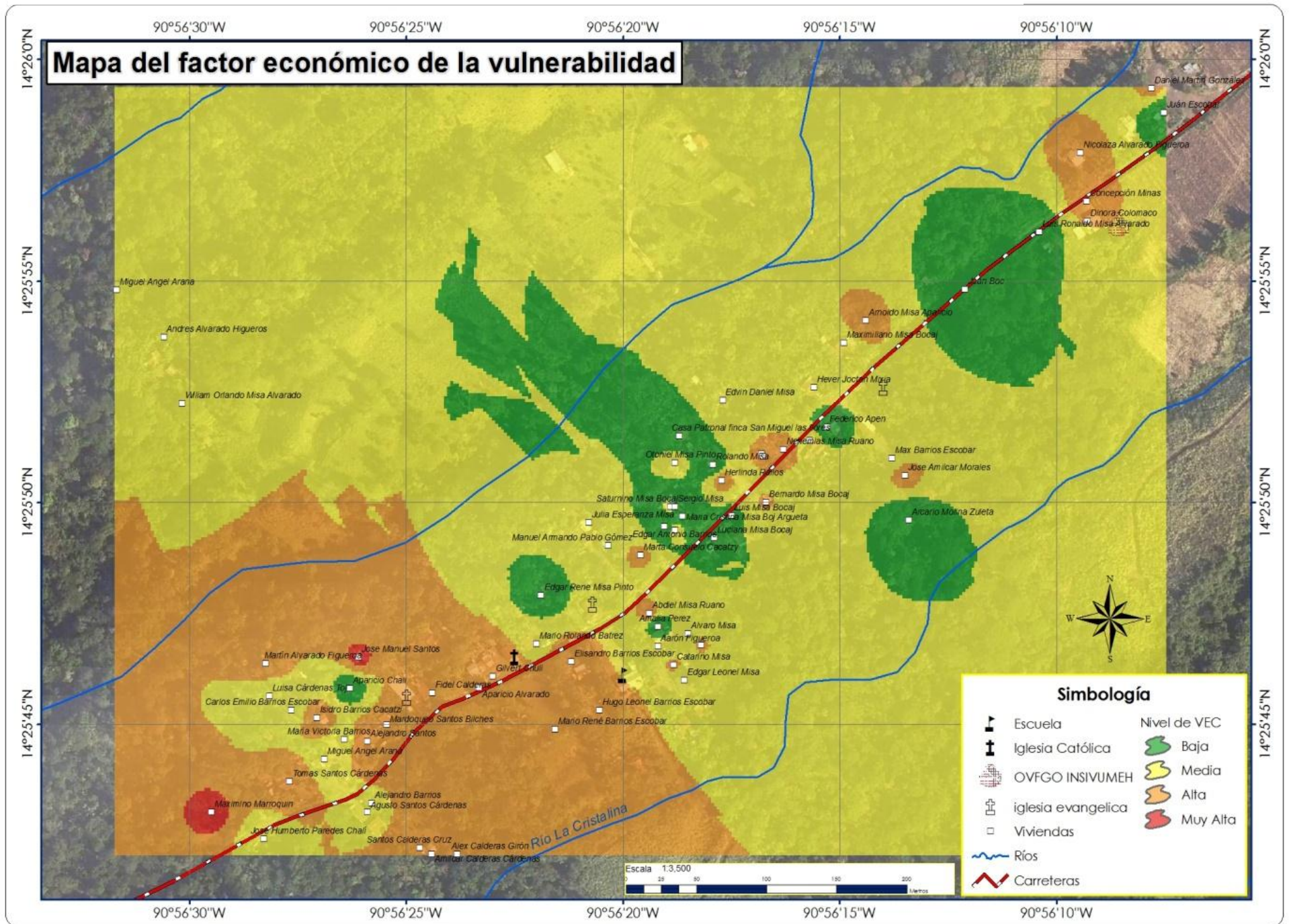
Mapa 10. Mapa comunitario sin edición



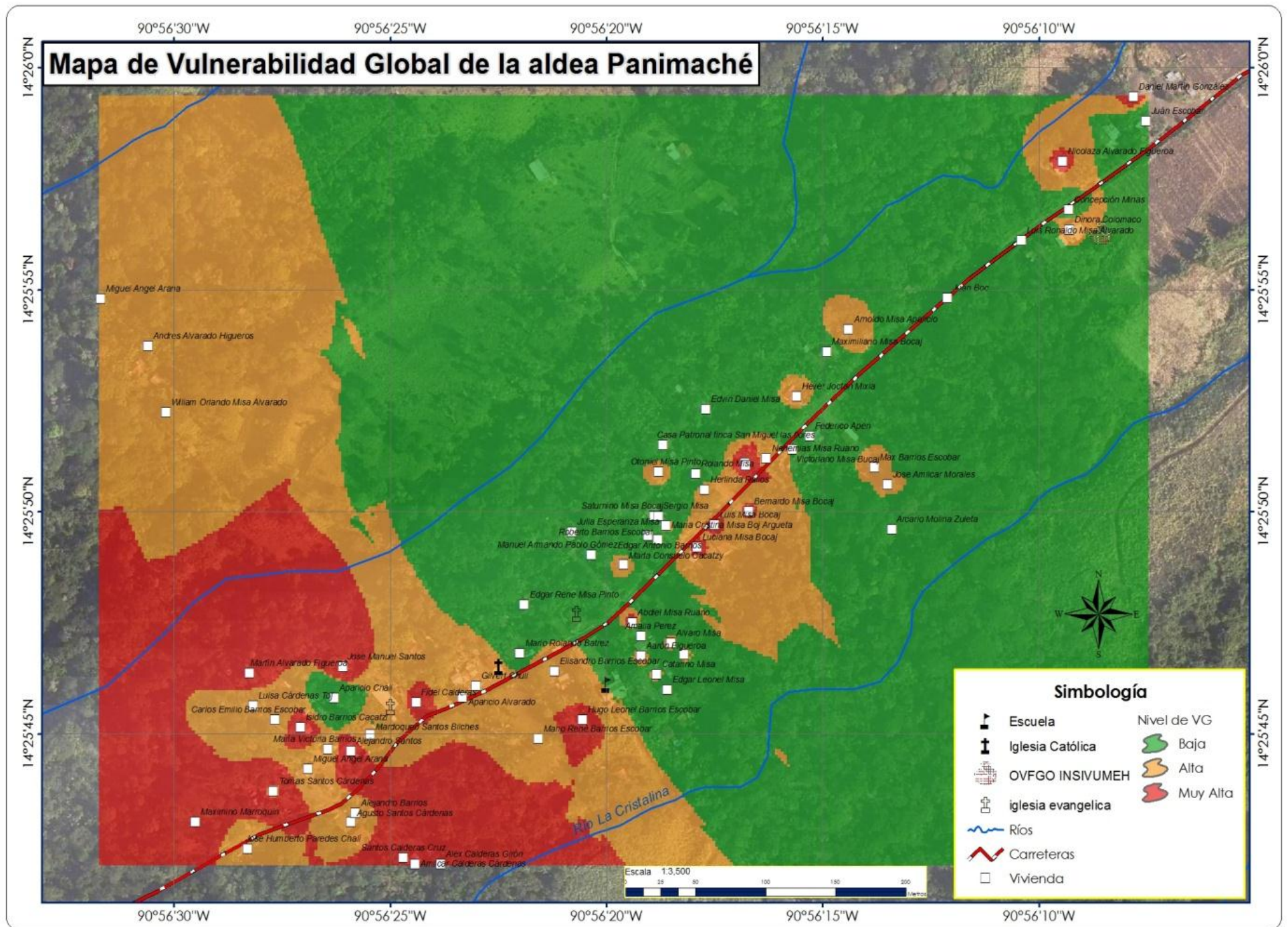
Mapa 11. Distribución espacial del Factor Social



Mapa 12. Distribución espacial del factor económico de la vulnerabilidad.



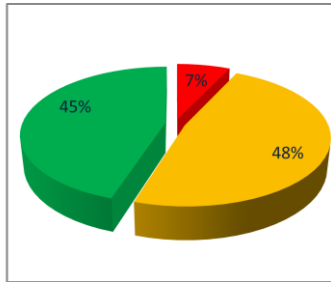
Mapa 13. Distribución espacial Factor Estructural.



Explicación de los Mapas 11, 12, 13 y 14.

El mapa número 11. Ilustra la comunidad en relación al grado que cada una de las familias tiene con respecto a la vulnerabilidad social. De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación, el 45% de la población se encuentra con VS baja, lo que refleja que la población tiene una percepción del riesgo y organización de la comunidad medio.

El 48% de la población se encuentra en un grado alto y el 7% en un grado muy alto. Este último se identifica con las personas de la tercera edad, quienes viven solas y no tienen un ingreso para subsistir.



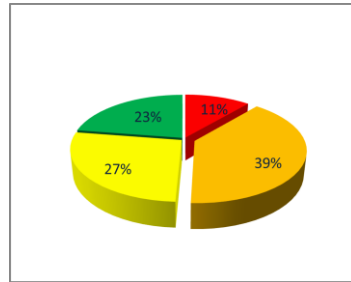
El mapa número 12 es el resultado de realizar una interpolación del valor obtenido en la suma de las ponderaciones de la información obtenida en las preguntas del área del aspecto económico de la población.

El verde representa al 23% de la población la cual tiene un nivel bajo del factor económico de la vulnerabilidad.

El amarillo representa el 27% de la población con un nivel medio.

El color anaranjado representa al nivel alto, con un 39% de población.

Y el rojo representa al nivel muy alto con un 11% de la población.



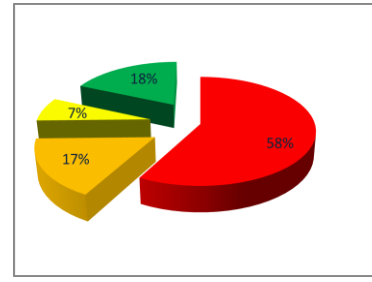
El mapa número 13 es el resultado de realizar una interpolación del dato obtenido de las condiciones de la vivienda y de la observación en relación a la condición de la vivienda realizada por el entrevistador.

El verde representa al 23% de la población, la cual tiene un nivel bajo del factor estructural de la vulnerabilidad.

El amarillo representa el 7% de la población con un nivel medio.

El anaranjado representa al nivel alto, con un 17% de población.

El rojo representa al nivel muy alto con un 58% de la población.

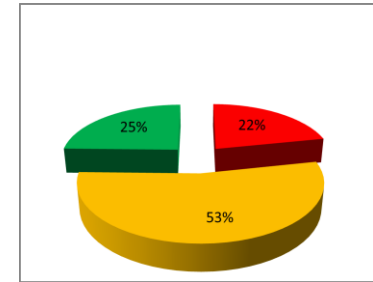


El mapa número 14 es el resultado de la suma de los factores prioritarios de la vulnerabilidad evaluados, dando como resultado la vulnerabilidad global de cada una de las familias que viven en la comunidad.

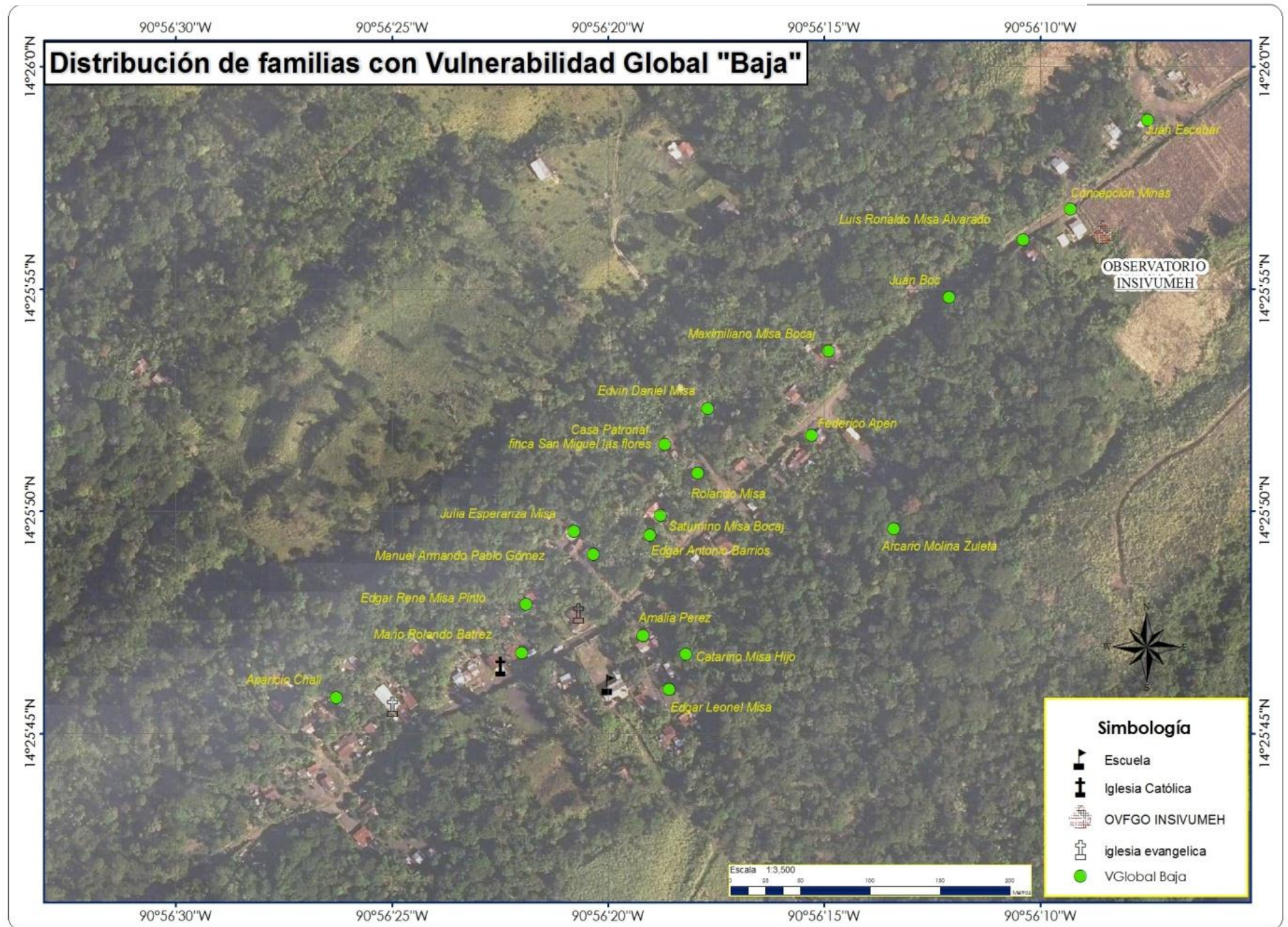
El verde representa al 25% de la población; ellos en total tienen un nivel bajo de vulnerabilidad global.

El anaranjado representa al nivel alto, con un 53% de población.

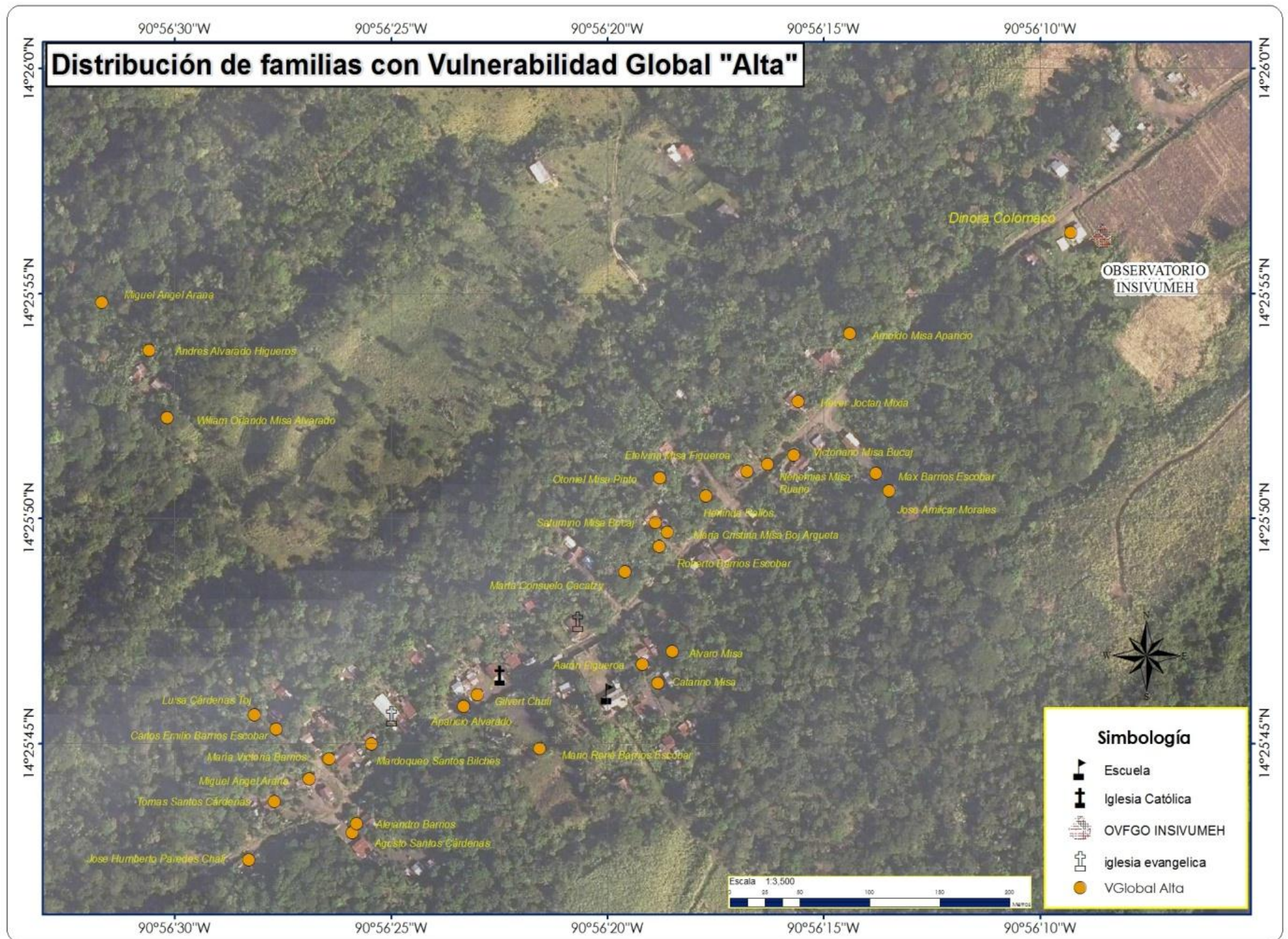
El rojo representa al nivel muy alto con un 22% de la población.



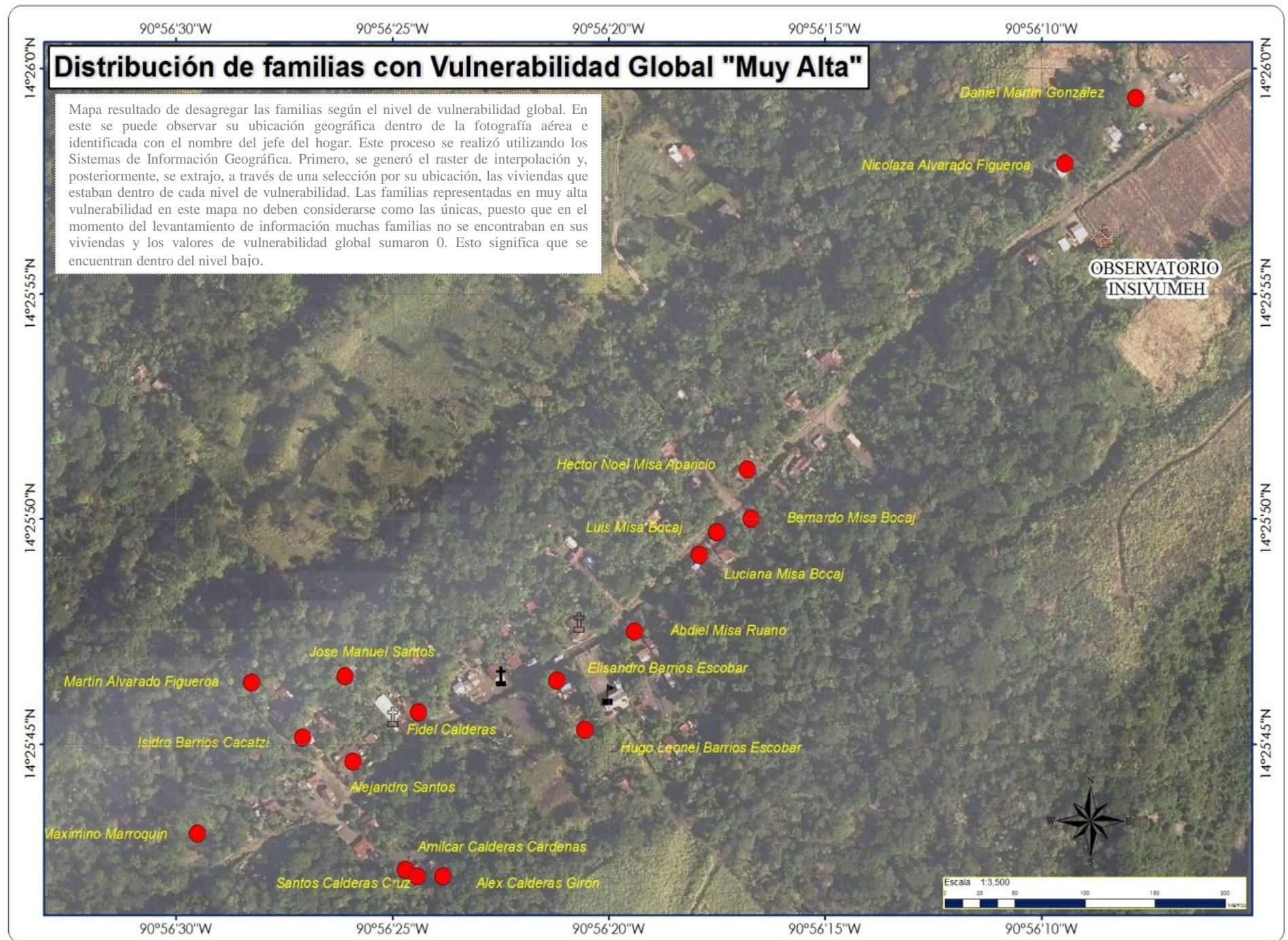
Mapa 14. Distribución espacial Vulnerabilidad Global Baja



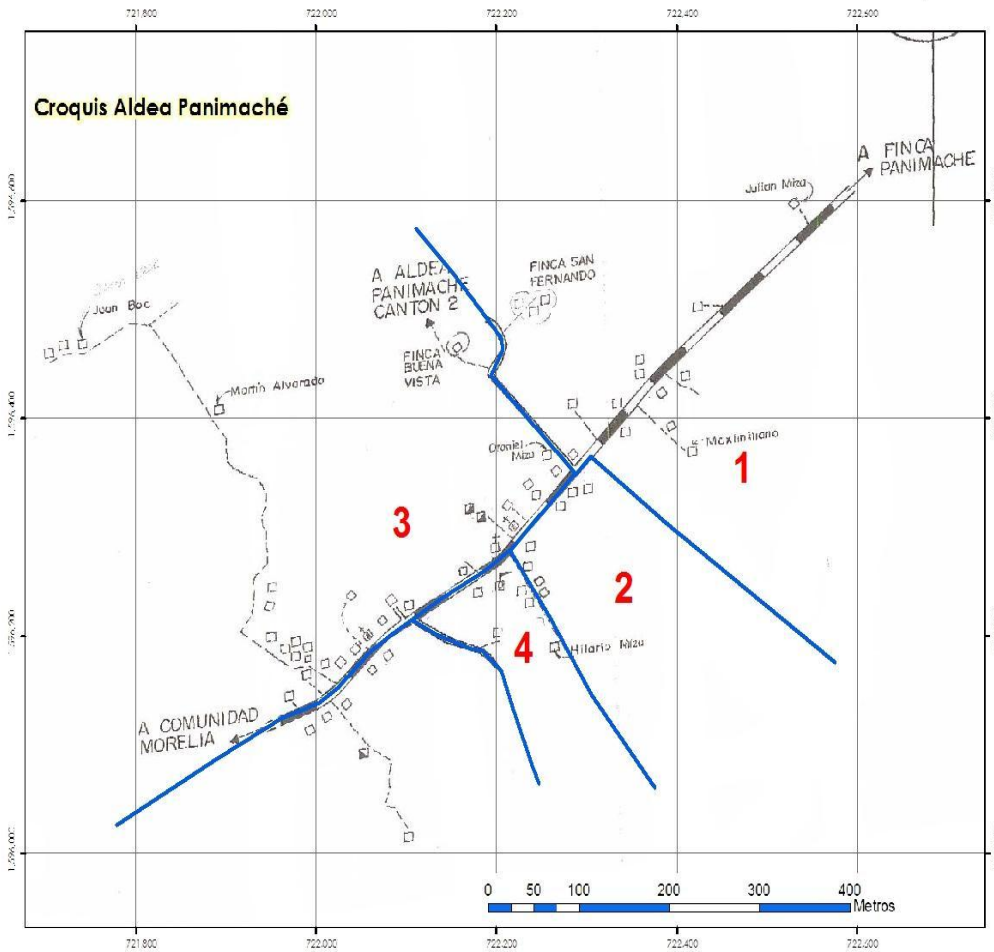
Mapa 15. Distribución espacial Vulnerabilidad Global Alta



Mapa 16. Distribución de familias con Vulnerabilidad Global Muy Alta.



Mapa 17. Croquis comunitario dividido en 4 sectores



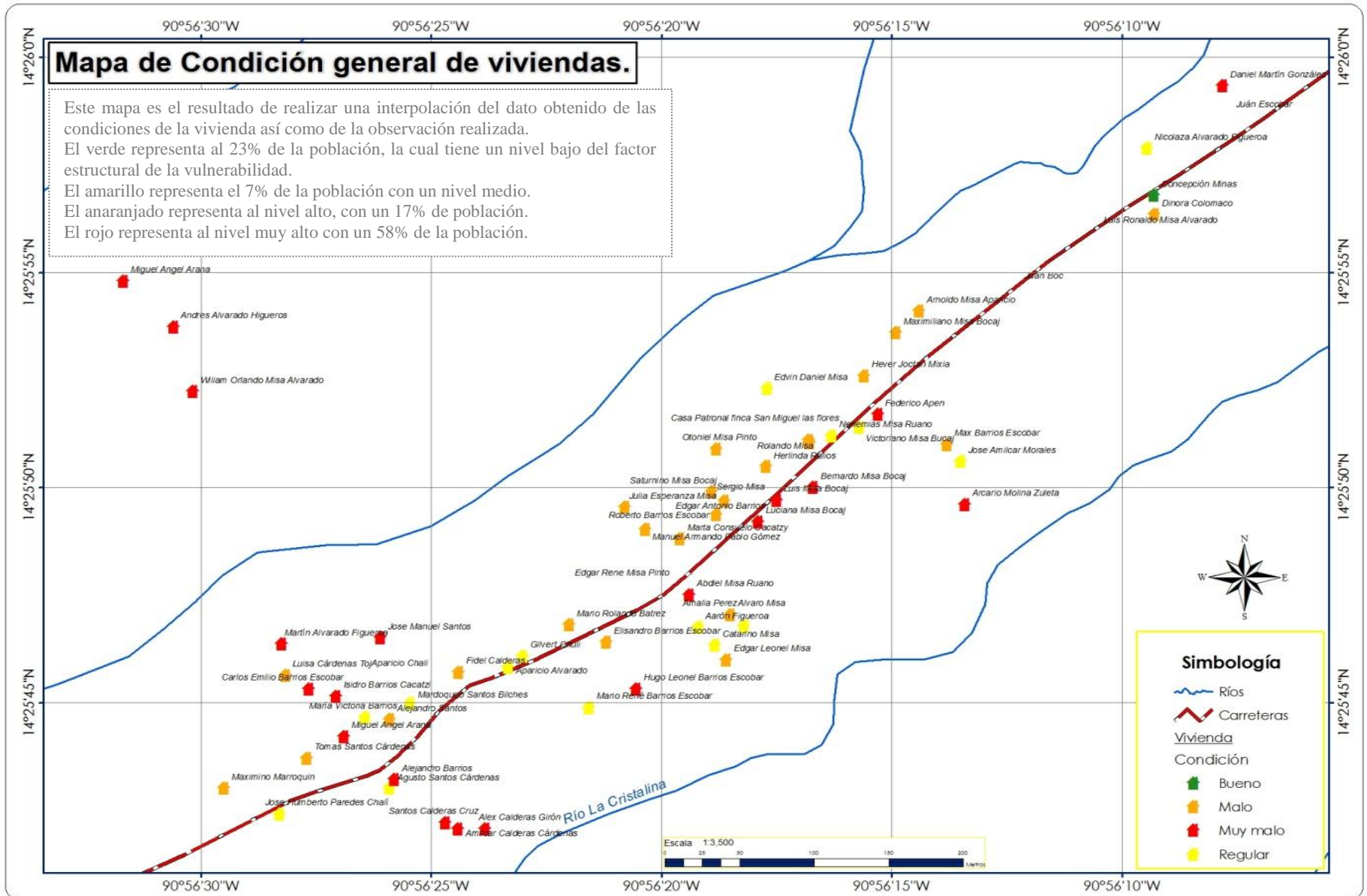
Croquis Sectorizado de la aldea Panimaché, en este se muestran los 6 sectores utilizados para facilitar el orden de la captura de información en campo.

En el dibujo se muestran pocas viviendas. Se debe considerar que este fue realizado por el INE en el año 2001.

En la boleta que sirvió para la encuesta, se agregó un código único para cada vivienda. Por ejemplo: para la vivienda No.1, el código es **041226011** los primeros dos números corresponden al código departamental (04) perteneciente a Chimaltenango, los siguientes dos (12) pertenecen al código del municipio en este caso Yepocapa, el 26 al código de lugar poblado y por último el número de sector y vivienda encuestada.

Se siguió la metodología utilizada en el Instituto Nacional de Estadística, en la codificación cartográfica.

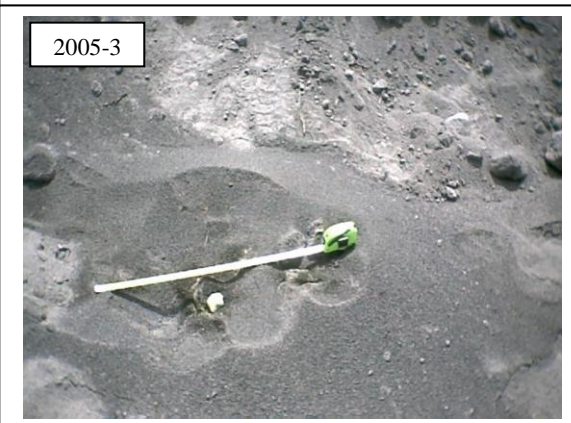
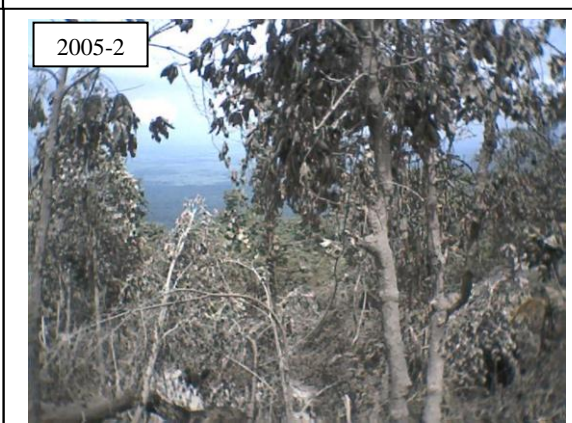
Mapa 18. Mapa de distribución por condición de vivienda



ANEXO No.4

RESEÑA HISTÓRICA A TRAVES DE FOTOGRAFÍAS

VOLCÁN DE FUEGO





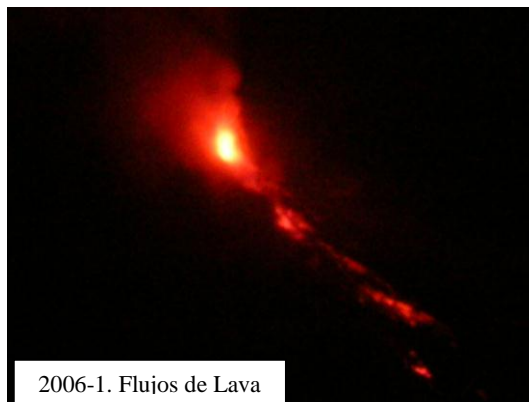
2007-1. Vista desde Antigua Guatemala



2007-2



2007-3



2006-1. Flujos de Lava



2006-2



2006-3



2007-1. Vista aérea cráter



2007-2. Vista aérea cráter



2007-3. Vista aérea cráter

LAHARES VOLCÁN DE FUEGO

1. Barranca El Jute



2



3



1. Barranca Santa Teresa



2



3



1. Barranca Taniluyá



2



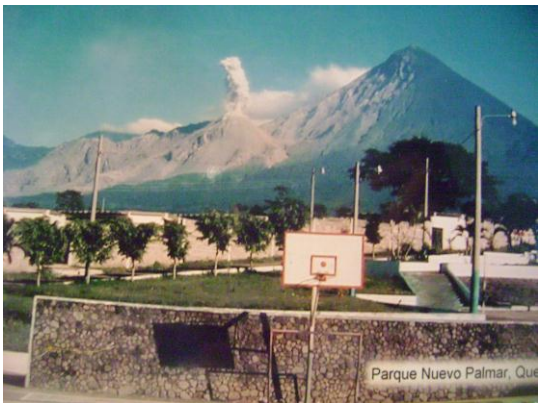
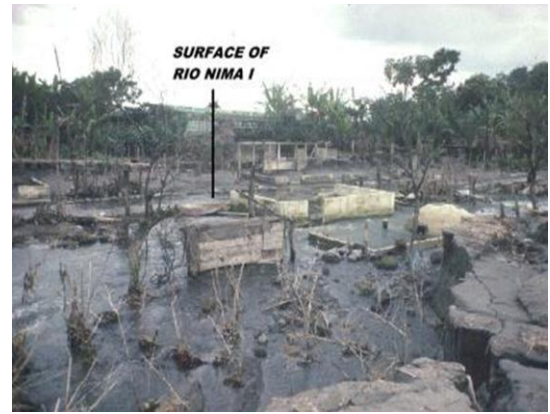
3



VOLCÁN DE PACAYA, Y ERUPCIÓN 27 DE MAYO 2010



VOLCÁN SANTIAGUITO Y DESTRUCCIÓN DEL VIEJO PALMAR EN EL AÑO DE 1982 Y 1986



Imprimase:



Rosa Sanchez del Valle
Asesora



Arq. Carlos Valladares Cerezo
Decano



Licda. Xiomara León Ramírez

Guatemala, junio 2012