

ÍNDICE

	N°
RESUMEN EJECUTIVO	
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVOS GENERALES	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA	3
3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y ASPECTOS GENERALES	3
3.2 MARCO GEOLÓGICO	4
4 METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
4.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO	6
4.2 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO Y LEVANTAMIENTO DE CAMPO	6
4.3 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO	6
4.3.1) Recopilación y determinación de la información básica	6
4.3.2) Criterios para la identificación de los sitios para el levantamiento de las secciones transversales	7
4.3.3) Cálculo de las secciones y las curvas de precipitación máxima de las lluvias	7
4.4 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO EN LOS SITIOS ESTUDIADOS	7
5 CARACTERÍSTICAS HIDROMETEREOLÓGICAS Y FÍSICAS GENERALES DEL ENTORNO	8
5.1 CLIMA	8
5.1.1 PRECIPITACIÓN	8
5.1.2 VIENTO	9
5.1.3 TEMPERATURA	9

5.2. COBERTURA VEGETAL.	10
5.3 TOPOGRAFÍA	10
5.4 HIDROLOGÍA	10
6 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LAS MICRO CUENCAS DE LA QUEBRADA EL CAPULÍN, RIO SAPUYO Y ACOMUNCA	13
6.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA MICRO CUENCA “EL CAPULÍN”	13
6.1.1 Datos de la micro cuenca	13
6.1.2 Característica física del medio	14
6.1.3 Evaluación Por Sectores De La Quebrada El Capulín	17
6.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA MICRO CUENCA DEL RÍO SAPUYO	24
6.2.1 Datos de la micro cuenca	24
6.2.2 Características físicas del medio	25
7 DESCRIPCIÓN DE LA AMENAZAY EVALUACIÓN DEL RIESGO EN SITIOS EN LAS MICROCUENCAS EL CAPULÍN, RIO SAPUYO Y RÍO ACOMUNCA	30
7.1 AMENAZAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS POTENCIALES	30
7.1.1 AMENAZAS GEOLÓGICAS	30
7.1.2 AMENAZAS HIDROGEOLÓGICAS POTENCIALES	30
7.1.3 DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZAS	32
7.1.4 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	32
7.1.5 POBLACIÓN BAJO RIESGO	33
7.2 MICROCUENCA DE LA QUEBRADA EL CAPULÍN	34
7.3 CUENCA DEL RIO SAPUYO	43
7.4 CUENCA RIO ACOMUNCA	49

8 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	51
8.1 METODOLOGIA	51
8.2 DESCRIPCIÓN DE COMUNIDADES	52
8.2.1 Barrio La Cruz	53
8.2.2 Cantón Piedra Grande Abajo	54
8.2.3 Quita Pereza, Barrio Santa Lucía	55
8.2.4 Colonia Somoza #2	55
8.2.5 Cantón Santa Lucía El Carmen	55
8.2.6 Caserío Los Domínguez	56
8.2.7 Colonia Somoza N°1	57
8.2.8 Piedra Grande Arriba	58
8.3 CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDADES	58
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
9.1 CONCLUSIONES	59
9.2 RECOMENDACIONES A CORTO PLAZO MICROCUENCA QUEBRADA EL CAPULÍN	61
9.3 RECOMENDACIONES MICROCUENCA RÍO SAPUYO	62
9.4 RECOMENDACIONES GENERALES	63

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MAPA DE AMENAZAS

ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS

ANEXO 3: CUADROS Y GRÁFICOS DE POBLACIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación, es el resultado de un convenio de cooperación entre COSUDE/AH-CSS y el Ministerio de Medio Ambiente, para estudiar la amenaza que representan grandes deslizamientos del terreno en la cima del volcán de San Vicente y cuyos productos caen en la cuenca alta de la quebrada El Capulín.

Como en eventos anteriores recientes, Huracán Mitch (1998), y flujo de lodo que bajo por la quebrada Madariaga causando daños materiales y dos muertes (1995), la amenaza por deslizamientos y posteriores flujos de lodos, son un peligro permanente para el Municipio de Zacatecoluca. El peligro se incrementa en épocas de lluvias extremas y por la inestabilidad ocasionada por la ruptura de los terrenos durante un evento sísmico.

La quebrada El Capulín de aproximadamente 8.5 km de largo, tiene sus orígenes en la parte alta del volcán de San Vicente, y recorre el municipio de Zacatecoluca al Nororiente de la ciudad del mismo nombre, donde confluye con el río Nuevo. El área estimada de la cuenca es de 17.73 km². Si bien el cauce de esta quebrada no pasa directamente por la ciudad de Zacatecoluca, la posibilidad de que flujos de lodo extremos sobrepasen el parte aguas de la quebrada y caigan a las cuencas contigua tanto del río Sapuyo como del río Acomunca, es una realidad. Hay evidencia en los alrededores del cerro Marroquín, de trasvase de flujos de lodos de un cauce a otro en las quebradas y ríos adyacentes.

Los resultados de la investigación de campo, los análisis hidrológicos y el levantamiento de secciones transversales a la quebrada El Capulín y el río Sapuyo, muestran que la posibilidad de desbordamientos en periodos lluviosos como en el caso del Huracán Mitch es una realidad en la zona de intersección del camino que del caserío Santa Lucía conduce a la Virtud, afectando a las familias que habitan inmediaciones del camino y en la zona del beneficio Santa Lucía. La posibilidad que eventos extremos o mayores que Mitch podrían ocasionar daños al caserío directamente es una posibilidad latente.

En la cuenca del río Sapuyo las comunidades se ven afectadas principalmente por inundaciones. Al menos 37 familias se encuentran en riesgo en las zonas de Cantón Piedra Grande Abajo, Caserío Los Domínguez, Colonia Somoza N°1, y Barrio La Cruz. Por lo que se hace necesario tomar medidas para sacar a estas familias de los cauces de las quebradas e instalarlos en albergues provisionales en la época alta de lluvias entre agosto y Octubre.

En la zona del Cantón Santa Lucía El Carmen, se han identificado 20 familias que se encuentran en situación de riesgo. A las cuales se hace necesario reubicar en sitios seguros durante el invierno.

Se hace necesario que se establezca un adecuado sistema de gestión del riesgo en el municipio que integre a todos los actores locales involucrados en la toma de decisiones, que minimice el impacto que fenómenos naturales adversos ocasionen a la población tanto urbana como rural.

PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO:

Por la Cooperación Suiza

Ing. Frank Phillipousian
Ing. Federico Castellanos
Geólogo Julio Rubio
Ing. Cedric Egger
Arq. Ernest Rüegg

Por la Municipalidad de Zacatecoluca

Lic. Italo Lievano Alcalde Municipal

Sr. José Isidro Hernández

Por Las Comunidades

Lideres de ADESCOS en estudio.

Organizaciones No Gubernamentales

Fundación para la Auto Gestión Comunitaria y el Desarrollo (ACODEL)

Grupo Técnico Nacional

Ing. Agr. Guillermo Alas MARN
Geólogo Guillermo Napoleón Morán COSUDE/AH-CSS
Ing. Douglas Adonay Martinez COSUDE/AH-CSS
Lic. William Alcides Santos COSUDE/AH-CSS

AGRADECIMIENTOS

Como parte de importante en la realización de este trabajo hay que agradecer la cooperación recibida por diferentes personas e instituciones del municipio de Zacatecoluca, a quienes únicamente movió el deseo de ayudar a su ciudad natal.

Se agradece también el apoyo brindado por la Alcaldía Municipal de Zacatecoluca, a su concejo municipal y a su representante ante el equipo de trabajo Sr. José Isidro Hernández.

Gracias a la importantísima colaboración por parte de la Fundación para la Auto Gestión Comunitaria y el Desarrollo Local (ACODEL), en los levantamientos de datos de campo, uso de instalaciones físicas como base para el trabajo y otras facilidades tales como teléfono y computadora. Especialmente se agradece al equipo de trabajo de ACODEL compuesto por el Sr. Reynaldo Antonio Miranda, Sr. Herber Orellana, Sra. Patricia Vásquez Granadeño y Srta. María Alba Menéndez.

Así mismo se agradece el apoyo brindado por el señor obispo de Zacatecoluca, para el uso de la torre norte de la Iglesia Santa Lucía, para monitorear los deslizamientos del volcán, desde la cual se tiene una vista muy apropiada.

Al Coronel Manuel de Jesús Ibarra y al personal bajo su mando por el apoyo brindado a este proyecto.

Al Sr. Orsy Moreno Barraza, Directivo del Club de Leones.

A los líderes comunales de los diferentes sitios visitados quienes con su información de primera mano, y en ocasiones acompañamiento físico en el Campo, facilitando nuestra tarea de investigación.

EVALUACIÓN DE RIESGOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES EN EL MUNICIPIO DE ZACATECOLUCA

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es el resultado del interés de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Ayuda Humanitaria y Cuerpo de Socorro Suizo y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para estudiar la amenaza que representan grandes deslizamientos del terreno en la cima del volcán de San Vicente y cuyos productos caen en la cuenca alta de la Quebrada El Capulín, al norte de la ciudad de Zacatecoluca (Fig. 1). Los materiales sueltos al desplazarse como flujos de lodo a través de la quebrada El Capulín, podrían ocasionar daños a las comunidades que se encuentran asentadas en las márgenes de la quebrada. Estos deslizamientos fueron ocasionados por los terremotos del 13 de enero y 13 de febrero de 2001.

La cercanía física entre la quebrada El Capulín y el río Sapuyo, ha obligado a evaluar también el daño que podría ocurrir si materiales deslizados del volcán se desplazan como flujos de lodo, sobrepasando la cota máxima de la quebrada El Capulín y alcanzando el cauce del río Sapuyo. Un reconocimiento de campo se hizo también en dos sitios en el río Acomunca, que corre paralelo al río Sapuyo, ya que alberga importante comunidades en el lado oeste de la ciudad de Zacatecoluca.

El río Sapuyo tiene origen en la parte media de la cuenca en los alrededores del cantón El Carmen, hasta el cruce de la carretera del Litoral. Cortas quebradas desembocan al río Sapuyo. Este río pasa en la periferia oriental de la ciudad de Zacatecoluca y en sus márgenes alberga gran cantidad de colonias y comunidades, así mismo al poniente del río y al norte de la ciudad de Zacatecoluca se encuentra el sitio donde se reconstruirá el Hospital Santa Teresa, por lo que también se incluye en la evaluación del riesgo por inundaciones o flujos de lodos.

La evaluación de los efectos comprende:

- 1) Un estimado de los volúmenes de deslizamientos en la cima del volcán de San Vicente y reconocimiento de zonas de deslizamiento potencialmente activas, para lo cual se considera la existencia de grietas y desplazamientos verticales del terreno,
- 2) Delimitación de cuencas y análisis hidrológico de las cuencas de la Quebrada Capulín y Río Sapuyo.
- 3) Estudio Socio económico y censo de familias y viviendas con probabilidad de ser afectadas en 8 sitios estudiados, los cuales presentan diferente grado de vulnerabilidad
- 4) Como resultado final se presenta una clasificación del riesgo, identificación del número de familias en situación de riesgo y medidas de mitigación y prevención de cara a la próxima estación lluviosa.

Como parte del proyecto se evaluaron 16 sitios, en los cuales se hizo un levantamiento de las quebradas, se midió una sección transversal a algunos cauces y una estimación preliminar del estado actual de las comunidades en sus alrededores. Esto permitió la

identificación de los riesgos y la presentación de propuestas de medidas de mitigación, principalmente por inundaciones y flujos de lodos, para el presente invierno.

La amenaza por deslizamientos y posteriores flujos de lodos en la parte alta e inundaciones en la parte baja es permanente en el municipio de Zacatecoluca. Esto se ve incrementado en épocas de lluvias extremas y por la inestabilidad ocasionada por la ruptura del terreno durante eventos sísmicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Generales

- 2.1.1 Contribuir a la mitigación de los riesgos hidrológicos y geológicos, ante los peligros previsible con la llegada de las próximas lluvias, en el municipio de Zacatecoluca.
- 2.1.2 Promover a través de COSUDE y la AH-CSS, la capacitación de profesionales salvadoreños en la evaluación del riesgo y prevención de desastres.

2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1 Caracterizar los principales deslizamientos del terreno, ocurridos en la parte alta de la micro cuenca de la Quebrada El Capulín, en la cima del volcán de San Vicente en el municipio de Zacatecoluca. Estos deslizamientos fueron disparados por los eventos sísmicos del 13 de enero y 13 de febrero de 2001.
- 2.2.2 Determinar el nivel de riesgo ante la eventualidad de flujos de lodo que se desencadenen desde la parte alta del volcán de San Vicente y que puedan afectar la zona baja del volcán en las micro cuencas de la quebrada El Capulín y río Sapuyo. También un reconocimiento preliminar del riesgo en la micro cuenca del río Acomunca.
- 2.2.3 Identificar los núcleos poblacionales y su grado de vulnerabilidad ante avenidas y flujos de lodo.
- 2.2.4 Hacer un diagnóstico del riesgo en el sitio donde se tiene planificada la construcción del Hospital Santa Teresa.
- 2.2.5 Elaborar un documento técnico que sirva de apoyo a las autoridades de Zacatecoluca para la elaboración de un plan de acción para mitigar los impactos adversos generados por deslizamientos en la parte alta del volcán de San Vicente y eventuales flujos de lodo en la parte media y baja del volcán e inundaciones en la parte oriental de la ciudad de Zacatecoluca.

3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA

3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y ASPECTOS GENERALES

La zona estudiada abarca la parte norte del municipio de Zacatecoluca, desde la cima del volcán de San Vicente, hasta la carretera que de Zacatecoluca conduce a San Vicente. Incluye la micro cuenca de la quebrada El Capulín, que comienza en la parte alta del volcán y discurre de norte a sur, hasta desembocar en el río Nuevo.

El río Sapuyo inicia en la parte media del volcán a la altura del cantón y caserío El Carmen, discurre de norte a sur, atravesando al costado oriente de la ciudad de Zacatecoluca (Fig. 1).

En la parte media de la quebrada el Capulín se encuentra un importante asentamiento humano del cantón y caserío Santa Lucía, también viviendas dispersas se observan aguas abajo hasta su confluencia con el río Nuevo.

El río Sapuyo y sus afluentes albergan en sus márgenes, principalmente en la zona baja importantes comunidades tales como El Barrio la Cruz, Comunidades Somoza #1 y #2, Barrio Santa Lucía y Los Domínguez. El Hospital Santa Teresa se encuentra aproximadamente a 600 m, del río Sapuyo.

Los estudios de campo iniciaron el día 1° de junio del presente año, siendo acompañados de un representante de la alcaldía el señor José Isidro Hernández de la Alcaldía Municipal y el Sr. Herbert Orellana de ACODEL.

En general las viviendas de los cantones se ubican en terrenos entre los dos cauces, o en las márgenes de las quebradas, de profundidad variable entre 0 a 25 metros, y presentan laderas con pendientes entre 20 a 40° de inclinación.

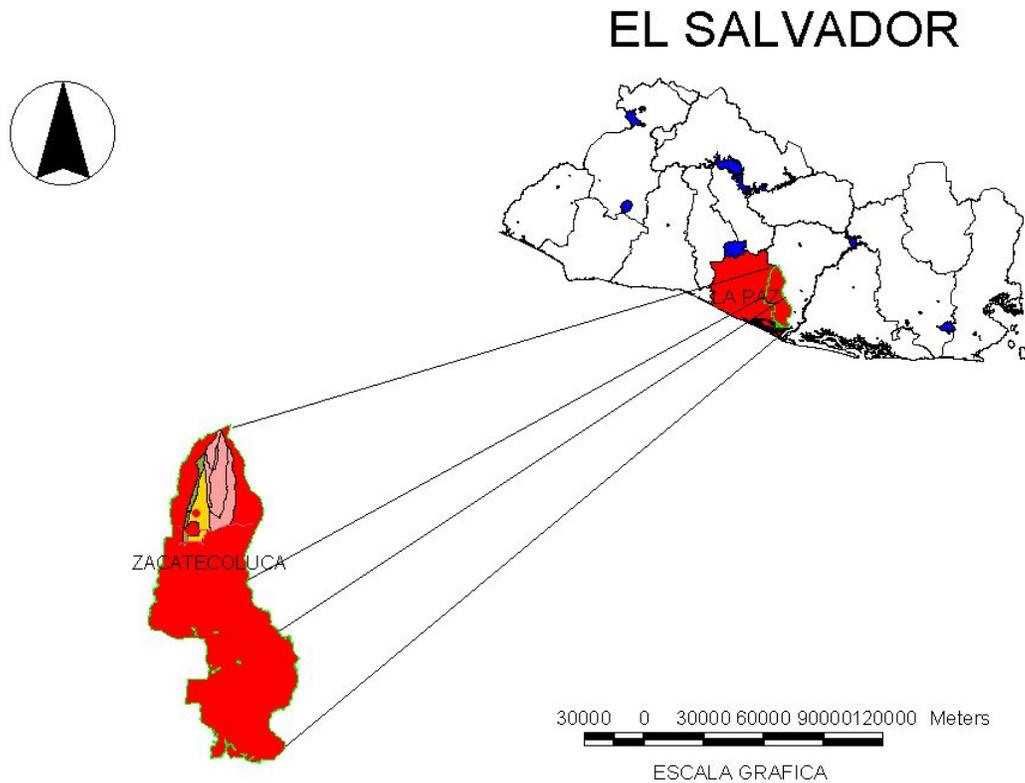


Fig.1 Ubicación del Municipio de Zacatecoluca en el Departamento de la Paz.

3.2 MARCO GEOLÓGICO

La estructura geológica predominante en el municipio de Zacatecoluca es la del volcán de San Vicente, cuyas eyecciones han delineado la zona norte del municipio y sus productos de erosión se depositan en las partes bajas, conformando terrenos con vocación agrícola, muy productivos. Los principales grupos litológicos lo forman lavas andesíticas y basálticas, sedimentos volcánicos detríticos con materiales piroclásticos y corrientes de lava intercaladas y aluviones con intercalaciones de materiales piroclásticos.

Depósitos de flujos piroclásticos, intercalados con depósitos de flujos de lodos, se observan en algunos sitios como la Ermita en cantón Piedra grande arriba, así mismo en las laderas de río Nuevo en el camino que conduce a los Pineda. Bloques de diferente tamaño hasta unos 3 a 4 m diámetro se observan en las laderas en la parte alta del volcán. Probablemente paquetes lávicos formen la cima de algunos cerros que bajan del volcán, constituyéndose en parteaguas de los ríos y quebradas que bajan de las partes altas hacia Zacatecoluca. Un pequeño deslizamiento en el camino a la Laguneta en la parte poniente del volcán, deja al descubierto un paquete lávico en la cima de un cerro, que se orienta paralelo a las quebradas.

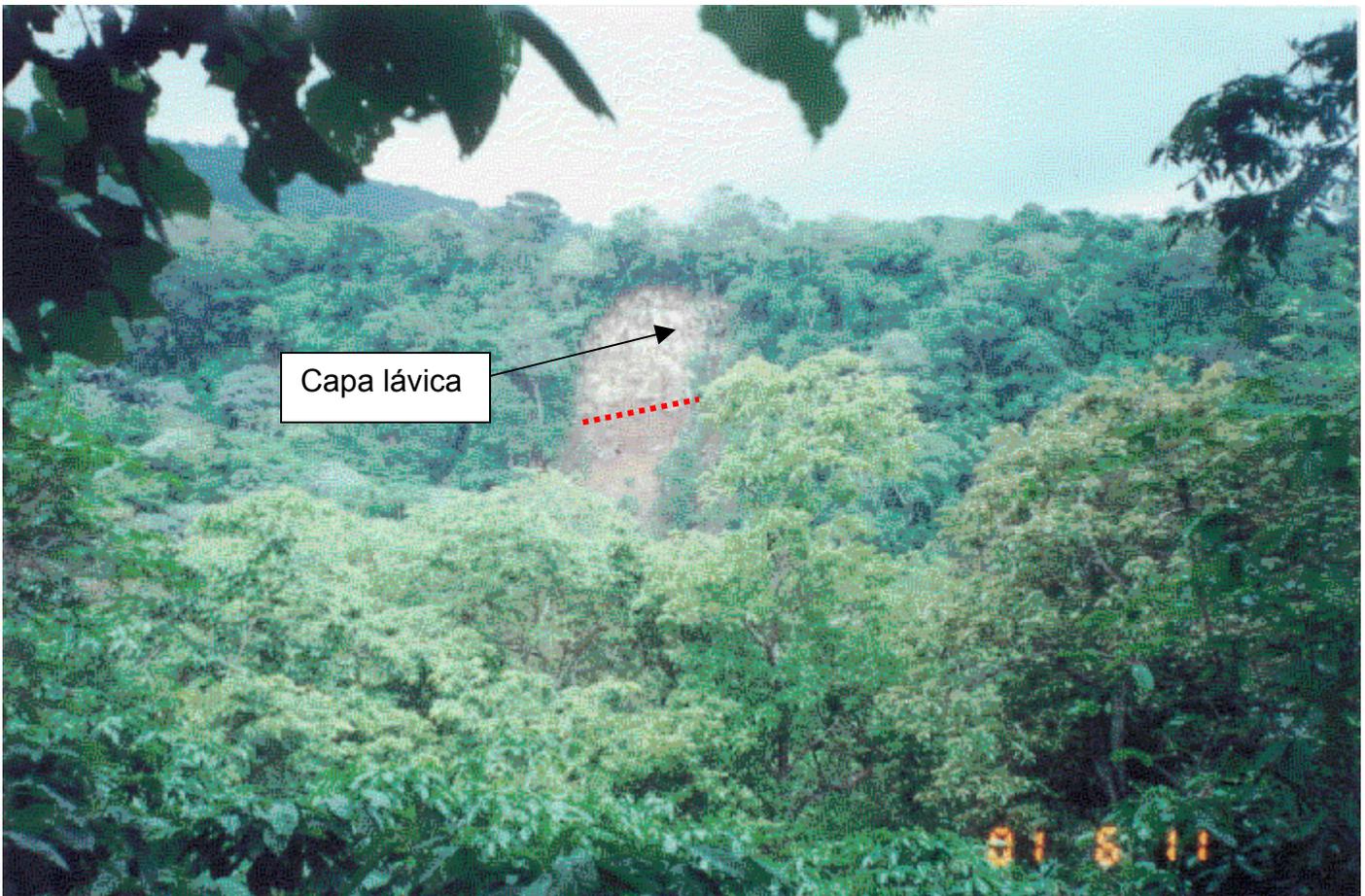


Fig. 2 Pequeños deslizamientos camino a Laguneta, en la parte superior se observa una capa de lava.

4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo se formó con la participación del Ingeniero agrónomo Guillermo Alas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y por parte de COSUDE, el Geólogo Guillermo Morán, Br. Douglas Martínez, estudiante egresado de Ingeniería Civil, el Licenciado en Trabajo social William Santos y los asesores de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y AH-CSS en caso de catástrofe. Participaron por parte de la Alcaldía el Sr. José Isidro Hernández y un representante de ACODEL EL Sr. Herbert Orellana, quien nos acompañó a todas las giras de campo.

El equipo nacional fue orientado para la ejecución del trabajo de campo por especialistas de COSUDE, el Coordinador Técnico del Proyecto Geólogo Juli Rubio y por el coordinador administrativo Ing. Federico Castellanos.

4.2 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO Y LEVANTAMIENTO DE CAMPO

1) La planificación del trabajo y levantamiento de campo se hizo basado en:

1.1 Identificación de la amenaza y de las zonas vulnerables y propensas a sufrir daños por un eventual flujo de lodos o avenidas extremas.

1.2 Delimitación de las cuencas de río Nuevo y las micro cuencas de la quebrada El Capulín y río Sapuyo y su respectiva red hidrográfica.

1.3 Además se identificaron preliminarmente los sitios en los cuales se realizarían las secciones transversales.

2) Se recopiló información y se realizó un análisis hidrológico básico.

3) Se llevó a cabo un levantamiento de campo, tanto en la caracterización de la amenaza, como en la evaluación de las zonas vulnerables, lo cual incluye población y obras civiles.

4) Se elaboraron fichas de campo por cada sitio visitado

5) Posteriormente al final se procedió a elaborar un informe técnico y preparación del taller.

4.3 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para la realización del estudio hidrológico se cubrieron las siguientes etapas:

4.3.1) Recopilación y determinación de la información básica siguiente

- Delimitación de Cuencas

- Datos de precipitación pluvial de las estaciones climatológicas de la zona de influencia del proyecto
- Áreas de recogimientos de las cuencas
- Áreas de las secciones transversales
- Recopilación “in situ” con los pobladores de la zona, aledaño a las quebradas acerca de los niveles durante los inviernos normales y durante las crecidas provenientes de eventos extremos como “El Mitch” o mayores.

4.3.2) Criterios para la identificación de los sitios para el levantamiento de las secciones transversales:

- ❖ Naturaleza de la red hidrográfica y características topográficas
 - Cambio de pendiente
 - Cambio en la dirección del cauce
 - Sitios con posibilidades de desbordamiento
- ❖ Facilidad de acceso y cercanía a zonas vulnerables

4.3.3) Cálculo de las secciones y las curvas de precipitación máxima de las lluvias. Las cuales se utilizarían como patrón para comparar los caudales determinados en las micro cuencas. Como escenario de precipitación se utilizó el de tormenta sobre toda la cuenca.

4.4 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO EN LOS SITIOS ESTUDIADOS

- Determinación de procesos y volúmenes de materiales sueltos en las cuencas laterales.
Para esto se hizo un recorrido de campo, tratando en la medida de lo posible recorrer la zona e identificando en el sitio las características de los deslizamientos y un estimado de su volumen. Así mismo se recorrieron algunos tramos de los cauces y se hizo una descripción de su estado físico-geológico, así como un levantamiento de secciones transversales de los cauces.
- Formación de los escenarios y sus efectos respectivos. Con los resultados del análisis de la información hidrológica básica y los parámetros hidráulicos obtenidos a través de las secciones transversales en los cauces, se procede a modelar los escenarios de caudales para eventuales flujos de lodos en los sitios escogidos.
- Determinación de las condiciones de vulnerabilidad de las comunidades e infraestructura.
- Delineación de las zonas de riesgo. Con los resultados de los escenarios hidrológicos del apartado anterior, se procedió a la delimitación de las zonas de riesgo.

5 CARACTERÍSTICAS HIDROMETEREOLÓGICAS Y FÍSICAS GENERALES DEL ENTORNO.

5.1 CLIMA:

De acuerdo a la clasificación que es utilizada en El Salvador (Koppen y Sapper-Lauder) En la zona en estudio el clima predominante son sabanas tropicales calurosas o tierra templada, cuya elevación varía de 800 a 1200 m y de 1200 a 1700 metros.

Cuadro 1. Tipos de clima en micro cuenca.

Elevación (msnm)	Copen	Sapper- Lauder
0 - 800	Sabana tropical-caliente	Tierra caliente
800-1200	Sabana tropical-calurosa	Tierra templada
1200-1700	Sabana tropical de las alturas	Tierra templada

5.1.1 PRECIPITACIÓN.

El promedio anual de precipitación es del año de 1996 y se puede observar que en el mes de septiembre se presentó la máxima cantidad de precipitación, con un valor de 454 mm, y el mínimo de 1 mm para el mes de febrero para un registro de 31 años en la estación meteorológica Zacatecoluca.

En las siguientes tablas se presentan registros históricos de precipitación en la zona registrados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG.

Cuadro 2. Precipitación: Valores registrados en estación Zacatecoluca.

Ene	Feb	Mar	Abr.	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
4	1	8	40	226	397	321	341	454	349	62	10	2213

Año 1996.

Cuadro 3. Porcentaje de cantidad media anual de lluvia por periodo de tiempo. Según registro de 13 años. 1954-1996.

Estación	00:00 a 06:00 hrs.	06:00 a 12:00 hrs	12:00 a 18:00 hrs	18:00 a 24:00 hrs.
Sta. Cruz Porrillo	22	5	19	54

Cuadro 4. Intensidad máxima absoluta en mm/min para diferentes periodos de duración en minutos para Santa Cruz Porrillo.

Minutos	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240
Mm/min	5.82	4.47	3.89	3.05	2.81	2.27	180	134	102	0.83	0.7	0.49

5.1.2 VIENTO.

Los rumbos dominantes del viento se manifiestan desde la zona costera entre las 9:00 a las 12:00 PM (horas)*. Las velocidades medias son menores en los meses de Agosto a Noviembre, en los meses de la estación seca principalmente se detectan valores de mas de 50 km/hora (ver cuadro)

Cuadro 5. Rumbo dominante, velocidad media y máxima absoluta del viento en km/h**

	MESES												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Rumbo dominante	NE	NE	S	S	S	NE	NE	NE-E	NE-E	NE	NE	NE	NE
Velocidad media	6.8	7.8	6.2	6.4	5.3	4.7	5.3	4.8	4.4	4.0	4.8	6.2	5.6
Velocidad máxima	72	73.8	61.9	62.3	62.6	64.8	76.3	72.0	63.0	54	72	68.4	76.3

* Sistema Salvadoreño de Áreas Protegidas. SEMA. 1994.

** Departamento de Meteorología e Hidrología DGRNR (MAG).

5.1.3 TEMPERATURA

El Salvador esta situado en la parte exterior del cinturón climático de los trópicos Cáncer y Capricornio, latitud 13°9' donde todo el año existen condiciones térmicas mas o menos iguales. ***

La parte donde se ubica el municipio de Zacatecoluca es afectado por temperaturas que sobrepasan los 30° C como se identifica en el cuadro que se presenta en donde la temperatura promedio anual máxima es de 34.6° C y la mínima anual es de 21.3° C.

*** Sistema Salvadoreño de Áreas Protegidas. SEMA.1994.

Cuadro 6. Promedios mensuales y anuales de temperaturas máxima y mínima en ° C

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO	Temp.
	35.8	35.9	36	35.9	34.9	33.3	34.4	34.1	32.8	33.2	34.2	35.2	34.6	Max°C
	19.4	19.8	21.1	22.6	23	22.4	22	22	21.9	21.7	20.2	19.4	21.3	Min°C

5.2. COBERTURA VEGETAL.

El tipo de cobertura vegetal en el área de influencia es de dos tipos: en la parte alta de las micro cuencas se pueden observar una densa vegetación y en la parte baja lo que predomina son terrenos utilizados para cultivos.

La región del Municipio de Zacatecoluca esta clasificada según el sistema de zonas de vida del Dr. L.R Holdrige desde la costa hasta el volcán de San Vicente o Chichontepec como:

- a) bh-S(c) Bosque húmedo sub-tropical (con biotemperaturas $< 24^{\circ}\text{C}$) entre el mar y alturas aproximadamente de 200 msnm.
- b) bh-S Bosque húmedo subtropical transición a tropical (con biotemperaturas $> 24^{\circ}\text{C}$) aproximadamente entre los 200 a 600 msnm.
- c) bmh-S Bosque muy húmedo sub-tropical (con biotemperaturas y temperaturas del aire medio anuales $< 24^{\circ}\text{C}$) aproximadamente entre 600 o mas msnm, en el complejo montañoso.

**** Departamento de Meteorología e Hidrología DGRNR(MAG).

5.3 TOPOGRAFÍA

La topografía del municipio de Zacatecoluca esta condicionada por tener pendientes que oscilan desde los 0 metros al nivel del mar, hasta los 2181.74 metros sobre el nivel del mar (Fig.3).

Hacia el sur en lo que se conoce como la planicie costera las pendientes son menores, oscilando entre los 0-2% y donde se producen los mayores riesgos de inundación.

En la zona central, formada donde se asienta la ciudad de Zacatecoluca, se presentan pendientes bajas, las cuales varían entre el 1 hasta el 10 %, aunque en algunos lugares de la ciudad mas diseccionados estas varían entre el 8 y el 15 %.

En la parte norte de la ciudad de Zacatecoluca, las pendientes son mayores, haciéndose los terrenos mas quebrados y accidentados, esto por estar en las faldas del volcán de San Vicente, las pendientes varían entre 15 y 50 %.

5.4 HIDROLOGÍA

La hidrología superficial del municipio de Zacatecoluca pertenece a una de las agrupaciones que se denomina “entre los ríos Jiboa y Lempa”, el cual pertenece a una de las diez agrupaciones o cuencas hidrograficas principales.

Para el estudio realizado en esta zona, se tomaron en cuenta ciertos criterios de las quebradas y ríos.

- 1) Proximidad a los derrumbes por parte de la quebrada y transporte de flujo de lodos.
- 2) En caso de ocurrir un desbordamiento, evaluar el área de inundación.

Para este estudio, la micro cuenca en la que predomina el derrumbe de la parte superior del volcán es la de la quebrada el Capulin, la cual tiene una longitud de 8 km. A esta se le conoce como quebrada La Lunita en la parte superior del volcán y aguas abajo se le conoce como quebrada el Capulin. En la zona baja se une con el Río Nuevo, del cual es tributario.

El segundo lugar estudiado es la micro cuenca del río Sapuyo. Este río tiene una longitud de 9 km, el cual en su parte baja se encuentra altamente pobladas por las colonias Somoza 1 y 2, Barrio La Cruz, así como también en las márgenes de los afluentes de este río, habitan comunidades entre las que se pueden mencionar, comunidad los Domínguez y Quita Perezza.

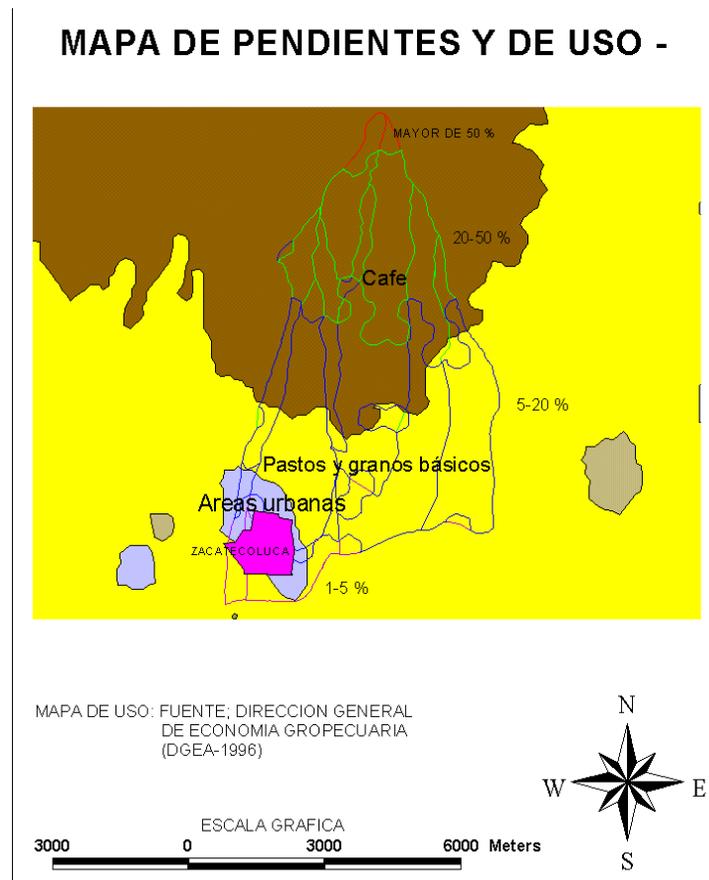


Fig.3 Mapa de pendientes del terreno(en porcentaje) y de uso del suelo

Cada una de estas micro cuencas presenta características, definidas, las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Cuadro 7. Características de las micro cuencas en estudio.

Nombre de la micro cuenca	Área en km ²	Long. del cauce mas largo en km	Pendiente en %
Quebrada El Capulin	17.73	8.75	22%
Rio Sapuyo	5.24	6.25	8.1%

Para el estudio hidrológico se utilizaron datos de la estación de Santa Cruz Porrillo.

Cuadro 8. Precipitación promedio mensual en las micro cuencas estudiadas. Promedios mensuales y anuales de precipitaciones en mm *.

MES												AÑO
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
4	2	10	38	228	384	316	329	452	343	64	9	2179
4	1	8	40	226	397	321	341	454	349	62	10	2213

* Departamento de Metereología e hidrología, DGRNR(MAG).

Con estos datos se puede observar que las máximas precipitaciones se dan entre los meses de junio a octubre.

Con los datos se obtuvieron los caudales de diseño para diferentes tipos de escenarios, considerando periodos de retorno de 15, 25 y 50 años, curvas en anexo.

Se considero el caudal con periodo de retorno de 15 años como un invierno normal lluvioso, al caudal con periodo de retorno de 25 años se considero como el tipo MITCH, y al de periodo de retorno de 50 años, se considero como un evento superior al MITCH.

Cuadro 9. Caudales de las quebradas para los escenarios “invierno normal”, “invierno tipo Mitch” y evento superior al Mitch.

Quebrada	Superficie km ²	Caudal invierno lluvioso(m ³ /s)	Caudal especifico m ³ /s/km ²	Caudal tipo Mitch(m ³ /s)	Caudal especifico m ³ /s/km ²	Caudal superior Mitch (m ³ /s)	Caudal especifico m ³ /s/km ²
Capulin	17.73	158.8	8.96	181.6	10.2	208	11.7
Rio Sapuyo	5.24	45.5	8.7	57.2	10.9	66.2	12.6

6.0 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LAS MICRO CUENCAS DE LA QUEBRADA EL CAPULÍN, RIO SAPUYO Y ACOMUNCA.

Las micro cuencas definidas en el estudio son las de la quebrada **El Capulín** (parte de la Cuenca del río Nuevo) **río Sapuyo**, y **río Acomunca** (Fig.1 y Fig. 4).

En la cuenca río Nuevo, la quebrada El Capulín es de capital importancia, dado que en su parte más alta (cima del volcán), se han generado derrumbes los cuales con las lluvias se teme que estos materiales, puedan bajar como flujos de lodo

La delimitación de las micro cuencas y los sitios visitados para el levantamiento de secciones transversales para el cálculo de parámetros hidráulicos se presentan en la Fig.4

6.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA MICRO CUENCA “EL CAPULÍN”

La micro cuenca de la quebrada El Capulín es parte de la cuenca del río Nuevo, su evaluación hidrológica, se considera primordial, ya que sobre el cauce de esta quebrada se depositan los materiales derivados de los deslizamientos ocurridos en la cima del volcán de San Vicente. Son los probables flujos de lodos que se puedan formar en esta quebrada los que por desbordamientos amenacen ladera abajo a caseríos y a la ciudad de Zacatecoluca.

El área de la microcuenca, es aquella que se delimita desde la parte alta del volcán de San Vicente, hasta su intersección con el río Nuevo.

Con el objeto de evaluar la capacidad de transporte de flujo del cauce de la quebrada El Capulín, así como la amenaza que podrían representar desbordamientos en los sitios seleccionados para el levantamiento de las secciones transversales, se hace un análisis hidrológico por sectores los cuales se detallan a continuación:

- Sector 1: Comprende desde la cuenca alta de la quebrada El Capulín, hasta la intersección de la quebrada con la calle que del beneficio Santa Lucia conduce a la finca La Virgen.
- Sector 2: Comprende desde la cuenca alta de la quebrada El Capulín hasta la intersección de la quebrada con el camino que de la Hacienda El Rancho conduce hasta el caserío Pineda Abajo.
- Sector 3: Comprende desde la cuenca alta de la quebrada El Capulín, hasta la intersección de río Nuevo con la quebrada El Capulín.

6.1.1 DATOS DE LA MICROCUENCA EL CAPULÍN

Los datos generales de la cuenca fueron obtenidos a partir de un mapa escala 1:50000.

Área de la microcuenca=17.73 km²

Longitud del cauce más largo=8.75 km

Número de Isócronas = área de la cuenca/2.5

Número de Isócronas = 17.73 km/2.5 km = 7.1

NOTA: Se trazarán 9 isócronas

Distancia entre isócronas = Longitud del cauce más largo / número de isócronas

=8.75 km/9

= 0.97 km

Conocido el número de isócronas y la distancia calculada entre las mismas, se trazaron en la cuenca, partiendo del número de mayor elevación sobre el cauce más largo y principal y además los secundarios hacia el punto de interés. Cada una de las distancias es medida con la mayor precisión posible, sobre los cauces por medio de un hilo con dicha longitud.

Calculo de la pendiente:

Elevación mayor = 2105 m

Elevación menor = 180 m

Pendiente = Diferencia de elevaciones / longitud del cauce más largo

= 2105 m-180 m/8750 m = 22%

6.1.2 CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MEDIO

A) Tipos de suelo

Latosoles: Pardo forestales que presentan las siguientes características: Estructura granular fina. El espesor varía de 30 a 60 cm, son suelos friables, generalmente profundos y permeables con buena capacidad de retener agua, tienen alta capacidad de producción.

Regosoles: Espesor variable de 20 a 30 cm, son suelos franco friables, permeables y profundos. Son suelos capaces de dar buenas a moderas cosechas, poseen moderada capacidad de retener agua, no pegajosos, ni plásticos.

Por las anteriores características de los suelos se pueden clasificar como permeables para toda la cuenca.

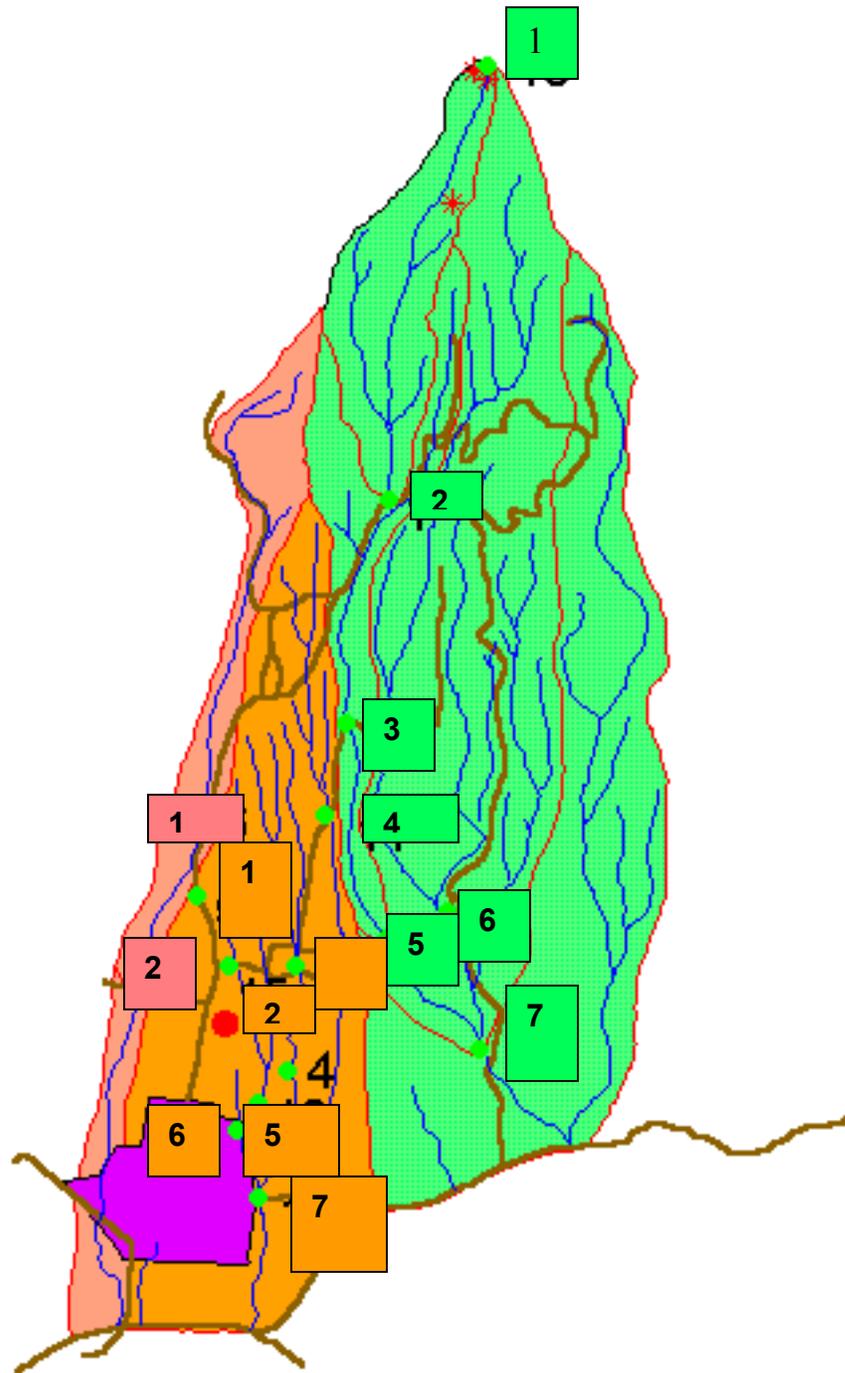


FIG.4

Localización e identificación de sitios

B) Cobertura vegetal

En el área de toda la cuenca se pueden diferenciar dos tipos de coberturas vegetales, entre las que están:

Densa vegetación

Terrenos agrícolas de cultivos

C) Cálculo del coeficiente de escorrentía

Como predominan dos tipos de cobertura vegetal, se usará un coeficiente de escorrentía ponderado que tome en cuenta los porcentajes de cada cobertura vegetal.

Área total de la cuenca = 17.73 km²

Área de vegetación densa = 12.87 km²

Área de terreno de cultivos agrícolas = 4.86 km²

Con la pendiente y el tipo de suelo se obtiene de tabla el valor del coeficiente para cada tipo de cobertura.

Vegetación densa

17.73	→	100%
4.86	→	x

x = 27.41%

17.73	→	100%
12.87	→	x

x = 72.59%

Coeficiente de escorrentía ponderado (CP) = 0.2 x 0.7259 + 0.35 x 0.2741

CP = 0.24

Cuadro 10. CALCULO DE ÁREA ENTRE ISÓCRONAS

ISOCRONA	ÁREA (km ²)
1	1.0132
2	1.8569
3	3.1975
4	2.5506
5	2.1718
*6	2.4919
7	2.7295
8	1.1725
9	0.5494
Σ	17.73

- tiene dos tipos de cobertura vegetal

Cálculo de coeficientes ponderados

La Isócrona 6 está formada por dos tipos de cobertura vegetal, por lo que se obtuvo un coeficiente ponderado.

Terreno de cultivo o agrícola = 0.4044 km²

Vegetación densa = 2.0875 km²

Área total = 2.4919 km²

2.4929	→	100%	2.4929	→	100%
0.4044	→	x	2.0875	→	x

Coeficiente Ponderado = $0.2 \times 0.1623 + 0.35 \times 0.8377 = 0.33$

Para las isócronas 1,2,3,4 y 5 el coeficiente es 0.2.

Para la isócrona 6, el coeficiente es de 0.33

Para las isócronas 7,8 y 9 el coeficiente es 0.35.

6.1.3 EVALUACIÓN POR SECTORES DE LA QUEBRADA EL CAPULÍN

Para Realizar el estudio de la quebrada el Capulín se tomaron tres puntos estratégicos en los cuales existe amenaza de desbordamiento, en estos puntos se obtuvo el caudal que pasa por este lugar. Los Puntos seleccionados son:

- a) Sector 1 Cuenca Alta de la Quebrada El Capulín hasta inmediaciones Beneficio Santa Lucia.

- b) Sector 2 Desde Cuenca alta hasta Cuenca Baja de la Quebrada el Capulín en la intesección del camino que de Hacienda El Rancho conduce al caserío Pineda Abajo.
- c) Sector 3 Desde Cuenca alta quebrada El Capulín hasta el sitio donde se intercepta el Río Nuevo con la Quebrada El Capulín.

Seleccionados estos puntos, se tomaron secciones transversales a fin de conocer las características hidráulicas en estos lugares y poder obtener el caudal que es capaz de circular por estos puntos, luego se compararon los valores del caudal de diseño con el caudal en sección y poder determinar si hay posibilidades de desbordamiento.

SECTOR 1: Cuenca alta de la quebrada El Capulín.

- Datos: Área de la cuenca = 219.32 ha
- Longitud del cauce = 3.75 km
- Altura Máxima = 2105 m
- Altura Mínima = 600 msnm
- Desnivel de la cuenca = (2105-600) m = 1505 m
- Pendiente = 40.13%

Duración de la tormenta en minutos

$$T_c = [0.8708 \times L^3 / N_1 - N_2]^{0.385} \times 60$$

$$T_c = [0.8708 \times 3.75^3 / 2105_1 - 600_2]^{0.385} \times 60$$

$$T_c = 15.66 \text{ min.}$$

De las curvas se obtiene

- $I_{15} \text{ años} = 3.4 \text{ mm/min}$
- $I_{25} \text{ años} = 3.6 \text{ mm/min}$
- $I_{50} \text{ años} = 4.0 \text{ mm/min}$

Coefficiente de escorrentía = 0.2

Caudal de la cuenca para:

15 años:

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.2) (3.4) (219.32)$$

$$Q = 25055.1 \text{ l/s} = 25.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

25 años

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.2) (3.6) (219.32)$$

$$Q = 26528 \text{ l/s} = 26.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

50 años

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.2) (4) (219.32)$$

$$Q = 29476.6 \text{ l/s} = 29.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal de la sección

Ancho de la sección = 8.8 m

Área mojada = 10.2 m²

Perímetro mojado = 10.7

Radio Hidráulico = Área mojada / perímetro mojado = 0.95 m

Coefficiente de retardo = 0.052 m, tomando en cuenta vegetación y rocas que hay en el cauce.

Pendiente del cauce = 0.03

$$V = 1/n R_H^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = 1/0.052 \times (0.95)^{2/3} (0.03)^{1/2} = 3.22 \text{ m/s}$$

$$\text{Caudal} = A \times V = 10.2 \text{ m}^2 \times 3.22 \text{ m/s}$$

$$= 32.84 \text{ m}^3/\text{s}$$

CUADRO 11. RESULTADO DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAUDALES

CAUDAL	Q DISEÑO	RELACIÓN AGUA/MATERIAL	Flujo total	CAUDAL EN SECCIÓN (m ³ /s)
Q 15 AÑOS	25.1			32.84
		1:4	100.4	32.84
				32.84
Q 25 AÑOS	26.5			32.84
		1:4	106.0	32.84
				32.84
Q 50 AÑOS	29.5			32.84
		1:4	118.0	32.84
				32.84

Al comparar el caudal en sección, presentado en el cuadro 18, con el caudal de diseño para 15, 25 y 50 años, se puede determinar que en este lugar existen posibilidades de desbordamiento, debido a que el caudal en sección es menor que el flujo total, obtenido a partir del caudal de diseño.

SECTOR 2: Cuenca baja de la quebrada El Capulín.

Datos: Área de la cuenca = 436.4 ha

Longitud del cauce = 7.375 km

Altura Máxima = 2105 m

Altura Mínima = 600 msnm

Desnivel de la cuenca = (2105-300) m = 1805 m

Pendiente = 24.47%

Duración de la tormenta en minutos

$$T_c = [0.8708 \times L^3 / N_1 - N_2]^{0.385} \times 60$$

$$T_c = [0.8708 \times 7.375^3 / 2105 - 300]^{0.385} \times 60$$

$$T_c = 31.88 \text{ min.}$$

De las curvas se obtiene

$$I_{15 \text{ años}} = 2.4 \text{ mm/min}$$

$I_{25 \text{ años}} = 2.7 \text{ mm/min}$

$I_{50 \text{ años}} = 3.1 \text{ mm/min}$

Coeficiente de escorrentía ponderado = 0.24

Caudal de la cuenca para:

15 años:

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.24) (2.4) (436.4)$$

$$Q = 42229.6 \text{ l/s} = 42.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

25 años

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.24) (2.7) (436.4)$$

$$Q = 47508 \text{ l/s} = 47.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

50 años

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.24) (3.1) (436.4)$$

$$Q = 54546.51 \text{ l/s} = 54.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal de la sección

Ancho de la sección = 14.4 m

Área mojada = 20.5 m²

Perímetro mojado = 16.95

Radio Hidráulico = Área mojada / perímetro mojado = 1.21 m

Coeficiente de retardo = 0.052 m, tomando en cuenta vegetación y rocas que hay en el cauce.

Pendiente del cauce = 0.03

$$V = 1/n R_H^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = 1/0.052 \times (1.21)^{2/3} (0.03)^{1/2} = 3.22 \text{ m/s}$$

$$\text{Caudal} = A \times V = 20.5 \text{ m}^2 \times 3.78 \text{ m/s} = 77.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

CUADRO 12. CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS

CAUDAL	Q DISEÑO	RELACIÓN AGUA/MATERIAL	Flujo total	CAUDAL EN SECCIÓN (m ³ /s)
Q 15 AÑOS	42.2			77.5
		1:4	168.8	77.5
				77.5
Q 25 AÑOS	47.5			77.5
		1:4	190.0	77.5
				77.5
Q 50 AÑOS	54.5			77.5
		1:4	218.0	77.5
				77.5

En el sector 2, el caudal de la sección es menor que el caudal de diseño para 15, 25 y 50 años. El cálculo del cauce de la sección se hizo utilizando el cauce menor, labrado durante un invierno normal, pero el cauce es mas grande, bastante amplio y bien definido por lo que en este lugar hay escasa posibilidad que ocurra un desbordamiento. Un detalle de la estructura morfológica del sector se presenta en el Cap. 7, en los sitios 4 y 5.

SECTOR 3: Sitio donde se intercepta el rio Nuevo con la quebrada El Capulín.

Datos: Área de la cuenca = 1292.87 ha

Longitud del cauce = 9.0 km

Altura Máxima = 2105 m

Altura Mínima = 200 msnm

Desnivel de la cuenca = (2105-200) m = 1905 m

Pendiente = 21.17%

Duración de la tormenta en minutos

$$T_c = [0.8708 \times L^3 / N_1 - N_2]^{0.385} \times 60$$

$$T_c = [0.8708 \times 9.0^3 / 2105 - 200]^{0.385} \times 60$$

$$T_c = 39.3 \text{ min.}$$

De las curvas se obtiene

$$I_{15} \text{ años} = 2.1 \text{ mm/min}$$

$$I_{25} \text{ años} = 2.5 \text{ mm/min}$$

$$I_{50} \text{ años} = 2.8 \text{ mm/min}$$

$$\text{Coeficiente de escorrentía ponderado} = 0.28$$

Caudal de la cuenca para:

15 años:

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.28) (2.1) (1292.87)$$

$$Q = 127714.84 \text{ l/s} = 127.72 \text{ m}^3/\text{s}$$

25 años

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.28) (2.5) (192.87)$$

$$Q = 152041.51 \text{ l/s} = 152.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

50 años

$$Q = 168 \text{ CIA} = 168 (0.28) (2.81) (1292.87)$$

$$Q = 170286.49 \text{ l/s} = 170.29 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal de la sección:

$$\text{Ancho de la sección} = 19.5 \text{ m}$$

$$\text{Área mojada} = 30.93 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = 20.05$$

$$\text{Radio Hidráulico} = \text{Área mojada} / \text{perímetro mojado} = 1.54 \text{ m}$$

Coeficiente de retardo = 0.052 m, tomando en cuenta vegetación y rocas que hay en el cauce.

$$\text{Pendiente del cauce} = 0.02$$

$$V = 1/n R_H^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = 1/0.052 \times (1.54)^{2/3} (0.02)^{1/2} = 3.63 \text{ m/s}$$

$$\text{Caudal} = A \times V = 30.93 \text{ m}^2 \times 3.63 \text{ m/s} = 112.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

CUADRO 13. CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS

CAUDAL	Q DISEÑO	RELACIÓN AGUA/MATERIAL	Flujo total	CAUDAL EN SECCIÓN (m ³ /s)
Q 15 AÑOS	127.72			112.28
		1:4	510.28	112.28
				112.28
Q 25 AÑOS	152.04			112.28
		1:4	608.16	112.28
				112.28
Q 50 AÑOS	170.29			112.28
		1:4	681.16	112.28
				112.28

En este sector hay alta posibilidad de desbordamiento debido a que el caudal que pasa por la sección es más pequeño comparado con el caudal de diseño para 15, 25 y 50 años.

6.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA MICRO CUENCA DEL RÍO SAPUYO

6.2.1 DATOS DE LA MICRO CUENCA

Área de la micro cuenca = 5.24 km²
 Longitud del cauce más largo = 6.25 km

Número de Isócronas = área de la cuenca/2.5

Número de Isócronas = 5.24 km/2.5 km = 2.1

NOTA: Se trazarán 6 isócronas

Distancia entre isócronas = Longitud del cauce más largo / número de isócronas

$$= 6.25 \text{ km} / 6 = 1.04 \text{ km}$$

Conocido el número de isócronas y la distancia calculada entre las mismas, se trazaron en la cuenca, partiendo del número de mayor elevación sobre el cauce más largo y principal y además los secundarios hacia el punto de interés. Cada una de las distancias es medida con la mayor precisión posible, sobre los cauces por medio de un hilo con dicha longitud.

Calculo de la pendiente:

Elevación mayor = 641.5 m

Elevación menor = 136.80 m

Pendiente = Diferencia de elevaciones / longitud del cauce más largo

$$= 641.5 \text{ m} - 136.80 \text{ m} / 6250 \text{ m} = 8.1\%$$

6.2.2 Características físicas del medio

A) Tipos de suelo

Latosoles: Pardo forestales que presentan las siguientes características: Estructura granular fina. El espesor varía de 30 a 60 cm, son suelos friables, generalmente profundos y permeables con buena capacidad de retener agua, tienen alta capacidad de producción.

Regosoles: Espesor variable de 20 a 30 cm, son suelos franco friables, permeables y profundos. Son suelos capaces de dar buenas a moderadas cosechas, poseen moderada capacidad de retener agua, no pegajosos, ni plásticos.

Por las anteriores características de los suelos se pueden clasificar como permeables para toda la cuenca.

B) Cobertura vegetal

En el área de toda la cuenca se pueden diferenciar dos tipos de coberturas vegetales, entre las que están:

Densa vegetación (parte alta del volcán)

Terrenos agrícolas de cultivos parte baja del volcán)

C) Cálculo del coeficiente de escorrentía

Como predominan dos tipos de cobertura vegetal, se usará un coeficiente de escorrentía ponderado que tome en cuenta los porcentajes de cada cobertura vegetal.

Área total de la cuenca = 17.73 km²

Área de vegetación densa = 12.87 km²

Área de terreno de cultivos agrícolas = 4.86 km²

Con la pendiente y el tipo de suelo se obtiene de tabla el valor del coeficiente para cada tipo de cobertura.

Vegetación densa

17.73 → 100%
4.86 → x

x = 27.41%

17.73 → 100%
12.87 → x

x = 72.59%

Coeficiente de escorrentía ponderado (CP) = 0.2 x 0.7259 + 0.35 x 0.2741

CP = 0.24

Tiempo de Concentración (Tc)

$$T_c = \sqrt{A} + 1.5 L_c / 0.8 \sqrt{A H}$$

A = Área de la cuenca = 5.24 km²

Lc = longitud del cauce más largo = 6.25 km

Elevación máxima = 641.5 m

Elevación mínima = 136.80 m

AH = 641.5 – 136.8 (m)/2 = 252.35 m

$$T_c = \sqrt{5.24 \text{ m}^2} + 1.5 \times 6.25 / 0.8 \sqrt{252.35}$$

Tc = 55.1 min.

Cuadro 14. CALCULO DE ÁREA ENTRE ISÓCRONAS

ISOCRONA	ÁREA (km ²)
1	0.2594
2	0.6869
*3	0.8331
*4	1.27
5	1.5325
6	0.6538
Σ	5.24

- *tiene dos tipos de cobertura vegetal

Cálculo de coeficientes ponderados

Las isócronas 3 y 4 están formadas por dos tipos de cobertura vegetal, por lo que se obtuvo un coeficiente ponderado para cada una.

I

Isócrona 3

Terreno de cultivo o agrícola = 0.0459 km^2

Vegetación densa = 0.7872 km^2

Área total = 0.8331 km^2

$$\begin{array}{rclclcl} 0.8331 & \rightarrow & 100\% & & 0.8331 & \rightarrow & 100\% \\ 0.0459 & \rightarrow & x & & 0.7872 & \rightarrow & x \end{array}$$

$$x = 5.5\%$$

$$x = 94.5\%$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente Ponderado} &= 0.2 \times 0.945 + 0.35 \times 0.055 \\ &= 0.21 \end{aligned}$$

Isócrona 4

Terreno de cultivo o agrícola = 1.16 km^2

Vegetación densa = 0.11 km^2

Área total = 1.27 km^2

$$\begin{array}{rclclcl} 1.27 & \rightarrow & 100\% & & 1.27 & \rightarrow & 100\% \\ 1.16 & \rightarrow & x & & 0.11 & \rightarrow & x \end{array}$$

$$x = 91.34\%$$

$$x = 8.66\%$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente Ponderado} &= 0.2 \times 0.0866 + 0.35 \times 0.9134 \\ &= 0.34 \end{aligned}$$

Para las Isócronas 1 y 2 el valor es 0.2

Para las isócronas 5 y 6 el valor es = 0.35

E) Intensidad de diseño

Con los tiempos de concentración encontrados y con los datos de la estación de Santa Cruz Porrillo se obtienen los caudales de diseño para, 15, 25 y 50 años.

$$I_{15} = 1.75 \text{ mm/min}$$

$$I_{25} = 2.2 \text{ mm/min}$$

$$I_{50} = 2.55 \text{ mm/min}$$

CUADRO 15. CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO PARA 15 AÑOS

ISOCRONA	C	I (mm/min)	A (km ²)	κ	Q (m ³ /s)
1	0.2	1.75	0.2594	16.66	1.5
2	0.2	1.75	0.6869	16.66	4.0
3	0.21	1.75	0.8331	16.66	5.1
4	0.34	1.75	1.27	16.66	12.6
5	0.35	1.75	1.5325	16.66	15.6
6	0.35	1.75	0.6538	16.66	6.7
				TOTAL	45.5

CUADRO 16. CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO PARA 25 AÑOS

ISOCRONA	C	I (mm/min)	A (km ²)	κ	Q (m ³ /s)
1	0.2	2.2	0.2594	16.66	1.9
2	0.2	2.2	0.6869	16.66	5.0
3	0.21	2.2	0.8331	16.66	6.4
4	0.34	2.2	1.27	16.66	15.8
5	0.35	2.2	1.5325	16.66	19.7
6	0.35	2.2	0.6538	16.66	8.4
				TOTAL	57.2

CUADRO 17. CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO PARA 50 AÑOS

ISOCRONA	C	I (mm/min)	A (km ²)	κ	Q (m ³ /s)
1	0.2	2.4	0.2594	16.66	2.2
2	0.2	2.4	0.6869	16.66	5.8
3	0.21	2.4	0.8331	16.66	7.4
4	0.34	2.4	1.27	16.66	18.3
5	0.35	2.4	1.5325	16.66	22.8
6	0.35	2.4	0.6538	16.66	9.7
				TOTAL	66.2

CUADRO 18. CAUDALES TOTALES

Caudal(M/seg).	Tc(min.).	Inten.(mm/min)	Qdiseño(m/s)	Relación Agua-material	Flujo total
Q	55.1	1.75	45.5		
				1:4	182.0
Q	55.1	2.2	57.2		
				1:4	228.8
Q	55.1	2.55	66.2		
				1:4	264.8

En este cuadro se presentan los resultados de los caudales totales para los distintos tipos de escenarios establecidos, la relación agua material que se utilizó es de 1 a 4 por las características geológicas del deslizamiento, establecida esta relación, se procedió a obtener el flujo total de agua con material para cada uno de los escenarios establecidos.

6.3 OBTENCION DE CAUDALES PARA EL SITIO 2, RIO ACOMUNCA.

En el río Acomunca se visitaron 2 sitios con el objeto de tener una visión rápida de los problemas que podrían tener los pobladores en esos sitios. A continuación se presenta un análisis hidrológico preliminar en el sitio 2.

CUADRO 19 DATOS DE ANÁLISIS HIDROLÓGICO EN CUENCA RIO ACOMUNCA

Area cuenca en ha (A)	118.75	
Cauce principal	Longitud en m (L)	6000
	Altura máxima en msnm (H2)	1120
	Altura mínima en msnm (H1)	280
Desnivel de la cuenca en m (H=H2-H1)	840	
Tiempo de Concentración en minutos ($T_c=0.0195(L^3/H)^{0.385}$)	33.72	
Coeficiente de escorrentía ponderado ($C_p= [\sum A_x C]/A$)	0.21	
Intensidad en mm/h (i)		
Tr=15 años	138	
Tr=25 años	162	
Tr=50 años	180	
Caudal de la Cuenca en m ³ /s($Q=0.0028C_iA$)		
Q(Tr=15 años)	9.63	
Q(Tr=25 años)	11.31	
Q(Tr=50 años)	12.57	

7 DESCRIPCIÓN DE LA AMENAZA Y EVALUACIÓN DEL RIESGO EN SITIOS EN LAS MICROCUENCAS DE LA QUEBRADA EL CAPULÍN, RÍO SAPUYO Y RÍO ACOMUNCA

7.1 AMENAZAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS POTENCIALES

7.1.1 AMENAZAS GEOLÓGICAS

En la zona de estudio, la principal amenaza geológica, la constituyen los deslizamientos que se observan en la cima del volcán de San Vicente, de los cuales se pueden observar al menos tres frentes. Otros deslizamientos menores se identifican a lo largo de la quebrada El Capulín, probablemente se trate en su mayoría de deslizamientos de la capa más superficial del terreno, una mezcla de suelos, bloques y árboles (Fig.5).

Los deslizamientos de la parte superior del volcán caen en la cuenca alta de la quebrada El capulín, la cual es, parte de la cuenca del río Nuevo. Se estima que al menos 500,000 m³ de materiales han caído por efecto de los terremotos recientes del 13 de enero y 13 de febrero de 2001. Durante el período de investigación se observó que el área de deslizamiento se iba ampliando. Caídas de bloques son frecuentes en las laderas de los cerros y en los caminos de acceso al volcán.

Grietas profundas se observaron en la cima del volcán, con aberturas de 20 a 30 cm, las cuales se continuaban a lo largo del terreno.

Las dificultades topográficas y climatológicas, imposibilitaron hacer una caracterización en detalle de la zona de deslizamiento.

La estructura geológica más importante en el municipio de Zacatecoluca es el volcán de San Vicente, el cual con sus 2181.74 m de altura, representa una continua amenaza permanente por los derrumbes en la parte superior y en las laderas de las quebradas y ríos y posteriores flujos de lodos y avenidas en las épocas lluviosas, que bajan a la parte sur del municipio.

7.1.2 AMENAZAS HIDROLÓGICAS POTENCIALES

La zona media a alta del volcán se encuentra fuertemente diseccionada, con cauces profundos y con características torrenciales en sus ríos y quebradas.

Importantes comunidades rurales están en las márgenes de la quebrada El Capulín, río Sapuyo y Acomunca, los cuales ya en el pasado han sufrido daños por eventos de gran magnitud, tal como ocurrió con el Huracán Mitch.

Para la identificación de las amenazas hidrológicas se trabajo con al metodología descrita en el Capítulo 4, apartado 4.3 “ Metodología para la elaboración del estudio Hidrológico”.

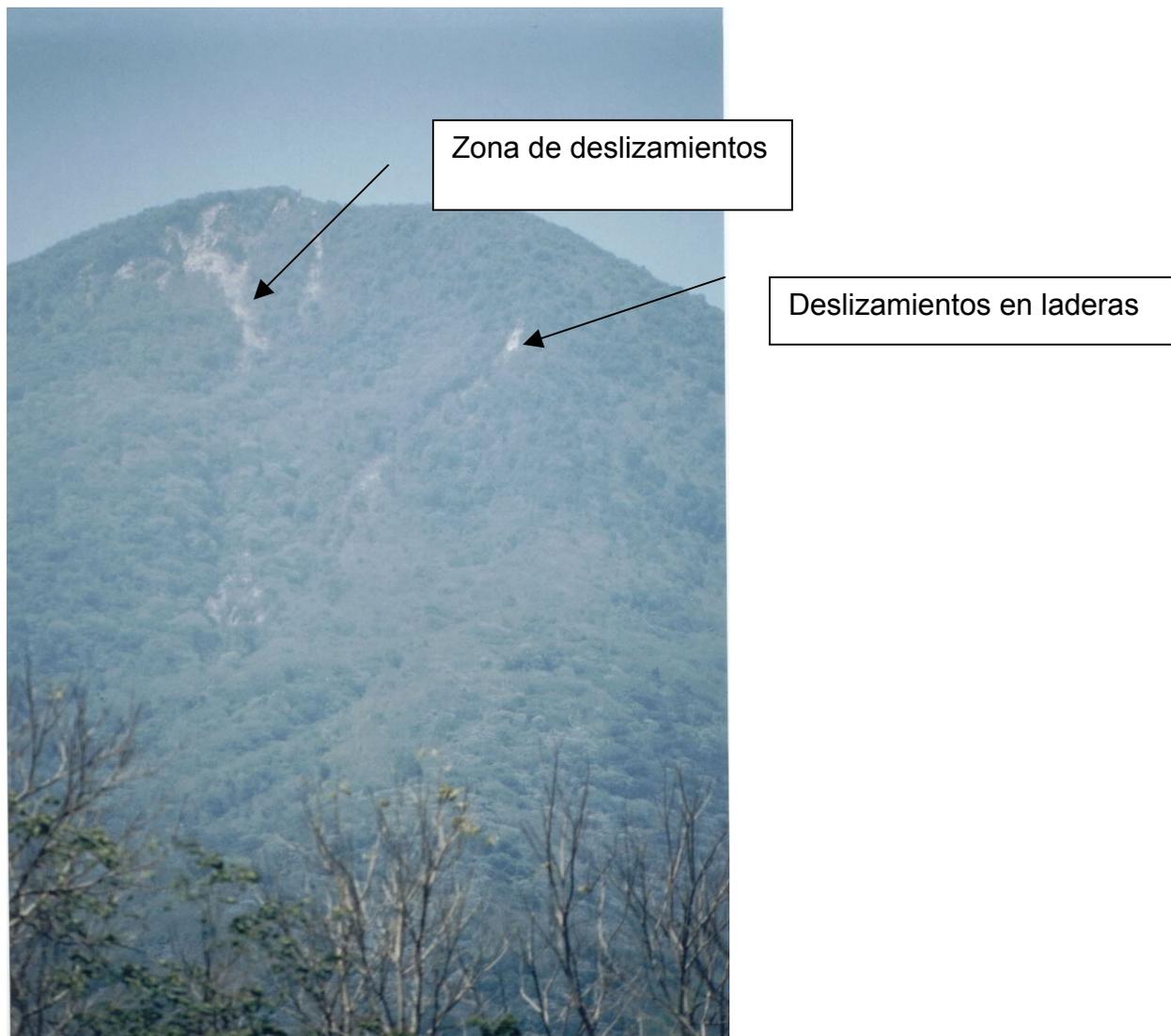


Fig.5 Zonas De Deslizamiento En La Cuenca Alta De La Quebrada El Capulín

Se utilizó como escenario de precipitación el de “tormenta sobre toda la cuenca” y para modelar diferentes tipos de escenario de precipitación se consideró aquellas con períodos de retorno de 15,25 y 50 años, obteniéndose de esta manera 3 valores de caudales para cada microcuenca estudiada. Teniéndose entonces un invierno copioso con período de retorno mayor de 15 años (trazado con color amarillo en el mapa de amenazas), un color naranja para un período de retorno mayor de 25 años (evento tipo Mitch) y un color rojo para un evento extremo con período de retorno mayor de 50 años. La metodología utilizada para delimitar las zonas de riesgo se desarrollo en tres etapas:

Etapa 1. Se realizó un reconocimiento geológico en la zona de deslizamientos en la cima del volcán, así como un recorrido a lo largo de algunos tramos de las quebradas.

Etapa 2. Se recrearon los escenarios hidrológicos y los efectos esperados para cada uno de ellos, para esto fue necesario el cálculo de los caudales máximos con flujo de lodo. La información base fue obtenida del almanaque salvadoreño de 1992.

Para el cálculo de los caudales máximos de flujo de lodo se utilizaron de base los caudales aportados por cada microcuenca.

Etapa 3. Con los datos obtenidos de la capacidad de los cauces de las quebradas El Capulín y Sapuyo, para transportar flujos de lodo, se compararon los valores de caudal obtenidos del análisis hidrológico y los obtenidos con base en la sección transversal medida.

7.1.3 DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZA

Importante para la delimitación de las zonas de amenaza fue el recorrido en la zona alta de la cuenca del Capulín (cima del volcán de San Vicente) y aquellos sitios a lo largo de la quebrada El Capulín, río Sapuyo y en menor escala el río Acomunca, donde se tuvieran claras condiciones de desbordamiento incluso en inviernos lluviosos. Es decir cruce de caminos, obras de infraestructura e importantes asentamientos humanos.

La metodología utilizada fue la siguiente:

- 1) selección del sitio a evaluar
- 2) medición de sección transversal
- 3) determinación del área de la sección
- 4) Comparación con el área que ocupara el flujo de agua en los tres tipos de escenario de lluvia ya descritos para periodos de retorno de 15, 25 y 50 años.

Zonas potenciales de amenazas por desbordamientos de flujo se identificaron en la zona adyacente al caserío Santa Lucia en las inmediaciones del camino que conduce a la finca La Virtud. También la zona ubicada en el margen derecho, aguas abajo de la confluencia de la quebrada El Capulín con el río Nuevo.

Comunidades importantes se encuentran en peligro de inundación en las márgenes del río Sapuyo y sus afluentes.

7.1.4 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

- a) Se determinaron como zonas de alto riesgo, aquellas en las cuales existe un peligro de vida para las personas expuestas a los flujos de lodo o inundaciones, tanto como la destrucción de sus viviendas e infraestructura.

- b) Medio riesgo se considera aquel en el cual por efecto de flujos de lodos e inundaciones pueden ocurrir daños en la infraestructura con posibilidad de pérdida de vidas humanas de personas con algún tipo de incapacidad y que no pueda valerse por sus medios para evacuar una zona.
- c) Bajo riesgo se considera aquel en el cual pueden ocurrir daños menores en la propiedad, sin peligro para las vidas humanas.

7.1.5 POBLACIÓN BAJO RIESGO

La investigación realizada permitió identificar las zonas de amenazas en la zona del volcán, así como las características hidrológicas de las microcuencas de los ríos Sapuyo, Capulín y en menor escala el río Acomunca. Así mismo se identificó y caracterizó la población con diferente grado de vulnerabilidad. El detalle del análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgos se encuentra adelante en este capítulo, en el cual se hace una descripción de las amenazas, comunidades vulnerables y calificación del riesgo por sitio.

1) Población bajo riesgo por amenaza geológica

Se identificó en la parte alta de la microcuenca del Capulín, al menos 15 familias que se encuentran con riesgo de daños, ya sea por caída de bloques o aislamiento en caso de flujo de lodos o riesgo de ser arrastrados por flujos de lodo o agua por caminar a través de las quebradas.

2) Población bajo riesgo por amenazas hidrológicas

Los principales asentamientos humanos en riesgo por amenazas hidrológicas es decir en peligro de inundaciones o flujos de lodos, se encuentran en las márgenes de la quebrada El Capulín a la altura del cantón y caserío Santa Lucia y en la parte baja en la margen derecha de la confluencia del río Nuevo y la quebrada El Capulín, en el camino que del Caserío Pineda abajo conduce a la carretera de Zacatecoluca a San Vicente.

Así mismo las comunidades que se encuentran en las márgenes del río Sapuyo y sus afluentes, tal como se describe con detalle en el Capítulo 8.

7.2 MICROCUENCA DE LA QUEBRADA EL CAPULÍN

La quebrada El Capulín, es tributaria del río Nuevo. Los sitios descritos a continuación forman parte de la microcuenca de la quebrada El Capulín, objeto principal de estudio en este trabajo. La zona de confluencia de ambas es evaluada dado que hay importantes núcleos poblacionales e infraestructura.

Se detallan las características morfológicas de los sitios y su capacidad de alojar las corrientes de agua y probables flujos de lodo, que discurren a través de la misma. En algunos sitios se levantaron secciones transversales, para evaluar la capacidad de descarga y la vulnerabilidad en las zonas adyacentes a las márgenes de la quebrada El Capulín y río Nuevo

El perfil topográfico del cauce principal de la quebrada El Capulín, (ver figura del perfil topográfico), expresa su naturaleza torrencial, caracterizado por la avenida de caudales repentinos. Sumado a los derrumbes generados en la parte alta de la cuenca (cima del volcán de San Vicente), podrían producirse flujos de lodo de caudales considerables.

Con la desbordamiento de estos flujos y avenidas la amenaza para los caseríos Santa Lucía El Carmen, Piedra Grande Arriba, y a la ciudad de Zacatecoluca es una realidad latente. Así también a la salida de la cuenca, existe la amenaza por inundaciones para el caserío El Espino Arriba y la carretera que conduce a San Vicente (puente Apanta, km 82), debido al cambio del curso del río, con el incremento de los caudales. Así mismo existe una amenaza para las comunidades en la parte baja del municipio.

En la cuenca 6 sitios han sido visitados: 3 en la Quebrada El Capulín, (sitios 1, 2, 3, 3 a, 4 y 5) y 2 en la parte baja de la cuenca, (sitios 6 y 7)

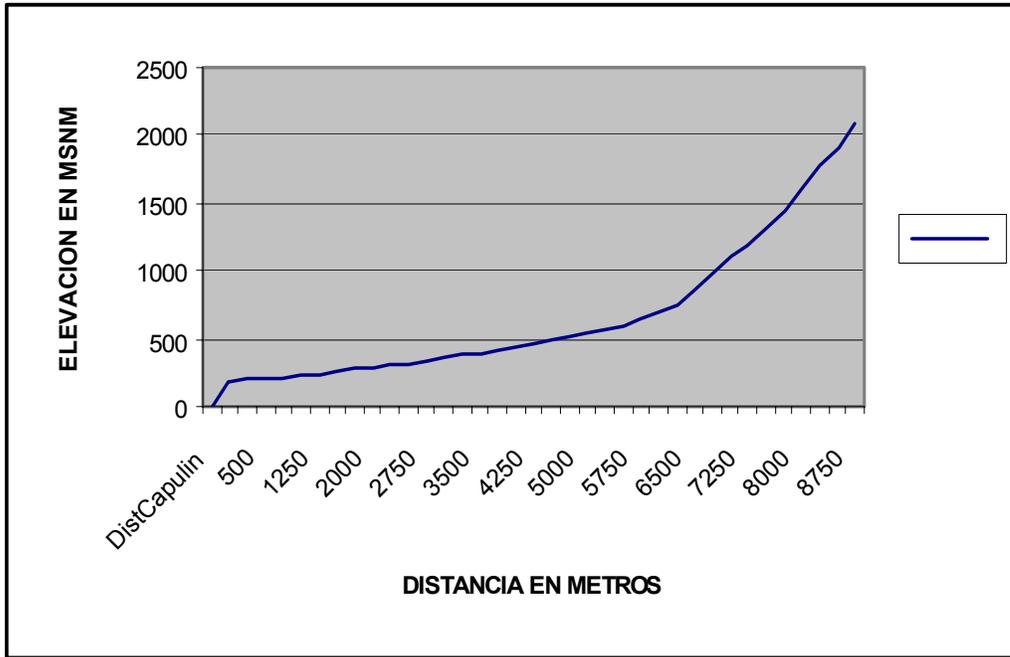


Fig. 4 Perfil topográfico de la quebrada El Capulín. Pendientes hasta de 55% en la parte más elevada.

Sitio 1: Cota 2105 msnm. Cima del Volcán de San Vicente. Es el sitio principal de la amenaza, por los derrumbes generados en la parte alta de la cuenca de la quebrada El Capulín. Las corrientes de aguas que bajan de la parte alta del volcán, pueden generar aluviones o coladas de lodo, y bajar hacia la ciudad, por desbordamiento de las aguas, que pueda suceder principalmente en el sitio 1. En la visita al sitio, se dificultó la caracterización del deslizamiento por la poca visibilidad, debido a las condiciones climatológicas imperantes en el lugar y a la inseguridad del terreno. Se estima que podrían haber no menos de 500,000 m³ de materiales deslizados, se pudo apreciar que el fenómeno es de gran magnitud y con alto grado de evolución, grandes bloques lávicos se observan en la imagen a la derecha en la Fig.6a.



Fig.6a: La imagen de la derecha muestra el material derrumbado y la imagen de la izquierda muestra grietas, en la cima, con aberturas entre 10 y 15 cm.

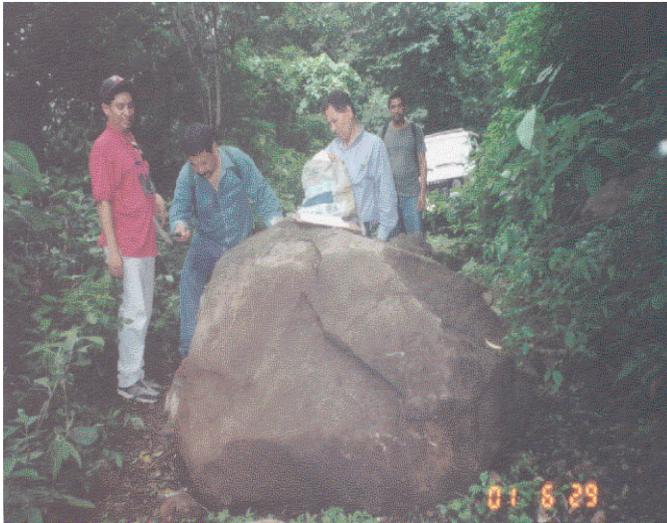


Fig.6b. Bloques lávicos obstaculizando camino al volcán

Zonificación del riesgo: La zona directamente bajo el derrumbe, se considera una zona de bajo riesgo ya que los materiales caen directamente a la quebrada El Capulín, y no hay personas ni viviendas dentro del cauce de la quebrada, ni de sus laderas. Las 15 familias que viven en fincas en los cerros de la parte alta de la cuenca, podrían tener problemas por caída de bloques, tanto en sus viviendas como en sus personas, por lo que podría considerarse que se encuentran en una zona de alto riesgo y se recomendaría su ubicación en zonas mas estables.

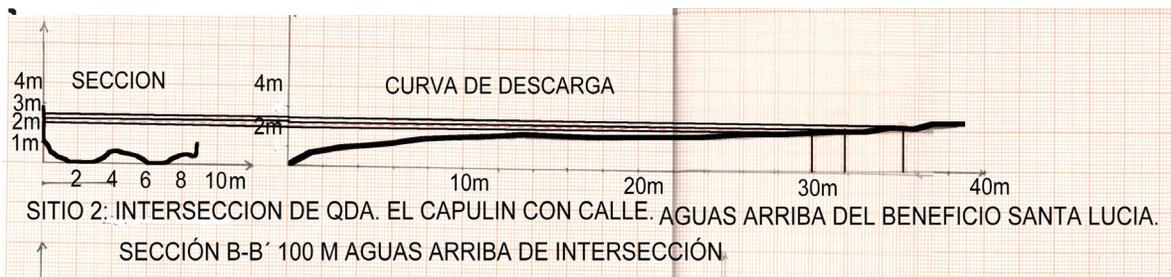
Sitio 2: Cota 600 msnm. La zona estudiada se ubica aproximadamente a unos 700 m hacia el norte del Beneficio Santa Lucia. Dos caminos atraviesan la quebrada (camino A y camino B), que predisponen al desbordamiento de los caudales, dado el bajo desnivel existente entre el camino principal (paralelo a la quebrada) y el lecho del cauce. En el camino A, el desnivel es de 1.29 metros; y en el camino B, localizado a unos 60 metros arriba del primero, el desnivel es de 2.04 metros. La pendiente del cauce es baja, el cual esta obstruido por rocas de gran tamaño de entre 2.5 a 4 m de diámetro. En la quebrada se observan árboles de regular tamaño, así como pequeños arbustos. En esta zona se tomaron dos secciones transversales la primera a unos 150 m (A-A'), y la segunda a unos 100 m del camino A (B-B'). Dada las características similares de ambas se tomó de referencia la sección B-B'.

Fig. 7a. Cruce camino A en la Quebrada. El Capulín



Sitio 7b: Cruce camino B en la Qda. El Capulín

Zonificación del riesgo



El análisis de la sección B-B' muestra que en cualquier caso, en el análisis por sectores de la quebrada El Capulín, esta será sobrepasada por los flujos de lodo calculados para la cuenca alta de la quebrada, tal como se muestra en el cuadro 18 Cap.6 y en la gráfica mostrada (sitio 2).

Esto califica la calle y terrenos que se ubican paralelos al cauce de la quebrada y la zona del Beneficio Santa Lucia, como de alto riesgo ante inundaciones y flujos de lodo.

El sitio es estratégicamente importante, dado al bajo desnivel entre el cauce y la calle principal, que facilita los desbordamientos de las aguas, y que luego son conducidas a través de la calle principal y laderas, dirigida hacia la ciudad. Pobladores de la zona manifiestan que los desbordamientos ocurren y son frecuentes.

En la calle principal hacia el Volcán, considerables zanjonamientos se han formado, que indican el paso de grandes escorrentías, que bajan de las partes altas. Según datos tomados se midieron profundidades de 0.5 a 1.2 metros, que permiten descargar caudales de hasta 6 m³/s.

Así también existen derivaciones de las aguas, hacia el cauce del río Acomunca y a terrenos de potreros, que dirigen las aguas hacia la colonia 27 de Marzo y a la zona del hospital General.

Sitio 3: Cota 420 msnm. La Ermita, intersección del camino a Piedra Grande Arriba. con la quebrada El Capulín. El cauce pasa cercano al parte aguas de la cuenca, pero dado a que sus laderas son altas, no existen condiciones de trasvase de la microcuenca de la Quebrada El Capulín hacia la cuenca del río Sapuyo. Según pobladores de la zona en un invierno normal el agua alcanza una cota de 1.5 m. El ancho del cauce es de aproximadamente 15 m y la altura de las paredes alrededor de 10 m. Cerca del cauce habita una familia, quienes comentaron que cuando el MITCH, los niveles de las aguas llegaron muy cerca a la vivienda; Considerando con ello, que en crecidas superiores al MITCH, podría las aguas llegar a las viviendas.

Fig.8: Vista de derrumbes en ladera del cauce (imagen izquierda), Quebrada El Capulín y a la derecha lecho parcialmente acolmatado.

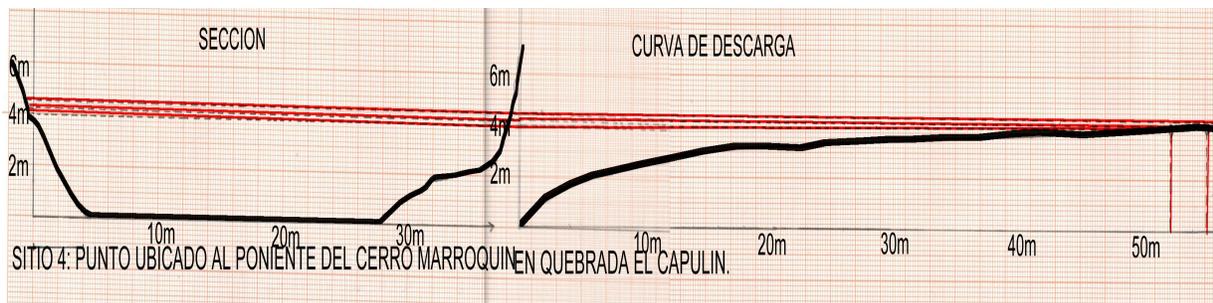


Zonificación del riesgo

Se considera zona de alto riesgo, dado las características torrenciales del caudal de la quebrada El Capulín, el camino que atraviesa el cauce y el cual es utilizado por pobladores del caserío Piedra Grande Arriba. Para los pobladores del margen derecho, donde se encuentra ubicada la Ermita se considera de bajo riesgo por inundaciones para eventos normales o tipo Mitch. Probable eventos extremos puedan ocasionar daños a los habitantes del lugar. No se considera que en este sitio ocurran desbordamientos que alcancen la cuenca del río Sapuyo.

Sitio 3ac: El sitio corresponde a un afluente de la quebrada El capulín, se encuentra localizado a unos 3 km de la ciudad y cerca del Cantón y Caserío Piedra Grande. El lecho del cauce es rocoso y el ancho de la quebrada es de 4.5 m. No se considera que en este afluente ocurran desbordes hacia el río Sapuyo.

Sitio 4: Este punto esta ubicado al poniente del Cerro Marroquín, en la quebrada El Capulín. Su cauce es bastante amplio y de laderas de topografía suave. En sus márgenes los pobladores cultivan granos básicos.



Zonificación del riesgo

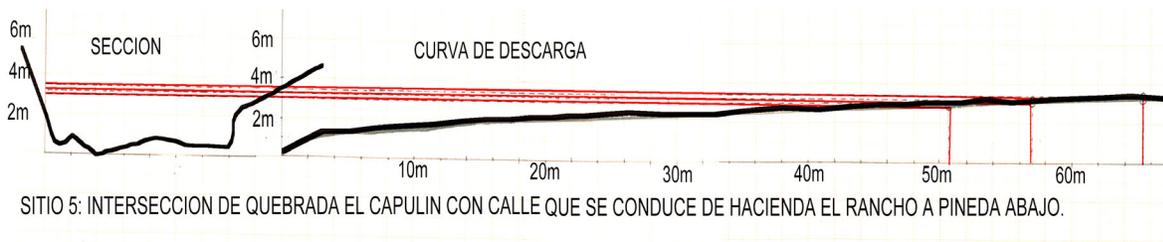
La sección que muestra el cauce del río junto con su curva de descarga, muestra que flujos de lodo, calculados para eventos de 15, 25 y 50 años, no sobrepasarían su caudal, por lo que los terrenos adyacentes podrían considerarse de bajo riesgo para los agricultores de la zona. El cauce y sus laderas adyacentes de la quebrada se define como de medio a alto riesgo, por lo que sí es usada con fines agrícolas deben tomarse las precauciones del caso en época de invierno.

Sitio 5: Cota 300 msnm. El sitio se ubica en la intersección de la quebrada el Capulín con la calle que conduce de la Hacienda El rancho a El caserío Piedra grande abajo y los Pineda. Las características del cauce son estables, las laderas son bastante altas, con altura aproximada de 12 m y de pendiente media a baja.

En el cauce de la quebrada hay presencia de rocas de hasta 1.25 metros de diámetro.



Fig.9: Vistas de la quebrada el Capulín. A la izquierda, se observa el camino que de la hacienda el rancho conduce al Caserío Los Pineda Abajo. A la derecha se puede observar un amplio cauce y laderas suaves. Terrazas aluviales amplias se observan en ambos márgenes.



Zonificación del riesgo

Similar condición al sitio 4.

Sitio 6: Cota 320 msnm. En este lugar se encuentra un afluente del río Nuevo en los alrededores del cerro Marroquín y se puede apreciar con mayor detalle la morfología de la zona. El sitio presenta laderas muy altas a ambos lados del cauce, entre 25 a 40 metros de altura, con pendientes entre el 30% al 60%, condición que hace no posible el desbordamiento de las aguas.

Zonificación del riesgo

Se considera que la zona es de bajo riesgo en la parte alta, para los agricultores.

Sitio 7: Cota 200 msnm. En la intersección el río presenta un cauce ampliado hasta de unos 40 metros, aguas arriba de este punto se observan paredes verticales de entre 4 y 8 metros de altura, conformado por tobas piroclásticas color pardo amarillento. En el margen izquierdo se observan terrazas aluviales formadas por fragmentos centimétricos hasta bloques de gran tamaño. En el lecho del río hay depósitos de bloques de diferente tamaño, aguas abajo la topografía es de pendientes suaves en zonas de potreros y pequeños lotes con viviendas y cultivos de granos básicos



Sitio 10a: Situación de desnivel del camino con el cauce del río Nuevo



Fig.10b: Vista aguas arriba del cauce del río nuevo en la intersección con la calle a los Pineda Abajo.

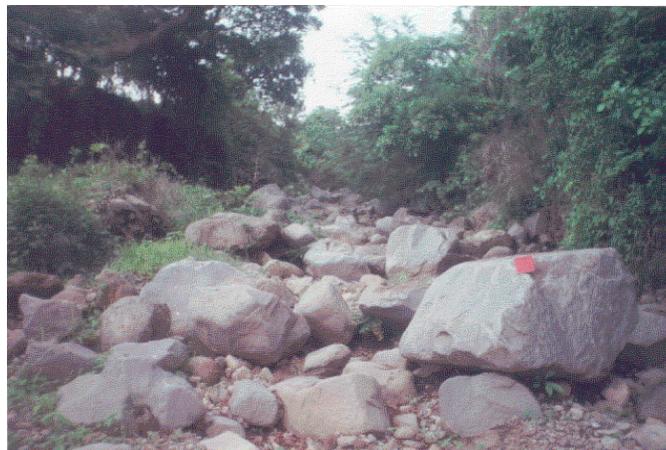
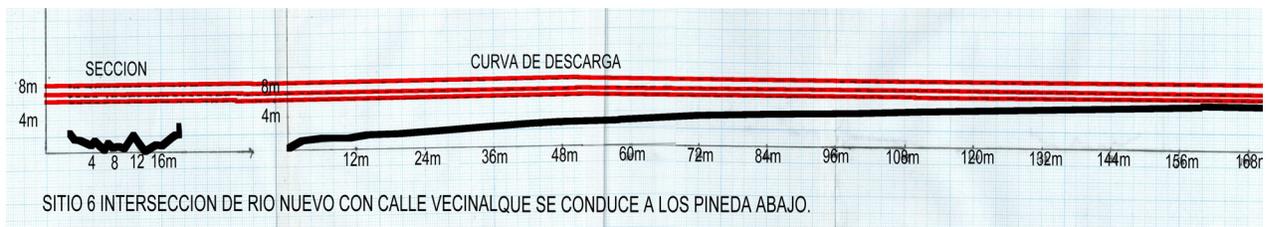


Fig. 10c: Vistas agua arriba del cauce del río Nuevo, aproximadamente a 50 m de la calle a los Pineda Abajo.



Zonificación del riesgo

En este lugar, un camino atraviesa el río, generando condiciones para que el río cambie de curso y tome la dirección del camino. El sitio presenta inestabilidades, ya que se observó que en fechas anteriores, el río dejó su cauce y tomó la dirección del camino, volviendo a pocos metros a su cauce original. El desnivel entre el cauce y el camino es de 1.6 metros aproximados.

En crecidas mayores, podría suceder que el río tome el camino hasta la carretera que conduce a San Vicente (km 82), y generar inundaciones en el caserío El Espino, cuya población estimada es de unas 60 familias (datos de censo de la alcaldía de Zacatecoluca) y afectar la estabilidad de la carretera, zona Puente Apanta.

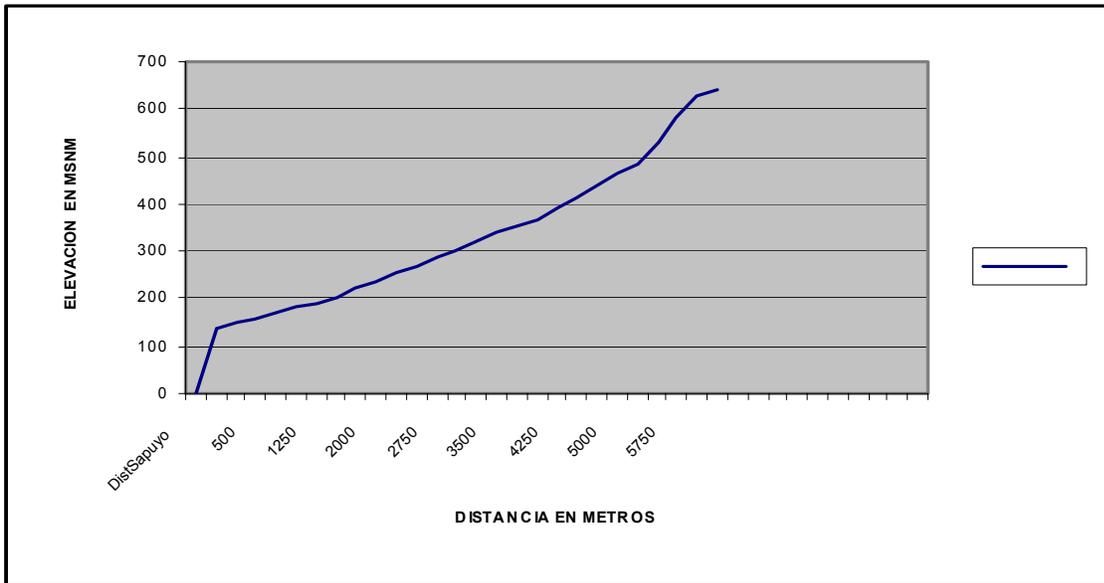
Las comunidades que se encuentran a la orilla del camino que del río conduce a la carretera panamericana se encuentran en zona de alto riesgo ya que prácticamente en esta zona cualquier flujo de lodos o agua que bajan por el río podría desbordarse y ocasionar daños a los pobladores.

7.3 CUENCA RIO SAPUYO

La cuenca del Río Sapuyo es la zona en donde la mayor parte de la ciudad de Zacatecoluca se localiza y debido a que parte de las aguas que son recogidas en la cuenca, llegan a la ciudad, amerita por tanto atención especial en cuanto al manejo de sus descargas. Las aguas desbordadas en la quebrada El Capulín (sitio 1), son trasladadas a la cuenca Sapuyo, (trasvase), y las aguas interceptadas directamente de la lluvia, corren hacia la ciudad a través de las laderas y por la calle principal que conduce hacia el volcán, sin contar al momento con medidas de intersección y derivación de la escorrentía, a lugares apropiados antes de llegar a la ciudad.

En la cuenca 8 sitios fueron visitados:

CUENCA	SITIOS IDENTIFICACION	TOTAL SITIOS	DE
Río Sapuyo	1,2,3, 4,5,6,7	7	



Perfil topográfico río Sapuyo; reportando pendientes hasta de 19%.

Sitio 1: Cota 320 msnm. El sitio se localiza a unos 2 kilómetros de la ciudad en dirección al Cantón Santa Lucía, en el mismo se observan zanjonamientos a ambos lados de la calle hacia el volcán con profundidades de 0.5 a 1.20 metros (Fig. 11).



Fig.11: Zanjonamiento de la calle al volcán, maneja caudales hasta 6 m³/s.

Zonificación del riesgo sitio 1

Zona de bajo riesgo por inundaciones. Un adecuado sistema de drenaje que derive las aguas para el río Acomunca evitaría daños a la calle y disminuiría el peligro a los usuarios de la calle.

Sitio 2: El sitio se ubica a 1 km y al norte de la ciudad. Es una zona donde parte de las aguas que bajan de la ladera del volcán, son conducidas por un canal hacia la ciudad de Zacatecoluca, que a través de tuberías y colocadas bajo las casas de la colonia 27 de marzo, son evacuadas a predios aledaños al Hospital General de Zacatecoluca.



Fig. 12a: Canal en cancha de Fútbol 27 de Marzo

Fig. 12b: Entrada de aguas a la colonia 27 de Marzo



Fig. 12c: Entrada y salida de las aguas en un pasaje de la colonia 27 de Marzo.



Fig. 12d: Salida de las aguas a un predio colindante con el Hospital General

Zonificación del riesgo sitio 2:

Esta zona se podría considerar de medio a bajo riesgo, por inundaciones, donde con obras de protección adecuadas y respetando los drenajes naturales y obras hidráulicas bien diseñadas podrían garantizarse las edificaciones o urbanizaciones que se establezcan en la zona.

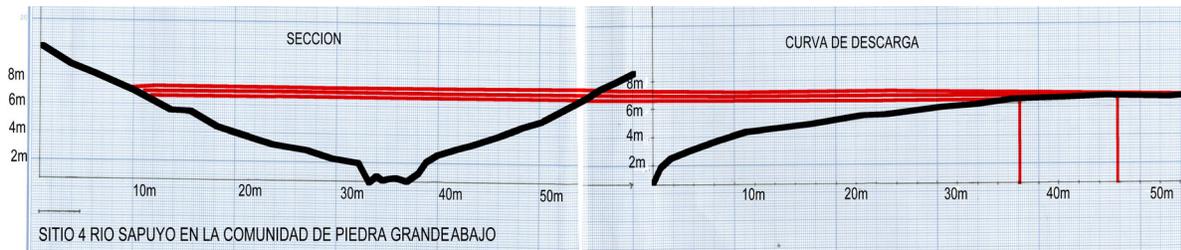
Sitio 3: cota 280 msnm. El sitio es parte del río Sapuyo, se localiza a un kilómetro de la ciudad, con rumbo 25° noreste. La sección del cauce normal en el lecho es de unos 3 metros de ancho y 1 metro de profundidad, presenta laderas muy pronunciadas con 15% de pendiente y 50 metros de longitud y altura aproximada de 7 metros. No existen condiciones para desbordamientos.

Zonificación del riesgo sitio 3:

Se considera que la zona es de bajo riesgo ya que no existe condiciones para que ocurran desbordamientos.

Sitio 4: Ubicado en los alrededores de la comunidad de Piedra Grande Abajo, se encuentra en una quebrada tributaria del río Sapuyo; la sección tiene un ancho de 6.60 metros, la profundidad máxima es de 1.25 metros; normalmente la capacidad de descarga de la sección es de 24.04 m³/s. Sus laderas son bastante altas; en el margen derecho la ladera cuenta con pendiente entre 25% a 40 %, y unos 70 metros de

longitud; la altura aproximada es de 22 metros. La condición del sitio permite ver prever que no podrían ocurrir desbordamientos.



Zonificación del riesgo sitio 4:

Por las características hidráulicas del cauce podría considerarse como una zona de bajo riesgo

Sitio 5: Es un punto de una quebrada tributaria al río Sapuyo, localizado a unos 700 metros y al sureste del sitio 6. La sección del cauce de 3.7 metros de ancho y 1.45 metros de profundidad, es capaz de conducir caudales de $10.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Hay viviendas cercanas a la quebrada que podrían estar expuestas a inundaciones, ya que el cauce es poco profundo 1.45 metros y sus bordos no tan altos.

Zonificación del riesgo sitio 5: Las viviendas ubicadas en las márgenes podrían sufrir daños por inundaciones

Sitio 6: Ubicado al final de la 12 Calle Oriente, en la quebrada Quita pereza, es tributaria del río Sapuyo, que pasa por el Barrio Santa Lucía, al noreste de la ciudad de Zacatecoluca. La sección del cauce de un invierno normal, tiene un ancho de 4.20 metros, con profundidad promedio del cauce de hasta 0.83 metros; la quebrada de acuerdo a la sección, es capaz de conducir caudales hasta $8.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Durante el Mitch este cauce fue sobrepasado en 5 cm arriba del puente.

Zonificación del riesgo sitio 6:

Tres viviendas de una familia, ubicadas al llegar al puente que cruza la quebrada, podrían riesgo alto por inundación ante crecidas, para eventos tipo MITCH o mayores; según pobladores de la zona, para el MITCH, el nivel de las aguas sobrepasó el puente unos 5 centímetros, e inundó las casas, dañando pertenencias de los habitantes. Otras 55 familias a lo largo del cauce de la quebrada se encuentran en condiciones de riesgo, un detalle de su situación se encuentra en el capítulo 8.



Fig.13: Vista de bóveda y vivienda cercana al puente.

Sitio 7: Es un punto límite para evaluación de la cuenca, ubicado a 50 m aguas abajo de la intersección del río Sapuyo con la calle que conduce a San Vicente; zona del rastro Municipal, que es un lugar que afecta a pobladores, por los malos olores debido a los destases en el lugar; sumado con los desechos que el río trae, los cuales son descargados desde aguas arriba

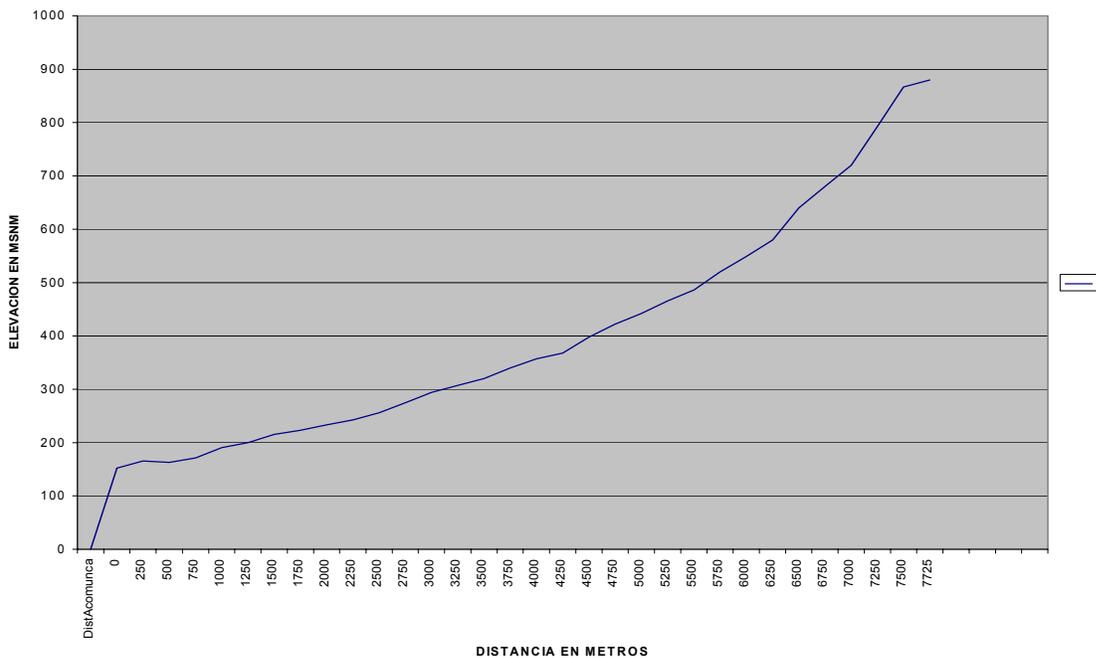


Zonificación del riesgo sitio 7:

Los pobladores del margen derecho podrían sufrir daños por inundaciones, ya que como se observa de la sección transversal, todos los escenarios de lluvia ocasionan, una alta probabilidad de inundación. Por lo que se puede considerar una zona de alto riesgo por inundaciones.

7.4 CUENCA RIO ACOMUNCA

Según los sitios visitados en la cuenca (sitios 1 y 2), no se ven amenazas al llegar a la ciudad, más sin embargo, se comenta que aguas abajo del sitio 2, hay viviendas en las riberas del río, que viven bajo amenazas ante las crecidas del río. Por motivos fuera de nuestro alcance, no fue posible llegar a las zonas de asentamiento.



Perfil topográfico río Acomunca, reportando pendiente máxima de 21%.

DESCRIPCIÓN DE SITIOS:

Sitio 1: El sitio se observó que las aguas que bajan del volcán y se conducen por la calle principal, son desviadas al cauce del río Acomunca. Así también sucede en otros lugares de la calle que la desvían a ambos lados de la calle.

Sitio 2 En este sitio se hizo el cierre de la cuenca para obtener los caudales de la cuenca

OBTENCION DE CAUDALES PARA EL SITIO 2, RIO ACOMUNCA.

METODO DE HUELLAS

CUADRO DE DATOS Y RESULTADOS: Sitio 2:

Ancho de la sección en metros	6
Profundidad del cauce en metros, tomado a cada metro.	0.53, 0.90, 1.33, 1.35, 1.29
Area en metros cuadrados (A)	5.38
Perímetro de mojado en metros (P)	6.91
Radio Hidráulico en metros cuadrados/metros (R=A/P)	0.78
Coefficiente de retardo (n)	0.052
Pendiente del cauce en metros/metros (S)	0.05
Velocidad en metros/segundo ($V=1/nxR^{2/3}xS^{1/2}$)	3.64
Caudal en metros cúbicos/segundo ($Q=AxV$)	19.60

METODO RACIONAL

CUADRO DE DATOS Y RESULTADOS

Sitio2:

Area cuenca en ha (A)	118.75	
Cauce principal	Longitud en m (L)	6000
	Altura máxima en msnm (H2)	1120
	Altura mínima en msnm (H1)	280
Desnivel de la cuenca en m ($H=H2-H1$)	840	
Tiempo de Concentración en minutos ($Tc=0.0195(L^3/H)^{0.385}$)	33.72	
Coefficiente de escorrentía ponderado ($Cp= [\sum Ax C]/A$)	0.21	
Intensidad en mm/h (i)		
Tr=15 años	138	
Tr=25 años	162	
Tr=50 años	180	
Caudal de la Cuenca en m ³ /s ($Q=0.0028CiA$)		
Q(Tr=15 años)	9.63	
Q(Tr=25 años)	11.31	
Q(Tr=50 años)	12.57	

8 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD

La informacion presentada tiene como objetivo prevenir la pérdida de vidas humanas y pertenencias materiales de familias pobres que por factores económicos, culturales, educativos o del sistema socio-económico del país en general se han mantenido en un nivel sin posibilidades de superacion. A esto se suma los efectos de los ultimos terremotos del 13 de enero y 13 de febrero, los cuales hicieron que estas familias acrecentaran su estado de pobreza y aumentaran su escala de vulnerabilidad existente. Algunas familias han sido favorecidas con viviendas provisionales, pero estas como lo dice su nombre "provisionales" no generan satisfaccion, ni seguridad para que sus integrantes se desarrollen y se desplacen en un ambiente adecuado o con las minimas condiciones.

Se espera que esta informacion genere algun tipo de proyectos o programas que sean dirigidos directamente a las poblaciones estudiadas como un aliento a los adultos y un abono a los ciudadanos del futuro.

8.1 METODOLOGIA

La investigacion de estas comunidades implicó los siguientes pasos:

1. Recorridos de observacion (Reconocimiento de todas las comunidades estudiadas).
2. Inmersion (Ingreso e identificacion con lideres y habitantes).
3. Técnicas (Aplicación de ventilacion o catarsis, entrevistas y reuniones).
4. Levantamiento de croquis de cada una de las comunidades, sin escala.
5. Encuestaje (Obtencion de informacion directa domiciliar).
6. Procesamiento de informacion (Cuadros, graficos de barras, pasteles, familias vulnerables).
7. Presentacion de informe.

COMUNIDADES ESTUDIADAS

1. Barrio La Cruz.
2. Canton Piedra Grande Abajo.
3. Quita Pereza, Barrio Santa Lucia.
4. Colonia Somoza # 2.
5. Canton Santa Lucia El Carmen.
6. Caserio Los Dominguez.
7. Colonia Somoza # 1.
8. Canton Piedra Grande Arriba.

8.2 DESCRIPCION DE COMUNIDADES

Todas estas comunidades coinciden al colindar o ser atravesadas por el río Sapuyo y sus afluentes, así como por la quebrada El capulín, lo que vuelve vulnerables a las familias que residen en las orillas o dentro de ésta. Un total de 1,233 personas compuestas por 220 núcleos familiares y más de 220 viviendas en diferentes condiciones, residen al margen de las quebradas.

El establecerse en la zona de estudio facilitó el contacto con autoridades municipales como el señor Alcalde Lic. Italo Lievano, quien asignó para darle seguimiento al proceso al señor: José Isidro Hernández, quien funge como promotor de las comunidades del sector Sur del Volcán. Con el promotor se sostuvieron cuatro reuniones de las cuales en la primera se recorrió el área alta del volcán censando 15 familias que están distribuidas en la zona de los desprendimientos y quebrada el Capulín, en la segunda se obtuvo un listado verbal de treinta y siete comunidades (Ver anexo # 1), en la tercera un listado de Líderes Comunales (Ver anexo # 1.1) y en la cuarta se participó en una de las reuniones mensuales de líderes de comunidades del sector sur del volcán el día 26 de Mayo del corriente año desde las 8:00 am. hasta la 1:00 pm., donde se administró una ficha comunitaria que dejó los siguientes resultados :

De las 23 comunidades asistentes, estas representaban a 1,679 familias y de estas 15 están organizadas legalmente o en proceso de legalización como ADESCOS, el resto que son 8 solo existente de hecho.

Antes del primer terremoto todas las comunidades manifestaron tener una estabilidad comunitaria o en proceso de crecimiento. Después del fenómeno todas se declararon afectadas emocional y materialmente. Sus reacciones fueron diferentes desde la conformidad hasta la organización pasajera.

Todas sus pérdidas materiales estaban centradas en la vivienda y el equipamiento de cada una de estas.

Resaltaron la aporte del destacamento # 9 y la Alcaldía Municipal con la construcción de vivienda temporales.

Todas estas comunidades esperan una respuesta de la alcaldía municipal y el Gobierno Central para la obtención de una vivienda digna. (Ver Anexo 1.2)

Al final de la reunion se obtuvo un listado del comité Coordinador de la Zona Norte del Volcán integrado por las siguientes personas. Ver anexo 1.2.1.

Este comité no posee fondos ni capacitaciones que los conviertan en multiplicadores antes de situaciones de desastres.

Posterior a la recopilación de esta información se envió a las autoridades locales (anexo 1.2.2.), una nota en la que se les pedía brindar información sobre los planes o albergues programados para la población de la zona sur del volcán. A la anterior

petición ninguno contestó lo que indicaba la inexistencia de una red coordinadora para atender desastres en la zona ya mencionada.(Ver anexo 1.3).

Con el fin de darle seguimiento al proceso se contactó con el párroco Monseñor Jesús Antonio Carpio Silva de la Catedral de Nuestra señora de los Pobres, al cual se le solicitó autorización para subir a la torre central y monitorear el volcán. La respuesta a nuestra solicitud fue positiva, facilitando al equipo **COSUDE** la ubicación exacta del derrumbe sobre la quebrada el capulín y su trayectoria.

Siendo imprescindible ubicar las comunidades vulnerables se procedió a recorridos de observación con todos los integrantes del equipo **COSUDE** y el señor Hérbert Orellana de ACODEL, en el área del volcán, derrumbes, quebradas principales , secundarias y comunidades estas últimas fueron visitadas exclusivamente en varias ocasiones para iniciar el proceso de censo. Ver anexo 1.3.1, el cual arrojó los siguientes resultados de las 8 poblaciones estudiadas:

8.2.1 Barrio La Cruz.

Está ubicado en el área urbana de Zacatecoluca, bordeada por la quebrada Quita Perza que es afluente del Río Sapuyo.

Su población total esta compuesta por 100 familias según la directiva; de estas fueron censadas 56 familias que están residiendo a las orillas de las quebradas, sus viviendas están construidas así; 19 de adobe y otros materiales, y 37 de sistema mixto, posee servicios básicos. Ver anexos 1.4

Las familias a las que es recomendable reubicar según su orden de prioridad se detallan a continuación:

PRIORIDAD 1

Código	Nombres	Numero de integrantes
C -1	Maria Julia García Alvarado	10
C - 41	Damián Mejia	7
C - 32	Raúl Antonio Ramírez	4
C - 31	Julio Rodas Navarro	5
C - 30	Josefina Ruiz	11
C - 50	Rafael Chávez	9
C - 51	Fidelina Panameño	5
	Total 7 Familias	Total 51

PRIORIDAD 2

Código	Nombres	Numero de integrantes
C - 28	Felipe Alonso	1
C - 27	José Porfirio Linares	4
C - 26	Rosa Rivera	1
C - 25	Vicente Cachón Cañas	1
C - 24	Santos Efraín Martínez	4
C - 23	Berta Alicia García	1
C - 22	Ana Delmi Mendoza	2
C - 21	Evangelina Antonia Castro	4
C - 20	Cristina Hernández	1
C - 19	Ana Maria Solano	1
C - 18	Josefa Esperanza Castro	3
C - 17	José Santiago González	6
C - 16	Carmen Elena Cortez	4
	Total de familias 13	Total 33

La sumatoria de las familias con prioridad 1 y 2 es de 84 personas, lo cual es equivalente a 20 familias.

Las siete familias de la prioridad # 1 representan a 51 personas, las cuales estructuralmente tienen sus viviendas y accesos principales, secundarios colindantes con la quebrada tributaria del río Sapuyo, ya sea al poniente u oriente.

A la inadecuada ubicación se adhieren los materiales y diseños de sus viviendas, el aislamiento del resto de familias y la convivencia constante con basura, restos biológicos diversos y afluencia de vectores.

La prioridad # 2 esta representada por trece familias, compuesta por 33 personas, estas colindan con la quebrada el Sapuyo en la parte posterior de sus casas. La vulnerabilidad de estas familias se incrementa por la fragilidad estructural de sus viviendas, el hacinamiento y la presencia en medio de un árbol de gran envergadura, de mas de 50 años, que puede ceder su posición ante continuos flujos de agua que durante el invierno circulan por la quebrada.

Acompañan a esta situación factores de insalubridad como: depósitos de vísceras, sangre y aves carroñeras.

8.2.2 Cantón Piedra Grande Abajo.

Esta Comunidad Tiene al poniente una quebrada afluente del Sapuyo y al oriente por el Río Nuevo. Posee una ADESCO con una población de 78 familias de las cuales solo se censaron 36, posee servicios básicos a excepción de teléfono, 27 de sus viviendas son de adobe y otros materiales el resto que son 9 son de sistema mixto. Ver anexo 1.5.

FAMILIAS QUE ES RECOMENDABLE REUBICAR

Código	Nombres	Numero de integrantes
B - 1	Paula Hernández	2
B - 2	Tomaza Mejia	4
	Total de familias 2	Total 6

Las dos familias representan a 6 personas, con sus viviendas ubicadas sobre una ladera con una pendiente de 45°, sin arborización, ni barreras vivas o muertas.

8.2.3 QUITA PEREZA BARRIO SANTA LUCIA.

Estos colindan con la quebrada afluente de Sapuyo al oriente. Su población total no fue posible definirla pero se censaron tres familias que colindan en la quebrada cerca a las tuberías, como muestra, poseen servicios básicos, sus viviendas son 1 de adobe y otros materiales y 2 de sistema mixto. Ver anexo 1.6.

8.2.4 COLONIA SOMOZA # 2

El Río Sapuyo le colinda al oriente y una afluente al poniente. Según directiva ADESCO su población total esta compuesta por 70 familias de estas 6 fueron censadas por ubicarse más cerca de la quebrada, posee servicio de luz eléctrica y la necesidad de agua se resuelve con cantarera, las 6 viviendas censadas son de adobe y otros materiales. Ver anexo 1.7.

8.2.5 CANTÓN SANTA LUCIA EL CARMEN.

Esta bordeada al oriente por el Río Sapuyo. Posee una ADESCO, según Alcaldía Municipal su población es de 122 familias de estas fueron censadas 79 incluyendo las dispersas en el área del volcán, no poseen servicio de luz, ni teléfono, el agua la abastecen de cantarera, 71 casas son de adobe y otros materiales y 9 son de sistema mixto. Ver anexo 1.8.

PERSONAS A LAS CUALES ES RECOMENDABLE REUBICAR

Código	Nombres	Numero de integrantes
CV – 1	José Domingo Magaña	6
CV – 2	Pedro José Flores	6
CV – 3	Héctor Antonio Aquino	5
CV – 4	José Antonio González	4
CV – 5	Víctor Manuel Guzmán	5
CV – 6	Heriberto Esteban Ruiz	8
CV – 7	José Mauricio Argueta	9
CV – 8	Transito Rosales	1
	Sub total 8 familias	Sub total 44
L – 55	Maria Antonia Morales	6
L – 54	Juan Orellana	4
L – 53	Jhony Argueta Caceres	1
L – 52	Alberto Sánchez Álvarez	8
L – 51	Ángel Meléndez	6
L – 50	Samuel Castillo	6
L – 49	Antonio Chávez Segovia	7
L – 48	José Luis Mendoza	1
L – 47	Pedro Santos	2
L – 46	Mauricio Vargas	4
L – 45	Maria Inés Rodríguez	3
L – 44	Roberto Rodríguez	1

L – 43	Pedro García	12
L – 40	Paula Arias Hernández	9
L – 39	Santiago Quijada Campos	5
L – 38	Mercedes Argueta	5
L – 37	Maria Luisa Amaya	12
L – 36	David Montano Álvarez	4
L – 56	Carlos Ruiz	1
L – 57	Candelario Ruiz	7
L – 58	David Oswaldo Montano	5
L – 59	Miguel Ángel Rosales	10
	Total de familias 30	Total 119

Las Familias del código CV-1 al CV-8 están distribuidas en el área del volcán y estos pueden ser víctimas de grandes cuerpos sólidos que se derrumban (piedras, árboles y tierra) en un momento de desastre, además estas no tienen visibilidad de lo que pueda venir cuesta abajo por la abundante vegetación, el total de familias es de 8 y su número total de personas es de 44.

Las familias con el código L-59 al L-36 suman 22 grupos familiares y estos dan 119 personas, que pueden ser víctimas de un deslave de lodo, con árboles piedras ya que la distancia mínima de la quebrada el capulín es de 200 a 300 metros y como todas las comunidades su ubicación viviendas y accesos están vulnerables ante cualquier fenómeno natural, todas estas familias podrían estar en ruta de un desbordamiento de la quebrada el capulín.

La suma de las familias del código CV que son todas las ubicadas en el área del volcán más las familias del código L que son los habitantes del cantón Santa Lucía, hacen un total de 30 familias y estas aportan 163 personas

8.2.6 CASERÍO LOS DOMÍNGUEZ.

Esta comunidad está atravesada por un afluente del Río Sapuyo, poseen ADESCO y su población total aproximadamente es de 35 familias, de estas fueron censadas 4, no poseen servicio telefónico y se abastecen de agua de pozos artesanales con bomba y manual Ver anexo # 1.9

FAMILIAS QUE ES RECOMENDABLE REUBICAR

Código	Nombres	Número de Integrantes
1	María Julia Rodríguez.	14
2	Francisco Alberto Perdomo	6
	Total 2 Familias	Total 20

Las dos familias constituyen a 20 personas de las cuales el primer grupo familiar esta a 15 metros, y el segundo a 10 metros de la quebrada sin protecciones o bordas, además existe un pozo que en el momento de un fenómeno facilitaría el ingreso del cause al área de las viviendas.

8.2.7 COLONIA SOMOZA # 1

Esta comunidad esta bordeada al oriente por el Río Sapuyo. Posee ADESCO según la Alcaldía Municipal esta integrada por 140 familias de estas se censaron 36 familias, cuenta con un 50% de servicio de alumbrada eléctrico y la misma situación para el servicio de agua potable, el servicio telefónico es domiciliario. Anexo 1.10.

PERSONAS QUE ES RECOMENDABLE REUBICAR

Código	Nombres	Numero de integrantes
Z - 1 - 1	Pablo García	1
Z - 1 - 2	Natividad Gómez	11
Z - 1 - 3	Carlos Gilberto Torres	5
Z - 1 - 4	Maria del Transito Reyes	3
Z - 1 - 5	Maria A. Reyes	5
Z - 1 - 6	Pablo Adalberto Lopez	2
Z - 1 - 17	Juan G. Ventura	4
Z - 1 - 18	Efraín Rodríguez	10
Z - 1 - 19	José Maria Hernández	6
Z - 1 - 21	Rosa Estela Cárdenas	5
Z - 1 - 32	Reina A. Meléndez	12
Z - 1 - 33	Paula de Los Ángeles Morales	9
Z - 1 - 34	Gumerinda Sánchez de Ruiz	10
	Total de familias 13	Total 83

Las 13 familias representan a 83 personas (vidas), todas estas tienen sus viviendas en el borde de la quebrada, construidas con diferentes materiales que no garantizan una protección. Ante eminentes flujos con diversos cuerpos, esta como otras familias vulnerables tienen árboles de considerable peso que pueden maximizar una desgracia en caso de perder su estabilidad en el terreno en que están ubicados.

8.2.8 Piedra Grande Arriba.

Al oriente se ubica el Río Sapuyo y al poniente la quebrada el Capulín. Posee una ADESCO su población es de 45 familias según la Alcaldía Municipal, no se censó esta población pero se obtuvo por medio de ACODEL, un listado de 36 familias, que sufrieron daños en sus viviendas, no tienen servicio de agua potable, luz eléctrica, transporte, y teléfono.

8.3 CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDADES

Estas poblaciones, sus construcciones, patrimonios y elementos naturales están expuestos a cualquier fenómeno físico como los dos pasados terremotos, si observamos más cualidades veremos que su **vulnerabilidad** esta clasificada como **diferencial** por estar integradas por los más pobres de los estratos sociales. Ver anexo 2. A estos se les complica más su existencia con la **vulnerabilidad política** existente en el municipio la cual no coordina objetivos ni propósitos entre sí que beneficien o extraigan de su situación de riesgo a los habitantes, un ejemplo de este es la no-existencia de un albergue provisional planes de acción para la población del sector sur del volcán Chichontepec.

Además estas poblaciones presentan **vulnerabilidad física** desde el lugar donde están asentadas hasta los tipos de materiales con que están hechas sus viviendas y diseños. Ver anexo 2.1.

Otra **vulnerabilidad** encontrada es la **socio-económica** la cual es más grande que el tipo de organización existente (ADESCOS) estas no tiene la capacidad para afrontar desastres, ni fondos que sufraguen las múltiples necesidades que se presentaren. La extracción de información por medio de censos dio resultados de los cuales se hace mención de algunos de ellos:

- El Analfabetismo es el más preponderante en los niveles educativos con un 18.61% integrada por diferentes edades. Ver anexo 2.2.
- A nivel laboral los trabajos temporales tienen un 94% de predominancia sobre un 6% de trabajos estables situación que indica la irregularidad de ingresos y la escasez de trabajo.
- A nivel Vivienda un 37% no son propietarios de sus viviendas y residen como el resto de propietarios en lugares con múltiples vulnerabilidades. Ver anexos 2.3 y 2.4.

Para ampliar el conocimiento de las comunidades en estudio ver algunos listados de directivas y habitantes por comunidad y otros anexos. Ver anexos del 2.5 al 2.13.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

En la zona de estudio, la principal amenaza geológica, la constituyen los deslizamientos que se observan en la cima del volcán de San Vicente, de los cuales se pueden observar al menos tres frentes.

Otros deslizamientos se identifican a lo largo de la quebrada El Capulín, probablemente se trate en su mayoría de deslizamientos de la capa más superficial del terreno, una mezcla de suelos, bloques y árboles

Los deslizamientos de la parte superior del volcán caen en la cuenca alta de la quebrada El capulín, la cual es, parte de la cuenca del río Nuevo. Se estima que al menos 500,000 m³ de materiales han caído por efecto de los terremotos recientes del 13 de enero y 13 de febrero de 2001 y evolución posterior.

Se considera que la zona de deslizamiento es de alta evolución ya que durante el periodo de investigación se observó que el área de deslizamiento se iba ampliando. Caídas de bloques son frecuentes en las laderas de los cerros y en los caminos de acceso al volcán. Grietas profundas se observaron en la cima del volcán, con aberturas de 20 a 30 cm, las cuales se continuaban a lo largo del terreno.

La zona media a alta del volcán se encuentra fuertemente diseccionada, con cauces profundos y con características torrenciales en sus ríos y quebradas.

Importantes comunidades rurales se ubican en las márgenes de la quebrada El Capulín, río Sapuyo y Acomunca, están en situación de riesgo y las cuales ya en el pasado han sufrido daños por eventos de gran magnitud, tal como ocurrió con el Huracán Mitch.

Zonas potenciales de amenazas por desbordamientos de flujo se identificaron en la zona adyacente al caserío Santa Lucia en las inmediaciones del camino que conduce a la finca La Virtud y en la zona del Beneficio Santa Lucia (sitio 2). También la zona ubicada en el margen derecho, aguas abajo de la confluencia de la quebrada El Capulín con el río Nuevo (sitio 7).

Comunidades importantes como la Somoza N° 1 y 2, Los Domínguez, Barrio Santa Lucía y la Cruz, se encuentran en peligro de inundación en las márgenes del río Sapuyo y sus afluentes. (ver Anexo Mapa de amenazas)

La investigación realizada permitió identificar las zonas de amenazas en la zona del volcán, así como las características hidrológicas de las microcuencas de los ríos Sapuyo, Capulín y en menor escala el río Acomunca. Así mismo se identificó y caracterizó la población con diferente grado de vulnerabilidad. El detalle del análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgos se encuentra en los Capítulos 7 y 8 en los cuales

se hace una descripción de las amenazas, comunidades vulnerables y calificación del riesgo por sitio.

2) Población bajo riesgo por amenaza geológica

Se identificó en la parte alta de la microcuenca del Capulín, al menos 15 familias que se encuentran con riesgo de daños, ya sea por caída de bloques o aislamiento en caso de flujo de lodos o riesgo de ser arrastrados por flujos de lodo o agua por caminar a través de las quebradas.

2) Población bajo riesgo por amenazas hidrológicas (ver mapas de amenazas en anexo)

Los principales asentamientos humanos calificados como de riesgo alto por amenazas hidrológicas es decir en peligro de inundaciones o flujos de lodos, durante eventos similares al Huracán Mitch o superiores, se encuentran en las márgenes de la quebrada El Capulín a la altura del cantón y caserío Santa Lucía y en la parte baja en la margen derecha de la confluencia del río Nuevo y la quebrada El Capulín, en el camino que del Caserío Pineda abajo conduce a la carretera de Zacatecoluca a San Vicente. Dos familias se identificaron en situación de riesgo en el Cantón y caserío Piedra Grande Abajo. Así mismo hay posibilidad que los pobladores que transitan por las quebradas sufran daños durante la época lluviosa.

Así mismo las comunidades que se encuentran en las márgenes del río Sapuyo y sus afluentes, podrían sufrir inundaciones por eventos Tipo Mich o Superiores.

La zona del **Hospital Santa Teresa** y de la colonia 27 de marzo, se consideran de riesgo medio a bajo por inundaciones.

Se considera que 67 familias compuestas por 356 personas, se encuentran en situación de alto riesgo por inundaciones o flujos de lodo, tanto en la microcuenca del río Sapuyo como en la de El Capulín

Sitio	Numero de familias	Número de personas
Cantón Piedra Grande Abajo	2	6
Cantón Santa Lucía El Carmen	30	163
Caserío Los Domínguez	2	20
Colonia Somoza N°1	13	83
B° La Cruz	20	84
Total	67	356

9.2 RECOMENDACIONES A CORTO PLAZO EN MICROCUENCA QUEBRADA EL CAPULÍN

En el sitio 2: En caso de lluvias atemporadas o presencia de un Huracán, se recomienda reubicar temporalmente y de ser posible de manera permanente al menos a 20 familias que se encuentran en situación de riesgo a la orilla de la quebrada El Capulín en el Cantón y Caserío Santa Lucía, A la altura del Beneficio Santa Lucia y alrededores.

Hacer una evaluación para establecer sitios y zonas de albergues y accesos seguros en caso de un desastre, para los habitantes de los cantones Santa Lucía, El carmen y Piedra Grande Arriba, por estar expuestos al peligro de desbordamientos de la quebrada El Capulín y desprendimientos de bloques o deslizamientos de tierras.

El continuo asolvamiento de la quebrada El capulín en el Sitio 2, probablemente se deba al fuerte cambio de pendiente que sufre el volcán en esta zona, depositando las carga mas grande y de mayor peso que no puede ya arrastrar la corriente de agua o flujos de lodo.

Para los desbordamientos en los dos lugares del cruce de caminos con la Quebrada El Capulín, hacia la finca la Virtud. (sitio 2)

- Profundizar el lecho del cauce y/o en el margen derecho de la quebrada, construir un sistema de bordas que eviten el rebalsamiento de las aguas del cauce. Las bordas pueden ser construidas con materiales como sacos de arena u otro material como tierra condicionada apropiadamente.
- Construir en parte superior del sitio, estructuras como muros de retención (gaviones), que permitan la retención de los materiales que puedan venir de los derrumbes generados en la parte alta de la cuenca y además reducir la energía de los caudales, a fin de minimizar la capacidad de arrastre de los materiales depositados en el lecho de la quebrada en el sitio 6
- :En el cruce del camino con el río Nuevo, profundizar el lecho del cauce y/o aumentar la altura del camino, de manera que el río no se salga de su cauce e impedir que corra por la calle hacia la carretera que conduce a la ciudad de San Vicente.

Para el sitio 6: en el tramo de la intersección de los habitantes que viven cercano a la quebrada, deben de estar vigilante ante las crecidas de los niveles de las aguas, para tomar las precauciones respectivas.

Realizar un perfil de diseño de las obras, que incluya costos y tiempos de ejecución. Es urgente hacer la gestión del financiamiento para la ejecución de las obras.

9.3 RECOMENDACIONES MICROCUENCA RÍO SAPUYO.

A CORTO PLAZO Y MEDIANO PLAZO

La parte mas expuesta a inundaciones es la parte media del río Sapuyo y sus afluentes, al oriente de Zacatecoluca, donde se hace necesario reubicar al menos a 46 familias.

De acuerdo a los resultados obtenido de los caudales del río Sapuyo y sus afluentes en la parte norte de la cuenca los sitios 1,2,3,4 se muestra que no hay menor probabilidad de desbordamientos, en las márgenes de los mismos.

Por lo cual se puede considerar como una zona de riesgo medio a bajo. Pero se recomienda tener un mecanismo de monitoreo en caso que ocurran eventos extremos y poder evacuar a las familias en caso de ser necesario.

Para el sitio donde se ubica El hospital Santa Teresa considerado de medio a bajo riesgo, se recomienda regular el uso del suelo y el control de los urbanizadores. Que se hagan los estudios hidrológicos de manera que se diseñen obras hidráulicas apropiadas a los flujos de agua que circulan por la zona. Además que se respeten y no se obstruyan los drenajes naturales para minimizar el impacto de posibles inundaciones en la zona.

Así mismo es necesario implementar otras acciones en la parte norte de la ciudad de Zacatecoluca tales como:

1. Impedir por los medios disponibles, el desbordamiento de las aguas en el Sitio 2 de la quebrada el Capulín hacia el río Sapuyo (ver recomendaciones para la cuenca en la parte superior de la Quebrada El Capulín).
2. Intersectar las aguas que llegan a las zonas bajas (sitio 2), a través de canales revestidos (mampostería o vegetados), y derivarlas a zonas seguras.
3. En los sitios 6 y 70: Los habitantes que viven cercano a las quebradas, deben de mantenerse en alerta ante eventuales crecidas y desbordamientos de las quebradas para tomar las medidas de prevención necesaria.
4. En la calle del volcán, las cunetas deben ser protegidas con obras que reduzcan la energía de la escorrentía y descargarlas a sitios seguros.
5. Las obras recomendadas deben de realizarse a mayor brevedad, para garantizar la estabilidad en la zona del hospital y alrededores. De lo contrario la zona estará bajo amenazas constantes a los deslizamientos e inundaciones proveniente de la ladera del volcán.

9.4 RECOMENDACIONES GENERALES

Las comunidades deben de organizarse a fin de procurar el apoyo de organismos cooperantes, para hacer evaluaciones en detalle de riesgo, establecer sistemas de monitoreo y alerta temprana, y construcción de albergues para casos de emergencia.

En la medida de lo posible delimitar EN EL CAMPO Y LA CIUDAD las zonas consideradas de alto riesgo.

Para evitar mayores degradaciones de terrenos y vías de acceso, realizar gestiones con las instancias y medios correspondientes para la reparación de caminos y protección de laderas de quebradas y ríos.

En terrenos altamente dañados, en la parte alta del volcán, implementar sistemas de monitoreo sencillos, que permitan medir el avance de zonas que puedan derrumbarse y que las comunidades tomen las precauciones necesarias de seguridad para los habitantes.

Capacitar a personal local para las labores de monitoreo en las zonas potencialmente activas por deslizamientos; y control de niveles en ríos.

Trasladar a sitios seguros o preparar albergues en caso de una evacuación a aquellas familias que se encuentren en las zonas de alto a medio riesgo.

A mediano plazo:

1. Llevar a cabo periódicamente en las comunidades actividades de capacitación en prevención de riesgos, para mitigar las amenazas y desastres tanto geológicas como hidrológicas.
2. Generar por medios cooperativos la producción agrícola que permita fortalecer la ocupación de la mano de obra laboral.
3. Fortalecer una red de monitoreo que integre los esfuerzos de protección civil mediante alerta temprana y posibilite labores de evacuación o rescate en caso de un desastre.

A largo plazo:

1. Se debe gestionar en el ámbito gubernamental o ante organismos cooperantes, la adquisición de terrenos para albergues estables y la construcción de viviendas permanentes, para las familias en situación de riesgo.