



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN
CIENCIAS DE LA TIERRA

VULNERABILIDAD FÍSICA, ESTRUCTURAL Y SOCIO-ECONÓMICA EN SAN
PEDRO BENITO JUÁREZ POR ERUPCIONES DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

T E S I S

que para obtener el grado de

**MAESTRA EN CIENCIAS
(RIESGOS POR FENÓMENOS NATURALES)**

Presenta:

María Alejandra Hernández Zúñiga

JURADO

**Director de Tesis: Dr. David A. Novelo Casanova
Dra. Ana Lillian Martín Del Pozzo
Dr. Gerardo Carrasco Núñez
Dr. Hugo Delgado Granados
Dr. José Luis Macías Vázquez**

Ciudad Universitaria 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Al Dr. David Novelo por su disposición, asesoría y consejos que hicieron posible la finalización de esta tesis.

A los Doctores: Ana Lillian Martín Del Pozzo, Gerardo Carrasco, Hugo Delgado y José Luis Macías por sus observaciones, correcciones y comentarios que ayudaron a enriquecer esta tesis.

A la población de San Pedro Benito Juárez por su amabilidad y entusiasmo que demostraron durante mi investigación.

Al personal de Protección Civil de Atlixco y en especial al Comandante Carlos Gámez que siempre estuvo al pendiente de mi seguridad, al Sr. Roberto, miembro del personal de Protección Civil de San Pedro Benito Juárez por su apoyo.

A Patricia Medina por su calidez, amabilidad y por estar siempre al pendiente de lo que necesitara.

Al personal del Posgrado de Ciencias en la Tierra por su apoyo y ayuda en momentos cruciales en la terminación de la maestría, en particular quiero dar las gracias a Araceli Chaman y Mónica Salgado.

A Lissy, mi primera ilusión, mi gran amor, mi orgullo. Por ti, mi vida sea llena de promesas y sueños reales, disfrutando cada instante de mi vida. Gracias mi niña por la paciencia que me tuviste cuando me veías trabajando.

A mis queridísimas mamá y hermanas (Lupita, Ruth y Diana) que siempre han estado a mi lado, por el apoyo en todas mis decisiones, por ser mis mejores amigas y sobre todo por su amor.

A mi sobrina Mónica por su cariño y la alegría que trajo a nuestras vidas.

A mi hermana Lucila y sobrina Anylyú por su apoyo en trabajo de campo y en el inicio de mi nueva aventura.

A mi hermano Víctor, por su apoyo, disposición y cariño, a mi cuñada Migue y sobrinos (Ana, Hugo y Sergio) que han estado en los momentos más felices y difíciles de mi vida.

A mi abuelita Carlotita con la que aprendí a valorar, cuidar y amar a mi familia. A mi queridísimo y entrañable Papá que me enseñó las maravillas del mundo, los valores que han regido mi vida y que además de ser un padre amoroso y extraordinario también fue mi mejor amigo. Los sigo extrañando.

A Ondeleta por su amor, confianza y por sus palabras que me motivaron en la terminación de la tesis.

A Rita y Paty por su amistad y por su apoyo invaluable en la terminación de mi tesis, gracias chicas.

A mis amigos y compañeros Rodolfo, Azalia, Emmanuel, Verónica, Yadira, Bonifacio, Ana, Hortensia, Frances, Anaid, Amiel y Kerigma.

Este trabajo fue realizado con recursos del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (PAPIIT-DGAPA), dentro del proyecto "Métodos Numéricos y Computacionales para la Estimación del Riesgo por Fenómenos Naturales" con número IN116208

Índice

	Páginas
Índice	1
Índice de Figuras	5
Índice de Tablas	9
Resumen	10
Capítulo 1. Introducción	12
1.1 Justificación del Estudio	16
1.1.1. Actividad Reciente del Volcán Popocatepetl	17
1.2 Objetivos del Estudio	20
1.3 Planteamiento Metodológico	20
Capítulo 2. Antecedentes Teóricos	22
2.1 Riesgo	23
2.2 Amenaza	24
2.2.1 Fenómeno Natural	24
2.2.2 Peligro Volcánico	25
2.2.2.1 Intensidad	25
2.2.2.2 Magnitud	25
2.2.2.3 Índice de Explosividad Volcánica	25
2.2.3 Las Amenazas Naturales	26
2.2.4 Las Amenazas Socio-Naturales	26
2.2.5 Las Amenazas Antrópico-Contaminantes	27
2.2.6 Las Amenazas Antrópico-Tecnológicas	27
2.3 Vulnerabilidad	28
2.3.1 Vulnerabilidad Social	29
2.3.2 Vulnerabilidad Física	29
2.3.3 Vulnerabilidad Económica	29
2.3.4 Vulnerabilidad Estructural	30
2.4 Percepción del Riesgo	30
2.5 Desastre	31
Capítulo 3. Metodología	34
3.1 Descripción	34
3.2 Metodología de la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) para la Cuantificación de las Vulnerabilidad Física, Social, Económica, Estructural y Global	35
3.2.1 Identificación de Peligros volcánicos en SPBJ	36
3.2.1.1 Cálculo de la Muestra Mínima de viviendas a Encuestar en SPBJ	38
3.2.1.2 Muestreo Aleatorio Simple con Reemplazo	41
3.2.2 Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Física	42
3.2.3 Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Social	43
3.2.4 Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Económica	44
3.2.5 Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Estructural	44
3.2.6 Cuantificación de la Vulnerabilidad Global	49

Capítulo 4. Amenaza Volcánica	50
4.1 Localización Geográfica del Volcán Popocatepetl	50
4.2 Marco Geológico	51
4.2.1 Faja Volcánica Transmexicana (FVTM)	51
4.2.2 Historia Eruptiva del Volcán Popocatepetl	51
4.2.3 Geología de SPBJ	54
4.2.4 Historia Eruptiva Reciente del Volcán Popocatepetl	55
4.3 Identificación de Peligros Volcánicos que amenazan a SPBJ	57
Capítulo 5. Resultados y Discusión	64
5.1 Vulnerabilidades	65
5.1.1 Vulnerabilidad Social	66
5.1.1.1 Aspecto Religioso	67
5.1.1.2 Educación	69
5.1.1.3 Percepción del Riesgo	70
5.1.2 Vulnerabilidad Económica	78
5.1.3 Vulnerabilidad Estructural	82
5.1.4 Vulnerabilidad Global	84
5.2 Identificación de Actores Sujetos al Riesgo así como los Actores Relevantes en la Reducción del Riesgo Volcánico en SPBJ: Una Evaluación Cualitativa.	86
Conclusiones	88
Bibliografía	89
Anexos	93
Anexo1. Cuestionarios para la Evaluación de la Vulnerabilidad	94
Anexo 2. Ponderación de los Cuestionarios para la Evaluación de la Vulnerabilidad	105
Anexo 3. Valores de Vulnerabilidad (Física, Social, Económica, Estructural y Global) para Viviendas Muestra	123

Índice de Figuras

		Página
Figura 1.1	Localización del área de estudio (SPBJ)	19
Figura 3.1	Mapa que señala las Zonas A y B de vulnerabilidad física ante lahares secundarios	43
Figura 3.2	Casa con vulnerabilidad muy alta	45
Figura 3.3	Casa con vulnerabilidad alta	46
Figura 3.4	Casa con vulnerabilidad moderada	47
Figura 3.5	Casa con vulnerabilidad baja	48
Figura 3.6	Casa con vulnerabilidad muy baja	48
Figura 4.1	Vista de los principales volcanes en la FVTM, SA=Sanangüey, CB=Ceboruco, MVF=Campo volcánico mascota, CO=Colima, MGVF=Campo volcánico Michoacán-Guanajuato, ZV=Zitácuaro-Valle de Bravo, JO=Jocotitlán, NT=Nevado de Toluca, CHIC=Sierra Chichinautzin, IZ=Iztaccíhuatl, PO=Popocatépetl, LM=La Malinche, POR=Pico de Orizaba, LC=Las Cumbres, CP=Cofre de Perote, NVF=Campo volcánico Naolinco, LA=Los Atlixcos.	50
Figura 4.2	Localización del volcán Popocatépetl y SPBJ (Modificado de Espinasa-Pereña, 2007).	51
Figura 4.3	Mapa morfoestratigráfico del Popocatépetl y regiones aledañas (Modificado de Espinasa-Pereña, y Martín-Del-Pozo, 2006).	55
Figura 4.4	Mapa de Peligros volcánicos (Modificado de Macías et al., 1995).	61

Figura 4.5	Mapa de áreas de peligro para caída de materiales volcánicos (Modificado de Macías et al., 1995).	61
Figura 4.6	Mapa de Peligros por Caída de Productos Balísticos para el Volcán Popocatepetl (Modificado de Alatorre, I.M.A. et al., 2001)	62
Figura 4.7	Mapa de Peligros Volcánicos (Modificado de Macías et al., 1995).	62
Figura 4.8	Barrancas en SPBJ y posible área de afectación ante lahares secundarios (Modificado de INEGI, 2000).	63
Figura 4.9	Simulación por computadora del potencial de distribución de flujo piroclástico y lahar (Modificado de Sheridan et al., 2001).	63
Figura 5.1	Cuantificación de la vulnerabilidad social.	67
Figura 5.2	Iglesia de San Pablo y San Pedro.	68
Figura 5.3	Religiones que se practican en SPBJ	69
Figura 5.4	Nivel de estudios de encuestados en SPBJ.	70
Figura 5.5	Percepción de la comunidad a los peligros a los que se encuentra expuesta la población de SPBJ	71
Figura 5.6	Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Ha evacuado alguna vez?	72
Figura 5.7	Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Sabe dónde está ubicada y qué función desempeña la unidad de Protección Civil?	73
Figura 5.8	Porcentaje de respuestas a la pregunta: En caso de	74

	haber estado en una situación de emergencia volcánica, ¿cómo se enteró de las medidas que debía tomar?	
Figura 5.9	Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Ha participado en algún simulacro de protección civil?	74
Figura 5.10	Porcentaje de respuestas a las preguntas de sentimiento de control: a) ¿Se siente preparado para enfrentar una explosión volcánica?, b) ¿Se siente capaz de protegerse de los peligros del volcán?, c) En caso de explosión volcánica, está informado sobre las rutas de evacuación por si necesita salir? Y d) ¿Si explota el volcán, Dios los protege?.	76
Figura 5.11	Porcentaje de respuestas a las preguntas de sentimiento de inseguridad son: (a) ¿Tiene miedo de que algo malo le pase si explota el volcán?, (b) ¿En caso de que explote el volcán, no sabría que hacer?, (c) ¿Se encuentran en peligro por el volcán? y (d) ¿Tiene miedo de perder sus pertenencias si el volcán explota?	77
Figura 5.12	Mapa de vulnerabilidad económica	80
Figura 5.13	Tipo de cosecha	80
Figura 5.14	Utilidad de sus productos agrícolas	81
Figura 5.15	Ingreso extra	82
Figura 5.16	Mapa de vulnerabilidad estructural basado en caída de materiales volcánicos (ceniza).	83

Figura 5.17	Mapa de vulnerabilidad global de SPBJ	84
Figura 5.19	Vulnerabilidad total en las viviendas muestra.	85

Índice de Tablas

		Páginas
Tabla 1.1	Estimación de Impacto en el Hombre Durante el Siglo XX debido a Eventos Volcánicos (Whitam, 2005).	12
Tabla 1.2	Volcanes Elegidos para ser Objeto de Estudio Especial Durante la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (1990-1999).	14
Tabla 1.3	Principales Erupciones en México (De la Cruz-Reyna, 2004; Martín-Del Pozzo et., 1997).	15
Tabla 3.1	Nivel de Confianza	40
Tabla 3.2	Cuantificación de Vulnerabilidad Social.	44
Tabla 3.3	Cuantificación de la Vulnerabilidad Global.	49
Tabla 4.1	Índice de Explosividad Volcánica de Erupciones Conocidas del Volcán Popocatepetl reportada desde el siglo 16 (De la Cruz-Reyna et al., 2008).	55
Tabla 4.2	Actividad Geológica del Volcán Popocatepetl (Macías y Siebe, 2004).	56
Tabla 4.3	VEI de Erupciones Geológicas del Volcán Popocatepetl (Mendoza-Rosas y De la Cruz-Reyna, 2008).	57
Tabla 4.4	Identificación de Peligros Volcánicos en SPBJ	58
Tabla 5.1	Rango de Niveles de Vulnerabilidad Global	84

Resumen

En este trabajo se determinó el nivel de vulnerabilidad física, estructural y socio-económica en la localidad de San Pedro Benito Juárez (SPBJ) en el estado de Puebla debido a futuras erupciones del volcán Popocatepetl. Con este propósito se aplicó la metodología propuesta por la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos, la cual permitió cuantificar los diferentes grados de vulnerabilidad. Los resultados se representaron en el Sistema de Información Geográfica ArcView.

El peligro volcánico al que se encuentra expuesta la población de SPBJ en mayor grado es la caída de materiales volcánicos (ceniza) que causaría una afectación importante en la economía de la comunidad en caso de erupciones medianas a grandes. Afectaría principalmente a la agricultura y ganadería. Recientes estudios han reportado problemas de salud en la comunidad debido a la inhalación de ceniza después de un evento volcánico. En segundo lugar, el peligro volcánico de mayor afectación son los flujos de lodo que afectarían al 58% de las viviendas en caso de ocurrir un lahar secundario. Debido a su bajo nivel de ocurrencia, los flujos piroclásticos así como los flujos de lava, derrumbes gigantes y caída de proyectiles balísticos generados en erupciones plinianas se clasificaron como peligros en tercer y cuarto nivel de importancia a los cuales se encuentra expuesta la comunidad de SBJ, respectivamente.

Como parte de la metodología aplicada, se diseñaron diversos cuestionarios para medir los diferentes tipos de vulnerabilidad, para lo cual, en primera instancia, se utilizaron los formularios oficiales publicados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Posteriormente, se realizó una prueba piloto en la comunidad de SPBJ para rediseñar estas encuestas. Una vez concluida esta prueba piloto, se

elaboraron los cuestionarios finales que se aplicaron a la población objeto del presente estudio.

Uno de los procedimientos para la aplicación de este muestreo, fue obtener la muestra mínima estadísticamente representativa de las viviendas de SPBJ. Este procedimiento indicó que 259 familias se requerían encuestar. Para seleccionar estas viviendas se consideró el número de viviendas por manzana y mediante el método aleatorio simple con reemplazo fueron elegidas las viviendas a encuestar. Seleccionadas las viviendas, se aplicó la versión definitiva de los cuestionarios, mismos que constaron de 33 preguntas. Este número de preguntas obedeció a la necesidad de conocer respuestas más específicas que nos permitieran obtener las vulnerabilidades actuales en la población de SPBJ.

Los resultados indican que la vulnerabilidad social de SPBJ es de 40% moderada, 34% baja, 13% alta, 8% muy baja y 5% muy alta. Al evaluar la vulnerabilidad económica, se encontró que el 29% de la población tiene una vulnerabilidad muy alta, el 42% alta y el 29% moderada. Para la vulnerabilidad estructural se encontró que sólo el 5% de las casas tenían vulnerabilidad muy alta, 20% alta, 45% moderada, 25% baja y 5% muy baja. La estimación de la vulnerabilidad global indica que el 48% de las casas tiene un nivel moderado, el 41% alto, el 6% muy alto y 5% bajo en el caso de la ocurrencia de una erupción volcánica del Popocatepetl.

Capítulo 1

Introducción

En las últimas tres décadas, la población mundial ha estado sujeta a un número sin precedente de desastres asociados con amenazas naturales de gran magnitud, tales como: sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, inundaciones, huracanes, etc., ocasionando el aumento de pérdidas humanas y económicas. Esto ha ocasionado que la comunidad internacional se interese en desarrollar diferentes metodologías e implementar sistemas de alerta temprana tratando de reducir el riesgo de las poblaciones expuestas ante tales amenazas.

Enfocándonos en las erupciones volcánicas, en el pasado han ocurrido desastres que han ocasionado cifras significativas de pérdidas humanas así como de infraestructura. Un ejemplo son las estimaciones hechas sobre el impacto que han tenido en el hombre durante el siglo XX estos eventos volcánicos (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Estimación de Impacto en el Hombre Durante el Siglo XX debido a Eventos Volcánicos (Whitam, 2005).

Consecuencias en el hombre	Número de eventos	Número de personas
Muertes	260	91 724
Dañados	133	16 013
Desamparados	81	291 457
Evacuados/afectados	248	5 281 906
Cualquier otro incidente	491	5 595 500

En el mundo existen alrededor de 1300 volcanes continentales activos, es decir aquellos volcanes que han tenido alguna actividad eruptiva en los últimos 10,000 años (De la Cruz-Reyna, 2004). De éstos, 550 han tenido alguna erupción en

tiempos históricos. Los volcanes activos mantienen una tasa eruptiva global de 50 a 60 erupciones por año y en promedio, existen en todo momento unos 20 volcanes en actividad en distintos puntos del globo terrestre (De la Cruz-Reyna, 2004).

A lo largo de la historia se han tenido erupciones volcánicas que han afectado dramáticamente al mundo, teniendo como consecuencia pérdidas humanas, económicas y ambientales, por mencionar algunas. Una revisión de los desastres naturales ha centrado la catástrofe volcánica en 0.28% del total de muertes, siendo alrededor de 91, 724 personas que han fallecido por este fenómeno y cerca de 5.6 millones de personas que fueron afectadas por la erupción de algún volcán en el siglo XX (Witham, 2005). Las erupciones catastróficas más significativas fueron las siguientes con números aproximados de víctimas: de Soufriere en St. Vincent (1902, con 1,600 víctimas), Mt. Pele en la Isla Martinica en las Antillas Menores (1902, con 29,000 víctimas), Sta. María en Guatemala (1902, con 6,000 víctimas), Taal en Filipinas (1911, con 1,300 víctimas), St. Helens en Estados Unidos (1980, con 60 víctimas), Chichón en México (1982, con 2000 víctimas), Nevado del Ruiz en Colombia (1985, con 22,000 víctimas), Lago Nyos en Camerún (1986, con 1,700 víctimas) (Araña y Ortiz, 1995).

En diciembre de 1989, en su Cuadragésima Cuarta Sesión, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN). El objetivo del Decenio era reducir, a través de una acción internacional concertada, especialmente en los países en desarrollo, la pérdida de vidas, el daño a la propiedad y el desorden social y económico causado por fenómenos naturales tales como los terremotos, erupciones volcánicas, incendios, entre otros. Dicha declaración condujo a la Comisión para la Mitigación de Desastres Volcánicos de la Asociación Internacional de Volcanología (IAVCEI) a seleccionar 15 volcanes en todo el mundo, para su estudio y vigilancia por equipos

internacionales de trabajo durante el citado Decenio. Los volcanes elegidos se muestran en la Tabla 1.2

Tabla 1.2. Volcanes Elegidos para ser Objeto de Estudio Especial Durante la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (1990-1999).

Volcanes elegidos		
1 Colima, México	6 Niragongo, Zaire	11 Taal, Filipinas
2 Etna, Italia	7 Rainer, USA	12 Teide, España
3 Galeras, Colombia	8 Sakurajima, Japón	13 Ulawun, Papua Nueva Guinea
4 Mauna Loa, USA	9 Santa María, Guatemala	14 Unzen, Japón
5 Merapi, Indonesia	10 Santorini, Grecia	15 Vesuvio, Italia

En México, sobre todo en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), se tiene una gran variedad de formas volcánicas, incluye tanto volcanes con actividad efusiva como volcanes que han producido erupciones altamente explosivas. Existen aproximadamente 8000 volcanes, que pueden ser desde extensos campos de pequeños conos de ceniza, volcanes escudo ó estratovolcanes. La tasa de la erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido de unas 15 erupciones, de diversos tamaños, por siglo (De la Cruz-Reyna, 2004).

Las erupciones volcánicas más importantes en nuestro país y que han afectado a la población se muestra en Tabla 1.3

Tabla 1.3. Principales Erupciones en México (De la Cruz-Reyna, 2004; Martín-Del Pozzo et al., 1997).

Volcán	Fecha de erupción
Monogenético Xitle	2,030(60 B.P.c. 280 D.C.
Monogenético Paricutín	1943
Monogenético Jorullo	1759
Bárcena	1952
Evermann o Socorro	1848, 1896, 1905, 1951 y 1993
Sangangüey	1742 y 1859
Ceboruco	c. 1000 D.C., 1870, 1870-1875
Citlaltépetl o Pico de Orizaba	1533-1539, 1545, 1566, 1569-1589-1687-1846, 1613, 1864-1867 y 2002
San Martín Tuxtla	1664, 1793 y 1838
El Chichón o Chichonal	c. 300, 680 y 1300, 1982, 1982-2003
Tacaná	1855-1878-1900-1903-1949-1951, 1986, 1986- 2003
Fuego de Colima	1560, 1576, 1585, 1590, 1611,1622, 1690, 1771, 1806, 1818, 1869, 1872, 1880, 1885, 1886, 1889, 1890, 1891-1893, 1903, 1908, 1909, 1913, 1960, 1991, 1994, 1998, 1999- 2009
Popocatepetl	Entre 3200 y 2800 A.C., 800-200 A.C., 700- 1100 D.C., 1347, 1354, 1363, 1509, 1512, 1518-1528, 1530, 1539-1540, 1548, 1571-1592, 1697, 1720, 1919-1927, 1989, , 1994-2009

En especial la erupción del volcán Chichón hizo ver que el país no contaba con mecanismos organizados de respuesta tanto de la sociedad como del estado ante éste tipo de fenómeno, ocurrido en 1982 y que no existía monitoreo volcánico así como mapas de peligros, excepto los estudios realizados por la CFE (De la Cruz-Reyna y Martín-Del Pozzo, 2009). Esta erupción produjo una gran cantidad de ceniza y las comunidades que se encontraban a seis km del cráter del volcán fueron destruidas por flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas ocasionando la muerte entre 1700 y 2300 personas. Aunque la mayoría de la gente sobrevivió a las oleadas, varias de estas fallecieron posteriormente por complicaciones en los

pulmones debido a la inhalación de ceniza (De la Cruz-Reyna y Martín-Del Pozzo, 2009). Debido a esta erupción ocurrieron pérdidas económicas importantes, así como una elevación de la temperatura del planeta en 0.5 °C (Scolamacchia y Macías, 2005).

En México se diseñó el Semáforo de Alerta Volcánica para el volcán Popocatepetl que permite definir el nivel de actividad del volcán, de acuerdo con el consenso de la comunidad científica en seis niveles correspondientes a otros tantos grupos de escenarios posibles, comunicarlo a las autoridades de Protección Civil para que éstas realicen acciones recomendadas, y a su vez lo comuniquen a la población. Los niveles de alertamiento son a tres niveles, correspondientes a los colores del semáforo (rojo, amarillo y verde).

1.1. Justificación del estudio

Hasta el momento, la mayoría de las investigaciones sobre el volcán Popocatepetl se han enfocado en el análisis de fundamentales sobre los peligros volcánicos asociados a su actividad eruptiva. Otros estudios han considerado la percepción del riesgo en distintas localidades alrededor del volcán. La presente investigación fue motivada por la necesidad de realizar un análisis sobre las condiciones de vulnerabilidad física, social, económica y estructural de forma integrada que proporcionen elementos para futuros estudios de riesgo en comunidades cercanas al volcán. Con este propósito se seleccionó como caso de estudio a la comunidad de San Pedro Benito Juárez (SPBJ) en el estado de Puebla que se encuentra localizada a 11.2 km del cráter del volcán y es representativa de otras comunidades aledañas.

Este estudio también proporciona una herramienta metodológica para la cuantificación de las diferentes clases de vulnerabilidad que permite la estimación

de la vulnerabilidad global. Actualmente, no existe una metodología aceptada para este tipo de estudios por lo que el proceso desarrollado representa una aportación para la preparación de planes de mitigación y prevención de desastres en situaciones de emergencias volcánicas.

1.1.1 Actividad Reciente del Volcán Popocatépetl

El volcán Popocatépetl se encuentra nuevamente en actividad desde el 21 de Diciembre de 1994 con un incremento en la actividad fumarólica y sísmica. Su actividad fluctuó pero la emisión de ceniza y sismicidad continuó hasta mediados del 1995 y disminuyó a lo largo del año. El 5 de Marzo de 1996 el Popocatépetl reanudó su actividad con fuertes emisiones de ceniza, el 27 de Marzo mediante un reconocimiento aéreo se descubrió que había un nuevo domo de lava en el interior del cráter y el 30 de Abril tuvo lugar una fuerte explosión, el 28 de Octubre, 29 de Noviembre y 30 de Diciembre de ese mismo año tuvo lugar la destrucción y crecimiento del domo, la caída de ceniza se distribuyó en varias ciudades pero no causó algún impacto en la población o infraestructura (Delgado-Granados, 2001; Martín-Del Pozzo et al., 2002)

Un nuevo domo empezó a crecer los días 17-19 de Enero de 1997 acompañado por grandes flujos de gas (Delgado-Granados, 2001; Martín-Del Pozzo et al., 2002) y fue destruido en Mayo, seguido por una gran explosión el 30 de Junio que produjo caída de ceniza en la Ciudad de México. La sismicidad volcánica y la recurrente formación y destrucción del domo, la ceniza y la emisión masiva de SO₂ se manifestaron hasta 1999 y disminuyeron posteriormente (Martín-Del Pozzo et al., 2002).

Las fases explosivas más intensas ocurrieron de Noviembre 1998 a Enero de 1999 y de Octubre 2000 a Mayo de 2001, estas fases explosivas consistieron

primordialmente en emisiones de gases y ceniza, siendo de menor grado los flujos piroclásticos. La emisión de gases y caída de cenizas de menor importancia fueron frecuentes entre los años 1996 a 2001 (Delgado-Granados, 2001). Posteriormente decreció su actividad, después de este periodo el crecimiento del domo descendió drásticamente y los eventos explosivos de baja y mediana intensidad que se registraron se asociaban a domos de volumen pequeño (febrero del 2002, 2003 y junio 2003) (Martín-Del Pozzo et al., 2002).

El 9 de enero del 2005 se registró un evento explosivo, este se generó después de 20 meses de calma eruptiva y sin presencia de domos. La erupción produjo una columna eruptiva de 5 km que se dirigió al S-SW, ocasionando la caída de ceniza en las localidades de Tetela del Volcán, Yecapixtla, Cuautla y Ocuituco en el estado de Morelos y en Ecatzingo en el estado de México. El último evento explosivo se registró en enero de 2009.

La localidad de San Pedro Benito Juárez se encuentra localizada entre las coordenadas 18.95 N y 98.53 W con una altitud de 2,300 m (INEGI, 2000) (Figura 1.1). La población está a una distancia de 11.2 km del cráter del volcán. De acuerdo con INEGI (2000), el total de la población en SPBJ es de 4,432 habitantes, siendo 1,978 de ellos hombres y 2,454 mujeres.

Los servicios públicos están distribuidos de manera desigual al interior de las comunidades y entre una comunidad y otra del municipio de Atlixco. SPBJ que se encuentra a 17 km de Atlixco, está comunicado con esta ciudad por caminos pavimentados y carece de alumbrado público y alcantarillado. Sólo 20% de las familias utilizan el gas doméstico. En todas las comunidades y en la mayoría de las casas el acceso al agua es problemático, lo cual tiene repercusiones importantes para la vida de las mujeres en las comunidades. En SPBJ, sólo unas cuantas casas tienen pozos propios.

Los servicios públicos con que cuenta SPBJ son: agua potable (100%), seguridad pública (50%) y alumbrado público (20%). No cuenta con los siguientes servicios: drenaje, recolección de basura, mercados y rastros. La actividad económica a la que se dedican es la agricultura. La religión que predomina en SPBJ es la católica en un 91.6 %, seguida en menor porcentaje por la protestante o evangélica 5.3 %. El total de viviendas particulares habitadas en SPBJ es de 788. El número de viviendas particulares que disponen de agua entubada, drenaje y energía eléctrica es de 393, 18 y 766, respectivamente.

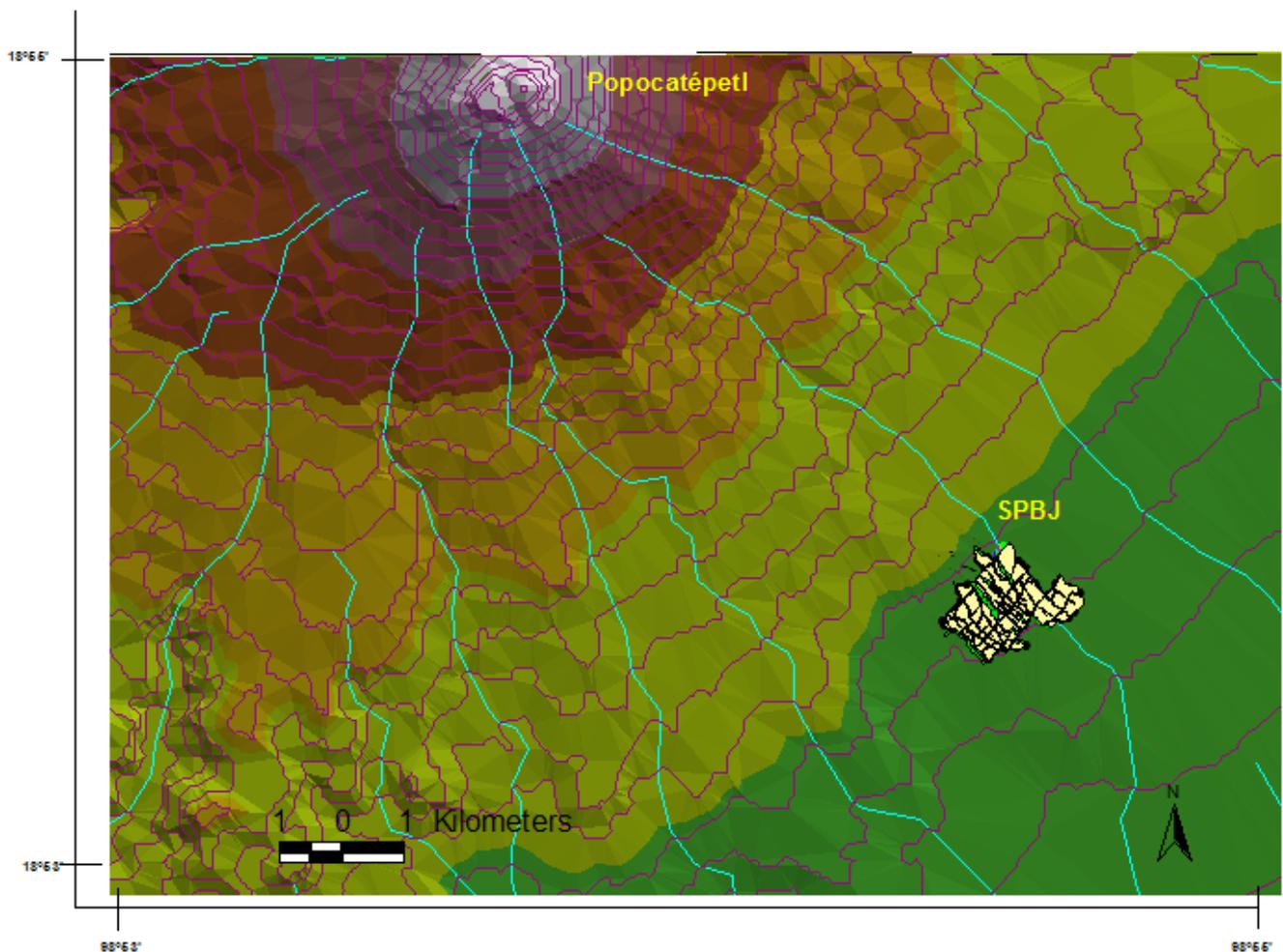


Figura 1.1. Localización del área de estudio.

1.2. Objetivos del estudio

Los principales objetivos de este trabajo son: 1) Cuantificar las vulnerabilidades (física, social, económica, estructural y global) de la comunidad de San Pedro Benito Juárez (SPBJ) ante futuras erupciones volcánicas del volcán Popocatepetl; y 2) Representarlos resultados en un sistema de información geográfica. Para alcanzar estos objetivos se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Se caracterizó el peligro volcánico y la vulnerabilidad de la zona de estudio utilizando la metodología de la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA; www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/mitigate.htm). Se identificó y caracterizó los niveles de vulnerabilidad, se identificándose los actores y procesos sujetos a riesgo así como a los actores y procesos constructores del riesgo. También se identificaron a los actores relevantes para la gestión de reducción del riesgo y a los elementos clave que permitan diseñar estrategias para la toma de decisiones.
- b) Se cuantificaron y representaron los resultados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

1.3. Planteamiento metodológico

Se diseñaron cuestionarios que se aplicaron a la población y que nos permitieran obtener información sobre las vulnerabilidades presentes en SPBJ. Se obtuvo una muestra mínima de las viviendas en la población mediante una fórmula estadística (Duffau, 1999). Posteriormente, se consideró el número de viviendas existentes en SPBJ por manzana. Las viviendas de estudio se seleccionaron por el método aleatorio simple con reemplazo (Mendenhall, 1979).

En gabinete se analizaron las respuestas a las preguntas de los cuestionarios. Para esto se asignó un puntaje o ponderación a cada respuesta siguiendo la metodología de la NOAA. Después se sumaron los puntajes de todas las preguntas y se le asignó un valor a través de los cuales se estableció un grado de vulnerabilidad, dividido en cinco categorías: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Con este procedimiento, se obtuvieron los resultados de las vulnerabilidades: física, social, económica y estructural. De igual manera, se obtuvo la vulnerabilidad global.

Capítulo 2

Antecedentes Teóricos

El presente capítulo es conceptual y describe los procesos que construyen el riesgo volcánico en México así como los términos y conceptos relacionados con el riesgo en general.

Es importante mencionar que el crecimiento de la población y por consiguiente de la actividad económica en el mundo ha incrementado dramáticamente la presión sobre los recursos naturales, los cuales actualmente ya han experimentado graves niveles de degradación. Con la intervención del hombre en la naturaleza y debido a la rápida aceleración de la ciencia y tecnología, ha sido posible transformarla de innumerables maneras y en una escala sin precedentes, cuanto le rodea. El proceso de degradación a causa de la actividad humana fue escaso y lento al comienzo, pero al paso del tiempo el crecimiento de la población en nuestro planeta ha ocasionado un uso irracional de recursos, contaminantes, etc., destruyendo en poco tiempo lo que la naturaleza construyó en siglos o en milenios. Los agentes perturbadores de la naturaleza son un conjunto de fenómenos que pueden alterar el funcionamiento normal de una comunidad, tales como los de origen geológico o hidrometeorológicos Lavell (1996) menciona que la degradación ambiental no solo tiene que ver con la naturaleza:

...“degradación en sí se refiere a “una reducción de grado o a un rango menor”, o a “cambios en la homeóstasis de un sistema”, de tal forma que hay una reducción en su productividad. Por otro lado de lo “ambiental”, o el “medio ambiente urbano”, hacemos referencia no solamente a los elementos de la “naturaleza”, el medio ambiente natural o el ecosistema, sino a un medio producto de una compleja relación, a formas particulares de relación entre los elementos del soporte ofrecido por la “naturaleza” (tierra, agua, aire, etc) y el ambiente construido socialmente (la ciudad y sus estructuras físicas, patrones sociales y culturales, etc.). La

degradación, en este caso, hace referencia a la totalidad ambiental: lo natural, lo físico y lo social...”

La presión que ha ejercido el hombre sobre el medio ambiente ha ocasionado que se encuentre cada vez más expuesto a diversos sucesos, que por inciertos que estos sean, pueden causar graves daños a la sociedad. A estos sucesos se les da el nombre de amenaza o peligro, también tenemos que la degradación de la que hemos hablado, es equivalente a un aumento en la vulnerabilidad global de la sociedad, operando sobre los componentes físicos, ecológicos y sociales. Así en una forma reducida podemos decir que para que exista un riesgo debe haber tanto una amenaza (peligro), como una población vulnerable a sus impactos (Lavell, 1996).

2.1. Riesgo

En este trabajo nos enfocaremos a la definición de Pyle (2000).

“El riesgo es la probabilidad de pérdida de vidas humanas, de propiedades y de su capacidad productiva en un área expuesta a peligros volcánicos.

El que un evento o fenómeno se considere o no riesgo, dependerá de que el lugar en donde se manifieste esté ocupado o no por una comunidad vulnerable al mismo.

El que se considere o no amenaza, dependerá del grado de probabilidad de su ocurrencia en esa comunidad y que por lo tanto se convierta o no en desastre. Esto dependerá de la magnitud real con que efectivamente se manifieste el fenómeno y del nivel de vulnerabilidad de la comunidad (Lavell, 1996).

2.2. Amenaza

2.2.1. Fenómeno Natural

Un fenómeno natural, es toda manifestación de la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno. Los hay de cierta regularidad (como las lluvias de verano) y los de aparición extraordinaria y repentina (por ejemplo, un terremoto o tsunami).

La ocurrencia de un "fenómeno natural" sea ordinario o incluso extraordinario no necesariamente provoca un "desastre natural". Entendiendo que la Tierra está en actividad, puesto que no ha terminado su proceso de formación y que su funcionamiento da lugar a cambios en su faz exterior. Los fenómenos de origen natural deben ser considerados siempre como elementos activos de la geomorfología terrestre. El hombre debe aceptar que está conviviendo con una naturaleza viva y que ésta tiene sus propias leyes de funcionamiento contra las cuales no puede atentar, a riesgo de resultar él mismo dañado Romero y Maskrey (1993).

Lo anterior nos indica que los efectos de ciertos fenómenos naturales no son necesariamente desastrosos. Lo son únicamente cuando los cambios producidos en la naturaleza circundante afectan una fuente de vida con la cual el hombre contaba o un modo de vida realizado en función de una determinada geografía. Inclusive, a pesar de ello, no se podría asociar "fenómeno natural" con "desastre natural". Los fenómenos naturales no se caracterizan por ser insólitos, más bien forman conjuntos que presentan regularidades y están asociados unos con otros (Romero y Maskrey, 1993).

No todo fenómeno es peligroso para el hombre. Por lo general convivimos con ellos y forman parte de nuestro medio ambiente natural. Algunos fenómenos, por su tipo y magnitud así como por lo sorpresivo de su ocurrencia, constituyen un peligro. El peligro representa un fenómeno natural que puede ser permanente o pasajero. En todos los casos se le denomina así porque es potencialmente dañino. De esta manera constituye un peligro un movimiento intenso de la Tierra, del agua o del aire. Este es mayor o menor según la probabilidad de ocurrencia y la extensión de su impacto.

2.2.2. Peligro Volcánico

Según UNDRP (1979), peligro es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

2.2.2.1. Intensidad

Es la razón que el magma es eructado (kg/s), la escala de intensidad está basada en el logaritmo de la razón de magma eructado (Pyle, 2000).

2.2.2.2. Magnitud

Se define como la masa total de material expulsado durante una erupción volcánica (kg) (Pyle, 2000).

2.2.2.3. Indice de Explosividad Volcánica

Es una clasificación utilizada para describir erupciones volcánicas, está basado principalmente por el volumen de magma emitido (Pyle, 2000).

La amenaza volcánica es definida por Pyle (2000) como la existencia de una condición bajo la cual un proceso volcánico potencialmente peligroso puede ocurrir.

Lavell (1996) propone una tipología que clasifica a las amenazas en cuatro categorías básicas: "naturales", "socio naturales", "antrópico-contaminantes" y "antrópico-tecnológicas".

2.2.3. Las Amenazas Naturales

Comprenden parte del medio ambiente natural del ser humano, quien ni incide (en sentido significativo) en su aparición ni puede intervenir (con ciertas excepciones) para que no sucedan. Este tipo de amenazas se clasifican en cuatro tipos (Lavell, 1996):

- a) *De origen geotectónico*, entre los que se consideran los sismos, la actividad volcánica, los desplazamientos verticales y horizontales de porciones de la Tierra, y los tsunamis o maremotos.
- b) *De origen geomórfico (geodinámico)*, entre los que se tienen en cuenta los fenómenos tales como los deslizamientos y avalanchas, hundimientos y la erosión terrestre y costera.
- c) *De origen meteorológico o climático*, entre los que se hallan los huracanes, tormentas tropicales, tornados, trombas, granizadas, sequías, tormentas de nieve, oleajes fuertes, incendios espontáneos.
- d) *De origen hidrológico*, entre los que se incluyen las inundaciones, desbordamientos, anegamientos y agotamiento de acuíferos.

2.2.3. Las Amenazas Socio Naturales

Algunos fenómenos típicos de las amenazas naturales tienen una expresión o incidencia que es socialmente inducida. Es decir, se producen o se acentúan por algún tipo de intervención humana sobre la naturaleza y se confunden a veces con eventos propiamente naturales. Las expresiones más comunes de las amenazas socio naturales se encuentran en las inundaciones, deslizamientos, hundimientos, sequías (y desertificación), erosión costera, incendios rurales y agotamiento de acuíferos. Aquí, la deforestación y la destrucción de cuencas, la desestabilización de pendientes por el minado de sus bases, la minería subterránea, el arrojado de desechos industriales y domésticos a los cauces fluviales, la sobreexplotación de la tierra, la destrucción de manglares, entre otras cosas, se constituyen en variables explicativas de varios de estos fenómenos.

2.2.4. Las Amenazas Antrópico-Contaminantes

Este tipo de amenazas aunque tenga algunas similitudes con las socio naturales y tecnológicas, en el sentido de la presencia de la mano humana en su concreción, difieren de esas en un sentido esencial. Se relacionan con los procesos de contaminación derivados de derrames, dispersiones o emisiones de sustancias químico-tóxicas hacia el aire, tierra y agua. En general, estas amenazas son producto o de la negligencia y de la falta de controles (legales o tecnológicos), así como de la falta de control sobre los procesos económicos de producción y distribución. Otro subconjunto de este tipo de amenazas las componen los procesos de eliminación o depósito de desechos líquidos y sólidos, de origen doméstico, sin canalización o procesamiento.

2.2.5. Las Amenazas Antrópico-Tecnológicas

Los procesos de producción y distribución industrial modernos, principalmente concentrados en los centros urbanos o próximos a ellos, y las dotaciones de infraestructura urbana, principalmente para la distribución y consumo energético,

encierran problemas para la seguridad ciudadana debido al uso de un número importante de procesos potencialmente de gran peligro. Un ejemplo de este tipo de amenazas incluyen los accidentes de Chernobyl en Ucrania y Three Mile Islands en Pensilvania, Estados Unidos.

2.3. Vulnerabilidad

Existen diferentes definiciones de vulnerabilidad (Cardona, 1993; Lavell, 2004; De la Cruz-Reyna, 2004). La que proporciona Wilches-Chaux (1993), es la siguiente:

“...la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio.”

El autor describe medio ambiente natural y cultural como un sistema con el cual la comunidad interactúa de manera permanente. Es un sistema entre cuyos elementos podemos enumerar las características geológicas y sísmicas, así como las condiciones meteorológicas y las características bióticas y abióticas (incluyendo las influencias culturales) de la porción particular de Planeta que la comunidad ocupa.

Además menciona que 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 Wilches-Chaux (1993) le da el nombre de vulnerabilidad global y la divide en distintas “vulnerabilidades”, no sin antes advertir que cada una de ellas constituye apenas un ángulo particular para analizar el fenómeno global, ya que las diferentes “vulnerabilidades” están estrechamente interconectadas entre sí.

Es importante mencionar que el autor menciona que el concepto de vulnerabilidad, por definición, es eminentemente social, por cuanto hace referencia a las características que le impiden a un determinado sistema humano adaptarse a un cambio del medio ambiente.

2.3.1. Vulnerabilidad Social

Este tipo de vulnerabilidad 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 solamente relaciones de vecindad física. En la medida 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, así como la falta de liderazgo efectivo en una comunidad (Wilches-Chaux, 1993).

2.3.2. Vulnerabilidad Física

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.

Por ejemplo ante un terremoto, la vulnerabilidad física se traduce primero en la localización de la comunidad en cercanías a fallas geológicas activas y segundo a la ausencia de estructuras sismo-resistentes en las edificaciones. Otro ejemplo son las inundaciones, dónde la vulnerabilidad física se expresa en la localización de los asentamientos humanos a la orilla de ríos y las erupciones de volcanes, dónde la vulnerabilidad física se refiere a la localización de los asentamientos humanos en

las cercanías de los volcanes y a la ausencia de estructuras resistentes a los diversos peligros volcánicos (Wilches-Chaux, 1993).

2.3.2. Vulnerabilidad Económica

A nivel local e individual, la vulnerabilidad económica se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a los servicios formales de educación, recreación y salud. A nivel del país, la vulnerabilidad económica se expresa en una excesiva dependencia de nuestra economía de factores externos prácticamente incontrolables por nosotros, como son los precios de compra de las materias primas, y los precios de venta de combustibles, insumos y productos manufacturados, las restricciones al comercio internacional de nuestros productos y la imposición de políticas monetarias que garantizan más el cumplimiento al servicio de la deuda externa que el verdadero desarrollo y la autonomía del país (Wilches-Chaux, 1993).

2.3.3 Vulnerabilidad Estructural

Este tipo de vulnerabilidad tiene que ver con las deficiencias de resistencia de los elementos expuestos ante una amenaza.

2.4. Percepción del Riesgo

Dentro de las vulnerabilidades a las que pueda estar expuesta una población debemos considerar la percepción del riesgo que tienen los habitantes y que es un factor importante en la vulnerabilidad de cualquier población. La experiencia de los individuos en materia de exposición a los riesgos o siniestros, su nivel de preparación para la adopción de medidas preventivas, así como el comportamiento

en caso de siniestro, intervienen considerablemente sobre la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas.

La percepción del riesgo es multidimensional. Las informaciones son recibidas desde el mundo real y son percibidas en función de un proceso sociocultural en el que intervienen tanto los valores del individuo, su personalidad, sus experiencias pasadas, su grado de exposición al riesgo, así como su nivel social, económico y cultural.

2.5. Desastre

Lavell (2004) define desastre de la siguiente manera:

“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”.

Es importante mencionar el desastre más grande que ha sufrido México por una erupción volcánica y fue el ocasionado por la erupción del volcán Chichón en 1982. Este volcán se encuentra enclavado en la porción Noroeste del estado de Chiapas, la erupción del Chichón inició el 28 de Marzo y durante los siguientes días el volcán se mantuvo en relativa calma y la noche del 3 de Abril a las 23:32 horas, ocurrió una explosión freatomagmática que destruyó por completo los domos centrales y produjo oleadas piroclásticas, siendo estas las que destruyeron el poblado de Francisco de León y afectaron a otros poblados cercanos al volcán. En total se estima que murieron unas 2000 personas y la actividad económica fue severamente dañada en esos poblados (Macías y Capra, 2005).

Después del 4 de abril, la actividad del Chichón disminuyó pero la emisión repentina de cerca de 1.5 km³ de roca bloqueó la red hidrológica preexistente formada por los ríos Susnubac-Magdalena y Platanar. Los flujos piroclásticos bloquearon el río Magdalena formando una represa de 25 a 75 m de espesor. Los últimos días de mayo a la 1:30 am, la represa colapsó debido a que el nivel del agua la superó y comenzó a erosionarla. La ruptura de la represa descargó dos flujos de escombros calientes y a 10km de distancia los flujos tenían una temperatura de 82°C (Macías, 2005).

En la erupción del volcán Chichón, la única organización que existía para responder ante los desastres ocurridos en México en esa época, era el Ejército Nacional a través del Plan DN-III-E que fue creado en 1966 para ayudar a las personas en caso de desastre, pero tiene dos problemas principales. (1) El plan están dirigido principalmente a desastres hidrometeorológicos y (2) Sólo puede ponerse en marcha mediante orden presidencial. El Sistema Nacional de Protección Civil fue creado en 1986 en respuesta al sismo de 1985 en la Ciudad de México (De la Cruz-Reyna y Martín-Del Pozzo, 2009), en aquellas fechas no existía un monitoreo del volcán a pesar de que en fechas anteriores a la erupción se había detectado un aumento en el número de sismos y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) había realizado un estudio entre 1980-1981 con el fin de conocer el potencial geotérmico del área del volcán (Macías, 2005).

Entre Marzo y April de 1982, se produjo una gran cantidad de ceniza y las comunidades que se encontraban alrededor del volcán a una distancias de seis kilómetros fueron destruidas por flujos y oleadas piroclásticas, matando alrededor de 2000 personas. Las personas que sobrevivieron a las oleadas, posteriormente murieron por complicación pulmonar debido a inhalación de ceniza (De la Cruz-Reyna y Martín-Del Pozzo, 2009).

La experiencia nos ha demostrado que aunque no se puede evitar un evento de la naturaleza de una erupción volcánica, si se puede estudiar las manifestaciones físicas producidas por éste. Esto permite conocer y evaluar el estado de la actividad de un volcán. Además, es importante recalcar que no se puede realizar un análisis de amenaza sin tomar en cuenta los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a este tipo de fenómenos en un territorio (Lavell, 2004).

Así, es posible decir que el desastre ocasionado por la erupción del volcán Chichón fue debido principalmente a una mala toma de decisiones por parte de las autoridades encargadas por falta del conocimiento adecuado. Esto nos deja claro que las condiciones de vulnerabilidad que una población presenta ante una manifestación de la naturaleza, no son condiciones que se hayan dado independientemente del hombre. Por el contrario, es el mismo hombre quien las ha creado y corre el riesgo de resultar dañado al desarrollarse un evento. Las condiciones de vulnerabilidad se van gestando y pueden ir acumulándose progresivamente configurando una situación de riesgo (que muchas veces no se advierte, se trata de minimizar o se menosprecia temerariamente).

También es importante mencionar que no sólo las vidas humanas son los elementos en riesgo, ya que nuestra sociedad posee y depende de estructuras básicas muy vulnerables, como son los sistemas de comunicación o las redes de distribución de agua y energía. Además, los núcleos urbanos en la proximidad de volcanes potencialmente peligrosos son cada vez mayores, llegando en algunos casos a urbanizar hasta las laderas de un volcán de alto riesgo como el Vesubio o el Popocatépetl.

Capítulo 3

Metodología

De acuerdo con los materiales de capacitación para la reducción del riesgo elaborados por la Red Latinoamericana de Estudios Sociales (LA RED¹), se identifica y se caracteriza los siguientes elementos de un escenario de riesgo:

1. La amenaza volcánica y condiciones geográficas del territorio
2. Las vulnerabilidades (grupos sociales vulnerables, percepción del riesgo, debilidad institucional, condiciones económicas, carencia de recursos materiales, vulnerabilidad física de edificaciones e infraestructura, etc.).
3. Los actores y procesos sujetos a riesgo, así como a los actores y procesos constructores del riesgo existente y potenciales constructores de riesgo en el futuro.
4. Actores relevantes para la gestión de reducción del riesgo.

3.1. Descripción

En este trabajo se utilizaron los elementos anteriores para la gestión de la reducción del riesgo de la siguiente manera:

1. Caracterización del Peligro Volcánico. La caracterización del espacio geográfico y características geológicas de la zona de estudio en nuestro caso se enfocó a la evaluación o análisis de la amenaza volcánica en el volcán Popocatepetl. Dicha evaluación permitirá estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento volcánico, así como su posible magnitud y duración.

¹ Sin publicar

2. Caracterización de Vulnerabilidades. Conocer el grado de exposición de la población o la infraestructura existente a la amenaza volcánica, así como la capacidad de respuesta de ésta, antes, durante y después de la presencia de un evento volcánico significativo. Con este propósito se establecieron las condiciones socio-naturales que hace susceptible a la población a sufrir daños y se identificaron las zonas con los grupos sociales en riesgo. Se aplicaron encuestas, observación y revisión documental sobre la comunidad.
3. Identificación de los actores sujetos al proceso de riesgo. Se refiere a una comunidad y se obtendrá de una revisión documental y propuestas de trabajo que se hayan hecho en la zona sobre el tema de riesgo volcánico en la comunidad. Esta información nos permitirá tener un acercamiento a la realidad y de lo que podría ser una situación de riesgo. En la identificación y caracterización de actores tanto los que generan como los que se encuentran en el proceso de riesgo nos permitirá establecer en quienes podemos tener aliados para la intervención en la gestión de su reducción.
4. Identificación de los actores relevantes para la gestión de reducción del riesgo.: Permite tomar algunas decisiones para el control y reducción del riesgo.

3.2 Metodología de la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) para la Cuantificación de las Vulnerabilidades Social, Económica, Estructural y Global.

La NOAA desarrolló una metodología que ayuda a los gobiernos locales y estatales a determinar y dar prioridad a las localidades que tengan una mayor vulnerabilidad ante una amenaza. Esta metodología fue desarrollada en 1999 y como caso de estudio se evaluó la vulnerabilidad de New Hanover en Carolina del Norte (<http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/mitigate.htm>). Los resultados son

incorporados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para realizar el análisis de la vulnerabilidad.

La metodología se dividió en dos partes: la identificación de los Peligros Volcánicos y la Cuantificación de las Vulnerabilidades (Social, Económica, Estructural y Global). Para la identificación de los Peligros Volcánicos en SPBJ se siguieron los pasos descritos en la siguiente sección.

3.2.1 Identificación de Peligros Volcánicos en SPBJ

1. Identificar los peligros que presentan una cierta amenaza para SPBJ de la siguiente lista de peligros volcánicos asociados al Volcán Popocatepetl propuesta por Macías et al. (1995):

- I. Peligros por eventos que involucran el flujo de materiales volcánicos

- A. Lavas

- a. Derrames de lavas

- b. Domos de Lava

- B. Corrientes piroclásticas de densidad

- a. Flujos piroclásticos

- b. Oleadas piroclásticas "surges"

- c. Explosiones dirigidas "blast"

- C. Flujos de lodo

- D. Derrumbes gigantes (avalanchas de escombros)

- II. Peligros por eventos de caída libre

- A. Caída de material piroclástico

- B. proyectiles balísticos

Determinar la prioridad relativa de los peligros volcánicos. Se requiere determinar qué factores son los más críticos en SPBJ y por consiguiente se le asignan pesos. Los factores pueden incluir la frecuencia del peligro, el tamaño del área afectada y la magnitud de los daños asociados a los peligros.

Siguiendo la metodología de la NOAA los valores de las ponderaciones de la frecuencia, área de impacto y del daño potencial se definen entre un rango de 1 a 5 de la siguiente manera:

1 = Muy bajo; 2= Bajo; 3= Moderado; 4= Alto y 5= Muy Alto

El nivel relativo de exposición a cada peligro volcánico se determinó utilizando la siguiente ecuación (NOAA, 2006):

$$T=(F + A) \times D \quad (1)$$

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

La siguiente parte de la metodología permite identificar y priorizar las zonas más vulnerables de la comunidad en riesgo. Esta herramienta metodológica tiene la flexibilidad de utilizar una gama amplia de fuentes de datos, puede ser condensada para centrarse en un número menor de factores de vulnerabilidad o puede ser ampliada para incluir un análisis más detallado. Para la cuantificación de las vulnerabilidades se utilizó el cálculo de la muestra mínima estadísticamente representativa del área de estudio. En la siguiente sección se explica en detalle cómo se obtuvo esta muestra.

3.2.2 El Diseño de la Muestra Mínima

Como han señalado García Ferrando et al. (1986) “una encuesta es una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación, con el fin de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población”.

3.2.1.1 Cálculo de la Muestra Mínima de Viviendas a Encuestar en SPBJ

En primera instancia se definen los siguientes conceptos:

Población N. Conjunto de unidades sobre las que pretendemos obtener cierta información. Esas unidades pueden ser individuales (como, por ejemplo, mujeres, hombres, niños, involucrados en una situación a investigar) compuestas (como, por ejemplo, colonia, unidad habitacional, edificios) o una serie de objetos (como, por ejemplo aparatos electrónicos) (Mendenhall, 1979).

Una población debe tener una clara delimitación, de manera que se pueda definir sin problemas si una unidad pertenece o no a ella y que esté constituida por unidades de la misma naturaleza.

Muestra. Debido a la complejidad de la recolección y clasificación de análisis de los datos, es prácticamente imposible que el estudio abarque a todas las unidades que comprenden la población, salvo que ésta sea muy pequeña. En esos casos se toma una parte representativa de la población a la cual se le llama **muestra** (Mendenhall, 1979).

Elementos Principales de una Muestra:

Marco o base de la muestra. Conjunto de unidades que constituyen la población. En la práctica suelen utilizarse bases de datos ya formadas como: censos, conteos o padrones municipales, etc.

Tamaño de la muestra. Para calcular el tamaño de la muestra se tienen que tomar en cuenta tres factores:

- El porcentaje de confianza con el cual se quiere generalizar los datos desde la muestra hacia la población total.
- El porcentaje de error que se pretende aceptar al momento de hacer la generalización.
- El nivel de variabilidad que se calcula para comprobar la hipótesis.

Porcentaje de confianza. Es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Comúnmente se considera un porcentaje de confianza del 95%.

Porcentaje de error. Equivale a elegir una probabilidad de aceptar una hipótesis que sea falsa como si fuera verdadera, o a la inversa: rechazar la hipótesis verdadera por considerarla falsa. Comúnmente se aceptan entre 4% y 6% como error, tomando en cuenta de que no son complementarios la confianza y el error.

Variabilidad. Es la probabilidad (o porcentaje) con el que se aceptó y se rechazó la hipótesis que se quiere investigar en alguna investigación anterior o en un ensayo previo a la investigación actual. El porcentaje con que se aceptó tal hipótesis se denomina **variabilidad positiva** y se denota por p , y el porcentaje con el que se rechazó esa hipótesis es la variabilidad negativa, denotada por q .

Se debe considerar que p y q son complementarios, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$p + q = 1 \quad (2)$$

Como se conocía el tamaño de la población se utilizó la ecuación 3:

$$n = \frac{Z^2 p q N}{(N-1)E^2 + Z^2 pq} \quad (3)$$

n = es el tamaño de la muestra

Z = es el nivel de confianza

p = es la variabilidad positiva

q = es la variabilidad negativa

N = es el tamaño de la población

E = es la precisión o el error

En la Tabla 3.1 se muestran diferentes niveles de confianza (Mendenhall, 1979).

Tabla 3.1. Nivel de Confianza.

Nivel de confianza (%)	99.7%	99%	98%	96%	95.45%	95%	90%	80%	68.27%	50%
Z	3.00	2.58	2.33	2.05	2.00	1.96	1.64	1.28	1.00	0.6745

3.2.1.2. Muestreo Aleatorio Simple con Reemplazo

Para calcular la muestra mínima en SPBJ, se consultó el censo de INEGI 2000, obteniéndose que el número de viviendas es de 1031 con 129 viviendas deshabitadas. Por este motivo, el número de viviendas que se consideró en el universo de estudio fue de 902. Considerando la ecuación 4, la muestra mínima fue de 259 con un nivel de confianza del 95%.

SPBJ se divide por manzanas, para que la muestra mínima esté bien distribuida en toda la localidad, se contó el número de viviendas por manzana y se obtuvo una proporción mediante la ecuación 4:

$$X = \frac{M * N}{V} \quad (4)$$

Donde:

X = Número de viviendas a encuestar

M = Número de viviendas por manzana

N = Muestra Mínima

V = total de viviendas en SPBJ

Por ejemplo si se tienen 12 viviendas en la Manzana 1, el número de viviendas a encuestar de acuerdo a nuestra muestra mínima es:

$$\text{Número de viviendas a encuestar en Manzana 1} = \frac{12(259)}{902} = 3.4 \cong 3$$

En este caso, conociendo el número de viviendas a encuestar se enumeran las 12 viviendas y se escogen 3 por el método aleatorio con reemplazo.

Seleccionadas las viviendas a encuestar se aplicaron los cuestionarios diseñados tomando como base los formularios oficiales publicados por CENAPRED (2006), INEGI y Nieto (2003). Estos cuestionarios nos permitieron obtener información sobre las vulnerabilidades en SPBJ y poder cuantificarlas (Anexo 1).

3.2.2. Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Física

La vulnerabilidad física se refiere al grado de exposición a diferentes fenómenos extremos de origen natural debido a la localización geográfica de los asentamientos humanos. En nuestro caso, analizamos el grado de exposición de SPBJ debido a los diferentes peligros generados por el volcán Popocatepetl como consecuencia de la cercanía de esta comunidad al volcán. Mediante la carta topográfica 1:50,000 del INEGI (2000) se determinaron las zonas de peligro ante posibles lahares de lluvia o secundarios. Se dividió geográficamente la comunidad de SPBJ en dos zonas de peligro (Zona A y Zona B) (Figura 3.1). La Zona A corresponde a la parte de la comunidad que estaría menos expuesta ante este tipo de peligro ya que se encuentra protegida por los derrames de lava que tienen más de 10 m de espesor y algunos de los cuales llegan a superar los 50 m (Espinasa-Pereña y Martín del Pozzo, 2006). Se considera que la Zona B se encuentra con mayor grado de exposición a lahares secundarios por ser un área de baja pendiente y no encontrarse protegida por ningún tipo de depósitos o derrames de lava. Bajo estas consideraciones, a la Zona A se le asignó un valor de ponderación igual a 4 que corresponde a un daño potencial "alto". A la Zona B el valor asignado fue de 5 equivalente a un daño potencial "muy alto".

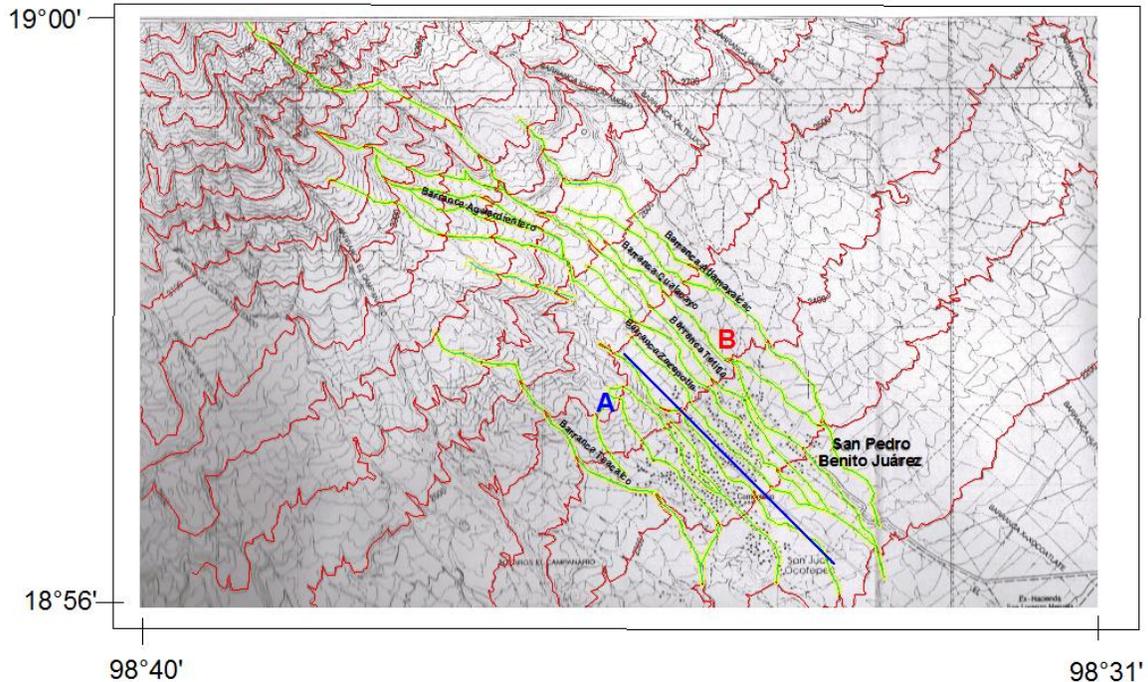


Figura 3.1. Mapa que señala las Zonas A y B de vulnerabilidad física ante lahares secundarios

3.2.3. Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad social es el nivel de cohesión interna que posee una comunidad, se analizó las formas de organización de la sociedad civil, la ideología de los habitantes de SPBJ, el nivel de educación, cultural y percepción del riesgo mediante cuestionarios y se asignaron valores a cada una de las respuestas, en el Anexo 2 se presenta una breve explicación sobre la importancia de cada pregunta y su ponderación.

A las preguntas de los cuestionarios de vulnerabilidad social se asignaron valores ponderados entre 0.1 a 1 con intervalos de 0.20. A continuación se sumaron los valores asignados a las preguntas y el resultado se normalizó, después se dividió en cinco niveles para asignarle un nivel de vulnerabilidad a cada vivienda. Este procedimiento se realizó para obtener el nivel de vulnerabilidad social, económica, estructural y global (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Cuantificación de Vulnerabilidad Social.

Categorías	Rangos
Muy Baja	De 0.01 a 0.20
Baja	De 0.21 a 0.40
Media	De 0.41 a 0.60
Alta	De 0.61 a 0.80
Muy Alta	De 0.81 a 1.00

3.2.4. Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Económica

La vulnerabilidad económica se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, tipo de cosecha, si es para autoconsumo o venta, y cantidad de animales que poseen. En el Anexo 2 se explica la importancia de cada pregunta y la ponderación correspondiente.

A las preguntas del cuestionario de vulnerabilidad económica al igual que en la vulnerabilidad social se asignaron valores ponderados entre 0.1 a 1.0 con intervalos de 0.2, se sumaron los valores asignados a las preguntas y el resultado se normalizó, después se dividió en cinco niveles para asignarle un nivel de vulnerabilidad económica a cada vivienda Tabla 3.2.

3.2.5. Análisis y Cuantificación de la Vulnerabilidad Estructural

Este tipo de vulnerabilidad tiene que ver con las deficiencias de resistencia de los elementos materiales expuestos ante una amenaza. Esto se reduce al dominio de

las técnicas y tecnologías que carecen las comunidades, en el Anexo 2 se presenta una breve explicación de cada pregunta como su ponderación.

A las preguntas del cuestionario de vulnerabilidad estructural se asignó valores ponderados entre 0.1 a 1.0 con intervalos de 0.2, se sumaron los valores asignados a las preguntas y el resultado se normalizó, después se dividió en cinco niveles para asignarle un nivel de vulnerabilidad a cada vivienda Tabla 3.2.

En este trabajo se clasificaron los diferentes tipos de construcciones de las viviendas de la siguiente manera:

1. **Vulnerabilidad muy alta.** Casas construidas con materiales locales (tales como tejamanil o chinamite) que constan de un solo cuarto o de dos construcciones independientes, Las casas de este tipo no tienen ventanas, el piso es de tierra y el techo es de lámina o de hojas de palma. Todo está concentrado en un solo espacio donde la familia vive y duerme. Casi siempre hay otro espacio parcialmente cerrado que funciona como cocina, alrededor del *tlacuil* (utilizado desde la época prehispánica) y que consiste de tres piedras colocadas en un triángulo alrededor de una lumbre en el suelo (Figura 3.2).



Figura 3.2. Casa con vulnerabilidad muy alta.

2. **Vulnerabilidad alta.** Casas cuyo exterior es semejante a las primeras, pero la vivienda es de mayor tamaño, con pisos de concreto, techos y dos divisiones en su interior. El cuarto principal sirve de dormitorio, sala y, en ocasiones, cocina (Figura 3.3).



Figura 3.3. Casa con vulnerabilidad alta.

3. **Vulnerabilidad media.** Casas de un diseño popular y urbano, con dos habitaciones de una planta, pisos de concreto y ventanas de vidrio y hierro. Los cuartos son diferenciados de acuerdo con su función y forman una casa "moderna (Figura 3.4).



Figura 3.4. Casa con vulnerabilidad moderada.

4. **Vulnerabilidad baja.** Casas de un diseño popular y urbano de dos plantas, con varias habitaciones, pisos de mosaico o concreto y ventanas de vidrio y hierro. Los cuartos son diferenciados de acuerdo con su función y forman también una casa "moderna". La sala tiene sillones y las camas están en un cuarto independiente. Los utensilios y las decoraciones son diversificados y dan testimonio del avance hacia la modernidad. Tienen llaves de agua y lavabos, calentadores de gas y ventiladores. Las instalaciones rústicas para los animales y los instrumentos de trabajo se encuentran en el solar atrás de la casa, como también las instalaciones sanitarias (Figura 3.5).



Figura 3.5. Casa con vulnerabilidad baja.

5. **Vulnerabilidad muy baja.** Este tipo de casa es de dos plantas, con pisos de concreto y bien construidas. Cuentan con puertas de hierro anchas, ventanas y balcones (Figura 3.6).



Figura 3.6. Casa con vulnerabilidad muy baja

3.2.6. Cuantificación de la Vulnerabilidad Global

La vulnerabilidad global se obtuvo sumando las vulnerabilidades social, económica y estructural de cada casa habitación de la muestra de SPBJ tal como se demostró en las secciones 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 de este capítulo.

$$VGI = (VFis) + (VSo) + (VEc) + (VEs) \quad (5)$$

Dónde:

VGI = Vulnerabilidad Global

VFis= Vulnerabilidad Física

VSo = Vulnerabilidad Social

VEc = Vulnerabilidad Económica

VEs = Vulnerabilidad Estructural

Para el cálculo de la vulnerabilidad global se sumaron los valores asignados a las preguntas y después se dividió en cinco niveles para asignarle un nivel de vulnerabilidad a cada vivienda (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Cuantificación de la Vulnerabilidad Global.

Vulnerabilidad Global	Rango de las categorías
Muy baja	0.001 a 1.442
Baja	1.443 a 2.884
Moderada	2.885 a 4.326
Alta	4.327 a 5.768
Muy alta	5.769 a 7.210

Capítulo 4

Amenaza Volcánica

4.1. Localización geográfica del Volcán Popocatépetl

Popocatépetl significa en lengua náhuatl “La Montaña que humea”, esto alude al hecho de que durante la época prehispánica, los aztecas lo observaron en diversas ocasiones en actividad (Macías, 2005). El volcán se encuentra localizado a 19.02° N y 96.82° W, en el extremo meridional de la Sierra Nevada. Es la segunda montaña más alta del país con 5450 msnm y está clasificado como un estratovolcán andesítico-dacítico (De la Cruz-Reyna et al., 1995).

Se sitúa a unos 65 km al sudeste de la Ciudad de México y a unos 45 km al oeste de la ciudad de Puebla y forma parte del extremo sur de la Sierra Nevada compuesta por los volcanes Tláloc, Telaron, Teyotl, Iztaccíhuatl y Popocatépetl (Macías, 2005) (Figura 4.1).



Figura 4.1. Vista de los principales volcanes en la FVTM, SA=Sanangüey, CB=Ceboruco, MVF=Campo volcánico mascota, CO=Colima, MGVF=Campo volcánico Michoacán-Guanajuato, ZV=Zitácuaro-Valle de Bravo, JO=Jocotitlán, NT=Nevado de

Toluca, CHIC=Sierra Chichinautzin, IZ=Iztaccíhuatl, PO=Popocatépetl, LM=La Malinche, POR=Pico de Orizaba, LC=Las Cumbres, CP=Cofre de Perote, NVF=Campo volcánico Naolinco, LA=Los Atlixcos.

4.2. Marco geológico

4.2.1. Faja Volcánica Transmexicana (FVTM)

La mayor concentración de volcanes en México se encuentra en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), se tiene una gran variedad de formas volcánicas, incluye tanto volcanes con actividad efusiva como volcanes que han producido erupciones altamente explosivas. Existen aproximadamente 2000 volcanes, que pueden ser desde extensos campos de pequeños conos de ceniza, volcanes escudo ó estratovolcanes. La tasa de erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido de unas 15 erupciones de diversos tamaños por siglo (De la Cruz-Reyna, 2004) (Figura 4.2).



Figura 4.2. Localización del volcán Popocatépetl y SPBJ (Modificado de Espinasa-Pereña, 2007).

4.2.2. Historia Eruptiva del Volcán Popocatépetl

El volcán Popocatépetl es un estratovolcán andesítico-dacítico (Siebe et al., 1997) construido en etapas alternantes de flujos de lava y piroclásticos. Carrasco et al. (1986) consideran que está formado por una alternancia de lavas, brechas-tobas, piroclastos de caída libre y flujos de ceniza no consolidados, depósitos generalmente asociados a erupciones de tipo pliniano. El volcán fue destruido al menos dos veces por erupciones de tipo Bezymianny y sus productos fueron nombrados Formación Tlayecac (Siebe et al., 1996; Espinasa-Pereña y Martín-Del-Pozo, 2006). El volcán Popocatépetl ha tenido el crecimiento y colapso de dos volcanes anteriores denominados por el autor Nexpayantla y Ventorrillo (Carrasco-Núñez et. al., 1986; Espinasa-Pereña, 2007).

Sobre los restos del Volcán Nexpayantla se edificó otro volcán denominado Volcán Ventorrillo y sus lavas son las que forman prácticamente todo el sector noroeste del volcán y se encuentran erosionadas y/o sepultadas por gruesos espesores de Tefra. Dicho volcán colapsó hacia el sur y fue producto de una gran erupción de tipo Bezymianny, generando material de avalancha como un grueso depósito de pómez de caída denominado Tochmilco (Espinasa-Pereña, 2007).

La destrucción del cono antiguo del Popocatépetl ocurrió hace aproximadamente 23 000 años con una erupción lateral de magnitud superior a la ocurrida el 18 de mayo de 1980 en el volcán Santa Elena (Estados Unidos). Esta erupción produjo el colapso hacia el sur del antiguo cono del Popocatépetl. La explosión generó una avalancha de escombros que alcanzó distancias hasta de 80 km de la cima. La descompresión del sistema magmático, debido al colapso, produjo una explosión lateral dirigida (*blast*) que emplazó una oleada piroclástica y permitió la formación de una columna pliniana. Esta columna depositó una gruesa capa de caída de pómez, ampliamente distribuida en los flancos meridionales del volcán. El depósito

que se produjo tiene un espesor promedio de 15 m, un volumen de 9 km³ y cubre una superficie de 600 km² (Siebe et al., 1996).

La construcción del cono actual se inició a partir de los últimos 23 000 años y a partir de esa fecha tiene una elevación sobre el nivel del mar de 5472 m y una elevación relativa respecto a sus faldas de 3 000 m. Está edificado por una serie de depósitos piroclásticos con coladas de lava de composición andesítica-dacítica (Figura 4.3) (Siebe et al., 1996). En el trabajo de Espinasa y Martín-Del Pozzo (2007) indican que la pómez de Tochimilco se encuentra ampliamente distribuida en toda la porción sur del volcán, cubriendo directamente los depósitos de la Avalancha Tlayecac Superior, e interdigitada con los depósitos del Abanico Complejo de Coyula.

Entre los años $12,900 \pm 400$ y $14,700 \pm 280$ ocurrió una erupción pliniana (Espinasa-Pereña y Martín-Del-Pozzo, 2006). Esta erupción ha sido la más violenta que se haya registrado en el volcán y se originó en el flanco Noroeste, en el lugar conocido como barranca de Nexpayantla. Además de formar un cráter nuevo (la barranca de Nexpayantla), se produjeron "explosiones freatomagmáticas" y los depósitos de caída de esta erupción fueron dispersados hacia el noroeste, donde ahora se encuentra la Ciudad de México. El material de caída de esta erupción ha sido observado en diferentes lugares de la cuenca de México. En Nonoalco alcanza un espesor de 5 cm, en Tláhuac se encontró un espesor de 20 cm y en Xico (Valle de Chalco) casi de 30 cm (Siebe et al., 1995a).

Espinasa-Pereña (2007) menciona que se han identificado al menos 10 erupciones plinianas y se han fechado hasta el momento seis de éstas. Las mayores ocurrieron entre 12,860 y 14,620 años a.P.

Las erupciones plinianas más recientes tuvieron como resultado el emplazamiento de mantos de pómez de caída y múltiples flujos piroclásticos y flujos de

escombros. Los depósitos datados entre los años $4,965\pm65$ a $4,805\pm60$ a.P, produjeron los abanicos coalescentes Amecameca-Ozumba hacia el oeste, y depósitos de edad y composición similares forman parte del abanico complejo de Coyula hacia el sureste. Los flujos de escombros y flujos piroclásticos asociados a erupciones de los años $2,150\pm80$ a $1,825\pm175$ a.P. se emplazaron principalmente a lo largo de la barranca La Espinera y siguieron el drenaje hacia el sur hasta Tianguismanalco. Hubo otra erupción entre los años $1,290\pm80$ a 855 ± 55 a.P, que produjo flujos de escombros hacia Tecuanipan, más al este (Espinasa-Pereña, 2007).

Los últimos cambios geomorfológicos prehistóricos fueron causados por la erupción de la Ceniza Negra, que cubrió la mayor parte del cono somital con varios metros de espesor de lapillo y ceniza de color gris oscuro. El periodo eruptivo actual del Popocatepetl ha sido similar a otras erupciones históricas, con el emplazamiento de domos de lava en el interior del cráter y su posterior destrucción en erupciones explosivas, que han generado pequeños depósitos en áreas proximales, y pequeños flujos de escombros en la barranca La Espinera causados por la fusión parcial del glaciar (Espinasa-Pereña, R., 2007).

4.3 Geología de SPBJ

Las lavas y demás productos del volcán Popocatepetl tienen una composición que varía de andesita basáltica a riolítica, aunque la mayoría tienen una composición andesítica a dacítica. Los productos de las erupciones del Popocatepetl parecen tener una composición bastante homogénea, ya que en prácticamente todos los casos las rocas son andesitas a dacitas. Al sur de SPBJ se distinguen los frentes y algunos bordes de derrames de lava andesíticos a dacíticos, afaníticos, color gris oscuro, café al intemperismo, y que se encuentran casi sepultados por los

depósitos más recientes del Abanico Volcánico Complejo Coyula (Espinasa-Pereña, 2007) (Figura 4.3).

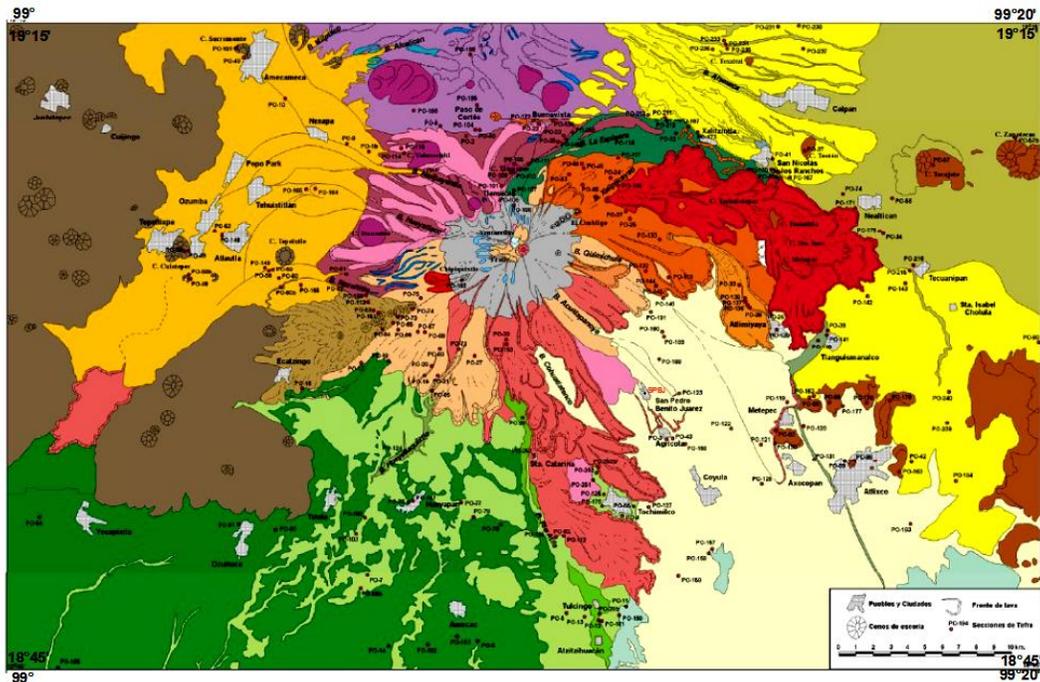


Figura 4.3. Mapa morfoestratigráfico del Popocatepetl y regiones aledañas (Modificado de Espinasa-Pereña, y Martín-Del-Pozo, 2006).

4.2.4 Historia Eruptiva Reciente del Volcán Popocatepetl

La historia eruptiva reciente del volcán junto con su respectivo índice de explosividad volcánica (VEI) se muestra en la Tabla 4.1 (De la Cruz-Reyna y Tilling, 2008).

Tabla 4.1. Índice de Explosividad Volcánica de Erupciones Conocidas del Volcán Popocatepetl reportada desde el siglo 16 (De la Cruz-Reyna et al., 2008).

Año	VEI
1512	2
1519	3
1539-1540	2
1548	2
1571	2

1592	2
1642	2
1663	2
1664	3
1665	2
1697	2
1720	1
1804	1
1919-1920	2
1921	2
1925-1927	2
1994-1997	2
2000	3
2001-presente	1-2

La actividad geológica del volcán Popocatépetl reportada por Macías y Siebe (2004), se resume en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Actividad Geológica del Volcán Popocatépetl (Macías y Siebe, 2004).

Año	Tipo de erupción
1,100	Pliniana
1,700	Pliniana
2,150	Pliniana
5,000	Pliniana
7,100	Pliniana
9,100	Pliniana
10,700	Pliniana
14,000	Pliniana
23,000	Pliniana (colapso del cono y avalancha de escombros)

Los índices de explosividad volcánica (VEI) de las erupciones geológicas se obtuvieron de Mendoza-Rosas y De la Cruz-Reyna (2008) (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. VEI de Erupciones Geológicas del Volcán Popocatepetl (Mendoza-Rosas y De la Cruz-Reyna, 2008).

Año	VEI
1100	4
1700	4
2150	4
5000	4
7100	4
9100	4
10,700	4
14,000	5
23,000	5

4.4. Identificación de Peligros Volcánicos que amenazan a SPBJ

Utilizando la metodología de la NOAA descrita en la sección 3.2 y los peligros a los que se encuentra expuesta la comunidad de SPBJ, en la Tabla 4.4 se muestra las ponderaciones de la frecuencia relativa de los peligros volcánicos, el área de impacto, y el daño potencial.

Los valores de ponderación mostrados en la Tabla 4.4 se determinaron mediante un análisis de la frecuencia, la cantidad de área afectada y el daño potencial asociado a cada peligro. Estos valores asignados no son valores absolutos sino valores relativos entre cada uno de los peligros. El total no tiene un significado estadístico representativo solamente indica si el peligro que representa es mayor que otro.

Los valores asignados a los niveles de peligro son: 1: Muy bajo; 2: Bajo; 3: Moderado; 4: Alto; 5: Muy alto. Los resultados y justificación de asignación de estos valores a los peligros identificados en SPBJ se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.5. Identificación de Peligros Volcánicos en SPBJ

	Peligro Volcánico	Ponderación Frecuencia	Ponderación de Área de Impacto	Ponderación del Daño del Potencial	Total*
Caída de Materiales Volcánicos	5	5	4	40	
	Justificación: La caída de ceniza en la zona de estudio continúa y de sus espesores varían todos los días (Martín Del Pozzo, comunicación personal)	Justificación: El área de estudio está localizada en la zona color naranja del mapa de peligros volcánicos (Macías et al., 1995) (Figura 4.5) que podrían afectar a la comunidad con caídas de materiales volcánicos	Justificación: Aunque el daño a la infraestructura no ha sido significativo, si lo ha sido en la agricultura y ganadería. En la salud de la población que ha presentado problemas respiratorios por la inhalación de ceniza (Rojas-Ramos et al. (2001).		
Lahares secundarios	4	5	4	36	
	Justificación: Los lahares tienen una frecuencia moderada (Espinasa-Pereña y	Justificación: Los depósitos del Abanico de Coyula indica que en SPBJ han ocurrido lahares que impactarían a	Justificación: En SPBJ se encuentran aproximadamente cinco barrancas por kilómetro cuadrado con una		

Martín-Del Pozzo, 2006) toda la profundidad menor a 20 metros (Figura 4.9) (Espinasa-Pereña y Martín-Del Pozzo, 2006)

Flujos

Piroclásticos y Oleadas piroclásticas **2** **5** **5** **35**

Justificación: Ocurren con frecuencia baja (Espinasa-Pereña y Martín-Del Pozzo, 2006)

Justificación: En el mapa de peligros volcánicos SPBJ se encuentra el área roja que indica que la comunidad se vería afectada por estos peligros volcánicos (Macías et al., 1995; Figura 4.4)

Justificación: Al igual que los derrames de lava, los flujos piroclásticos destruyen y queman todo a su paso afectando grandes extensiones (Macías et al., 1995)

Caída de

Productos Balísticos **2** **5** **4** **28**

Justificación: Este tipo de peligro está asociado a las erupciones plinianas que ocurren con frecuencia baja (Espinasa-Pereña y Martín-Del Pozzo,

Justificación: Para una erupción pliniana los productos balísticos llegarían a SPBJ (Alatorre, I.M.A. et al., 2001; Figura 4.6))

Justificación: Representan un peligro para la vida y las propiedades por la fuerza de impacto con la que caen y sus altas temperaturas (Alatorre, I.M.A. et al., 2001)

		2006;Siebe et al., 1995a)		
Flujos de Lava	1	5	5	30
	Justificación: ocurre con frecuencia muy baja (Espinasa-Pereña y Martín-Del Pozzo, 2006)	Justificación: Se tienen reportes de que aproximadamente 23,000 a.P. ocurrieron flujos de lava que impactaron SPBJ (Espinasa-Pereña y Martín-Del Pozzo, 2006; Figura 4.3)	Justificación: Los derrames de lava destruyen y queman todo a su paso (Macías et al., 1995)	
Derrumbes gigantes (Avalanchas de escombros)	1	5	5	30
	Justificación: Los derrumbes gigantes (avalanchas de escombros) tienen una frecuencia muy baja (Espinasa-Pereña y Martín-Del Pozzo, 2006;Siebe et al., 1995a)	Justificación: El área de impacto sería toda la localidad de SPBJ (Macías et al., 1995; Figura 4.7)	Justificación: El daño potencial sería muy alto debido a que el derrumbe de una parte del edificio volcánico originaría flujos de materiales que pueden transportar mega-bloques destruyendo todo a su paso (Macías et al., 1995)	

* Total (valor relativo de exposición)= (Ponderación de frecuencia + ponderación de área de impacto) X (ponderación de daño potencial)

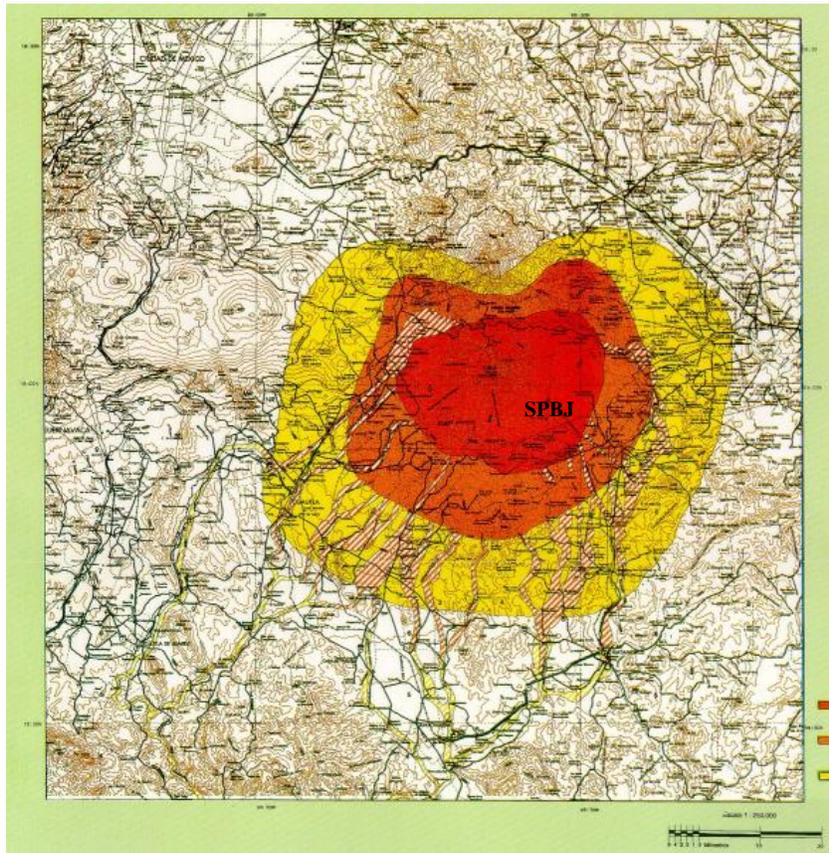


Figura 4.4. Mapa de Peligros volcánicos (Modificado de Macías et al., 1995).

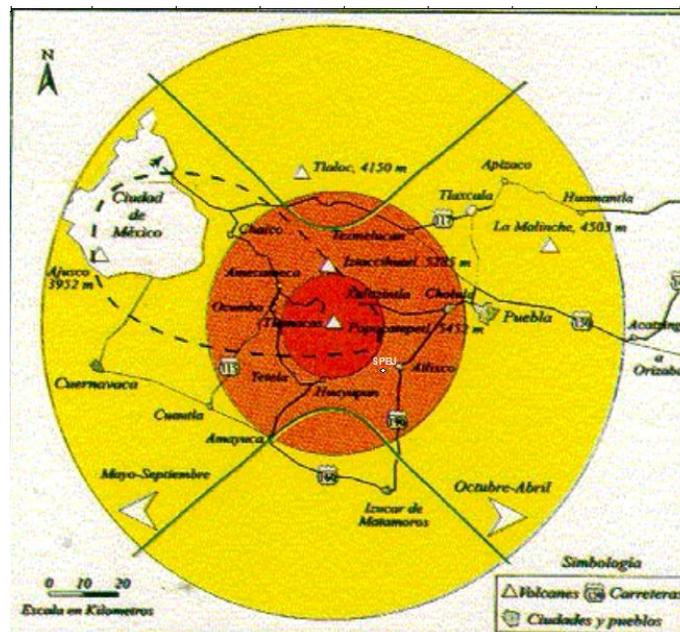


Figura 4.5. Mapa de áreas de peligro para caída de materiales volcánicos (Modificado de Macías et al., 1995).

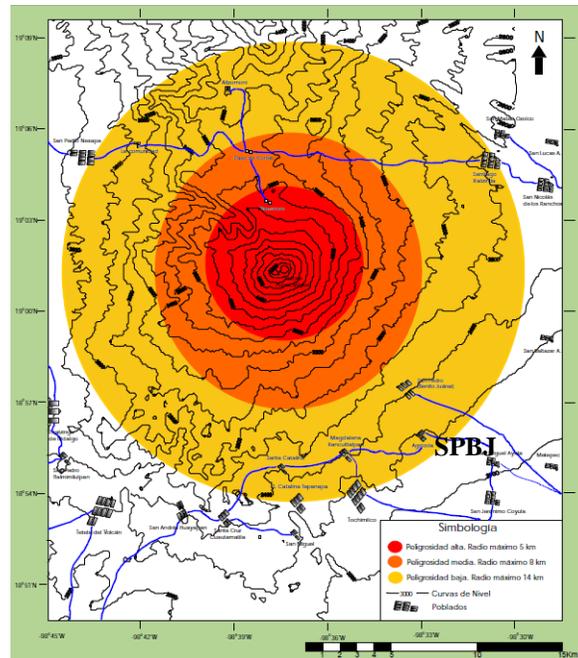


Figura 4.6. Mapa de Peligros por Caída de Productos Balísticos para el Volcán Popocatepetl (Modificado de Alatorre, I.M.A. et al., 2001).

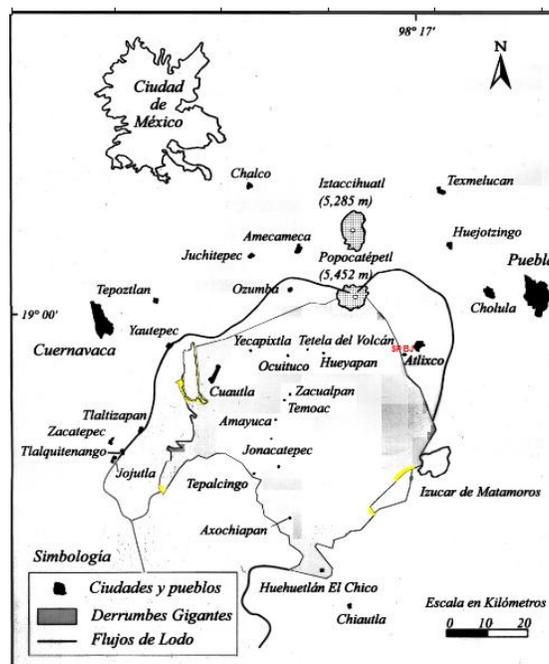


Figura 4.7. Mapa de Peligros Volcánicos (Modificado de Macías et al., 1995).

Capítulo 5

Resultados y Discusión

Como se demuestra en la tabla 4.5, el peligro volcánico al que se encontraría con mayor exposición la población es a la caída de materiales volcánicos (ceniza), aunque es un peligro al que la comunidad está expuesta casi todos los días, no ha ocurrido hasta el momento daños significativos. Sin embargo el grado de exposición aumentaría en caso de una caída continua de ceniza que se excedan los 10 cm de espesor en los techos. En ese caso resultarían dañadas las viviendas con vulnerabilidad muy alta y alta, la agricultura y ganadería se verían afectados alterando la economía de la comunidad. El mayor impacto que este peligro ha tenido en la población de SPBJ es en la salud. Debido a la inhalación de ceniza, se ha encontrado que las consecuencias no se ven en unos días sino después de meses (Rojas-Ramos et al., 2001).

Los flujos de lodo obtuvieron el segundo lugar en el grado de exposición de SPBJ. Esta comunidad (como la comunidad vecina San Juan Ocotepéc) se encuentran rodeados de barrancas. Mediante un análisis geomorfológico y basado en la carta topográfica a escala 1:50 000 INEGI (2000), se concluyó que en SPBJ existen alrededor de cinco barrancas por kilómetro cuadrado y que tienen una profundidad menor a 20 metros. La Barranca del Aguardintero que atraviesa la localidad tienen una profundidad aproximada de 60 m (Figura 4.9), por lo que en caso de ocurrir algún lahar de lluvia o secundario estas barrancas no podrían contener el flujo y podrían desbordarse, dañando a las viviendas que se encuentran cercanas a estos cauces.

Los peligros volcánicos que obtuvieron un grado menor de exposición fueron los flujos piroclásticos y las oleadas piroclásticas. Cabe destacar que para flujos piroclásticos pequeños tales como los sucedidos en el 2000, la población se encuentra más expuesta. Aunque son peligros con una frecuencia baja, el área de impacto y el daño sería muy alto, esto es debido a que destruyen y queman todo a su paso.

Para los flujos de lava y derrumbes gigantes (avalanchas de escombros), el grado de exposición es menor debido a que tienen una frecuencia muy baja pero son peligros que también dañan y destruyen todo a su paso.

La caída de productos balísticos obtuvieron un grado menor de exposición que los flujos de lava y derrumbes gigantes. Aunque no es un peligro frecuente, si es un peligro al que la población de SPBJ se vería en una alta exposición debido a las velocidades que los productos balísticos alcanzan entre 300 y 500 km/h.

5.1 Vulnerabilidades

Lo fundamental consiste en conocer el grado de exposición de la población o la infraestructura existente a la amenaza volcánica, así como la capacidad de respuesta de ésta, antes, durante y después de la presencia de un evento volcánico. Con este propósito, se establecieron las condiciones socio-naturales que los hace susceptibles a sufrir daños y se identificaron tanto las zonas como los grupos sociales en riesgo. Se utilizaron encuestas, observación y revisión documental sobre la comunidad.

5.1.1 Vulnerabilidad Social

Los resultados obtenidos al analizar los datos de campo permiten inferir que en la vulnerabilidad social de SPBJ, el 40% de la población tiene una vulnerabilidad media, 34% baja, 13% alta, 8% muy baja y 5% muy alta (Figura 5.1). Dentro del análisis de la vulnerabilidad social se tomaron en cuenta el nivel de estudios, la percepción del riesgo, religión, número de habitantes y sus edades. La percepción del riesgo volcánico que tienen los habitantes es alta y por lo tanto disminuye la vulnerabilidad social pero debido a que el nivel de estudios del 65% de la población encuestada cuenta tan solo con la primaria, se incrementa la vulnerabilidad quedando la mayoría de la población con una vulnerabilidad entre media y baja.

Los factores socioculturales son la base de las reacciones de la población, entre ellos, la percepción del riesgo volcánico incluye actitudes, temores, creencias y mitos. El análisis realizado indica que debido al hecho de que el 40% de los encuestados tenga una vulnerabilidad social media, la población tiene un cierto nivel de preparación ante alguna emergencia volcánica.

En las siguientes secciones se hace un análisis de las respuestas a los cuestionarios.

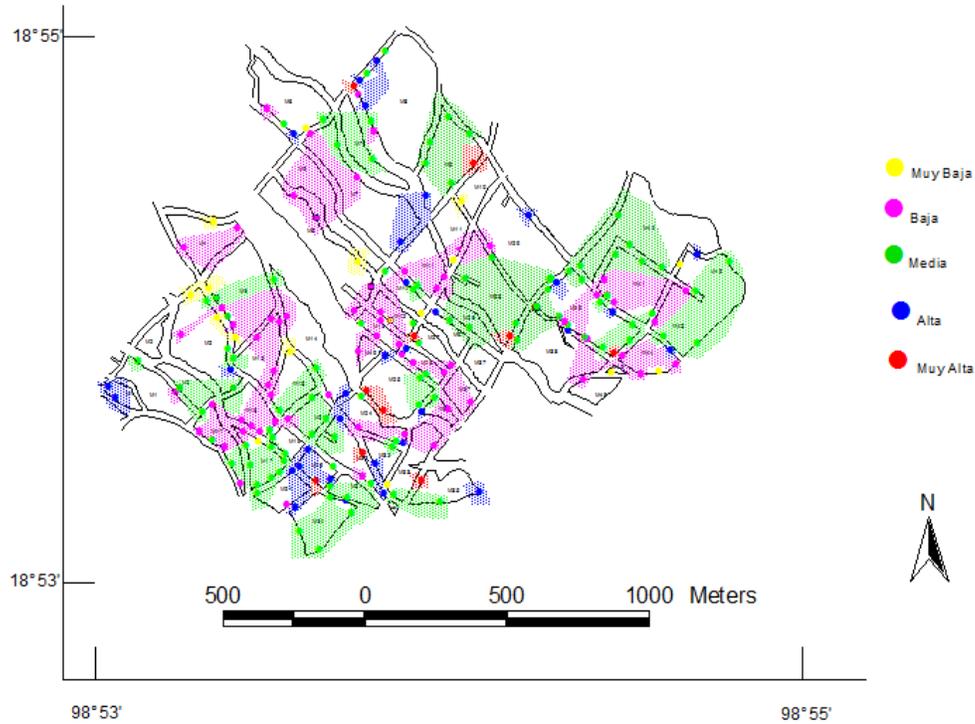


Figura 5.1. Cuantificación de la vulnerabilidad social.

5.1.1.1 Aspecto Religioso

Una carretera asfaltada que conduce de Atlixco a la localidad de SPBJ tiene una distancia de aproximadamente 15 o 20 kilómetros. Lo primero que se alcanza a visualizar es la tele secundaria Ignacio Allende. Adentrándonos en la localidad se llega a la iglesia católica pintada de amarillo (Figura 5. 2). Enfrente de la iglesia se encuentran localizadas las oficinas de las autoridades de SPBJ.

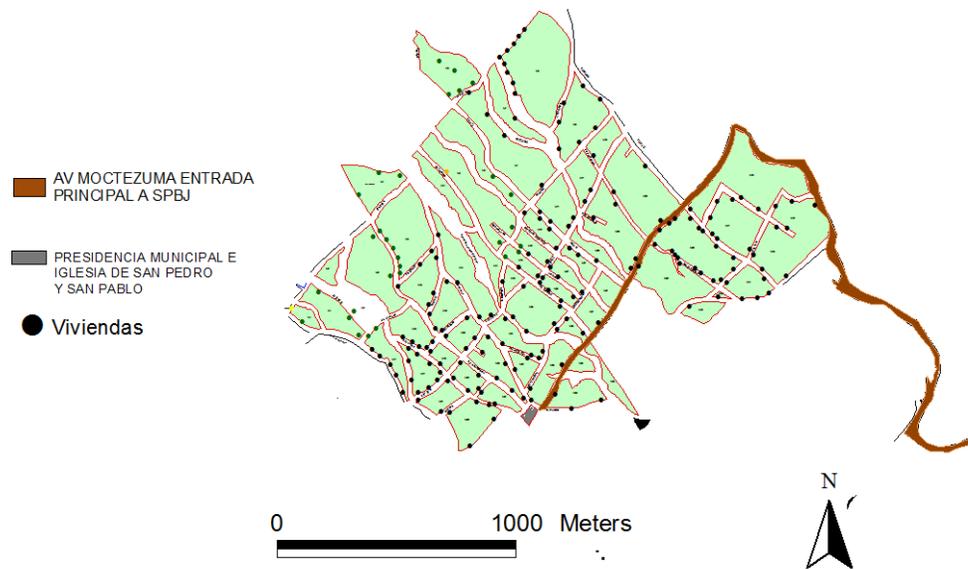


Figura 5. 2. Iglesia de San Pablo y San Pedro.

En este pueblo, cohabitan tres de las religiones con enorme influencia en la comunidad: catolicismo, evangelismo y cristianismo. En la Figura 5.3 se muestra el porcentaje de nuestra muestra que practican alguna religión. El 70% practica el catolicismo, esto genera ciertos conflictos con la minoría de gente que practica otra religión, tal es el caso de las escuelas que se convierten en catalizadores de posibles problemas entre las familias de los alumnos. El periódico La Jornada de Oriente del 10 de noviembre de 2005, relata que la dirección de la tele secundaria mencionó que de los 257 estudiantes del plantel, el 10% profesa fe distinta a la mayoría, tal es el caso de una mujer que es hija de uno de los predicadores de la biblia más importante de SPBJ y que el día de muertos surgieron pequeños conflictos. Recordó que la joven mostraba renuencia a participar en los concursos de ofrendas, pero después de un proceso de entendimiento "cívico", aclaró, la estudiante integrada a dichos grupos identificados con los testigos de Jehová entró complaciente a las ceremonias de las ofrendas.

Esto demuestra que, a pesar de que se tienen diferentes creencias religiosas, en las escuelas se está tratando de inculcar a los niños y jóvenes tolerancia hacia las

diferentes creencias de sus compañeros, disminuyendo de esta manera la vulnerabilidad ideológica y educativa.

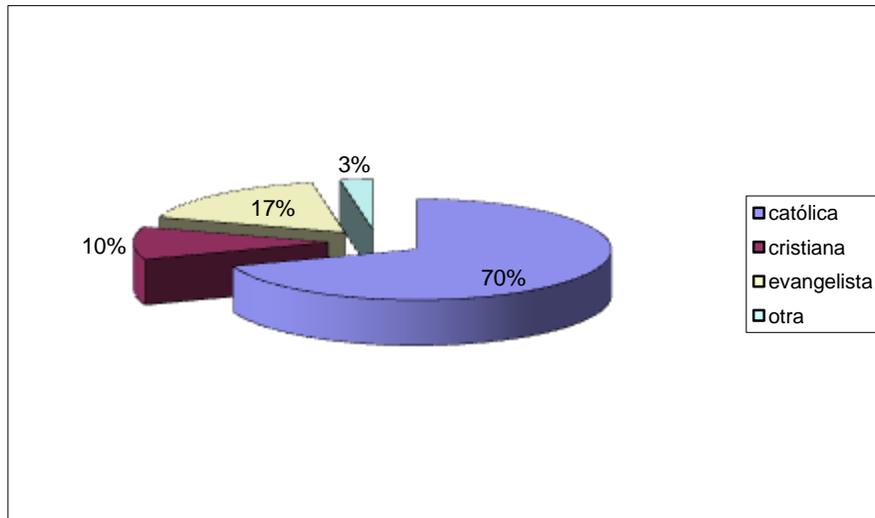


Figura 5.3. Religiones que se practican en SPBJ

5.1.1.2 Educación

Los resultados del análisis del nivel de estudios de los encuestados nos indica que el 65% de la población sólo estudio la primaria, 20% secundaria, 7% bachiller, 7% no tienen estudios y el 1% universidad (Figura 5.4). La educación proporciona elementos fundamentales tales como: valores, normas y conocimientos que nos ayudan a conformar la visión del mundo en que vivimos. Por eso el que el 65% de la población tenga un nivel de estudios de primaria reduce la posibilidad de que los habitantes conozcan las causas de los desastres y las medidas preventivas que se deben tomar ante una emergencia. Esta situación impide el desarrollo de respuestas adecuadas y aumentando así la vulnerabilidad social.

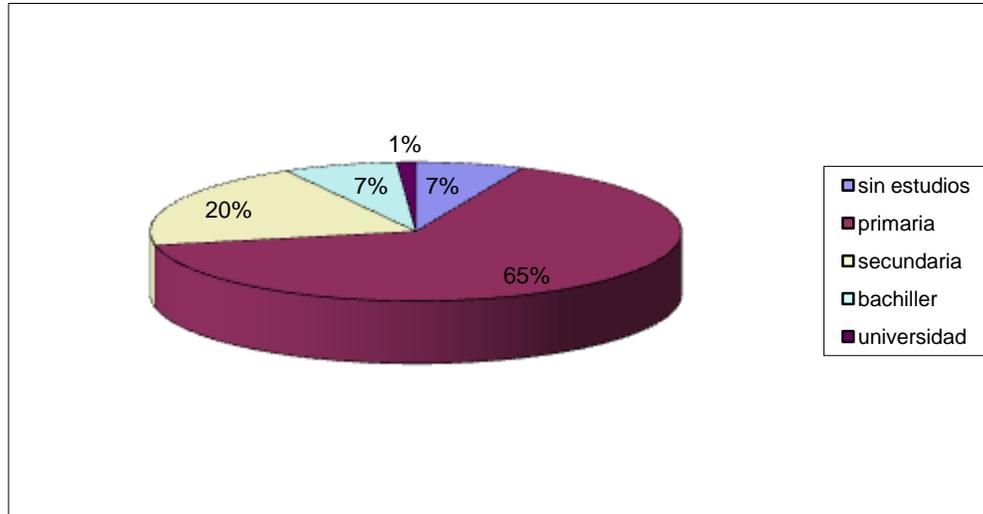


Figura 5.4. Nivel de estudios de encuestados en SPBJ.

A continuación se discuten los resultados del análisis de la percepción del riesgo volcánico en la población de estudio.

5.1.1.3 Percepción del Riesgo

La población de SPBJ tiene identificados los peligros a los que se enfrenta su comunidad. Un ejemplo de esto fueron los resultados obtenidos al preguntarles cuáles eran los peligros a los que se enfrentan, siendo de mayor coincidencia: volcanes e incendios forestales (Figura 5. 5). En efecto, ellos han vivido con el volcán y están acostumbrados a las emisiones volcánicas. En cuanto a los incendios forestales, en épocas de calor a partir del mes de abril, es cuando ocurren la mayoría de los incendios en la comunidad. Ante este tipo de amenaza la población se encuentra bien organizada y cuando detectan que se ha iniciado uno de estos eventos en sus tierras cercanas a las laderas del volcán, hacen una avanzada antes de que lleguen los representantes de protección civil.

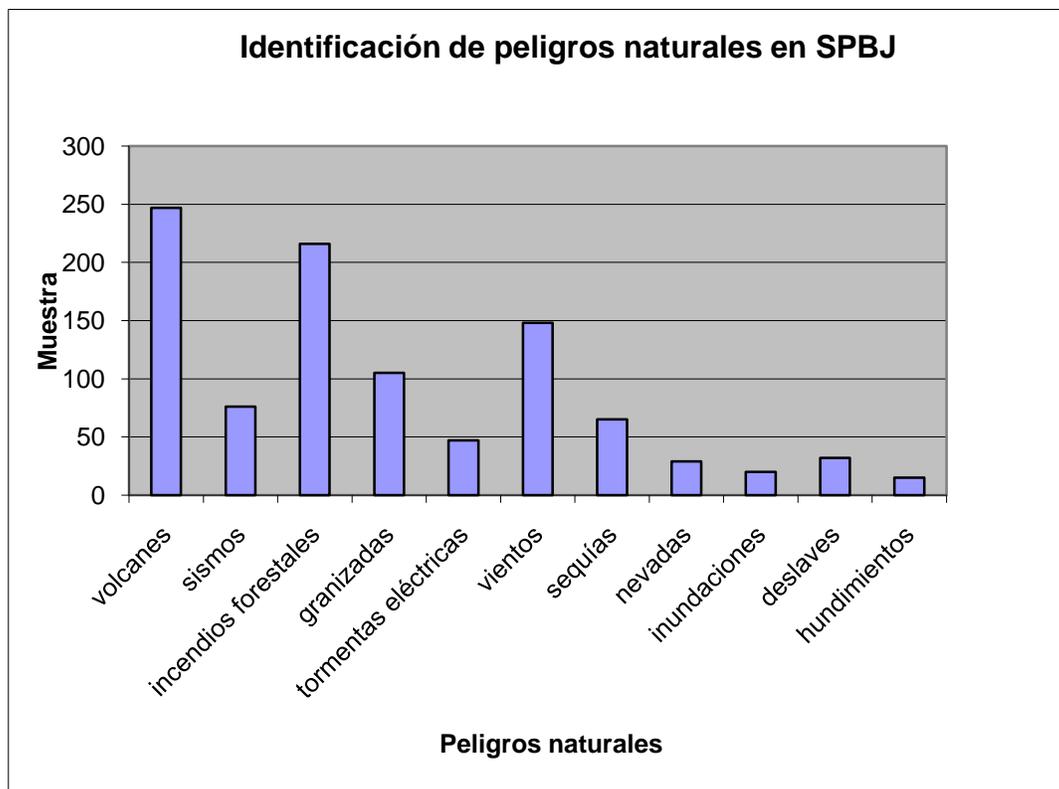


Figura 5. 5. Percepción de la comunidad a los peligros a los que se encuentra expuesta la población de SPBJ.

En el periódico de la Jornada de Oriente del 18 de Diciembre del 2000, se comenta que sólo 7 mil personas de 32 mil aceptaron salir de sus comunidades durante la evacuación del 2000. Estas poblaciones fueron: San Mateo Ozolco, Santiago Xalitzintla, San Pedro Benito Juárez, Ocoatepec, Agrícola Ocoatepec, Yancuitlalpan y Santa Catalina Cuilotepec.

Uno de los mayores problemas a los que se enfrentaron las autoridades en cuanto a la negativa de la gente para salir de sus comunidades, es la preocupación de perder a sus animales y sus bienes personales. De acuerdo a la encuesta realizada, el 60% de las personas encuestadas en SPBJ si evacuó, el 35% no evacuó y el 5% evacuó las dos veces (1994 y 2000) (Figura 5.6).

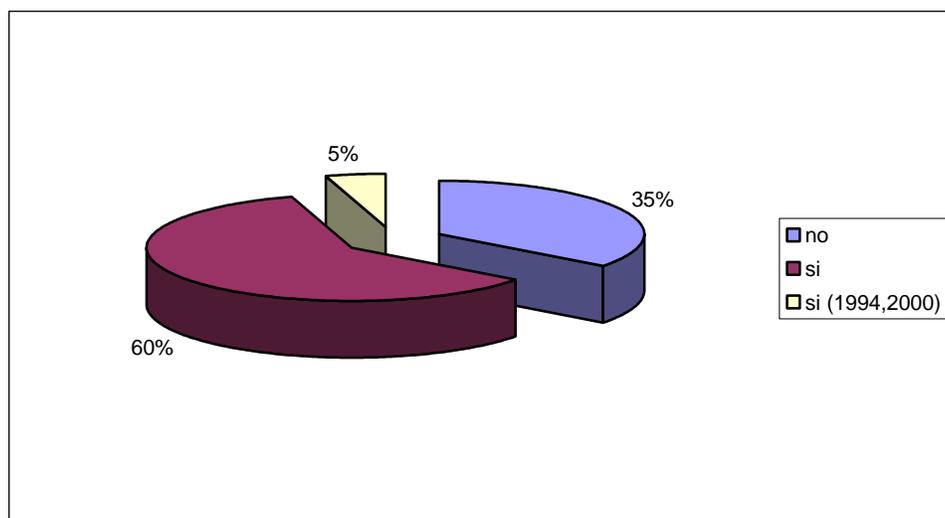


Figura 5. 6. Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Ha evacuado alguna vez?

La comunicación entre protección civil y la comunidad es esencial para poder disminuir el riesgo volcánico. Juntos pueden diseñar planes de emergencia y la comunidad puede recibir información confiable sobre el estado de emergencia del volcán. En esta investigación se le preguntó a la comunidad si sabía en dónde está ubicada y que función desempeña protección civil y los resultados fueron los siguientes: el 53% desconoce lo que hace protección civil y dónde está ubicado, el 47% conoce lo que hace pero desconoce dónde se encuentra ubicado. Estos resultados indican que si se presenta una emergencia no sabrían a quién acudir para que puedan ser ayudados (Figura 5.7).

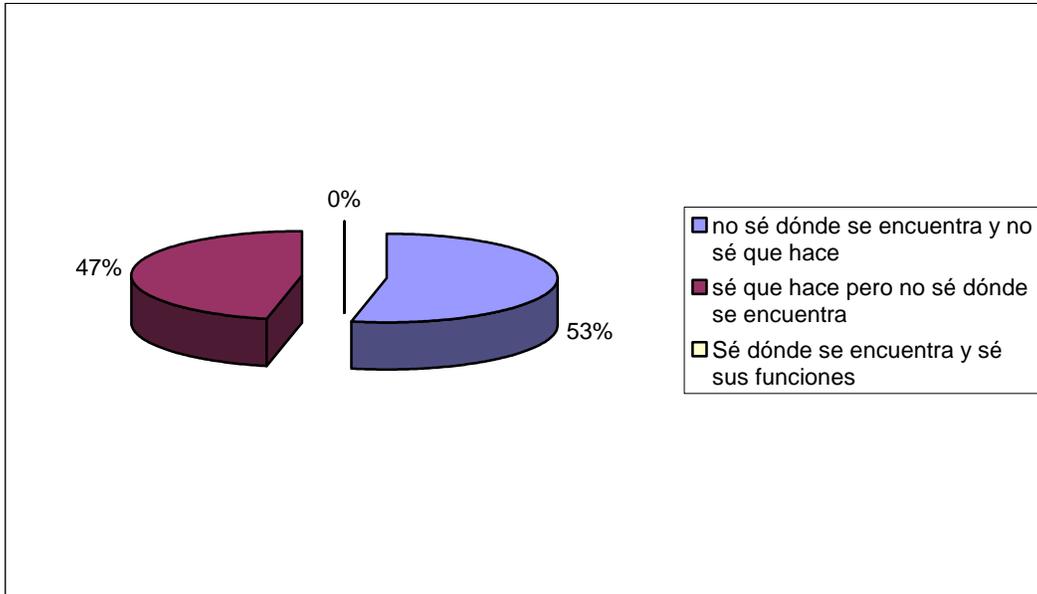


Figura 5.7. Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Sabe dónde está ubicada y qué función desempeña la unidad de Protección Civil?

A pesar del atraso económico en que vive buena parte de la comunidad, la mayoría de la población cuenta con medios de comunicación electrónicos tales como: radio y televisión. Durante el trabajo de campo se les preguntó cómo se habían enterado de la emergencia volcánica del 2000 y de las medidas que debían tomar, obteniéndose como resultado que el 69% de los encuestados se enteraron a través de radio y televisión. El menor porcentaje de los sistemas de comunicación por los cuales se enteraron fueron los medios impresos (Figura 5.8). Esto nos deja claro que el 19% de la población no se enteró de la emergencia volcánica hasta que varias personas con altavoz recorrieron la comunidad invitando a los habitantes a evacuar la comunidad. Este hecho trae como consecuencia que este 19% de la población tenga una capacidad de respuesta muy baja ante una emergencia volcánica.

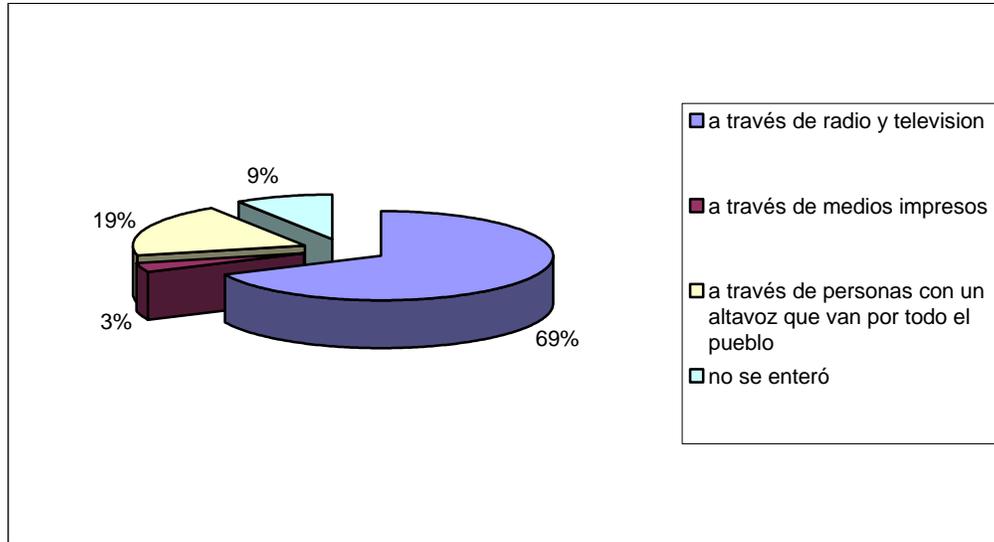


Figura 5.8. Porcentaje de respuestas a la pregunta: En caso de haber estado en una situación de emergencia volcánica, ¿cómo se enteró de las medidas que debía tomar?

A partir de la alerta volcánica en la fase tres de color amarillo, el periódico de la Jornada de Oriente del 4 de diciembre de 2000 indicó que se realizaron siete simulacros de evacuación en los poblados que se encontraban en la zona de riesgo del volcán Popocatepetl. En la Figura 5.9 se muestra el porcentaje de encuestados que han participado en simulacros de evacuación. De acuerdo a esta investigación sólo el 35% de la población ha participado en simulacros.

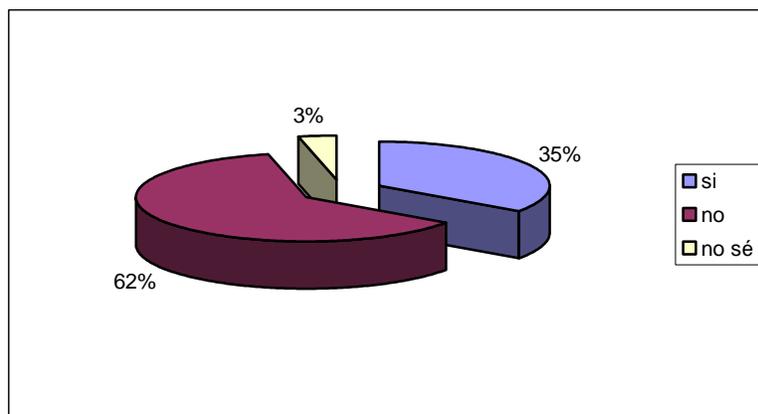


Figura 5.9. Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Ha participado en algún simulacro de protección civil?..

Otra manera de evaluar la percepción del riesgo volcánico es utilizando algunas preguntas de los cuestionarios elaborados por Nieto (2003), que se utilizan para determinar el sentimiento de control y de inseguridad.

El sentimiento de control es una estimación de la seguridad para controlar una situación determinada a partir de los propios recursos. Estos reactivos tratan sobre el sentimiento de que los eventos causales pueden ser manipulados con nuestra influencia. En este trabajo se obtuvieron los resultados mostrados de la Figura 5.10, que nos demuestran que más de la mitad de la población tienen un sentimiento de control, es decir, que conocen que están en riesgo pero creen poder controlar la situación.

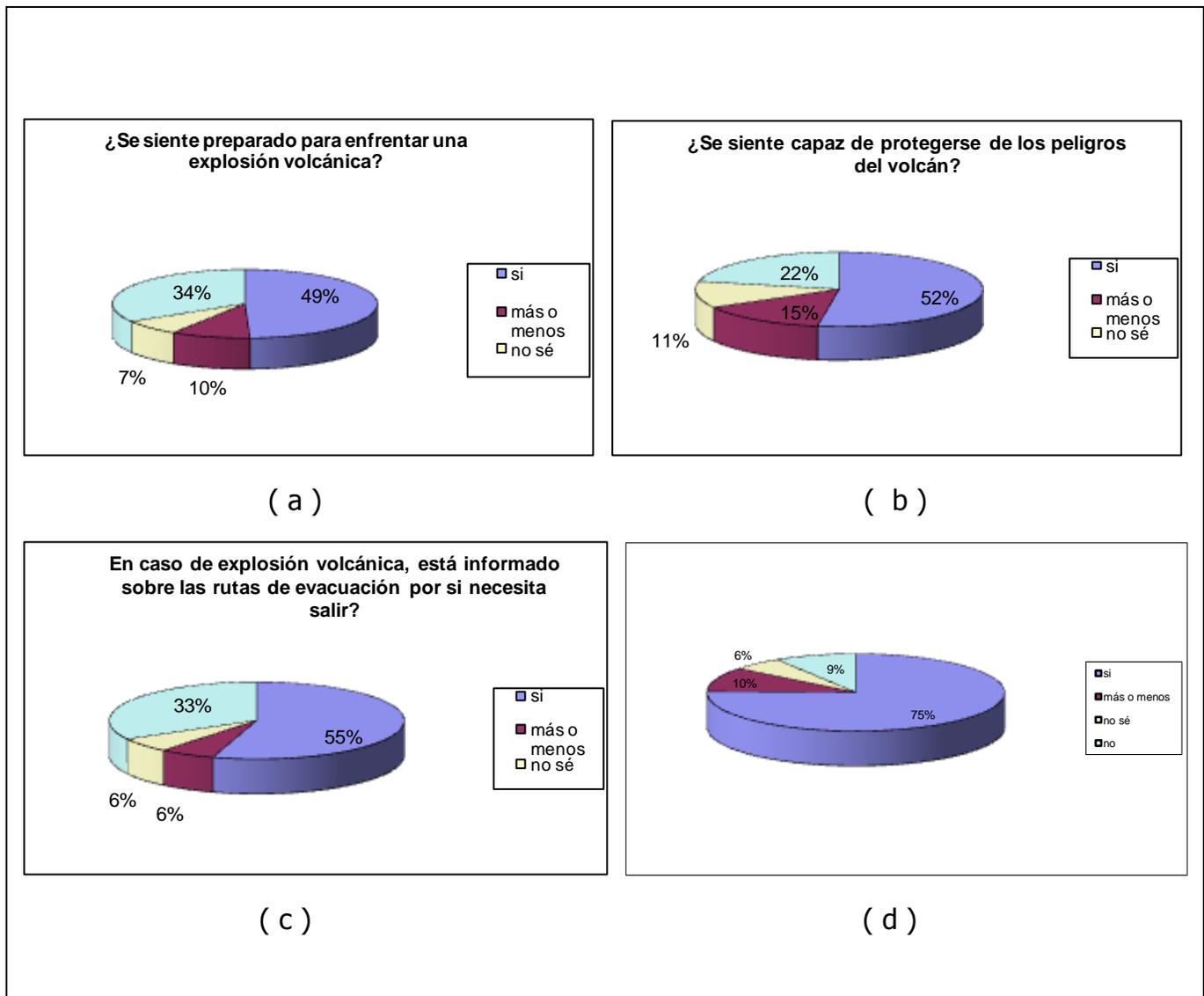


Figura 5.10. Porcentaje de respuestas a las preguntas de sentimiento de control: a) ¿Se siente preparado para enfrentar una explosión volcánica?, b) ¿Se siente capaz de protegerse de los peligros del volcán?, c) En caso de explosión volcánica, está informado sobre las rutas de evacuación por si necesita salir? Y d) ¿Si explota el volcán, Dios los protege?

En cuanto al sentimiento de inseguridad, los reactivos que se incluyen tratan acerca de la estimación de ser una posible víctima de una agresión del medio ambiente. Las preguntas que están relacionadas con estos sentimientos se muestran en la Figura 5. 11 (a, b, c y d). Este sentimiento de inseguridad es un poco menos claro que el de control, ya que el porcentaje de respuestas "si" y "no"

están muy cercanos. Esto implica que la población está temerosa, pero desestiman el riesgo volcánico en el que viven.

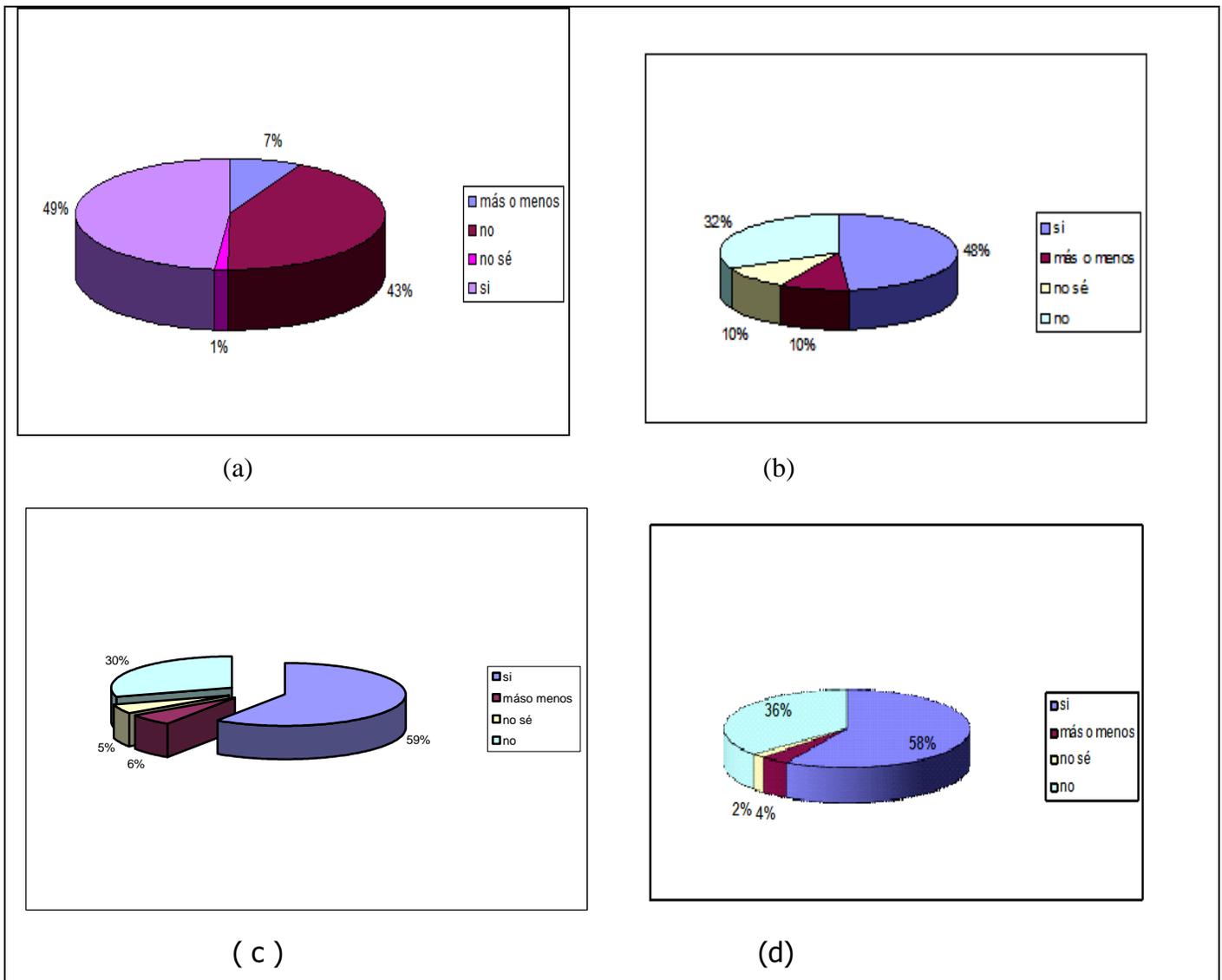


Figura 5. 11. Porcentaje de respuestas a las preguntas de sentimiento de inseguridad son: (a) ¿Tiene miedo de que algo malo le pase si explota el volcán?, (b) ¿En caso de que explote el volcán, no sabría que hacer?, (c) ¿Se encuentran en peligro por el volcán? y (d) ¿Tiene miedo de perder sus pertenencias si el volcán explota?

5.1.2 Vulnerabilidad Económica

A lo largo del siglo XVI el Valle de Atlixco fue una importante región indígena que sirvió como el granero de la Nueva España. Al final del siglo XIX, durante el Porfiriato, la agricultura se expandió en esta zona en respuesta a la urbanización y a la apertura de nuevos mercados. Este desarrollo se basó en una estructura de tenencia de la tierra formada por haciendas, ranchos y aldeas con acceso a la tierra. Las haciendas, dedicadas a la producción de trigo y azúcar, controlaban las mejores tierras y la mayor parte del agua. En el periodo de la Revolución (1910-1917), la zona se vio involucrada en la lucha agrarista en parte debido a su proximidad a Morelos, la cuna del agrarismo zapatista. Poco después de la Revolución se realizó el reparto de las haciendas y el 80% de los ejidos actuales fueron otorgados entre 1925 y 1930.

Cambios subsecuentes en los patrones de cultivo ocurrieron en las décadas de 1940 y 1950, cuando se redistribuyeron los recursos hidrológicos. Los procesos productivos casi no cambiaron en SPBJ, que sigue siendo una zona de agricultura de subsistencia y de ganadería, en combinación con la explotación de los bosques en las laderas del volcán Popocatepetl. Las mujeres comercializan el ganado menor y las frutas de sus pequeños huertos.

Hoy en día, existen 75 ejidos y 8 965 ejidatarios, más algunas propiedades y varios mecanismos para el uso de la tierra, incluido el alquiler de las tierras (Encuesta Nacional Ejidal 1988; Aguascalientes, INEGI, 1990).

El Valle de Atlixco produce una amplia variedad de cultivos que no es común encontrar en una región tan reducida. En las diez mil hectáreas irrigadas del valle se cultivan productos como cebolla, calabaza, pepino, cilantro y aguacate, además de flores. En las tierras no irrigadas predominan el maíz, el frijol y el cacahuate. En general, los pueblos practican una agricultura familiar diversificada y minifundista,

orientada a la comercialización. Los patrones de producción difieren al interior de los pueblos y entre un pueblo y otro, al igual que el uso de la mano de obra no familiar. La tecnología moderna se usa selectivamente y la zona aún está lejos de la agricultura moderna en el sentido de que las fuentes de agua no están bien administradas, la propiedad está demasiado fragmentada y prevalecen las prácticas tradicionales en la organización de producción y en la comercialización.

La diferenciación social es pronunciada ya que en cada comunidad un reducido grupo controla los recursos (capital, transporte, canales de comercialización, propiedad y cargos públicos). Más allá de ese grupo privilegiado, las estructuras sociales son diversas debido a que en SPBJ existe una masa homogénea de campesinos empobrecidos (Fowler-Salamini y Vaughan, 1994).

Los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad económica demuestra que el 29% de la población tiene una vulnerabilidad muy alta, el 42% alta y el 29% media (Figura 5.12).

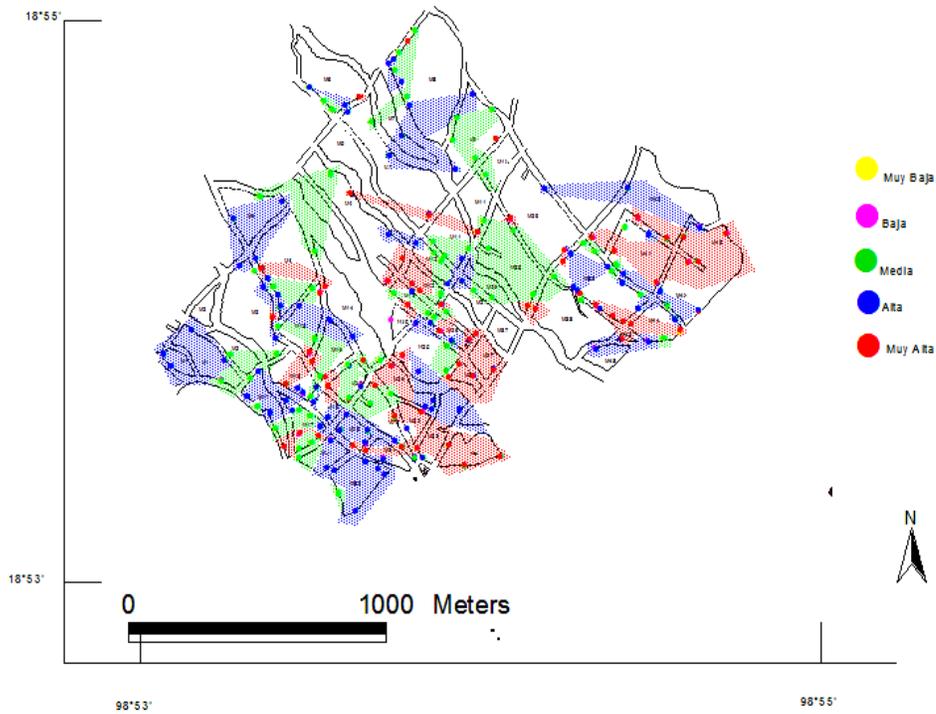


Figura 5.12. Mapa de vulnerabilidad económica.

La situación económica de la población de SPBJ está determinada por las posesiones con las que cuentan tales como sus animales y cosecha) (Figura 5.13).

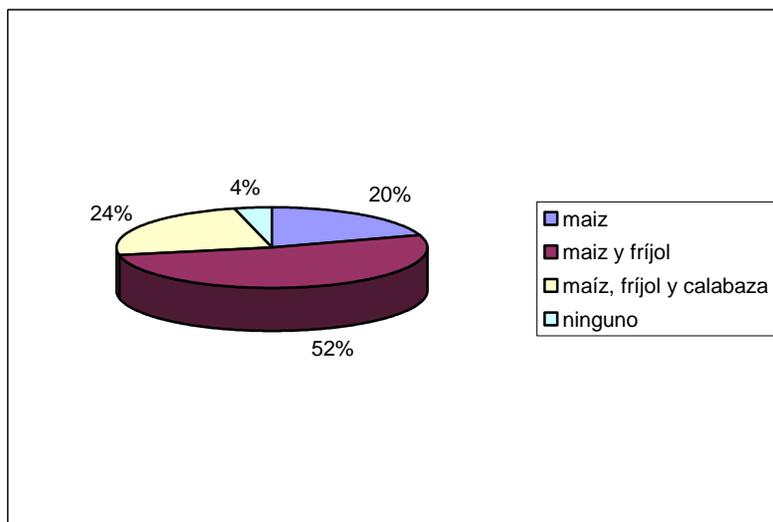


Figura 5.13. Tipo de cosecha

En la comunidad se siembra maíz, frijol y calabaza, la cosecha es utilizada principalmente para el consumo y venta ocasional (Figura 5.14). Los animales son una inversión, cuando las personas necesitan dinero venden parte de sus animales.

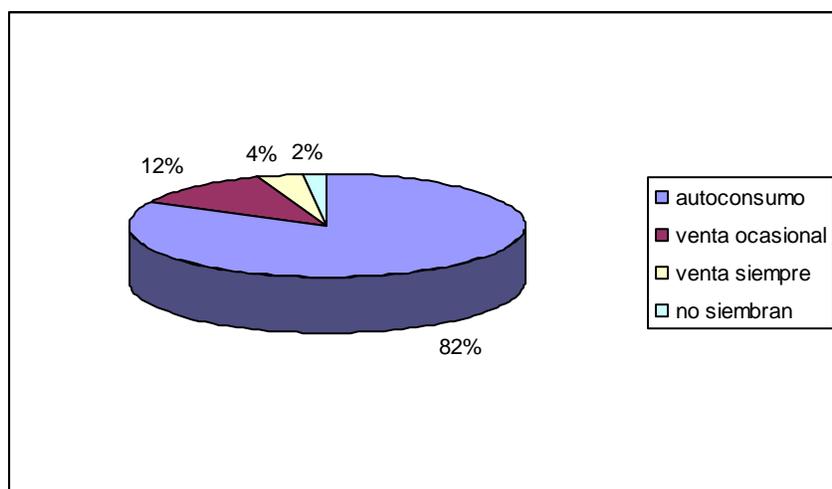


Figura 5.14. Utilidad de sus productos agrícolas

Debido a sequías y a que la tierra ya no es tan fértil, las familias de SPBJ dependen cada vez más de ingresos externos y no agrícolas (Figura 5.15) que provienen del trabajo asalariado en la región, de la migración a la ciudad de México y, especialmente, de la migración a Estados Unidos. Las mujeres jóvenes y solteras van a Puebla o a la Ciudad de México para dedicarse al servicio doméstico, Los hombres jóvenes (solteros y casados) y cada vez más mujeres (también solteras y casadas), trabajan en el sector de servicios en los Estados Unidos. En las familias agrícolas más prósperas la emigración de sus miembros puede ser parte de una estrategia de acumulación económica, ya que se aprovechan las remesas para mejorar la infraestructura productiva en casa. En las familias menos acomodadas, se utilizan las remesas para satisfacer las necesidades inmediatas de consumo (Fowler-Salamini y Vaughan, 1994).

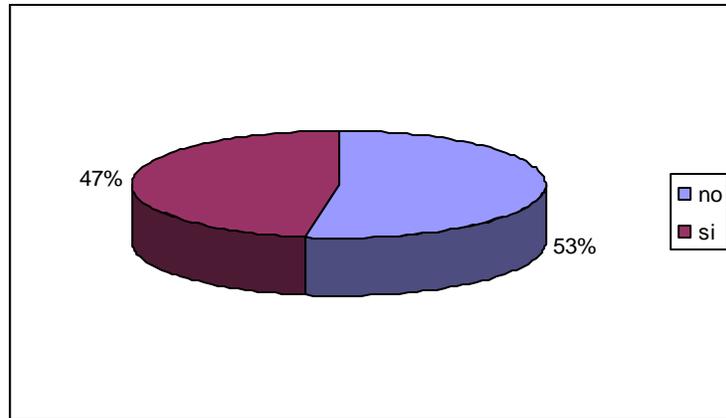


Figura 5.15. Ingreso extra

5.1.3 Vulnerabilidad Estructural

Como símbolo de la integración de la esfera productiva con la doméstica, las viviendas se sitúan por lo general en grandes lotes donde se cría ganado menor y se cultivan frutas, verduras y hierbas, además de almacenar y, en ocasiones, procesar las semillas y las cosechas. Una confluencia de factores económicos, sociales y de infraestructura ha dado lugar a cinco tipos de viviendas con una vulnerabilidad determinada de acuerdo a los materiales de construcciones. En el Anexo 2 se muestran las preguntas que se realizaron para determinar la vulnerabilidad de las estructuras y la ponderación para cada una.

De acuerdo al análisis cuantitativo que se muestra en la sección 3.2.4, se encontró que sólo el 5% de las casas tiene vulnerabilidad muy alta, 20% alta, 45% media, 25% baja y 5% muy baja (Figura 5.16). La vulnerabilidad estructural ha ido disminuyendo debido a las remesas del extranjero y que son una función de los estratos socioeconómicos presentes. SPBJ tiene principalmente viviendas rústicas y deterioradas. Las diferencias entre las casas y los artículos en sus interiores también dependen de los acercamientos culturales, al manejo de los ingresos, las

prioridades en los gastos y las inversiones y, más que otra cosa, de la influencia de la migración.

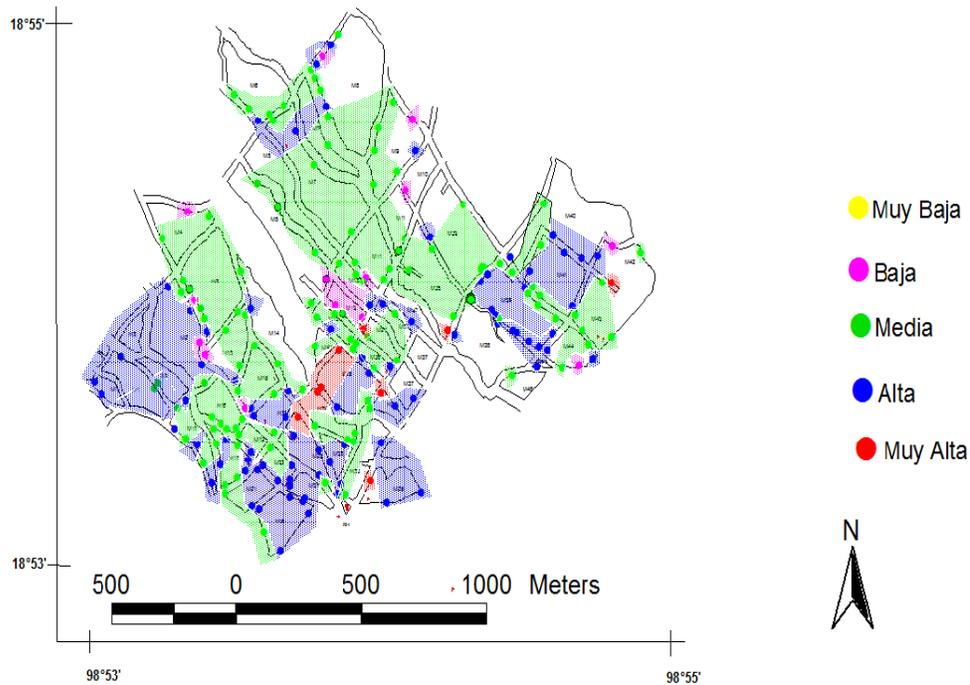


Figura 5.16. Mapa de vulnerabilidad estructural (techos) basado en caída de ceniza.

Uno de los peligros volcánicos con los que tienen mayor interacción las comunidades cercanas al volcán es la ceniza. El peso de los depósitos de ceniza y pómez pueden provocar el colapso de los techos de las construcciones con vulnerabilidad muy alta y alta así como romper las líneas de electricidad y teléfonos. Los depósitos de caída húmedos o mojados son más peligrosos que los secos porque son mucho más pesados. Un depósito de ceniza y lapillo seco de 10 cm, puede pesar entre 20 y 100 kg/m², mientras que una capa del mismo espesor húmeda puede pesar entre 50 y 150 kg/m² (Martín-Del Pozo et al., 2001).

5.1.4 Vulnerabilidad Estructural

La vulnerabilidad global o total se obtuvo sumando las vulnerabilidades física, social, económica y estructural de cada casa habitación de la muestra de SPBJ tal como se describió en la Sección 3.2.6. A los valores obtenidos se le establecieron diferentes niveles de vulnerabilidad total o global (Fig. 5.17 y 5.18) en cinco categorías: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Rango de Niveles de Vulnerabilidad Global

Vulnerabilidad Global	Rango de las categorías
Muy baja	0.01 a 1.442
Baja	1.443 a 2.884
Moderada	2.885 a 4.326
Alta	4.327 a 5.768
Muy alta	5.769 a 7.210

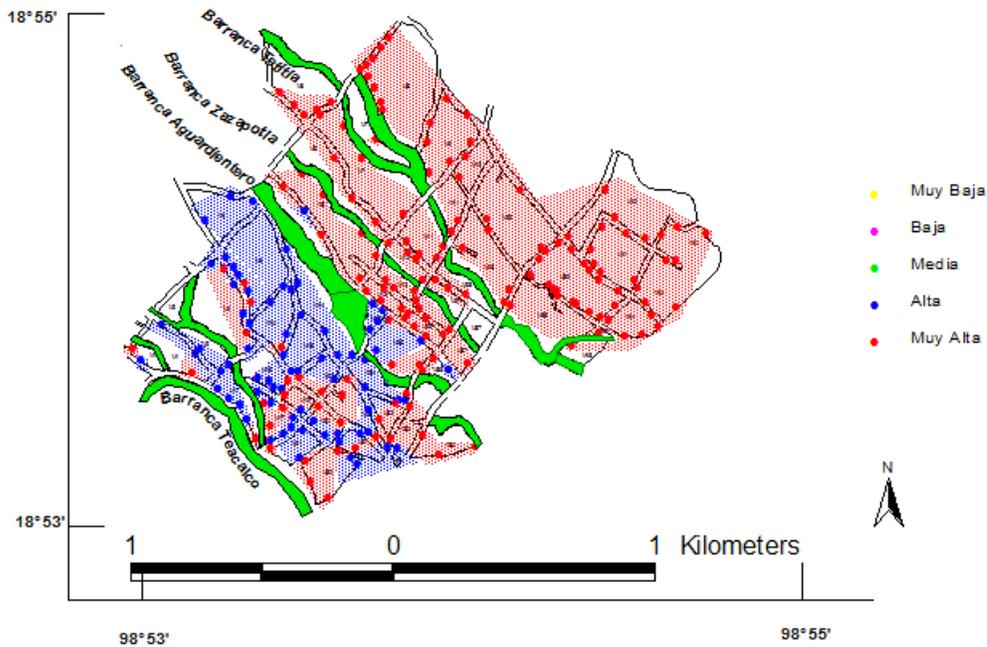


Figura 5. 17. Mapa de vulnerabilidad global de SPBJ

Los resultados indican que el 58% de las casa-habitación de SPBJ tienen una vulnerabilidad total muy alta y el 42% alta (5.18).

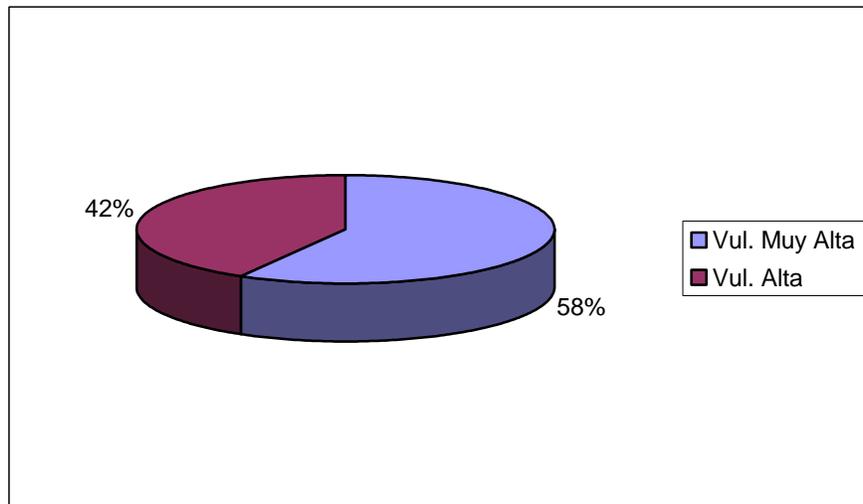


Figura 5. 18. Vulnerabilidad Global en las viviendas muestra.

5.3 Identificación de Actores Sujetos al Riesgo así como los Actores Relevantes en la Reducción del Riesgo Volcánico en SPBJ: una evaluación cualitativa.

Algunos de los actores sujetos al riesgo son los ancianos, las mujeres (hoy en día suben al volcán para dar sus ofrendas al volcán y pedir su protección) y los niños, esto es acentuado por la migración de los hombres al extranjero en busca de mejores oportunidades de trabajo. Los ancianos son los más vulnerables tanto por su edad y salud, así como por la percepción del riesgo volcánico que tienen. La mayoría de ellos no tienen estudios y no hablan español sino nahuatl, esto les dificulta el seguir indicaciones escritas sobre las medidas que deben tomar ante una emergencia volcánica.

En la identificación de actores relevantes para la gestión de reducción del riesgo se puede citar que SPBJ es una comunidad religiosa. El 70% de los encuestados practican la religión católica, por lo que los líderes religiosos podrían actuar como actores relevantes en la reducción del riesgo en coordinación con las autoridades de protección civil.

Otro de los actores relevantes podría ser el programa de desarrollo “sostenible sustentable”, el cual podría generar, para las zonas rurales del municipio de Atlixco, recursos para los trabajadores de la tierra sin deteriorar el medio ambiente y ayudar a disminuir la vulnerabilidad global de la comunidad de SPBJ. Asimismo, dicho programa también pretendería crear un proyecto ecoturístico que generaría empleos para los habitantes de SPBJ, y que contemplaría la impartición de cursos, como son: primeros auxilios, sobrevivencia y emergencias naturales, conocimientos geográficos, administración básica, conocimientos de flora y fauna de la región, desarrollo de artesanías, faenas de limpieza y división de basura, etc.

Conclusiones

Las principales conclusiones son:

1. El principal peligro volcánico al que se encuentra expuesta la población de SPBJ en mayor grado es la caída de materiales volcánicos (ceniza). En segundo lugar, los flujos de lodo debido a que el análisis geomorfológico indica que en caso de ocurrir algún lahar secundario el 58% de las viviendas serían afectadas. Debido a su bajo nivel de ocurrencia los flujos piroclásticos así como los flujos de lava, derrumbes gigantes y caída de proyectiles balísticos generados en erupciones plinianas se clasificaron como los peligros en tercer y cuarto nivel de importancia a los cuales se encuentra expuesta la comunidad de SBJ, respectivamente.
2. La vulnerabilidad social de SPBJ, es de 40% media, 34% baja, 13% alta, 8% muy baja y 5% muy alta.
3. En relación a la vulnerabilidad económica, se encontró que el 29% de la población tiene una vulnerabilidad muy alta, el 42% alta, 29% moderada.
4. En lo que respecta a la vulnerabilidad estructural se encontró que sólo el 5% de las casas tenían vulnerabilidad muy alta, 20% alta, 45% moderada, 25% baja y 5% muy baja.
5. Los resultados de la vulnerabilidad global indican que el 58% de las casa-habitación de SPBJ tienen una vulnerabilidad total muy alta y el 42% alta.

Bibliografía

- Alatorre, I.M.A., Delgado, G.H. y Abimelec, F.I., 2001, *Mapa de Peligros por Caída de Productos Balísticos del volcán Popocatépetl*. Instituto de Geofísica y Facultad de Ciencias.
- Araña V. y Ortiz R., 1995, *Riesgo Volcánico*, Serie casa de los Volcanes No. 5, Cabildo de Lanzarote, Editor científico Ramón Ortiz, (C.S.I.C.), 329 pp.
- Cardona, A.O.D., 1993, "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo", en Andrew Maskrey (comp.), *Los desastres no son naturales*, LA RED, p. 45-63
- Carrasco-Núñez, G., Silva, L., Delgado-Granados, H. y Urrutia-Fucugauchi, J., 1986, *Geología y Paleomagnetismo del Popocatépetl*, Reunión Anual (1985) Unión Geof. Mex. p. 205-225.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2006. *Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*. Serie: Atlas Nacional de Riesgos. 166 pp.
- De la Cruz-Reyna, S., Nolasco H., Ramos, E., Degollado, J.L., Castillo, F.J., Velásquez, C., Medrano, A., González, H., Romero, H. y Castellanos, D.A., 1995, *La Red Geodesica del volcán Popocatépetl para el monitoreo de la actividad volcánica*, en CENAPRED-UNAM: *Volcán Popocatépetl estudios realizados durante la crisis de 1994-1995*, CENAPRED-UNAM, pp. 339.
- De la Cruz-Reyna, S., 2004, *Volcanes: Peligro y Riesgo Volcánico de México*, Secretaría de Gobernación y CENAPRED, 54 pp.
- De la Cruz-Reyna, S. y Tilling, R.I., 2008, *Scientific and public responses to the ongoing volcanic crisis at Popocatépetl Volcano, Mexico: Importance of an effective hazards-warning system*, Journal of Volcanology and Geothermal Research 170, p. 121-134.

- De la Cruz-Reyna, S. y Martín-Del Pozzo, A.L., 2009, *The 1982 eruption of El Chichón volcano, México: Eyewitness of the disaster*, Geofísica Internacional 48(1), p. 21-31.
- Delgado-Granados, H., Cárdenas-González, L y Piedad-Sánchez, N., 2001, *Sulfur dioxide emissions from Popocatepetl volcano (Mexico): case study of a high-emissions rate, passively degassing erupting volcano*, Journal of Volcanology and Geothermal Research 108, p. 107-120.
- Duffau, T., Gastón., 1999, *Tamaño muestral en estudios biomédicos*, Rev. Chil. Pediatra 70, p. 314-324.
- Espinasa-Pereña, R. y Martín-Del-Pozo, A.L., 2006, *Morphostratigraphic evolution of Popocatepetl volcano, Mexico*. Geological Society of America, Special Paper 402, p. 115-137.
- Espinasa-Pereña, R., 2007, *Evolución Morfoestratigráfica del volcán Popocatepetl*, Tesis de Doctorado, UNAM.
- Pyle, D.M., 2000, *Sizes of Volcanic Eruptions*, Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, 1442 pp.
- Fowler-Salamini, H. y Vaughan, M.K.(eds). 2003. *Mujeres del campo mexicano, 1850-1990*. Zamora, El Colegio de Michoacán/Universidad Autónoma de Puebla, 390 pp.
- García-Ferrando, M. et al., 1986. *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación social*. Madrid, Alianza, 524 pp.
- INEGI, 2005. *XII Censo General de Población y Vivienda*. México.
- LA RED, "*Materiales de capacitación en reducción del riesgo*" (sin publicar)
- Lavell, A., 1996, "Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación", en María Augusta Fernández (comp.), *Ciudades en Riesgo*, LA RED, p. 14-44
- Lavell, A., 2004, "*Conceptos y nociones relevantes para la gestión del riesgo*", LA RED, p. 1-10
- Macías, J.L., Carrasco, G. y Siebe, C., 1995. *Zonificación de peligros volcánicos del Popocatepetl*. Volcán Popocatepetl estudios realizados durante la crisis de 1994-1995, CENAPRED, p. 79-91.

- Macías, J.L. y Siebe, C., 2004. *Popocatepetl's crater filled to the brim: Significance for hazard evaluation*. J. Volcnol. Geotherm Res. Short Setter.
- Macias, J.L. y Capra, L., 2005. *Los Volcanes y sus Amenazas*, Fondo de Cultura Económica, 159 p.
- Macías, J.L., 2005. *Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México*, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVII, Núm.3, p. 379-424
- Martín-Del-Pozzo, A.L. y Mendiola, F., 2001. *Las Cenizas Volcánicas*. Las cenizas volcánicas del Popocatepetl y sus efectos para la aeronavegación e infraestructura aeroportuaria, CENAPRED e Instituto de Geofísica, UNAM, p. 21-42.
- Martín-Del Pozzo, A.L., 1997, *Volcanic Impact on the Southern Basin of Mexico during the Holocene*, Quaternary International, (43/44), p. 181-190.
- Martín-Del Pozzo, A.L., 2002, *Volcanomagnetic signals during the recent Popocatepetl (México) eruptions and their relation to eruptive activity*, Journal of Volcanology and Geothermal Research 113 (3-4), p. 415-428.
- Mendenhall, W. 1979. *Introducción ala Probabilidad y Estadística*. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., pp. 450.
- Nieto-de Alba, M.E. 2003. *Construcción y Validación de los Instrumentos de Percepción de Riesgos y Sesgos Cognitivos relacionados con el Riesgo Volcánico*. Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ciencias Sociales, Departamento de Psicología.
- National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA)
<http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/mitigate.htm>
- Rojas-Ramos, M., catalan-Vazquez, A.L., Martín-Del Pozzo, A.L., García-Ojeda, E., Villalba-Caloca, J. y Perez-Neria, J. 2001, *A seven months prospective study of the respiratory effects of exposure to ash from Popocatepetl Volcano, Mexico*, Environmental Geochemistry and Health 23, p. 383-396.
- Romero, G. y Maskrey, A., (1993), "Cómo entender los desastres naturales", en Andrew Maskrey (comp.), *Los desastres no son naturales*, LA RED, p. 6-10

- Scolamacchia, T. y Macías, J.L. 2005. *Distribution and stratigraphy of deposits produced by diluted pyroclastic density currents of the 1982 eruption of El Chichón volcano, Chiapas, Mexico*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 22 Num. 2, p. 159-180.
- Sheridan, M.F., Hubbard, B., Bursik, M.I., Siebe, C, Abrams, M., Macias, J.L., and Delgado, H, 2001, *Short-term potential volcanic hazards at volcan Popocatepetl, Mexico*, EOS, American Geophysical Union, 82:185-189.
- Siebe, C., Macias, J.L., Abrams, M., Rodríguez, S., Castro, R. and Delgado, H. (1995a) *Quaternary explosive volcanism and pyroclastic deposits in East-Central México; Implications for future hazards*. A New Orleans 1995 GSA Annual Meeting Field Trip Guide, pp. 96.
- UNDRO (Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator), 1979. *Natural Disasters and Vulnerability Análisis*. Report of Expert Group Meeting (9-12 July), pp. 53.
- Wilches-Chaux, Gustavo, 1993, "La vulnerabilidad global", en Andrew Maskrey (comp.), *Los desastres no son naturales*, LA RED, p.11-41
- Witham, C.S. 2005. *Volcanic disasters and incidents: A new database*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 148. p. 191-233.

ANEXOS

Anexo 1:

*CUESTIONARIOS PARA LA EVALUACIÓN
DE LA VULNERABILIDAD*

1.A. CUESTIONARIO PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD SOCIAL

Edad: _____

Manzana _____

Nivel de Escolaridad _____

Num. Casa _____

Sexo _____

Fecha de aplicación _____

Ocupación _____

Coordenadas N _____ W- _____

1ª. Parte Preguntas para analizar la percepción del riesgo volcánico en SPBJ	No	No sé	Más o menos	Sí
1. ¿Se siente preparado para enfrentar una explosión volcánica?				
2. ¿En caso de que explote el volcán, no sabría que hacer?				
3. ¿Se siente capaz de protegerse de los peligros del volcán?				
4.-¿Si explota el volcán, Dios los protege?				
5. ¿Se encuentra en peligro por el volcán?				
6. ¿Le asusta vivir cerca del volcán?				
7. ¿Se encuentra bien informado para hacerle frente a una posible explosión volcánica?				
8. ¿Tiene miedo de que algo malo le pase si explota el				

volcán?				
9. ¿En caso de que explote el volcán, el control de la situación depende de las autoridades?				
10. ¿Siente miedo de que haya una explosión volcánica?				
11. ¿Se siente inseguro cuando ve que hay erupciones?				
12. ¿En caso de explosión volcánica, está informado sobre las rutas de evacuación por si necesita salir?				
13. ¿Tiene miedo de perder sus pertenencias si explota el volcán?				

2ª. Parte

1.- ¿Cuántas personas viven en su casa?

2.- ¿Qué edades tienen?

3.- ¿Hasta que año fueron a la escuela?

4.- ¿Qué religión practica?

5.- ¿Tiene luz en su casa?

Si _____

No _____

6.- ¿De dónde proviene el agua que utiliza en su casa?

7.- ¿Tiene drenaje en su casa?

Si _____

No _____

8. ¿Cuántos tipos de peligro identifica en su localidad?

Geológicos	Hidrometeorológicos	Químicos
Sismos Cenizas Flujos de lodo Deslizamiento de suelo (deslaves) Hundimientos y agrietamientos	Ciclones Inundaciones pluviales y fluviales Granizadas Nevadas y Heladas Lluvias torrenciales y trombas Tormentas eléctricas Vientos Temperaturas extremas Erosión Sequías	Incendios forestales Incendios Urbanos Explosiones Fugas y derrames de sustancias peligrosas

9. ¿Cuándo ocurre alguna emergencia por los peligros antes mencionados, hay algún tipo de organización en su comunidad?

Si

No

No sé

10. ¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?

Sí
No
No sé

11. ¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?

Sé dónde se encuentra y sé sus funciones
No sé dónde se encuentra y no sé que hace
Sé qué hace pero no sé dónde se encuentra

12. ¿Sabe a dónde o a quien acudir en caso de emergencia?

Sí
No

13. En caso de haber estado en una situación de emergencia cómo se enteró de las medidas que debía tomar?

No se enteró
A través de medios impresos
A través de personas con un altavoz que van por todo el pueblo
A través de radio y televisión

14. ¿Ha participado en algún simulacro de Protección Civil?

Sí
No
No sé

15. ¿Ha evacuado alguna vez?

Si, ¿Cuándo? _____
No

1.B. CUESTIONARIO PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA

<p>1. Actualmente, ¿cuántas personas trabajan?</p> <p>Padre</p> <p>Madre</p> <p>Hijos</p> <p>Otros _____</p>
<p>2. Aproximadamente, ¿cuánto gasta por semana?</p> <p>_____</p>
<p>3. ¿Recibe algún ingreso extra?</p> <p>Si, cuánto _____</p> <p>No</p>
<p>4. ¿Tiene la posibilidad de ahorrar?</p> <p>Si</p> <p>No</p>
<p>5. ¿Qué tipo de actividad laboral realizan?</p> <p>Agricultor</p> <p>Comerciante</p> <p>Ganadería</p> <p>Otro _____</p>
<p>6. ¿Qué tipo de cultivo siembran?</p> <p>Maíz</p> <p>Fríjol</p> <p>Calabaza</p> <p>Flores</p> <p>Otro _____</p>

7. ¿El uso de su cosecha es para?

Autoconsumo

Venta ocasional

Venta siempre

8. ¿Qué animales tiene y cuántos?

Avícola _____

Equino _____

Porcino _____

Ovino o Caprino _____

Bovino _____

Otros _____

1C. CUESTIONARIO PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Información General

1.- ¿Cuántos años tiene que construyó su casa?_____

2.- ¿A sufrido algún daño su casa por algún sismo o erupción volcánica?

Si _____ No _____

3.- ¿A tenido algún hundimiento en su casa?

Si _____ No _____

4.- ¿Cuántos pisos tiene su casa?

5.- ¿Usted construyó su casa?

Si _____ No _____

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

Muros

Adobe_____

Precarios_____

De ladrillo o cemento_____

7.- ¿De qué material están hechos los techos de su casa?

Lámina de cartón o plástico_____

Lámina metálica _____

De teja de barro o asbesto _____

Losa de concreto _____

8.- ¿De que material son los pisos?

Losa de concreto_____

Tierra_____

9.- ¿Cuántas construcciones de cemento hay en el interior de su vivienda?

10.- ¿Cuántas construcciones de otro material hay en el interior de su

vivienda?

Anexo 2:

*PONDERACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS
PARA LA EVALUACIÓN DE LA
VULNERABILIDAD*

2A. PONDERACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL

A continuación se da una pequeña explicación de porqué se escogió determinadas preguntas para cuantificar la vulnerabilidad social y la ponderación que se dio a las posibles respuestas a estas.

1.- ¿Cuántas personas viven en su casa?

El número de habitantes es un factor importante que nos ayudará a identificar a las viviendas con mayor número de personas y junto con la edad a identificar a las viviendas con mayor vulnerabilidad. En el caso de una familia que la integren 12 o más habitantes incluidos niños será más difícil movilizar a un mayor número de integrantes de familia ante una emergencia volcánica y por lo tanto serán más vulnerables.

Rangos:

De	1 a 3	0.00
De	4 a 7	0.25
Sin respuesta		0.50
De	8 a 11	0.75
De	12 o más	1.00

2.- ¿Qué edades tienen?

El conocer las edades de los habitantes de una vivienda es otro factor importante en el análisis de la vulnerabilidad social. Son más vulnerables ante una emergencia

volcánica los niños y ancianos ya que por su edad y escolaridad no están enterados sobre las medidas de prevención.

Rangos:

De	0 a 10	1.00
De	Mayor a 60	1.00
De	11 a 14	0.75
Sin respuesta		0.50
De	15 a 25	0.25
De	26 a 60	0.00

3.- ¿Cuál es su nivel de estudio?

La falta de educación es uno de los factores clave con respecto a la vulnerabilidad social, así que se enfocó en preguntar a la población de SPBJ el nivel de estudios que tenían. Un adulto que haya concluido la primaria sabrá leer los folletos que contengan información sobre las medidas que debe tomar si hay una emergencia volcánica, mientras que un adulto sin estudios no podría leer la información contenida en el folleto y su vulnerabilidad sería más elevada.

Rangos:

Sin estudios	1.00
Primaria	0.80
Secundaria	0.64
Sin respuesta	0.48

Bachiller	0.32
Universidad	0.16

4.- ¿Qué religión practica?

Las actitudes, conocimientos y creencias de la población influyen cuando se tienen que tomar medidas preventivas y evacuaciones de la zona. Una actitud fatalista como por ejemplo que los desastres son enviados como castigo divino y consiste en el abandono de si mismo ante tal evento y no reacciona tendría una vulnerabilidad muy alta.

Rangos:

Católica	0.00
Evangelista	0.75
Sin respuesta	0.50
Cristiana	0.25
Otra	1.00

5.- ¿Tiene luz en su casa?

Los servicios básicos son una proyección del grado de desarrollo de la comunidad, así que como una aproximación, se seleccionó la electricidad, agua y drenaje.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00

6.- ¿De dónde proviene el agua que utiliza en su casa?

Esta pregunta es importante ya que si cuentan con abasto mediante tubería no tendrían problemas estomacales si hay una emisión continua de ceniza y su vulnerabilidad en la salud de la comunidad se vería disminuida.

Rangos:

De pozo	1.00
Sin respuesta	0.50
De tubería	0.00

7.- ¿tiene drenaje en su casa?

El contar con drenaje ayuda a disminuir los problemas gastrointestinales en la población.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00

8.- ¿Cuántos tipos de peligros identifica en su localidad?

Es importante saber si la población está consciente de los peligros a los que está expuesto (ver anexo 1), permitiendo una mayor de prevención en caso de emergencia volcánica.

Rangos:

De 1 a 2	1.00
De 4 a 6	0.75
Sin respuesta	0.50
De 7 ó más	0.00

9.- ¿Cuándo ocurre alguna emergencia por los peligros antes mencionados, hay algún tipo de organización en su comunidad?

La organización que tenga la población es importante porque ayuda en la capacidad de respuesta que tenga ante una emergencia volcánica.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00
No sé	1.00

10.- ¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes?

Al igual que la pregunta anterior, el conocer nuestro entorno y su comportamiento permite que la prevención sea mayor y que en caso de algún evento la población esté más preparada y por lo tanto será menos vulnerable ante una emergencia volcánica.

Rangos:

Si	0.00
----	------

Sin respuesta	0.50
No	1.00
No sé	1.00

11.- ¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?

Es importante conocer las labores que desempeña la unidad de protección civil, ya que al conocer su función es más fácil que la población tenga presente que las recomendaciones y la información que salga de ésta será para la prevención y coordinación en caso de una emergencia volcánica y su vulnerabilidad disminuirá.

Rangos:

Sé dónde se encuentra y sé sus funciones	0.00
Sé que hace pero no sé dónde se encuentra	0.33
Sin respuesta	0.66
No sé dónde se encuentra y no sé que hace	1.00

12.- ¿Sabe a dónde o a quien acudir en caso de emergencia?

Es importante que la población conozca los lugares a los que puede acudir en caso de una situación de emergencia, ya que aún cuando existan las posibilidades y los procedimientos para la atención de la misma, si la comunidad no conoce los lugares ni a los responsables de la atención no responderá apropiadamente a los sistemas existentes, por más efectivos que éstos sean y será más vulnerable ante una emergencia volcánica.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00

13.- ¿En caso de haber estado en una situación de emergencia cómo se enteró de las medidas que debía tomar?

El estar informado de la situación del volcán Popocatepetl permitirá que la población esté preparada en caso de una emergencia volcánica y permitirá que tengan una capacidad de respuesta más eficiente.

Rangos:

No se enteró	1.00
A través de medios impresos	0.25
Sin respuesta	0.50
A través de personas con un altavoz que van por todo el pueblo	0.75
A través de radio y televisión	0.00

14.- ¿Ha participado en algún simulacro de protección civil?

Dentro de las acciones de prevención, los simulacros son de gran importancia, debido a que es un ejercicio que promueve la cultura de la prevención y al ser aplicado crea conciencia en los participantes y será menos vulnerable ante una emergencia volcánica.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00
No sé	1.00

15.- ¿Ha evacuado alguna vez?

Es importante las aplicación de medidas preventivas que ayude a disminuir los perdidas humanas y salvaguardar su integridad de la población que resulte afectada por los fenómenos naturales, si una familia ha evacuado con anterioridad tendrá una capacidad de reacción más eficiente y será menos vulnerable a una familia que no ha evacuado en ninguna ocasión.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00

2.B. PONDERACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA

16.- ¿Actualmente, cuántas personas trabajan?

El número de personas que contribuyen al trabajo de campo es un indicativo de la economía de la familia, mientras mayor sea el número de mano de obra menor será su vulnerabilidad económica.

Rangos:

De 1 a 2	1.00
De 3 a 4	0.75
Sin respuesta	0.50
De 5 a 7	0.25
De 8 en adelante	0.00

17.- Aproximadamente, ¿cuánto gasta por semana?

Saber cuánto gastan por semana ayudará a calcular el ingreso que tiene la familia, será menos vulnerable económicamente si tienen un mayor ingreso familiar que una familia que tiene un ingreso menor y que depende de la venta de sus cosechas y animales.

Rangos (en \$)

De 0 a 200	1.00
De 201 a 400	0.75

Sin respuesta	0.50
De 401 a 700	0.25
De 701 en adelante	0.00

18.- ¿Recibe algún ingreso extra?

El conocer si recibe un ingreso extra nos permitirá analizar que tanta afectación económica tendría la familia, será menos vulnerable si recibe ingresos extra a una familia que todo su ingreso depende de las cosechas y venta de animales.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00

19.- ¿Tiene la posibilidad de ahorrar?

Si la familia tiene la posibilidad de ahorrar, será menos vulnerable ante una amenaza volcánica, ya que su recuperación será más rápida si sufren la pérdida de cultivos y animales.

Rangos:

Si	0.00
Sin respuesta	0.50
No	1.00

20.- ¿Qué tipo de actividad laboral realizan?

Es importante conocer el sector económico al que se dedican, esto nos ayudará a analizar que tanta afectación tendría la población si sucediera una emergencia volcánica.

Rangos:

Agricultor	1.00
Ganadería	0.75
Sin respuesta	0.50
Comerciante	0.25
Otro	0.00

21.- ¿Qué tipo de cultivo siembran?

La diversificación de cultivos es un indicativo de la vulnerabilidad económica, una economía basada en un único cultivo será más vulnerable que un agricultor que tiene 3 tipos de cultivo diferentes.

Rangos:

De un tipo de cosecha	1.00
De dos tipos de cosecha	0.75
Sin respuesta	0.50
De tres tipos de cosecha	0.25
De 4 tipos de cosecha en adelante	0.00

22.- ¿El uso de su cosecha es para?

La principal actividad productiva que tiene SPBJ es la agrícola, así que la exposición que tengan la tierra cultivada ante una amenaza volcánica estará ligada

directamente en la economía de los habitantes, si pierden sus cosechas es posible que no tengan los medios para recuperarlos.

Rangos:

Siempre venta	1.00
Venta ocasional	0.66
Sin respuesta	0.33
Autoconsumo	0.00

23.- ¿Qué animales tienen y cuántos?

Otra fuente de ingresos con que cuentan los habitantes de SPBJ es la venta de animales, si pierden sus animales en una emergencia volcánica se verán afectados en su economía.

Rangos:

De 0 a 3	0.00
De 4 a 10	0.25
Sin respuesta	0.50
De 11 a 17	0.75
De 18 en adelante	1.00

2.C. PONDERACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

24.- ¿Cuántos años tiene que construyó su casa?

La edad de las construcciones es un factor importante es la vulnerabilidad estructural, una casa que tenga más de 20 años y que no le han dado mantenimiento será más vulnerable ante los peligros volcánicos y sísmicos.

Rangos:

De 1 a 5	0.00
De 6 a 10	0.25
Sin respuesta	0.50
De 11 a 20	0.75
De 21 en adelante	1.00

25.- ¿A sufrido algún daño su casa por algún sismo o erupción del volcánica?

Si las viviendas han sufrido algún daño debido a la amenaza volcánica o sísmica nos indicará que las estructuras serán más vulnerables antes eventos más frecuentes e intensos.

Rangos:

Si	1.00
Sin respuesta	0.50
No	0.00

26.- ¿A tenido algún hundimiento en su casa?

Rangos:

Si	1.00
Sin respuesta	0.50
No	0.00

27.- ¿Cuántos pisos tiene su casa?

Los pisos elevados son convenientes ante una inundación ocasionada por el deshielo del volcán o ante lluvia continua y aumentará la vulnerabilidad de las estructuras cuando se tengan más de 2 pisos.

Rangos:

De 1 piso	0.00
De 2 pisos	0.25
Sin respuesta	0.50
De 3 pisos	0.75

28.- ¿Usted construyó su casa?

Es importante conocer si los habitantes construyeron sus viviendas, las viviendas que siguen los códigos de construcción serán menos vulnerables.

Rangos:

Si	1.00
Sin respuesta	0.50
No	0.00

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

El tipo de construcción, es un factor importante para realizar un análisis de riesgo ya que el tipo de material que se utilizó en la construcción de la vivienda definirá la resistencia que tenga la vivienda ante una amenaza volcánica (caída de ceniza).

Rangos:

De ladrillo o cemento	0.00
De adobe	0.25
Sin respuesta	0.50
Precarios (l´mina, madera o chinamite)	1.00

30.- ¿De qué material están hechos los techos de su casa?

El tipo de material que se utilizó en las viviendas de SPBJ nos indicará si son más vulnerables estructuralmente ante una caída de ceniza continua, por ejemplo los techos de lámina de cartón o plástico colapsarán ante un peso excesivo de ceniza a un techo de losa de concreto, tomando en cuenta que la ceniza es más pesada si está húmeda.

Rangos:

De lámina de cartón o de plástico	1.00
De lámina metálica	0.75
Sin respuesta	0.50
De teja de barro o asbesto	0.25
De losa de concreto	0.00

31.- ¿De que material son sus pisos?

Los cimientos sólidos pueden resistir ante alguna inundación

Rangos:

De losa de concreto	0.00
Sin respuesta	0.50
De tierra	1.00

32.- ¿Cuántas construcciones de cemento hay en el interior de su vivienda?

En SPBJ como en muchas comunidades del país las construcciones eran de adobe o materiales precarios pero debido a la migración cada día mayor, las construcciones en la localidad han tenido cambios. Los migrantes mandan dinero a sus familiares para que construyan casas de ladrillo y concreto, dejando las construcciones con materiales precarios como bodegas.

Rangos:

De 0 viviendas	1.00
De 1 a 3	0.75
Sin respuesta	0.50
De 4 a 6	0.25
De 7 en adelante	0.00

33.- ¿Cuántas construcciones de otro material hay en el interior de su vivienda?

Rangos:

De 0 viviendas de otro material	0.00
De 3 viviendas de otro material	0.25
Sin respuesta	0.50
De 4 a 6 viviendas de otro material	0.75
De 7 viviendas de otro material en adelante	1.00

Anexo 3:

Valores de Vulnerabilidad (Física, Social, Económica, Estructural y Global) para viviendas muestra

Casa	Vulnerabilidad Física		Vulnerabilidad Social		Vulnerabilidad Económica		Vulnerabilidad Estructural		Vulnerabilidad Global	
		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría		Categoría
1	4	alta	0.48	media	0.79	alta	0.78	alta	6.05	muy alta
2	4	alta	0.39	baja	0.68	alta	0.44	media	5.51	alta
3	4	alta	0.70	alta	0.71	alta	0.56	media	5.97	muy alta
4	4	alta	0.73	alta	0.68	alta	0.22	baja	5.63	alta
5	4	alta	0.19	muy baja	0.54	media	0.74	alta	5.47	alta
6	4	alta	0.13	muy baja	0.50	media	0.52	media	5.15	alta
7	4	alta	0.50	media	0.57	media	0.48	media	5.55	alta
8	4	alta	0.90	muy alta	0.54	media	0.52	media	5.95	muy alta
9	4	alta	0.49	media	0.43	media	0.41	media	5.33	alta
10	4	alta	0.42	media	0.54	media	0.56	media	5.51	alta
11	4	alta	1.00	muy alta	0.61	media	0.52	media	6.13	muy alta
12	4	alta	0.46	media	0.75	alta	0.56	media	5.77	muy alta
13	4	alta	0.30	baja	0.46	media	0.52	media	5.28	alta
14	4	alta	0.21	baja	0.82	muy alta	0.81	muy alta	5.85	muy alta
15	4	alta	0.10	muy baja	0.64	alta	0.52	media	5.27	alta
16	4	alta	0.50	media	0.50	media	0.41	media	5.41	alta
17	4	alta	0.50	media	0.54	media	0.52	media	5.55	alta
18	4	alta	0.18	muy baja	0.71	alta	0.44	media	5.34	alta
19	4	alta	0.24	baja	0.43	media	0.41	media	5.07	alta
20	4	alta	0.39	baja	0.79	alta	0.41	media	5.58	alta
21	5	muy alta	0.24	baja	0.82	muy alta	0.56	media	6.62	muy alta
22	5	muy alta	0.36	baja	0.79	alta	0.56	media	6.70	muy alta
23	5	muy alta	0.28	baja	0.75	alta	0.63	alta	6.66	muy alta
24	5	muy alta	0.25	baja	0.86	muy alta	0.52	media	6.63	muy alta
25	5	muy alta	0.16	muy baja	0.61	media	0.37	baja	6.14	muy alta
26	5	muy alta	0.54	media	0.57	media	0.33	baja	6.44	muy alta
27	5	muy alta	0.49	media	0.46	media	0.48	media	6.44	muy alta
28	5	muy alta	0.10	muy baja	0.57	media	0.52	media	6.19	muy alta
29	5	muy alta	0.90	muy alta	0.39	baja	0.56	media	6.85	muy alta
30	5	muy alta	0.49	media	0.68	alta	0.41	media	6.58	muy alta
31	5	muy alta	0.39	baja	0.54	media	0.59	media	6.52	muy alta
32	5	muy alta	0.43	media	0.61	media	0.41	media	6.44	muy alta
33	5	muy alta	0.39	baja	0.54	media	0.22	baja	6.15	muy alta
34	5	muy alta	0.39	baja	0.61	media	0.44	media	6.44	muy alta
35	5	muy alta	0.43	media	0.57	media	0.48	media	6.48	muy alta
36	5	muy alta	0.97	muy alta	0.61	media	0.41	media	6.98	muy alta
37	5	muy alta	0.34	baja	0.57	media	0.48	media	6.39	muy alta
38	5	muy alta	0.49	media	0.39	baja	0.48	media	6.36	muy alta
39	5	muy alta	0.81	muy alta	0.64	alta	0.70	alta	7.16	muy alta
40	5	muy alta	0.67	alta	0.64	alta	0.41	media	6.72	muy alta
41	5	muy alta	0.27	baja	0.57	media	0.33	baja	6.17	muy alta
42	5	muy alta	0.46	media	0.46	media	0.44	media	6.37	muy alta

43	5	muy alta	0.43	media	0.68	alta	0.52	media	6.63	muy alta
44	5	muy alta	0.57	media	0.54	media	0.41	media	6.51	muy alta
45	5	muy alta	0.49	media	0.54	media	0.44	media	6.47	muy alta
46	5	muy alta	0.82	muy alta	0.57	media	0.74	alta	7.13	muy alta
47	5	muy alta	0.51	media	0.54	media	0.70	alta	6.75	muy alta
48	5	muy alta	0.48	media	0.61	media	0.41	media	6.49	muy alta
49	5	muy alta	0.37	baja	0.43	media	0.56	media	6.35	muy alta
50	5	muy alta	0.34	baja	0.57	media	0.41	media	6.32	muy alta
51	5	muy alta	0.54	media	0.39	baja	0.44	media	6.38	muy alta
52	5	muy alta	0.43	media	0.54	media	0.41	media	6.37	muy alta
53	5	muy alta	0.30	baja	0.54	media	0.52	media	6.35	muy alta
54	5	muy alta	0.43	media	0.64	alta	0.44	media	6.52	muy alta
55	5	muy alta	0.18	muy baja	0.54	media	0.48	media	6.20	muy alta
56	5	muy alta	0.39	baja	0.57	media	0.33	baja	6.29	muy alta
57	5	muy alta	0.54	media	0.61	media	0.15	muy baja	6.29	muy alta
58	5	muy alta	0.25	baja	0.54	media	0.19	muy baja	5.97	muy alta
59	5	muy alta	0.36	baja	0.82	muy alta	0.37	baja	6.55	muy alta
60	5	muy alta	0.10	muy baja	0.64	alta	0.74	alta	6.49	muy alta
61	5	muy alta	0.21	baja	0.57	media	0.48	media	6.26	muy alta
62	5	muy alta	0.19	muy baja	0.61	media	0.44	media	6.25	muy alta
63	5	muy alta	0.10	muy baja	0.39	baja	0.30	baja	5.79	muy alta
64	5	muy alta	0.46	media	0.86	muy alta	0.37	baja	6.69	muy alta
65	5	muy alta	0.40	media	0.71	alta	0.41	media	6.52	muy alta
66	5	muy alta	0.52	media	0.75	alta	0.19	muy baja	6.46	muy alta
67	5	muy alta	0.31	baja	0.71	alta	0.41	media	6.44	muy alta
68	5	muy alta	0.46	media	0.54	media	0.41	media	6.40	muy alta
69	5	muy alta	0.36	baja	0.57	media	0.63	alta	6.56	muy alta
70	5	muy alta	0.28	baja	0.68	alta	0.33	baja	6.30	muy alta
71	5	muy alta	0.30	baja	0.54	media	0.52	media	6.35	muy alta
72	5	muy alta	0.46	media	0.82	muy alta	0.44	media	6.73	muy alta
73	4	alta	0.43	media	0.79	alta	0.44	media	5.66	alta
74	4	alta	0.31	baja	0.57	media	0.89	muy alta	5.77	muy alta
75	4	alta	0.37	baja	0.79	alta	0.15	muy baja	5.31	alta
76	4	alta	0.54	media	0.86	muy alta	0.63	alta	6.02	muy alta
77	4	alta	0.49	media	0.79	alta	0.41	media	5.69	alta
78	4	alta	0.39	media	0.68	alta	0.48	media	5.55	alta
79	4	alta	0.48	media	0.43	media	0.56	media	5.46	alta
80	4	alta	0.57	media	0.61	media	0.48	media	5.66	alta
81	4	alta	0.33	baja	0.82	muy alta	0.59	media	5.74	alta
82	4	alta	0.46	media	0.57	media	0.81	muy alta	5.85	muy alta
83	4	alta	0.25	baja	0.46	media	0.26	baja	4.98	alta
84	4	alta	0.31	baja	0.54	media	0.37	baja	5.22	alta
85	4	alta	0.34	baja	0.86	muy alta	0.41	media	5.61	alta
86	4	alta	0.34	baja	0.64	alta	0.56	media	5.54	alta
87	4	alta	0.48	media	0.79	alta	0.56	media	5.82	muy alta

88	4	alta	0.39	baja	0.71	alta	0.26	baja	5.36	alta
89	4	alta	0.37	baja	0.79	alta	0.33	baja	5.49	alta
90	4	alta	0.30	baja	0.82	muy alta	0.41	media	5.53	alta
91	4	alta	0.48	media	0.57	media	0.48	media	5.53	alta
92	4	alta	0.18	muy baja	0.61	media	0.52	media	5.31	alta
93	4	alta	0.21	baja	0.54	media	0.48	media	5.23	alta
94	4	alta	0.33	baja	0.64	alta	0.30	baja	5.27	alta
95	4	alta	0.76	alta	0.57	media	0.48	media	5.81	muy alta
96	4	alta	0.12	muy baja	0.54	media	0.41	media	5.06	alta
97	4	alta	0.21	baja	0.43	media	0.44	media	5.08	alta
98	4	alta	0.39	media	0.54	media	0.56	media	5.48	alta
99	4	alta	0.39	media	0.61	media	0.44	media	5.44	alta
100	4	alta	0.12	muy baja	0.43	media	0.48	media	5.03	alta
101	4	alta	0.21	baja	0.64	alta	0.41	media	5.26	alta
102	4	alta	0.48	media	0.71	alta	0.44	media	5.64	alta
103	4	alta	0.40	baja	0.61	media	0.52	media	5.53	alta
104	4	alta	0.37	baja	0.54	media	0.48	media	5.39	alta
105	4	alta	0.76	alta	0.75	alta	0.56	media	6.07	muy alta
106	4	alta	0.54	media	0.89	muy alta	0.44	media	5.88	muy alta
107	4	alta	0.36	baja	0.43	media	0.41	media	5.20	alta
108	4	alta	0.16	muy baja	0.54	media	0.48	media	5.18	alta
109	4	alta	0.33	baja	0.64	alta	0.78	alta	5.75	alta
110	4	alta	0.51	media	0.89	muy alta	0.33	baja	5.73	alta
111	4	alta	0.27	baja	0.96	muy alta	0.44	media	5.68	alta
112	4	alta	0.49	media	0.54	media	0.52	media	5.55	alta
113	4	alta	0.57	media	0.71	alta	0.78	alta	6.06	muy alta
114	4	alta	0.51	media	0.64	alta	0.30	baja	5.45	alta
115	4	alta	0.42	media	0.89	muy alta	0.89	muy alta	6.20	muy alta
116	4	alta	0.43	media	0.57	media	0.96	muy alta	5.97	muy alta
117	4	alta	0.37	baja	0.54	media	0.74	alta	5.65	alta
118	4	alta	0.64	alta	0.43	media	0.48	media	5.55	alta
119	4	alta	0.57	media	0.86	muy alta	0.37	baja	5.79	muy alta
120	4	alta	0.27	baja	0.71	alta	0.44	media	5.43	alta
121	4	alta	0.73	alta	0.79	alta	0.41	media	5.92	alta
122	4	alta	0.67	alta	0.68	alta	0.15	muy baja	5.50	alta
123	4	alta	0.46	media	0.75	alta	0.37	baja	5.58	alta
124	4	alta	0.81	muy alta	0.71	alta	0.30	baja	5.82	muy alta
125	4	alta	0.66	alta	0.82	muy alta	0.56	media	6.03	muy alta
126	4	alta	0.69	alta	0.61	media	0.44	media	5.74	alta
127	4	alta	0.82	muy alta	0.75	alta	0.48	media	6.05	muy alta
128	4	alta	0.39	baja	0.46	media	0.41	media	5.26	alta
129	4	alta	0.76	alta	0.93	muy alta	0.30	baja	5.99	muy alta
130	4	alta	0.49	media	1.00	muy alta	0.30	baja	5.79	muy alta
131	4	alta	0.45	media	0.86	muy alta	0.41	media	5.71	alta
132	4	alta	0.61	alta	0.96	muy alta	0.78	alta	6.35	muy alta

133	4	alta	0.34	baja	0.71	alta	0.19	muy baja	5.24	alta
134	4	alta	0.43	media	0.75	alta	0.33	baja	5.52	alta
135	4	alta	0.34	baja	0.71	alta	0.22	baja	5.28	alta
136	4	alta	0.46	media	0.79	alta	0.41	media	5.66	alta
137	4	alta	0.97	muy alta	0.82	muy alta	0.70	alta	6.50	muy alta
138	4	alta	0.93	muy alta	0.68	alta	0.48	media	6.09	muy alta
139	4	alta	0.46	media	0.54	media	0.33	baja	5.33	alta
140	4	alta	0.43	media	0.75	alta	0.59	media	5.78	muy alta
141	4	alta	0.63	alta	0.61	media	0.37	baja	5.60	alta
142	5	muy alta	0.70	alta	0.86	muy alta	0.41	media	6.97	muy alta
143	5	muy alta	0.39	baja	0.71	alta	0.30	baja	6.40	muy alta
144	5	muy alta	0.42	media	0.64	alta	0.52	media	6.58	muy alta
145	5	muy alta	0.39	baja	0.86	muy alta	0.44	media	6.69	muy alta
146	5	muy alta	0.30	baja	0.79	alta	0.96	muy alta	7.05	muy alta
147	5	muy alta	0.43	media	0.54	media	0.59	media	6.56	muy alta
148	5	muy alta	0.61	alta	0.61	media	0.19	muy baja	6.40	muy alta
149	5	muy alta	0.43	media	0.82	muy alta	0.74	alta	7.00	muy alta
150	5	muy alta	0.52	media	0.46	media	0.33	baja	6.32	muy alta
151	5	muy alta	0.39	baja	0.96	muy alta	0.67	alta	7.02	muy alta
152	5	muy alta	0.90	muy alta	0.64	alta	0.44	media	6.98	muy alta
153	5	muy alta	0.49	media	0.54	media	0.37	baja	6.40	muy alta
154	5	muy alta	0.42	media	0.71	alta	0.07	muy baja	6.21	muy alta
155	5	muy alta	1.00	muy alta	0.61	media	0.44	media	7.05	muy alta
156	5	muy alta	0.60	media	0.57	media	0.37	baja	6.54	muy alta
157	5	muy alta	0.40	media	0.54	media	0.37	baja	6.31	muy alta
158	5	muy alta	0.49	media	0.82	muy alta	0.30	baja	6.61	muy alta
159	5	muy alta	0.31	baja	0.68	alta	0.67	alta	6.66	muy alta
160	5	muy alta	0.16	muy baja	0.71	alta	0.52	media	6.39	muy alta
161	4	alta	0.63	alta	0.64	alta	0.22	baja	5.49	alta
162	4	alta	0.61	alta	0.68	alta	0.63	alta	5.92	muy alta
163	4	alta	0.45	media	0.93	muy alta	0.78	alta	6.15	muy alta
164	4	alta	0.46	media	0.61	media	0.70	alta	5.77	muy alta
165	4	alta	0.51	media	0.79	alta	0.59	media	5.89	muy alta
166	4	alta	0.60	media	0.71	alta	0.15	muy baja	5.46	alta
167	4	alta	0.57	media	0.86	muy alta	0.37	baja	5.79	muy alta
168	4	alta	0.48	media	0.68	alta	0.56	media	5.71	alta
169	4	alta	0.49	media	0.46	media	0.59	media	5.55	alta
170	4	alta	0.55	media	0.93	muy alta	0.33	baja	5.81	muy alta
171	4	alta	0.69	alta	0.75	alta	0.37	baja	5.81	muy alta
172	4	alta	0.18	muy baja	0.75	alta	0.59	media	5.52	alta
173	4	alta	0.45	media	0.79	alta	1.00	muy alta	6.23	muy alta
174	4	alta	0.34	baja	0.86	muy alta	0.70	alta	5.90	muy alta
175	4	alta	0.82	muy alta	0.82	muy alta	0.56	media	6.20	muy alta
176	4	alta	0.40	media	0.96	muy alta	0.52	media	5.89	muy alta
177	4	alta	0.69	alta	0.89	muy alta	0.48	media	6.06	muy alta

178	4	alta	0.49	media	0.82	muy alta	0.70	alta	6.02	muy alta
179	4	alta	0.78	alta	0.82	muy alta	0.44	media	6.04	muy alta
180	4	alta	0.37	baja	0.86	muy alta	0.52	media	5.75	alta
181	5	muy alta	0.36	baja	0.96	muy alta	0.63	alta	6.95	muy alta
182	5	muy alta	0.57	media	0.82	muy alta	0.52	media	6.91	muy alta
183	5	muy alta	0.67	alta	0.68	alta	0.44	media	6.79	muy alta
184	5	muy alta	0.33	baja	0.82	muy alta	0.67	alta	6.82	muy alta
185	5	muy alta	0.37	baja	0.57	media	1.00	muy alta	6.94	muy alta
186	5	muy alta	0.58	media	0.96	muy alta	0.67	alta	7.21	muy alta
187	5	muy alta	0.72	alta	0.61	media	0.22	baja	6.55	muy alta
188	5	muy alta	0.57	media	0.89	muy alta	0.22	baja	6.68	muy alta
189	5	muy alta	0.69	alta	0.89	muy alta	0.26	baja	6.84	muy alta
190	5	muy alta	0.40	media	0.50	media	0.44	media	6.35	muy alta
191	5	muy alta	0.76	media	0.75	alta	0.37	baja	6.88	muy alta
192	5	muy alta	0.46	media	0.79	alta	0.48	media	6.73	muy alta
193	5	muy alta	0.43	media	1.00	muy alta	0.41	media	6.84	muy alta
194	5	muy alta	0.61	muy alta	0.89	muy alta	0.70	alta	7.21	muy alta
195	5	muy alta	0.48	media	0.64	alta	0.59	media	6.71	muy alta
196	5	muy alta	0.51	media	0.57	media	0.41	media	6.49	muy alta
197	5	muy alta	0.54	media	0.68	alta	0.70	alta	6.92	muy alta
198	5	muy alta	0.36	baja	0.61	media	0.44	media	6.41	muy alta
199	5	muy alta	0.51	media	0.79	alta	0.74	alta	7.03	muy alta
200	5	muy alta	0.45	media	0.68	alta	0.22	baja	6.35	muy alta
201	5	muy alta	0.45	media	0.89	muy alta	0.48	media	6.82	muy alta
202	5	muy alta	0.54	media	0.93	muy alta	0.41	media	6.87	muy alta
203	5	muy alta	0.49	media	0.93	muy alta	0.33	baja	6.75	muy alta
204	5	muy alta	0.40	media	0.75	alta	0.26	baja	6.41	muy alta
205	5	muy alta	0.24	baja	0.64	alta	0.59	media	6.47	muy alta
206	5	muy alta	0.33	baja	0.57	media	0.70	alta	6.60	muy alta
207	5	muy alta	0.48	media	0.57	media	0.85	alta	6.90	muy alta
208	5	muy alta	0.54	media	0.68	alta	0.44	media	6.66	muy alta
209	5	muy alta	0.21	baja	0.93	muy alta	0.70	alta	6.84	muy alta
210	5	muy alta	0.33	baja	0.89	muy alta	0.85	muy alta	7.07	muy alta
211	5	muy alta	0.12	muy baja	0.68	alta	0.48	media	6.28	muy alta
212	5	muy alta	0.45	media	0.93	muy alta	0.30	baja	6.67	muy alta
213	5	muy alta	0.76	alta	0.93	muy alta	0.33	baja	7.02	muy alta
214	5	muy alta	0.54	media	0.89	muy alta	0.56	media	6.99	muy alta
215	5	muy alta	0.33	baja	0.75	alta	0.48	media	6.56	muy alta
216	5	muy alta	0.40	media	0.71	alta	0.33	baja	6.45	muy alta
217	5	muy alta	0.21	baja	0.86	muy alta	0.89	muy alta	6.95	muy alta
218	5	muy alta	0.49	media	0.43	media	0.63	alta	6.55	muy alta
219	5	muy alta	0.27	baja	0.57	media	0.44	media	6.28	muy alta
220	5	muy alta	0.13	muy baja	0.75	alta	0.19	muy baja	6.07	muy alta
221	5	muy alta	0.21	baja	0.71	alta	0.33	baja	6.26	muy alta
222	5	muy alta	0.63	alta	0.96	muy alta	0.59	media	7.18	muy alta

223	5	muy alta	0.22	baja	0.86	muy alta	1.04	muy alta	7.12	muy alta
224	5	muy alta	0.18	muy baja	0.82	muy alta	0.78	alta	6.78	muy alta
225	5	muy alta	0.39	baja	0.71	alta	0.37	baja	6.47	muy alta
226	4	alta	0.27	baja	0.82	muy alta	0.37	baja	5.46	alta
227	4	alta	0.48	media	0.61	media	0.26	baja	5.35	alta
228	4	alta	0.39	baja	0.57	media	0.44	media	5.41	alta
229	4	alta	0.70	alta	0.43	media	0.48	media	5.61	alta
230	4	alta	0.54	media	0.57	media	0.44	media	5.55	alta
231	5	muy alta	0.40	media	0.61	media	0.56	media	6.57	muy alta
232	5	muy alta	0.49	media	0.68	alta	0.44	media	6.62	muy alta
233	5	muy alta	0.48	media	0.43	media	0.48	media	6.39	muy alta
234	5	muy alta	0.49	media	0.61	media	0.56	media	6.66	muy alta
235	4	alta	0.40	media	0.57	media	0.44	media	5.42	alta
236	4	alta	0.48	media	0.61	media	0.44	media	5.53	alta
237	4	alta	0.48	media	0.61	media	0.59	media	5.68	alta
238	4	alta	0.48	media	0.50	media	0.56	media	5.53	alta
239	4	alta	0.49	media	0.75	alta	0.41	media	5.65	alta
240	4	alta	0.69	alta	0.79	alta	0.26	baja	5.73	alta
241	4	alta	0.93	muy alta	0.71	alta	0.22	baja	5.86	muy alta
242	4	alta	0.24	baja	0.75	alta	0.30	baja	5.29	alta
243	5	muy alta	0.51	media	0.57	media	0.41	media	6.49	muy alta
244	5	muy alta	0.30	baja	0.54	media	0.52	media	6.35	muy alta
245	4	alta	0.18	muy baja	0.71	alta	0.44	media	5.34	alta
246	4	alta	0.61	muy alta	0.89	muy alta	0.44	media	5.95	muy alta
247	4	alta	0.21	baja	0.86	muy alta	1.00	muy alta	6.07	muy alta
248	4	alta	0.46	media	0.89	muy alta	0.59	media	5.95	muy alta
249	4	alta	0.48	media	0.79	alta	0.44	media	5.71	alta
250	4	alta	0.24	baja	0.68	alta	0.48	media	5.40	alta
251	4	alta	0.76	alta	0.68	alta	0.41	media	5.85	muy alta
252	5	muy alta	0.31	baja	0.89	muy alta	0.85	alta	7.06	muy alta
253	5	muy alta	0.48	media	0.57	media	0.41	media	6.46	muy alta
254	5	muy alta	0.49	media	0.79	alta	0.70	alta	6.98	muy alta
255	5	muy alta	0.34	baja	0.93	muy alta	0.48	media	6.75	muy alta
256	5	muy alta	0.36	baja	0.75	alta	0.59	media	6.70	muy alta
257	5	muy alta	0.21	baja	0.89	muy alta	0.44	media	6.55	muy alta
258	4	alta	0.70	alta	0.57	media	0.85	alta	6.12	muy alta
259	4	alta	0.16	muy baja	0.79	alta	0.56	media	5.50	alta
260	4	alta	0.43	media	0.61	media	0.33	baja	5.37	alta
261	4	alta	0.31	baja	0.50	media	0.48	media	5.29	alta
262	4	alta	0.76	media	0.57	media	0.48	media	5.81	muy alta
263	4	alta	0.45	media	0.54	media	0.52	media	5.50	alta
264	4	alta	0.51	media	0.75	alta	0.48	media	5.74	alta
265	4	alta	0.39	baja	0.79	alta	0.41	media	5.58	alta
266	4	alta	0.39	baja	0.46	media	0.44	media	5.30	alta
267	4	alta	0.39	baja	0.61	media	0.74	alta	5.74	alta

268	4	alta	0.54	media	0.57	media	0.44	media	5.55	alta
269	5	muy alta	0.40	media	0.61	media	0.56	media	6.57	muy alta