



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

PROYECTO DE TESIS

Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Cahoacán,
Chiapas, México

Por

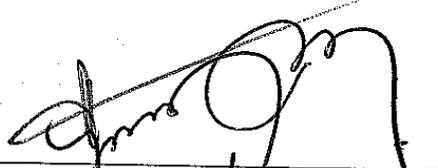
Brenda Judith Castillo Navarro

Turrialba, Costa Rica, 2010

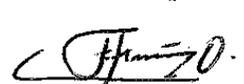
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

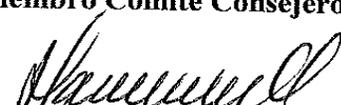
FIRMANTES:



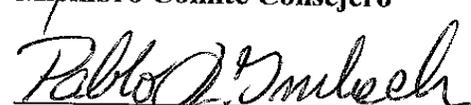
Sergio Velásquez, M.Sc.
Consejero Principal



Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Miembro Comité Consejero



Jorge Faustino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

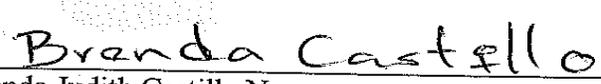


Pablo Imbach, M.Sc.
Miembro Suplente Comité Consejero

Cristina Yépez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Brenda Judith Castillo Navarro
Candidata

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen Santísima por todas las bendiciones que me han otorgado.

A mi papá Rigo Castillo (q.e.p.d.) el hombre más sabio que he conocido, a mi mamá María Luisa Navarro la mujer con el amor más grande; a ambos por todo su amor, entrega, cuidados y enseñanzas.

A mis hermanas y hermanos por su apoyo constante.

Y en especial...

A mi compañero de vida Azael Che, GRACIAS por ser mi mejor amigo y principal asesor en esta aventura... sin ti no lo habría logrado!

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme brindado el apoyo durante el posgrado en el CATIE y por hacer posible la realización de mi trabajo de campo en el estado de Chiapas en México. En gran parte, mi superación académica no podría haber sido posible sin su apoyo financiero.

A los miembros de mi comité asesor en especial al Dr. Francisco Jiménez por su apoyo y amistad en cada momento.

A las comunidades de El Águila, Agustín de Iturbide, El Platanar, El Progreso, al grupo de mujeres de Alpujarras, Benito Juárez, Barra de Cahocán, La Cigüeña y Brisas del Mar.

Gracias también a Carlos de la UICN por su apoyo incondicional en el trabajo de campo. A Protección Civil, CONAGUA y UICN por la información proporcionada.

Gracias a todos mis compañeros de las diferentes maestrías con quienes inicié esta aventura, en especial a mi paisanita la “Lic. Anahisita”, a mi hermanita Johannita, mis paisas-compadres Chi y Yanet, y también a mi paisa Chan, con quienes pasé momentos muy agradables, de risas y convivencias; a las chicas superpoderosas Andreita, Angélic, Dianis, Eugin y Suuugey, a Antuanet, por ser mis hermanitas (o) y haber compartido noches de estudio en la biblioteca del Charly’s; a mis queridos paisas Ros y Román, y Carlitros con quienes compartí los últimos meses en el CATIE. Al mae Cris quien fue mi guía de turista en Turri y en el descubrir de la ciencia (todo sea por la secta del Talud Infinito).

Agradecer el esfuerzo de mis profesores de maestría.

A mis hermanitas Mirsa y Lili por haber sido mi pequeña familia durante la fase de campo en Tapachula.

A mi familia quien siempre me ha apoyado.

En especial a Azael quién ha sido mi gran apoyo, mi mejor amigo, compañero y esposo, te agradezco ser también mi principal asesor de tesis, por todos los consejos y comentarios atinados y críticos a mi tesis y por ser mi motivación durante todo este tiempo.

A todos y a cada uno de ustedes... ¡Muchas gracias!

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	XIII
RESUMEN	XIV
SUMMARY	XVI
1 INTRODUCCIÓN	18
1.1 Objetivos del estudio	19
<i>1.1.1 Objetivo general</i>	<i>19</i>
<i>1.1.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>20</i>
1.2 Preguntas de investigación.....	20
2 MARCO REFERENCIAL.....	21
2.1 Cuenca hidrográfica	22
2.2 Cuenca de montaña.....	23
2.3 Gestión integral de cuencas	24
2.4 Cuenca como unidad de planificación	24
2.5 Interacción parte alta, media y baja	24
2.6 Desastre.....	25
2.7 Riesgo	26
2.8 Amenaza	26
2.9 Vulnerabilidad	27
<i>2.9.1 Vulnerabilidad global.....</i>	<i>27</i>
2.9.1.1 Vulnerabilidad física.....	27
2.9.1.2 Vulnerabilidad social	28
2.9.1.3 Vulnerabilidad ecológica	28

2.9.1.4	Vulnerabilidad económica	28
2.9.1.5	Vulnerabilidad política	28
2.9.1.6	Vulnerabilidad técnica	29
2.9.1.7	Vulnerabilidad ideológica.....	29
2.9.1.8	Vulnerabilidad cultural	29
2.9.1.9	Vulnerabilidad educativa	29
2.9.1.10	Vulnerabilidad institucional.....	29
2.10	Mitigación	30
2.11	Deslizamientos.....	30
2.11.12.1	<i>Principales causas de deslizamientos.....</i>	<i>31</i>
2.11.1.1.1	Geología	31
2.11.1.1.2	Topografía	31
2.11.1.1.3	Clima	31
2.11.2	<i>Tipos de deslizamientos</i>	<i>31</i>
2.12	Inundaciones	33
2.13	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	34
2.14	El programa “Flood area “	34
2.15	Aplicabilidad del método Mora-Vahrson	35
3	Metodología.....	37
3.1	Descripción del área de estudio	37
3.1.1	<i>Ubicación.....</i>	<i>37</i>
3.1.2	<i>Clima.....</i>	<i>38</i>
3.1.3	<i>Precipitación.....</i>	<i>39</i>
3.1.4	<i>Suelos.....</i>	<i>41</i>
3.1.5	<i>Geología.....</i>	<i>42</i>
3.1.6	<i>Tipo de vegetación y uso del suelo</i>	<i>44</i>
3.1.7	<i>Características socioeconómicas</i>	<i>46</i>
3.2	Diseño del estudio.....	47
3.3	Vulnerabilidad global (objetivo 1 y 2).....	49

3.4	Determinación de amenazas a deslizamientos y caracterización morfométrica y áreas inundables.....	52
3.4.1	<i>Amenaza por deslizamientos (objetivo 3)</i>	52
3.4.2	<i>Caracterización morfométrica de la cuenca y simulación de inundación por “Flood area” (objetivo 4)</i>	61
3.4.2.1.1	Características morfométricas	61
3.4.2.1.2	Simulación de inundaciones.....	63
3.5	Percepción de actores locales (objetivo 5).....	64
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1	Vulnerabilidad integral a deslizamientos e inundaciones en las subcuencas Alto-Cahoá y Bajo-Cahoacán.....	67
4.1.1	<i>Vulnerabilidad a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá (objetivo 1)</i>	67
4.1.2	<i>Vulnerabilidad a inundaciones en la subcuenca Bajo-Cahoacán (objetivo 2)</i> ..	75
4.2	Análisis de amenaza de deslizamientos mediante el método Mora-Vahrson y análisis multicriterio en la subcuenca del Alto-Cahoá (objetivo 3).....	80
4.2.1	<i>Deslizamientos por método Mora-Vahrson</i>	80
4.2.2	<i>Deslizamientos por medio de un análisis multicriterio</i>	87
4.3	Caracterización morfométrica de la cuenca del río Cahoacán y su relación con las inundaciones (objetivo 4).....	94
4.3.1	<i>Morfometría de la cuenca del río Cahoacán</i>	94
4.3.2	<i>Análisis de áreas inundables en la subcuenca Bajo-Cahoacán</i>	96
4.4	Percepción de actores locales sobre la problemática de inundaciones y deslizamientos (objetivo 5).....	101
4.4.1	<i>Comunidades de la subcuenca del Alto-Cahoá</i>	101
4.4.2	<i>Comunidades de la subcuenca Bajo-Cahoacán</i>	104
5	CONCLUSIONES	106
6	RECOMENDACIONES.....	109
7	LITERATURA CITADA	112
	ANEXOS	117

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de las variables e indicadores de vulnerabilidad a inundaciones	49
Cuadro 2. Resumen de variables e indicadores de vulnerabilidad a inundaciones.....	50
Cuadro 3. Valoración de indicadores de vulnerabilidad.....	51
Cuadro 4. Caracterización de la vulnerabilidad de acuerdo a su valoración porcentual	51
Cuadro 5. Caracterización de acuerdo a la valoración de susceptibilidad.....	53
Cuadro 6. Valoración de pendientes (Salazar 2007).....	53
Cuadro 7. Valoración de litología.....	54
Cuadro 8. Valoración de precipitación para humedad.....	55
Cuadro 9. Valoración de humedad de suelo.	55
Cuadro 10. Tipo de suelo.....	56
Cuadro 12. Valoración de lluvias extremas	57
Cuadro 13. Valoración multicriterio	59
Cuadro 14. Porcentaje de importancia para el mapa de deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá.	59
Cuadro 15. Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad (Campos, 1992; en Viramontes-Oliva, 2007).	61
Cuadro 16. Evaluación de amenaza.	65
Cuadro 17. Vulnerabilidad integral (%) de deslizamientos en comunidades de la subcuenca del Alto-Cahoá, municipio de Cacachoatán, Chiapas.....	73
Cuadro 18. Vulnerabilidad integral (%) de inundaciones en comunidades de la subcuenca del Bajo-Cahoacán, municipio de Suchiate y Tapachula, Chiapas.	78
Cuadro 19. Porcentaje de superficie comparativa entre métodos empleados para estimar susceptibilidad a deslizamiento en la subcuenca Alto-Cahoá.	87
Cuadro 21. Cuadro resumen de parámetros morfométricos de la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México.	94
Cuadro 22. Problemas percibidos relacionados con los deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá.	101
Cuadro 23. Posibles soluciones para la problemática de deslizamientos en la subcuenca del Alto-Cahuá.....	103

Cuadro 24. Toma de responsabilidades ante la problemática de deslizamientos en comunidades de la subcuenca del Alto-Cahoá, municipio de Cacachoatán, Chiapas.	104
Cuadro 25. Problemas percibidos relacionados con los deslizamientos en la subcuenca Bajo-Cahoacán.....	104
Cuadro 26. Posibles soluciones para la problemática de deslizamientos en la subcuenca del Bajo-Cahoacán.....	105
Cuadro 27. Toma de responsabilidades ante la problemática de deslizamientos, municipio de Suchiate y Tapachula, Chiapas.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Víctimas mortales por inundaciones entre 1980 y 2000 (Fuente: PNUD, 2004).	21
Figura 2. Cuenca hidrográfica y sus límites (Jiménez, 2008).....	23
Figura 3. Esquema de la división de la cuenca por altitud (Jiménez 2008).....	25
Figura 4. Diferentes tipos de deslizamientos en diferentes partes de una cuenca (GSC, 2008).	30
Figura 5. Principales tipos de deslizamientos (Higland, 2004).	33
Figura 6. Localización de la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México.	37
Figura 7. Mapa del clima, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.....	38
Figura 8. Mapa del clima, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.....	39
Figura 9. Mapa de precipitación, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.....	40
Figura 10. Mapa de precipitación, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.....	40
Figura 11. Mapa de suelos, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.....	41
Figura 12. Mapa de suelos, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.....	42
Figura 13. Mapa de geología, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.....	43
Figura 14. Mapa de geología, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.....	43
Figura 15. Mapa de vegetación, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.	44
Figura 16. Mapa de vegetación, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.	45
Figura 17. Mapa de uso de suelo, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.....	45
Figura 18. Mapa de uso de suelo, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.....	46
Figura 19. Diagrama de flujo del diseño de estudio.	48

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

- CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.
- CONANP: Comisión de Áreas Naturales Protegidas.
- CONAPO: Consejo Nacional de Población.
- CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.
- IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- INAFED: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.
- INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- LIDAR: Láser de Detección de Imágenes
- MDE: Modelo Digital de Elevación
- PEA: Población Económicamente Activa.
- PGA: Aceleraciones Máximas del Suelo.
- PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PROCAMPO: Programa de Apoyos Directos al Campo
- SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SAT: Sistema de Alerta Temprana.
- SCT: Gobierno del Estado de Chiapas, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- SEMARNAT: Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales.
- SEMAVI: Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda.
- SHNS: Sociedad de Historia Natural del Sonocusco.
- SIG: Sistema de Información Geográfica.
- SMN: Servicio Meteorológico Nacional.
- SSN: Servicio Sismológico Nacional.
- UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos.
- UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

Castillo-Navarro, B.J. 2010. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 148p.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal determinar la vulnerabilidad global y amenaza a deslizamientos en la subcuenca del Alto-Cahoá y de inundaciones en Bajo-Cahoacán, que forman parte de la cuenca del río Cahoacán en el estado de Chiapas, México. El estudio se realizó en seis comunidades de la subcuenca Alto-Cahoá (Agustín de Iturbide, Alpujarras, Benito Juárez, El Progreso, El Águila y El Platanar) y en tres comunidades de la subcuenca Bajo-Cahoacán (Barra de Cahoacán, Brisas del Mar y La Cigüeña).

Para el análisis de vulnerabilidad se recopiló información de fuentes secundarias y primarias, estadísticas gubernamentales, así como entrevistas estructuradas y talleres participativos que se realizaron con actores claves de cada comunidad. Para la realización de los mapas de amenaza a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá se emplearon dos métodos, el método Mora-Vahrson y un Análisis Multicriterio, usando mapa (1:250,000) litológico, el modelo digital de elevación (MDE) del INEGI, actividad sísmica, precipitación con diferentes períodos de retorno de lluvias máximas y recorridos en campo. Los mapas de amenaza a inundaciones para la subcuenca Bajo-Cahoacán se obtuvieron con el programa “Flood Area” a partir del modelo digital de elevación (30x30 m) del INEGI. Con entrevistas semiestructuradas y talleres comunitarios se determinó la percepción local sobre la amenaza de deslizamientos e inundaciones en ambas subcuencas.

Los resultados muestran una vulnerabilidad global media para las comunidades de ambas subcuencas. Los principales indicadores que resultaron más altos para ambas subcuencas fueron: alto número de viviendas en ladera, alto número de viviendas en riberas, alto porcentaje de deforestación, alto porcentaje de desempleo y de diversificación de actividades económicas, bajo ingreso per cápita, falta de orientación a la prevención con carencia de planes y técnicos capacitados. Sin embargo, al ponderar los indicadores, las comunidades de Alpujarras, El Águila y El Platanar presentan una vulnerabilidad muy alta a deslizamientos, mientras que en las comunidades de Bajo-Cahoacán las tres comunidades presentarían una vulnerabilidad alta. El análisis multicriterio al igual que el método Mora-

Vahrson reveló que la mayor superficie de la subcuenca Alto-Cahoá se encuentra en una categoría de amenaza moderada, misma que coincide con la percepción de los habitantes entrevistados. De las características morfométricas y de la simulación de inundación se observó que el río Cahoacán puede generar intensas avenidas y provocar inundaciones y desbordamientos en las partes bajas, en especial en la comunidad La Cigüeña, afectando cerca del 90% de su superficie; mientras que la principal afectación en Brisas del Mar sería quedar incomunicados, ya que de acuerdo a la simulación, la entrada principal a este poblado quedaría obstruida; por otro lado, Barra de Cahoacán se vería afectada en sus cultivos bananeros, afectando gravemente la economía local. Sobre la percepción de los habitantes de la subcuenca Alto-Cahoá, el mayor problema es su propia ubicación, ya que están asentados en zonas de pendientes fuertes con altos niveles de humedad y precipitación. Para los habitantes de la subcuenca Bajo-Cahoacán los problemas que perciben relacionados a las inundaciones frecuentes, éstas se refieren a la mala planeación en el desazolve del río, considerando una falta de comunicación y olvido por parte de autoridades correspondientes.

SUMMARY

Castillo-Navarro, B.J. 2010. Landslides and flood risk analysis in the Cahoacán river basin, Chiapas, México. M.Sc. Thesis. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 148p.

The present work had as main objective to determine the global vulnerability and threat of landslides in the sub-basin Alto-Cahoá and floods in the Bajo-Cahoacán, forming part of the Cahoacán river basin in the State of Chiapas, Mexico. The study was carried out in six communities of the Alto-Cahoá sub-basin (Agustín de Iturbide, Alpujarras, Benito Juárez, El Progreso, El Águila and El Platanar) and in three communities in the sub-basin of the Bajo-Cahoacán (Barra de Cahoacán, Brisas del Mar y La Cigüeña).

For the vulnerability analysis the data were collected from secondary and primary sources, government statistics and structured interviews and participatory workshops held with key stakeholders in each community. For the realization of landslide hazard maps in the sub-basin Alto-Cahoá two methods were used, the method Mora-Vahrson and a Multicriteria Analysis, using a lithological map (1:250,000), digital elevation model (DEM) of the INEGI, seismic activity, rainfall with different return periods of maximum rainfall, and field trips. The flood hazard maps for the sub-basin Bajo-Cahoacán were obtained using the program "Flood Area" from the digital elevation model (30x30 m) of the INEGI. With interviews and community workshops were identified local perception of the threat of landslides and floods in both basins.

The results show an overall average vulnerability to all communities in both sub-basins. The main indicators with the higher values for both basins were: high number of residents on hillside, high number of homes on riverbanks, high rate of deforestation, high unemployment and the diversification of economic activities, low per capita income, lack of guidance prevention plans and lack of trained technicians. However, weighing indicators, the communities Alpujarras, El Águila and El Platanar have a very high vulnerability of landslides, while in the communities of Bajo-Cahoacán the three communities presented a higher vulnerability. Multi-criteria analysis as Mora-Vahrson method showed that most surface of the sub-basin Alto-Cahoá is in a moderate threat category, it coincides with the perception of the residents interviewed. Morphometric characteristics and flood simulation showed that the Cahoacán river can generate intense avenues, causing floods and overflows in

the lower parts, especially in the community La Cigüeña, affecting about 90% of its surface, while the principal involvement in Brisas del Mar would be cut off, since according to simulation, the main entrance to this town would be blocked. On the other hand, Barra de Cahoacán would be affected in their banana crops, severely affecting local economy. About the perception of the inhabitants of the sub-basin Alto-Cahoá, the major problem is its own location, as they are settled in areas of steep slopes with high humidity and rainfall. For the inhabitants of the sub-basin Bajo-Cahoacán the problems perceived by them are related to frequent flooding, these due to poor planning in the dredging of the river, considering a lack of communication and interest by local authorities.

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2004) cerca de 196 millones de personas en más de 90 países se encuentran expuestas a inundaciones con consecuencias catastróficas. México no es la excepción, debido a su ubicación geográfica, está expuesto a diferentes eventos meteorológicos e hidrometeorológicos, principalmente huracanes, que causan diversos daños tales como inundaciones, pérdidas de vidas humanas y materiales, de servicios y sistemas de producción, así como daños a los ecosistemas frágiles. Estos daños aumentan más con el arrastre de suelos y deslizamientos, agravados en gran parte por la deforestación y la ubicación de asentamientos humanos en zonas susceptibles a inundaciones y deslizamientos (CONAGUA, 2008).

El estado de Chiapas es uno de los sitios más afectados por eventos de inundaciones, provocado principalmente por el paso de huracanes que frecuentemente azotan la región. Uno de ellos fue el huracán “Stan”, Categoría 1 en la escala Saffir-Simpson, ocurrido en el año 2005. Según datos del gobierno del estado de Chiapas (2005), Stan provocó la muerte de 82 personas y daños estimados por 10 mil 149 millones de pesos, afectando a 41 municipios del Estado por las lluvias torrenciales, inundaciones y deslaves y dejando a miles de personas sin hogar. Este desastre es considerado como el peor que ha sufrido la región desde el huracán Mitch en 1998.

La cuenca del río Cahoacán en Chiapas es propensa a presentar deslizamientos en la parte alta e inundaciones en la parte baja, que afectan a más de 12 000 habitantes de la cuenca y sus alrededores, debido a que presenta valores de erosión hídrica (51 620 ton/ha/año) superiores a los de otras zonas de la región y el estado de Chiapas; de continuar deforestando las zonas altas de la cuenca, en especial de bosque mesófilo poco utilizados en la agricultura de temporal, se estima un incremento del 250% en pérdida de suelo (Santacruz, 2006).

La deforestación, aunada a la morfología de la cuenca y las precipitaciones intensas de las tormentas tropicales y huracanes, están entre las principales causas de las inundaciones que ocurren en la cuenca del río Cahoacán. Las precipitaciones en exceso se concentran de forma rápida en la parte baja de la cuenca por las altas pendientes de la zona montañosa, lo que provoca altas velocidades del flujo.

En este contexto y considerando que el riesgo por inundaciones y deslizamientos está altamente vinculado con la intensidad del peligro y la vulnerabilidad social

existente (Lavell, 1996 y Wilches-Chaux, 1998), resulta primordial evaluar la vulnerabilidad de la cuenca del río Cahoacán, con la finalidad de diseñar estrategias y acciones para prevenir y mitigar daños, con base a la identificación de los factores que la afectan y la hacen vulnerable a desastres.

Tomando en cuenta lo antes dicho, el presente estudio analiza la vulnerabilidad y riesgo a desastres en esta cuenca, para lo cual se integraron los principales factores biofísicos, socioeconómicos e institucionales que se relacionan con la vulnerabilidad a desastres; y mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) se generaron mapas que representan las áreas vulnerables y los factores que se relacionen con daños.

Este estudio puede tener varios usos, entre ellos está la priorización de áreas críticas y de intervención de inversión de los recursos económicos, servir de base a los tomadores de decisiones, para enfocar la gestión de la cuenca, sugiriendo un mejor uso de las zonas vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos; puede ser usada además en la gestión para la reducción del riesgo, para la seguridad de la población, permitiendo la construcción en sitios seguros, con rutas de evacuación seguras, para reducir el riesgo de obras ya construidas tales como carreteras, sistemas de agua y puentes. Los usuarios potenciales de este estudio son múltiples: pobladores de la cuenca del río Cahoacán, Proyecto Cahoacán-UICN-SHNS-FGRA, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Gobierno del Estado de Chiapas, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), usuarios agrícolas, Secretaría de la Defensa Nacional, Organismos de Agua potable, Comisión Federal de Electricidad, Universidades e Instituciones de Educación, Secretaría de Salud, Secretaría de Desarrollo Social, Protección Civil de Chiapas, PNUD, SEMAVI, SEMARNAT, H. Ayuntamientos de los municipios de la cuenca, CONANP, entre otros.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

- Determinar la vulnerabilidad y riesgo a deslizamientos en la subcuenca del Alto-Cahoá y de inundaciones en la subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México a fin de proponer soluciones, desde una perspectiva local.

1.1.2 *Objetivos específicos*

1. Determinar la vulnerabilidad integral a deslizamientos en la subcuenca del Alto-Cahoá.
2. Determinar la vulnerabilidad integral a inundaciones en la subcuenca del Bajo-Cahoacán.
3. Determinar amenaza de deslizamientos mediante el método Mora-Vahrson y Análisis Multicriterio en la subcuenca del Alto-Cahoá.
4. Caracterizar la morfometría de la cuenca y estimar la susceptibilidad de inundaciones en la subcuenca Bajo-Cahoacán.
5. Conocer la percepción de los pobladores de las subcuencas Alto-Cahoá y Bajo-Cahoacán acerca de la vulnerabilidad y riesgo a inundaciones.

1.2 Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las vulnerabilidades de las comunidades en las subcuencas en estudio?
- ¿Cuáles son los sitios amenazados y en riesgo a inundaciones y deslizamientos en las cuencas Bajo-Cahoacán y Alto-Cahoá de la cuenca del río Cahoacán en Chiapas México?
- ¿Cuáles son las características morfológicas de la cuenca del río Cahoacán?
- ¿Qué zonas de las comunidades en estudio de la subcuenca Bajo-Cahoacán se afectan con una inundación?
- ¿Cuál es el grado de percepción local que tienen las comunidades acerca del riesgo a inundaciones y deslizamientos?
- ¿Cuáles son las propuestas y soluciones participativas que plantean las comunidades para disminuir el riesgo por inundaciones y deslizamientos?

2 MARCO REFERENCIAL

De acuerdo al PNUD (2004) cerca de 196 millones de personas en más de 90 países se encuentran expuestas a inundaciones con consecuencias catastróficas. También indica que países con bajo producto interno bruto per cápita, baja densidad demográfica local y gran exposición física, son los que sufren mayores riesgos a inundaciones. Las inundaciones son responsables de una alta tasa de mortalidad en países con zonas rurales pobres escasamente pobladas, donde no existe la preparación para casos de desastre, ni sistemas de alerta temprana y donde la cobertura sanitaria es insuficiente y de difícil acceso. Los habitantes de esas zonas tendrán menos posibilidades de ser evacuados a tiempo y serán más vulnerables a las enfermedades mortales relacionadas con las inundaciones. Un promedio de 170 010 personas murieron en inundaciones entre 1980 y 2000 (Figura 1) (PNUD, 2004).

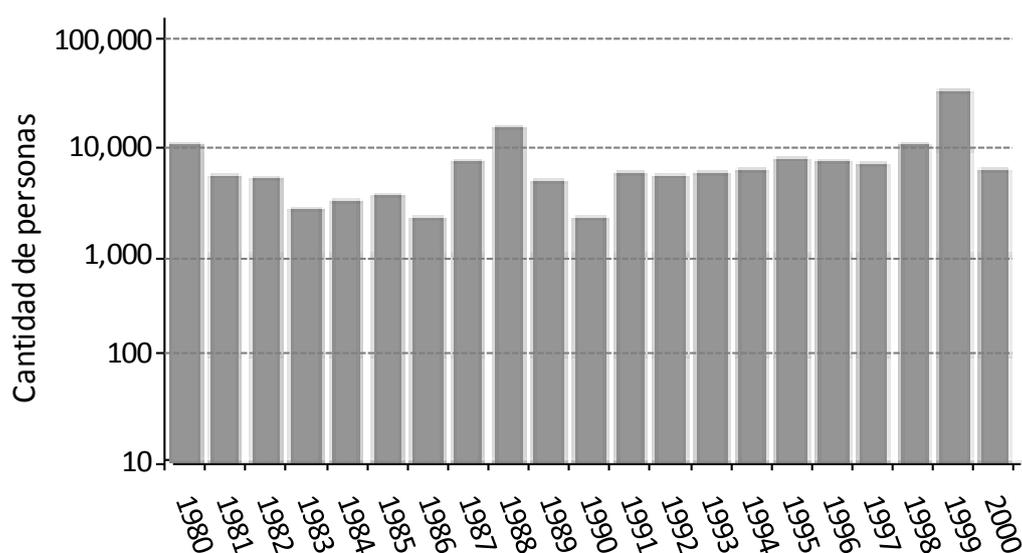


Figura 1. Víctimas mortales por inundaciones entre 1980 y 2000 (Fuente: PNUD, 2004).

Los trabajos de tesis y otras publicaciones en revistas o comunicaciones técnicas relacionados a inundaciones son relativamente nuevos en Latinoamérica. Durante los años 90 en el CATIE se realizaron las primeras dos tesis sobre las inundaciones, su dinámica y su modelación, una sobre análisis de inundaciones en el río Tuis por medio de modelación hidrológica e hidráulica (Madrigal 1995) y otra sobre la dinámica de inundaciones del río Colorado y su impacto en Turrialba, Costa Rica (Aparicio 1999). Fue hasta el 2001 que Meléndez (2001) y Buch (2001) trabajaron con vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos, y riesgo a deslizamientos; el primero llevado a cabo en

Costa Rica y el segundo en Guatemala. Ya en el 2004 se realizaron tres estudios por Barriga, Parra y Díaz; la primera trató el tema social en la reducción de la vulnerabilidad a riesgos en Nicaragua; la segunda se realizó en Costa Rica sobre el tema de vulnerabilidad a deslizamientos; y Díaz que trabajó con manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales en Honduras. En años más recientes, Salgado (2005) realizó un análisis del riesgo a deslizamientos e inundaciones en Honduras. Todos estos trabajos antes mencionados fueron realizados por estudiantes de posgrado del CATIE. En cuanto a tesis realizadas en la cuenca del río Cahoacán se encuentra la realizada por Santacruz (2006) en la que analizó la explotación, manejo e impacto sobre los recursos hídricos en el río. La escasa información encontrada al momento de la elaboración de este estudio, refleja que existen pocos trabajos técnicos sobre vulnerabilidad y riesgos a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Cahoacán, fuera de los trabajos y reportes técnicos relacionados al Proyecto Cahoacán UNICN-SHNS-FGRA. Se deduce que el abordaje de estos temas en Chiapas y en México en general también son muy limitados y más aún dentro de la zona de estudio, por lo que esta tesis representa un producto de interés, tanto para conocer la vulnerabilidad, como los riesgos a inundaciones y deslizamientos en esta región tan afectada por fenómenos hidrometeorológicos.

2.1 Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica se define como: *“un área natural en la que el agua de la precipitación forma un curso principal. Es una unidad fisiográfica conformada por el conjunto de sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Sus límites son las partes más altas del área que encierra un río y se definen naturalmente”* (Ramakrishna, 1997).

Bernis (2005) define la cuenca hidrográfica como una unidad territorial definida por el relieve y en la que el agua cae por precipitación y escurre a un punto común o fluye al mismo río, lago o mar; en esta unidad territorial viven seres humanos, plantas y animales y todos ellos se relacionan. Los límites se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas que encierran el río (Figura 2).

El Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) de México, órgano federal cuya misión es administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la

sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso, refiere a las cuencas hidrográficas como “*unidades naturales y morfológicas superficiales, definidas por una división de las aguas en un territorio dado. Sus límites son establecidos por la división geográfica principal de las aguas de las precipitaciones pluviales o parteaguas (línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja)*” (CONAGUA, 2008). En total se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas distribuidas en todo el territorio nacional.

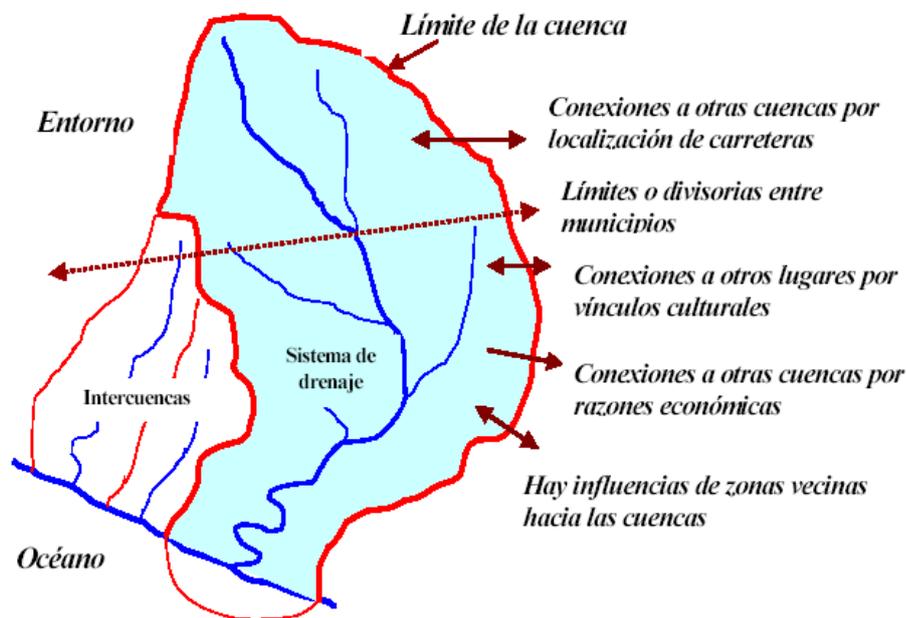


Figura 2. Cuenca hidrográfica y sus límites (Jiménez, 2008).

2.2 Cuenca de montaña

Básicamente es un nombre genérico utilizado para denominar aquellas cuencas que por las condiciones orográficas correspondientes de cada zona, país o región, tienen un recorrido desde sitios hipsométricamente superiores (parte alta de la cuenca) hasta sitios de menor altitud (parte baja de la cuenca). Las diferencias de altitud desde la parte alta o cabecera de la cuenca, con frecuencia también llamada parteaguas, hasta la parte baja o zona de emisión, pueden variar desde pocos metros (por ejemplo 100 m) hasta miles, como es el caso de las cuencas que nacen en la cordillera de los Andes y desembocan finalmente en el mar, por mencionar un caso. Las cuencas de montaña pueden tener cualquier tipo de cobertura, por lo que el término de montaña no se refiere

a la existencia de una cobertura vegetal boscosa. En las cuencas de montaña, sus límites quedan definidos por la divisoria geográfica de las aguas (parteaguas) (Jiménez, 2008).

2.3 Gestión integral de cuencas

Para la CONAGUA (2008) de México, la gestión integral de cuencas consiste en armonizar el uso, aprovechamiento y administración de todos los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna) y el manejo de los ecosistemas comprendidos en una cuenca hidrográfica, tomando en consideración, tanto las relaciones establecidas entre recursos y ecosistemas, como los objetivos económicos y sociales, así como las prácticas productivas y formas de organización que adopta la sociedad para satisfacer sus necesidades y procurar su bienestar en términos sustentables.

2.4 Cuenca como unidad de planificación

La sinergia entre eventos meteorológicos como lluvias intensas, huracanes y prácticas antrópicas inadecuadas como la quema, la deforestación, la construcción de viviendas en zonas vulnerables, entre otras, producen deterioro del suelo ocasionando erosión, deslizamientos, desbordamiento de ríos y su consiguiente inundación.

La cuenca se toma como un sistema en el que interactúan factores biofísicos y sociambientales, relacionados o unificados por el agua y otros recursos naturales. El manejo de la cuenca debe incluir entonces, el manejo adecuado de recursos naturales, ordenamiento territorial, prevención, reducción de vulnerabilidad y riesgo a desastres, educación y políticas de gestión y manejo (Jiménez, 2008).

2.5 Interacción parte alta, media y baja

La cuenca se puede dividir en cuanto a sus características de relieve, altura y aspectos climáticos en: parte alta, media y baja (Figura 3). Esto facilita la comprensión de cómo las partes altas influyen en las partes bajas, por ejemplo cómo la deforestación de partes altas aumenta la vulnerabilidad a inundaciones (Llerena, 1996).

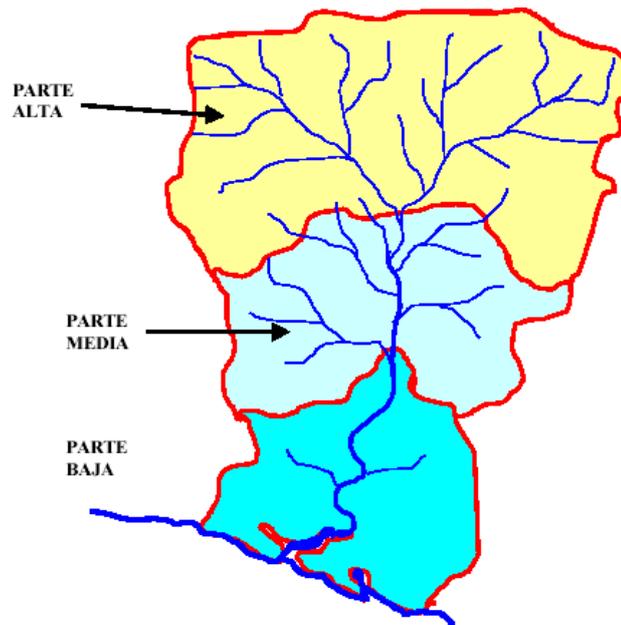


Figura 3. Esquema de la división de la cuenca por altitud (Jiménez 2008).

2.6 Desastre

Los desastres son efectos adversos causados por eventos o sucesos de origen natural o antrópico en el tiempo y espacio. Tiene repercusiones sobre las personas, la salud, infraestructura, patrimonio cultural y arquitectónico, destrucción de bienes y servicios y daños o alteraciones en el ambiente, como resultado de la ocurrencia de un evento en forma repentina e inesperada que ocasiona alteraciones sobre el ambiente, como lo son: terremotos, inundaciones, huracanes, vulcanismo, deslizamiento, entre otros (Monges, 1992).

Las pérdidas por desastres interactúan además con fuerzas de tensión como las crisis financieras, los conflictos políticos o sociales, las enfermedades, y el deterioro del medio ambiente, lo que puede incluso agravarlas. Esto trae consigo desorganización en el curso normal de la vida y genera en las personas desamparo y sufrimiento, además de graves efectos sobre la estructura social y económica de la región afectada. Lo que conlleva a la necesidad de asistencia e intervención inmediata (Wilches-Chaux, 1989; Darío, 1996).

El desastre puede interpretarse como sigue: $\text{Riesgo} \times \text{Vulnerabilidad}$. El desastre también se puede medir en términos de las consecuencias, como son: el número de personas muertas y heridas; el valor de las pérdidas materiales; la falta de preparación de los gobiernos para enfrentarlos; los traumatismos sociales o políticos que ocasiona

(Wilches-Chaux, 1989); o como lo indica Monges (1992) por los daños y pérdidas materiales y económicas.

2.7 Riesgo

Es la probabilidad de que se produzcan consecuencias perjudiciales o pérdidas de vidas, heridos, destrucción de propiedades o infraestructura y medios de vida, trastornos de la actividad económica y/o daños al medio ambiente en un sitio particular y por la exposición a un fenómeno natural o antrópico de una magnitud determinada. Se relaciona con la vulnerabilidad que tengan los elementos en riesgo de ser afectados por un evento desastroso. Se obtiene de relacionar la amenaza con una intensidad específica y con la vulnerabilidad de los elementos expuestos: $\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad} \times \text{Amenaza}$ (Anexo 4). Debido a que reducir la amenaza resulta casi imposible, se trabaja reduciendo la vulnerabilidad a fin de reducir el riesgo (Darío, 1996; Jiménez, 2007).

Darío (1996) propone tres pasos para evaluar el riesgo: evaluar la amenaza, analizar la vulnerabilidad y estimar el riesgo. También propone una serie de actividades para evitar o mitigar efectos adversos en las personas, bienes, servicios y medio ambiente, como podría ser el planeamiento de la prevención y preparación para atender a la población que puede ser potencialmente afectada.

2.8 Amenaza

La amenaza es un factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por la probabilidad de ocurrencia en un tiempo y lugar determinado de un evento o fenómeno físico de origen natural o antrópico produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, los servicios o para el ambiente. Matemáticamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un periodo de tiempo determinado (Wilches-Chaux, 1989; Darío, 1996).

La amenaza se evalúa mediante un proceso que analiza el potencial de ocurrencia y severidad de un fenómeno que representa peligro en un tiempo específico y área determinada. Se representa por la recurrencia estimada y el área de influencia geográfica (Darío, 1996).

Para manejar la amenaza se toman medidas de mitigación relacionadas con la intervención de los fenómenos asociados con la misma. De ser posible se toman

medidas técnicas, obras de protección o medidas de seguridad que eviten la ocurrencia de los eventos peligrosos (Darío, 1996).

2.9 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se puede definir como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad, de daño o pérdida de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. De acuerdo a la magnitud e intensidad del evento dado, es expresada usualmente en una escala que va del 0 (sin daño) al 100 (pérdida total) (Wilches-Chaux, 1993; Jiménez, 2007).

La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad. La diferencia de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante un evento peligroso determina la severidad de las consecuencias de dicho evento sobre los mismos (Darío, 1996).

2.9.1 Vulnerabilidad global

La vulnerabilidad global, es un sistema dinámico, en la que tanto factores y características confluyen en una comunidad en particular. Se divide en distintas vulnerabilidades que se encuentran interconectadas entre si, pudiendo destacar que estas divisiones son sólo diferentes perspectivas que permiten evaluar la vulnerabilidad como un fenómeno global. Estas son: la vulnerabilidad física, ecológica, económica, social, política, cultural, técnica, ideológica, educativa e institucional (Wilches-Chaux, 1993).

A continuación se describen los diferentes componentes de la vulnerabilidad global tomados de Wilches-Chaux (1993), las cuales se encuentran estrechamente interconectadas.

2.9.1.1 Vulnerabilidad física

Está referida directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dichos riesgos.

2.9.1.2 Vulnerabilidad social

Se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. Cuanto mejor y mayor se desarrollen las interrelaciones dentro de una comunidad, es decir, sus miembros entre si y a su vez con el conjunto social, menor será la vulnerabilidad presente en la misma. La diversificación y fortalecimiento de organizaciones de manera cuantitativa y cualitativa encargadas de representar los intereses del colectivo, pueden considerarse como un buen indicador de vulnerabilidad social, así como mitigadores de la misma.

2.9.1.3 Vulnerabilidad ecológica

La definen las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona, esto es, cuanto mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica. Por ser la naturaleza un sistema en constante actividad que desarrolla ciclos dentro de si misma; es posible afirmar que así como ingresa energía a ésta, así mismo expulsará la misma cantidad con el fin de mantener el balance interno e incluso externo.

2.9.1.4 Vulnerabilidad económica

Viene dada directamente por los indicadores de desarrollo económico presentes en una población, pudiéndose incluso afirmar que cuanto más deprimido es un sector, mayor es la vulnerabilidad a la que se encuentra ante los desastres. Es importante acotar que el inicio de los desastres viene dado directamente por la presencia de un evento natural, pero es la vulnerabilidad humana, la degradación ambiental, el crecimiento demográfico y la falta de preparación y educación ante los mismos, los factores que dominan los procesos de desastres, llegándolos a convertir en catastróficos.

2.9.1.5 Vulnerabilidad política

Constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que le afectan, es decir, mientras mayor sea la autonomía, mayor será la vulnerabilidad política de la comunidad.

2.9.1.6 Vulnerabilidad técnica

Viene dada por la presencia y/o ausencia de infraestructuras o diseños de edificaciones resistentes o adaptables a la diversidad de eventos o amenazas a la cual está una comunidad expuesta.

2.9.1.7 Vulnerabilidad ideológica

La respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre "natural", o ante el desastre mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo que posean sus miembros. Si en la ideología predominante se imponen concepciones fatalistas, según las cuales los desastres "naturales" corresponden a manifestaciones de la voluntad de Dios, contra las cuales nada podemos hacer los seres humanos, las únicas respuestas posibles serán el dolor, la espera pasiva y la resignación.

2.9.1.8 Vulnerabilidad cultural

Está referida a la forma de reaccionar de una comunidad ante un desastre. Ésta dependerá del grupo humano que se vea afectado, de su organización, del sentido de pertenencia y de propósito compartido. También tienen una función importante los medios de comunicación, que contribuyen más a una sensación de impotencia ante desastres en el receptor de la noticia.

2.9.1.9 Vulnerabilidad educativa

Está representada principalmente con la preparación académica en distintos niveles, que permite a los ciudadanos aplicar tales conocimientos en su vida cotidiana como herramienta válida para enfrentar las situaciones de peligro presentes en la zona que habitan.

2.9.1.10 Vulnerabilidad institucional

Viene representada por la presencia o ausencia de organizaciones o comités encargados de velar por el adecuado manejo y coordinación de las situaciones de emergencias presentes, como consecuencias de un evento o desastre, esto se traduce en la capacidad de respuesta ante tales situaciones de emergencia.

2.10 Mitigación

En el término de desastres se refiere a las medidas de preparación, prevención y reducción del riesgo, que se toman antes de que el desastre ocurra. Implica no solo salvar vidas y reducir pérdidas a la propiedad, sino también reducir consecuencias adversas que causan a las actividades económicas y productivas, así como, a las instituciones sociales. Por mencionar algunas medidas se considera, el construir edificaciones resistentes o usar técnicas de evaluación de riesgos en la planificación del uso del suelo (Jiménez, 2007).

2.11 Deslizamientos

Es un fenómeno topográfico en el cual, el material de la superficie de la corteza terrestre (suelo, rocas, arena, etc.) se desplaza de las partes altas, hasta las partes bajas de un cerro, movidos fundamentalmente por la fuerza de gravedad. Los deslizamientos pueden ser lentos o rápidos debido al aumento de peso, pérdida de consistencia de los materiales o desequilibrio de la ladera. También tienen una función importante los movimientos sísmicos, las lluvias, el vulcanismo. Deben de considerarse además, factores como la deforestación y nivel de aguas subterráneas (Monges, 1992), los cuales tienen diferentes causas y tipos (Figura 4).

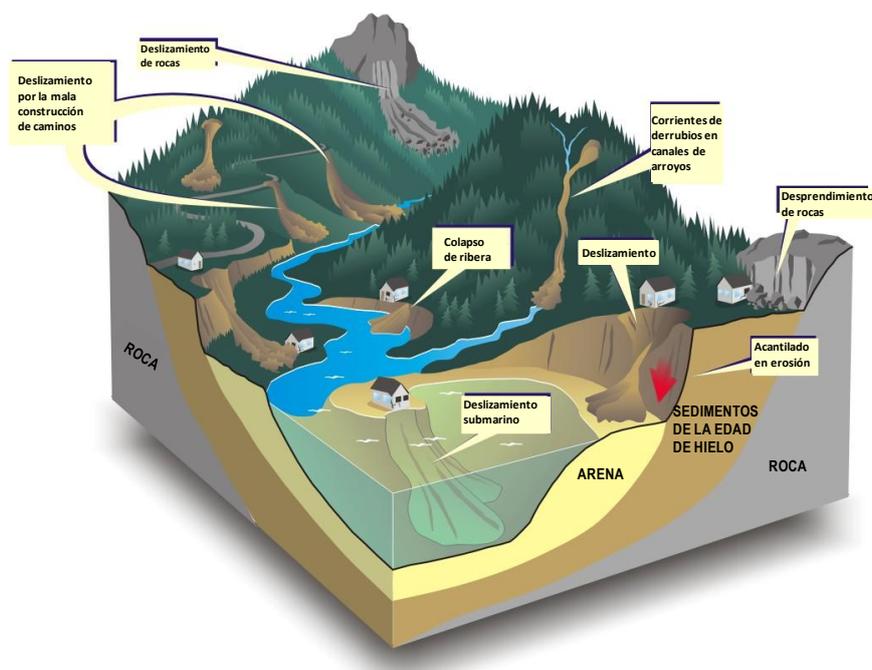


Figura 4. Diferentes tipos de deslizamientos en diferentes partes de una cuenca (GSC, 2008).

2.11.12.1 Principales causas de deslizamientos

Los siguientes conceptos y definiciones fueron tomados de Monges (1992).

2.11.1.1.1 Geología

Factores litológicos: cuando las rocas no están consolidadas y pueden removerse con facilidad.

Factores estructurales: grietas, fallas, diaclasas (fractura de roca que no lleva a deslizamiento) y plegamientos en el relieve que por meteorización química o física, provocan descomposición o desnudamiento de rocas.

Factores de vulcanismo: dispara fenómenos de inestabilidad por la actividad volcánica y por la acumulación de materiales fragmentarios como cenizas y bloques.

Factores tectónicos: ondas sísmicas que contribuyen en el desplazamiento de material superficial en los cerros.

2.11.1.1.2 Topografía

Laderas de pendientes muy pronunciadas y desprovistas de vegetación.

2.11.1.1.3 Clima

Factores meteorológicos: las fuertes y continuas lluvias que crean sobrecarga. Las precipitaciones se combinan con el tipo de suelo. Un suelo arcilloso se satura y se hace más pesado, esto junto al grado de pendiente puede deslizarse con mayor facilidad.

2.11.2 Tipos de deslizamientos

Las siguientes descripciones y figuras fueron tomados del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) (Higland, 2004).

Deslizamientos: en un sentido estricto, se refiere a movimientos de masa, en donde existan zonas débiles en la superficie que las separe de materiales más estables. Los principales son: rotacionales y traslacionales. El primero se produce donde la superficie de ruptura es curva, el segundo se produce cuando la superficie de ruptura es más o menos plana y la masa se mueve paralela a la superficie del terreno. Dentro de esta última categoría se encuentra el deslizamiento en bloques, en donde la masa es un solo bloque que se mueve pendiente abajo (Figura 5A, 5B y 5C).

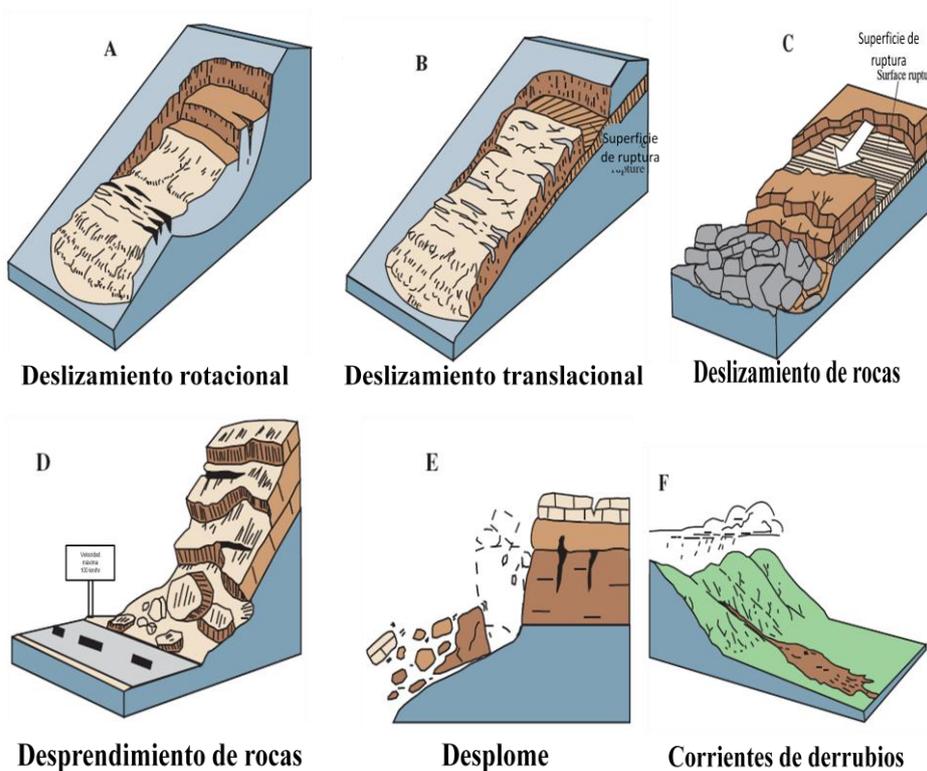
Rodados: son desprendimientos de rocas con movimientos bruscos y cantos rodados de material geológico que se desprenden de cuevas empinadas o acantilados.

Son provocados usualmente por la gravedad y ocurre frecuentemente a lo largo de caminos empinados (Figura 5D).

Derrumbe (Desplome): rotación de rocas fuera de su posición. Usualmente no contiene mucho movimiento, en ocasiones no provoca necesariamente desprendimiento de roca (Figura 5E).

Flujos de detritos o aludes: la mayoría se forma después de períodos de intensas lluvias, se pueden diferenciar cinco categorías: corriente de derrubios (movimiento de masa rápido ocasionado comúnmente por fuertes precipitaciones, Figura 5F), avalancha de derrubios (variedad de corriente de derrubio que va de flujo muy rápido a extremadamente rápido, Figura 5G), flujos de tierra (se caracteriza por tener forma de reloj de arena, Figura 5H) suele ocurrir en pendientes moderadas), flujo de lodo (consiste en material lo suficientemente húmedo para fluir rápidamente y contiene al menos 50% de partículas de arena, limo y arcilla), arrastre (movimiento constante e imperceptible de la pendiente, formando suelo y rocas, Figura 5I) .

Propagación lateral: ocurren usualmente en pendientes suaves o terrenos planos, los movimientos son laterales acompañados de fracturas, suelen ser inducidas por un sismo, se propagan usualmente de 3 a 5 metros. (Figura 5J).



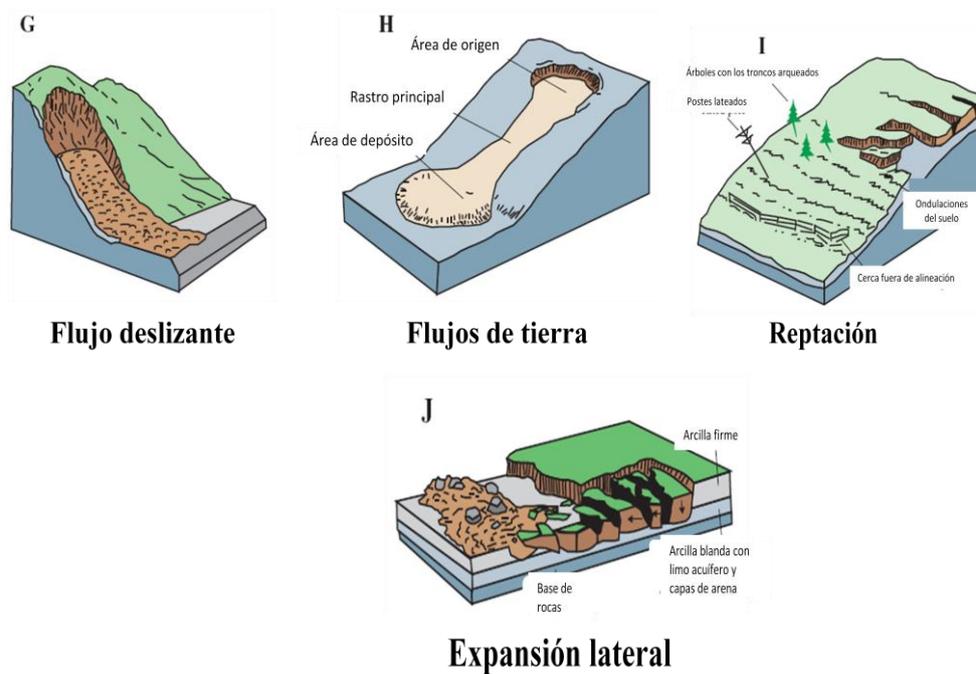


Figura 5. Principales tipos de deslizamientos (Higland, 2004).

2.12 Inundaciones

Son los principales desastres que afectan a los países del tercer mundo. Se puede definir como el aumento anormal en el nivel de las aguas, o sumersión en agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas por efectos del ascenso temporal de ríos, lagos, represas (Monge, 1992; Jiménez, 2007).

La falta de un ordenamiento territorial o su implementación es uno de los factores que pueden influir en la incidencia de las inundaciones. Grupos de familias de escasos recursos económicos, con bajo nivel cultural y problemas sociales se establecen en planicies de inundaciones o riberas de ríos y quebradas, ocasionando la reducción de la sección del cauce de los ríos, en consecuencia se generan graves inundaciones y su propia afectación. En la mayoría de las veces el desarrollo urbano produce sin planificación, sin tomar en cuenta el impacto hidrológico y ambiental para constatar que no se está alterando el caudal del río ni la población.

De acuerdo con Jiménez (2007) existen tres tipos de inundaciones:

Inundación repentina: ocurren dentro de las primeras seis horas de lluvia intensa. Requiere advertencias localizadas rápidas y de respuesta inmediata si se desea mitigar daños. Las causas de este tipo de inundación son debidas a la incapacidad de la cuenca de absorber y retener parte del agua, por falla en las presas o desalojo de bloques

en los ríos. Este tipo de inundaciones es una gran amenaza cuando el terreno es empinado.

Inundaciones fluviales: causadas por precipitaciones sobre cuencas de captación extensa o por derretimiento de nieve. Contrario a las repentinas, las fluviales se generan lentamente, a menudo son estacionales y continúan por días o semanas.

Inundaciones costeras: debidas a ciclones tropicales y por las olas de tormenta.

2.13 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG es un sistema conformado por equipos y programas utilizados para almacenar, recuperar, analizar, manipular y representar datos geográficos. Se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar, coordinar y capturar lógicamente transformar y presentar toda la información geográfica y sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Permite gestionar y analizar información espacial, además de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones (Chuvieco, 1996).

La importancia del SIG es que apoya en la solución de problemas que requieren diferentes tipos de información que sólo pueden ser conseguidos por distribución espacial, por lo que SIG permite manipular y almacenar información para analizar patrones, relaciones, y tendencias.

Los SIG son en la actualidad una herramienta de gran alcance, que facilitan la evaluación y máxima apreciación de fenómenos naturales, proporcionando una visión clara de las situaciones que no podrían ser vistas de otra manera. También han sido usados de manera efectiva en el estudio de problemas relacionados a desastres, ayudando a comprender la complejidad de los peligros naturales en el contexto geo-espacial y temporal. Tiene además la habilidad de integrar los datos ambientales y socioeconómicos en el análisis de la vulnerabilidad (Álvarez, 2001)

2.14 El programa “Flood area “

“FloodArea”, Versión 9.5.0.89 © März 2006 es un programa cuyo principal objetivo es delimitar zonas inundables, basándose en un grid de red de drenaje con sus respectivas asignaciones de niveles de agua. La simulación de áreas de inundación requiere de dos condiciones: 1) establecer bases de datos espaciales de calidad, incluyendo un modelo digital de elevación (MDE) con buena resolución. 2) establecer

atributos a la base de datos que incluirá la inundación. La exactitud de la realidad que muestre la simulación dependerá de la precisión de los valores de los pixel en el MDE y su resolución espacial (Nizam y Kamsin, 2008).

El cálculo de zonas inundables se basa en un enfoque hidrodinámico. Las ocho celdas vecinas a una celda central se consideran en el análisis. El volumen de descarga a las celdas se calcula utilizando la fórmula de Manning-Strickler (Ruiz et al., 2006):

$$V = k_{St} - r_{hy}^{2/3} - I^{1/2}$$

Donde

r_{hy} = radio hidráulico

I = gradiente

k_{st} = rugosidad

La profundidad de flujo se calcula de la diferencia entre el nivel del agua y la elevación máxima del terreno a lo largo de la trayectoria del flujo.

2.15 Aplicabilidad del método Mora-Vahrson

El método Mora-Vahrson se ha aplicado en varios países; un caso de ellos fue en Papagayo, Costa Rica para zonificar amenazas por deslizamientos. Los autores señalan que el resultado de esta investigación debe ser utilizado como una herramienta para el diseño y ubicación de las diferentes obras de infraestructura en este caso del proyecto, sin sustituir los estudios geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de media a muy alta. La metodología es simple, cada uno de sus factores es claro y la terminología utilizada es ampliamente aceptada. Se basa en parámetros que pueden determinarse de manera rápida y barata en el campo y en la oficina, así como, en valoraciones que incluyen el peso relativo de los parámetros. Sin embargo, la metodología no es capaz de pronosticar el tipo de deslizamiento que podría presentarse (Mora et ál., 1992).

En El Salvador se llevó a cabo un estudio para analizar movimientos fuertes (sísmicos) y condiciones climáticas (precipitaciones) en relación con los deslizamientos de tierra inducidos. Al utilizar el método Mora-Vahrson se consideró que este subestimó el peligro de deslizamientos de tierra debido a la baja ponderación de los niveles de precipitaciones que fueron utilizados para el método definido para Costa Rica, ya que

las condiciones en El Salvador resultaron ser muy diferentes; sin embargo, pueden calibrarse (Rodríguez et ál., 2006).

Sobre un estudio realizado en Colombia con el uso del método Mora-Vahrson, se encontró que este tipo de análisis con los SIG puede ser fácilmente difundido para incluir la exposición de diferentes elementos en riesgo como caminos, edificios y otras estructuras (Kjekstad et ál., 2007).

En una consulta sobre prioridades en Guatemala al momento de seleccionar áreas geográficas en función del riesgo a deslizamientos se encontró que algunos municipios que deberían aparecer en clasificaciones de alta prioridad no aparecían, porque se utilizó una escala de 1:250 000 en el análisis de Mora-Vahrson. Al ser demasiado general, la amenaza se disolvió en barrancos de la zona metropolitana de Guatemala, por lo que se recomiendan usar escalas más pequeñas para mejor detalle (Ovando, 2007).

Salazar (2007) estimó la amenaza por deslizamiento en el valle de Orosí, Costa Rica por medio del método Mora-Vahrson, del cual concluyó que este podría tener varios usos: (1) planificación hacia una gestión integral del territorio evaluado (que puede sugerir un mejor uso del suelo); (2) gestión para la reducción del riesgo para la seguridad de la población (lo que permite una urbanización segura con rutas de evacuación igualmente seguras y eficaces); (3) gestión para la reducción del riesgo de obras ya construidas, como por ejemplo, líneas de transmisión de alta tensión, carreteras, sistema de agua potable.

Los resultados de estas investigaciones debe ser utilizados como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación urbana, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, sin sustituir estudios geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de media a muy alta (Mora, 2004).

3 METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación

La cuenca del río Cahoacán se encuentra ubicada en el sureste del estado de Chiapas, México (Figura 6), cubre un área de 2 697 km² que abarca a los municipios de Cacahoatán, Tuxtla Chico, Tapachula, Frontera Hidalgo y Suchiate. Limita al noreste con la cuenca Suchiate y la cuenca Coatán y al suroeste con Guatemala, incluye los ejidos de El Águila, El Platanar, El Progreso, Agustín de Iturbide, Ahuacatlán, Guatimoc, Salvador Urbina, Faja de Oro, Los Ángeles, Carrillo Puerto, Cacahoatán, Manuel Lazos, Silvano Gatica, Miguel Hidalgo, Tapachula, Guadalupe Victoria, Veinte de Noviembre, Barra de Cahoacán (El Chical) y La Cigüeña. Tiene una población estimada de 200 000 habitantes (UICN, 2008).

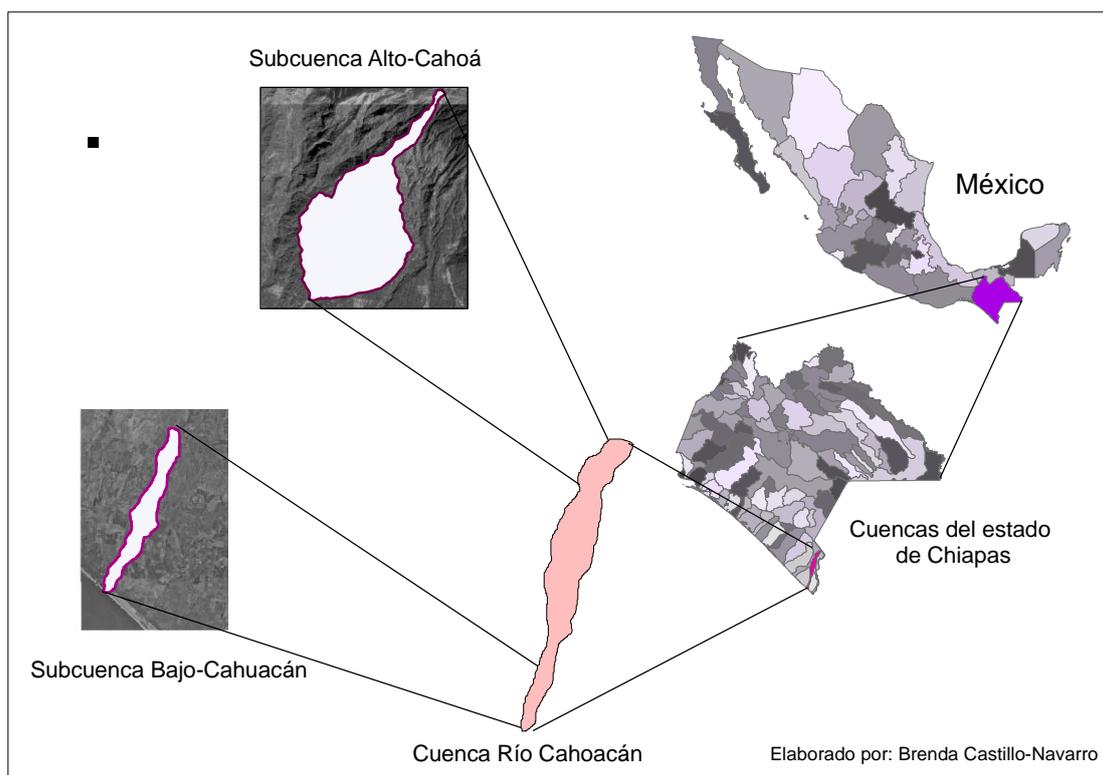


Figura 6. Localización de la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México.

3.1.2 Clima

En la cuenca del río Cahoacán se presentan dos picos anuales de lluvia: junio y septiembre. Sin embargo, se puede distinguir un marcado período de precipitaciones durante los meses de mayo a octubre (Mapas digitales del INEGI).

En la subcuenca del Alto-Cahoá el clima predominante es semicálido húmedo y cálido con lluvias intensas durante el verano, y temperaturas medias anuales entre 18° y 22 °C (Figura 7).

En la subcuenca del Bajo-Cahoacán el clima es cálido subhúmedo, destacando que se encuentra entre el clima más húmedo de los subhúmedos, con una temperatura media anual mayor de 22 °C, con régimen de lluvias durante el verano (Figura 8).

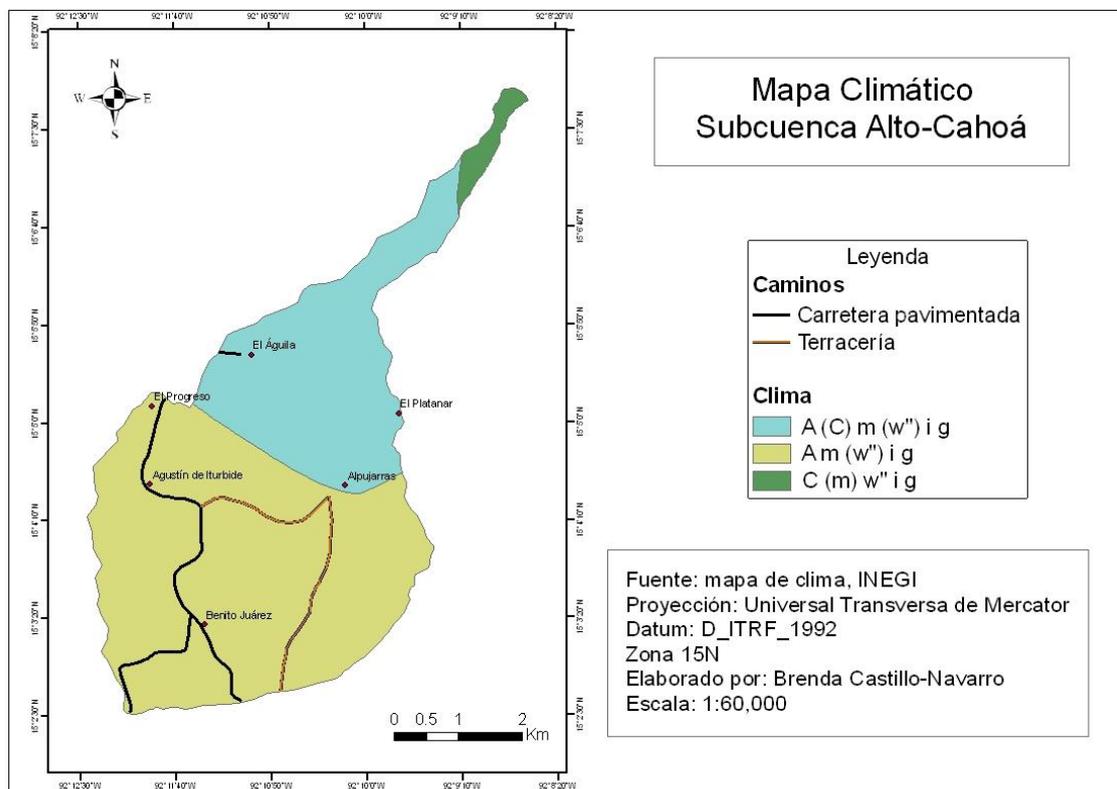


Figura 7. Mapa del clima, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México¹.

1

A(C) m(w)= semicálido húmedo con lluvias intensas de verano que compensan la sequía de invierno; precipitación del mes más seco inferior a los 60 mm, con un % de lluvia invernal menor de 5; **A m(w)**= cálido húmedo con lluvias intensas de verano que compensan la sequía de invierno; precipitación del mes más seco inferior a los 60 mm, con un % de lluvia invernal menor de 5; **C(m)w**= templado húmedo con lluvias intensas de verano que compensan la sequía de invierno; precipitación del mes más seco inferior a 40 mm, con un % de lluvia invernal menor de 5 (INEGI 1990).

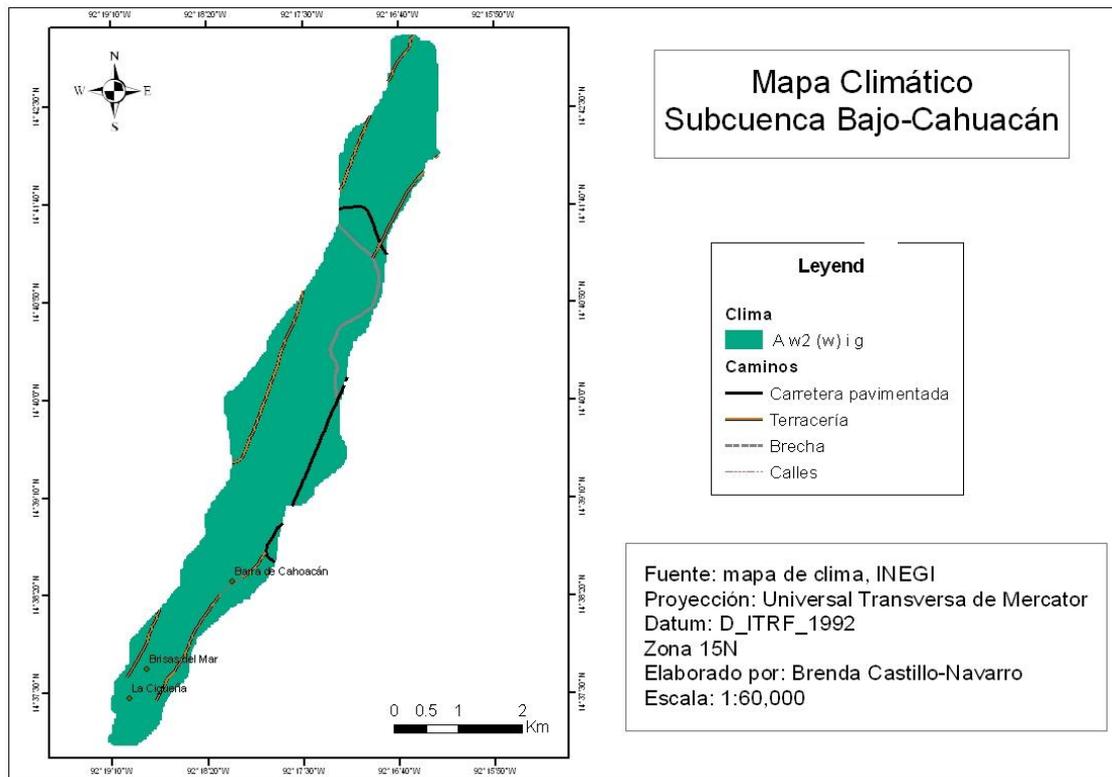


Figura 8. Mapa del clima, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México².

3.1.3 Precipitación

La precipitación pluvial anual en la cuenca del río Cahoacán va de los 500mm en las partes bajas a los 5000 mm en las partes altas. Es en la parte alta en donde se presenta la mayor precipitación, de los 3500 a los 5000 mm (Santacruz 2006)

De acuerdo a los mapas digitales del INEGI, en la subcuenca del Alto-Cahoá la precipitación pluvial va de los 2 500 mm a los 5000 mm, mientras que en la subcuenca Bajo-Cahoacán la precipitación no rebasa los 1 000 mm (Figura 9 y 10).

² $Aw_2(w)$ = Cálido subhúmedo con un cociente P/T (precipitación total anual en mm, sobre temperatura media anual °C) mayor de 55,3 (INEGI, 1990).

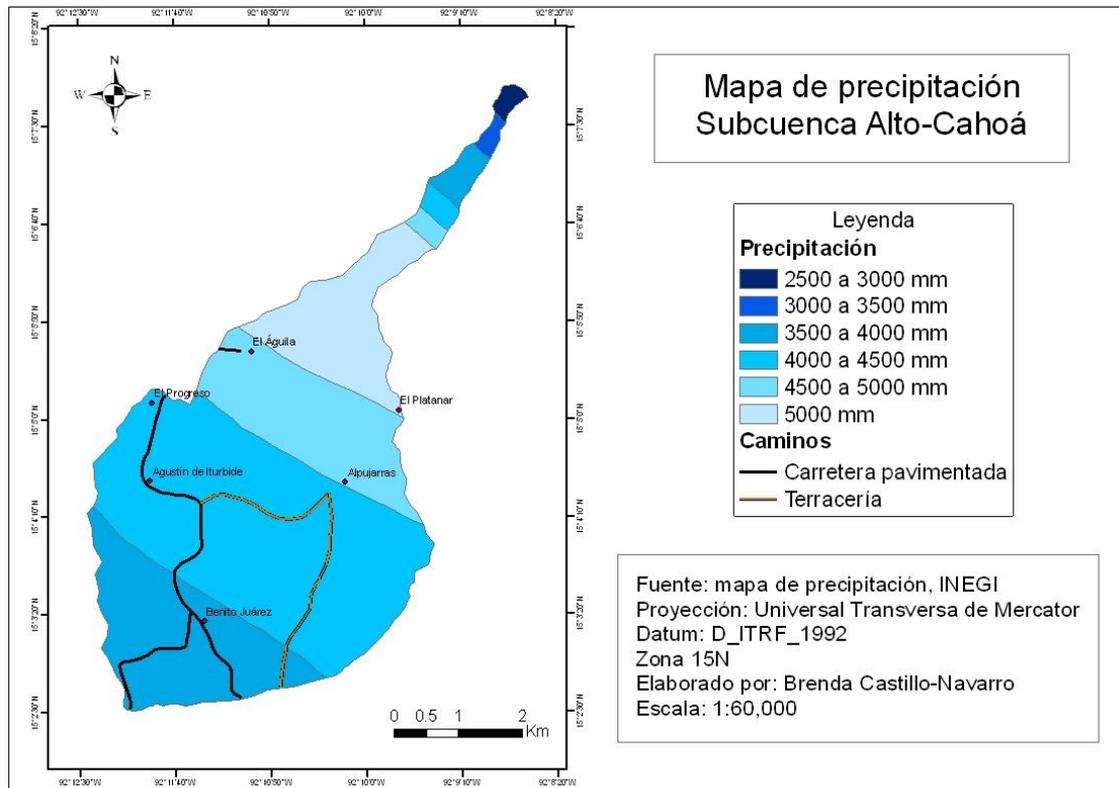


Figura 9. Mapa de precipitación, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.

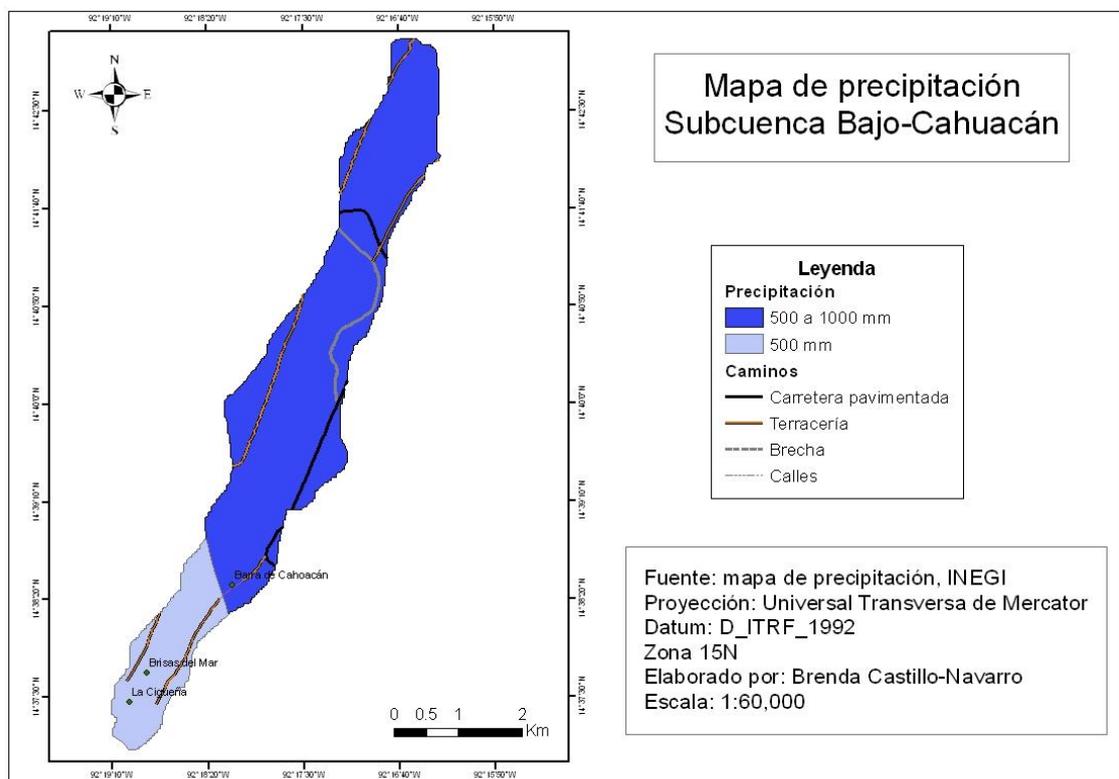


Figura 10. Mapa de precipitación, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.

3.1.4 Suelos

El tipo de suelo predominante en la cuenca del río Cahoacán es el Acrisol. En la parte alta de la cuenca se diferencian dos tipos: el andisol y Acrisol; el Cambisol en la parte baja; y una franja que se extiende a lo ancho de la desembocadura con suelo tipo Regosol. Una descripción de los suelos pueden observarse en el Anexo 4.

Concretamente, en la subcuenca del Alto-Cahoá, en el 76% de la superficie predominan suelos andosoles y Acrisoles un 24% (Figura 11); mientras que en la subcuenca Bajo-Cahoacán, el 94% de la superficie está formada por suelo Cambisol eútrico, Figura 12b (Anexo 10).

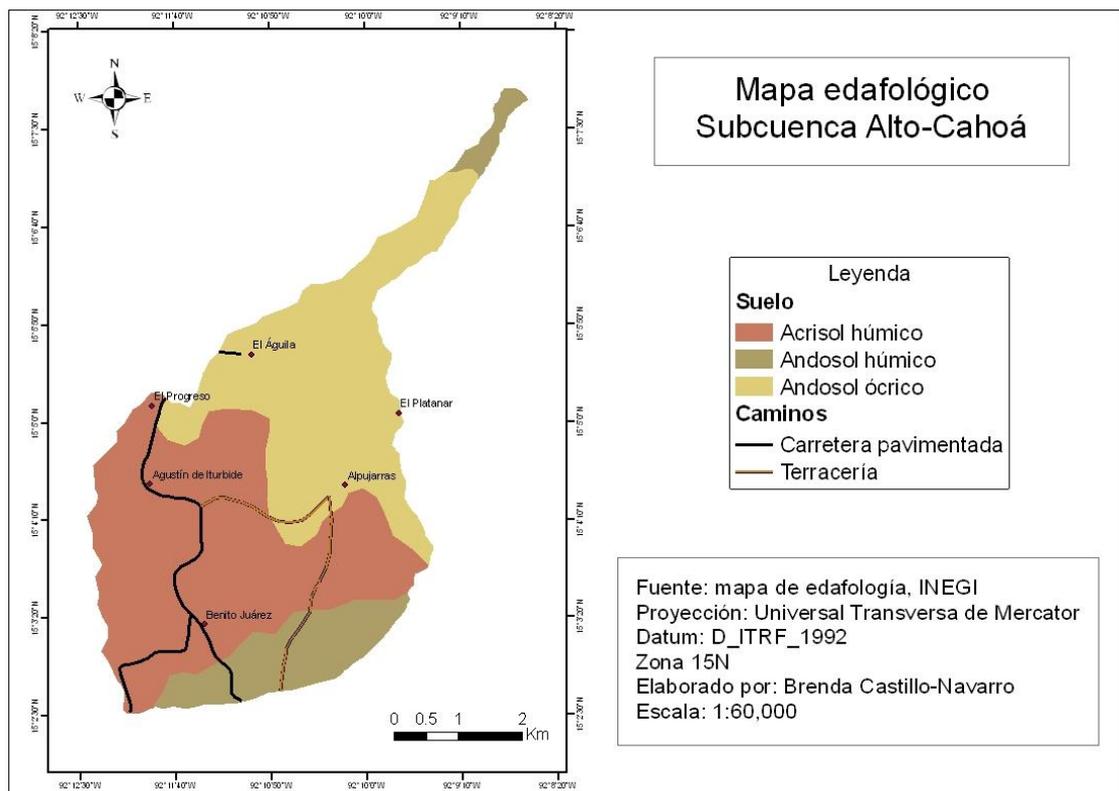


Figura 11. Mapa de suelos, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.

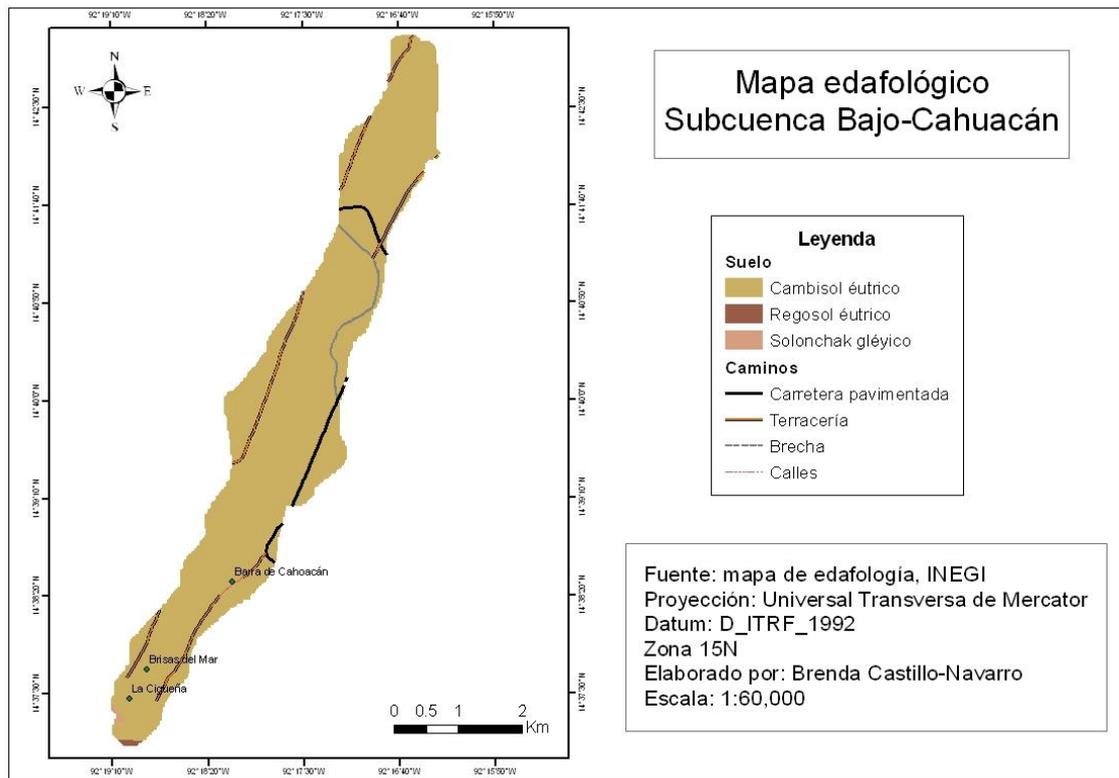


Figura 12. Mapa de suelos, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.

3.1.5 Geología

Son dos tipos de rocas los que predominan en la cuenca: la aluvial, que abarca desde la parte media hasta la baja de la cuenca; y la toba intermedia, roca ígnea extrusiva en la parte alta de la misma cuenca.

En la subcuenca del Alto-Cahoá el 60% de la superficie son rocas andesitas de tipo ígnea extrusiva, de la era cenozoica del terciario superior; 35% de tobas intermedias de tipo ígnea extrusiva, de la misma era que la anterior; y 5% de roca granito de tipo roca ígnea intrusiva de la era paleozoica (Figura 13 y Anexo 10).

En la subcuenca del Bajo-Cahoacán el 98,98% de la superficie está formada de roca aluvial, el restante 1,02% se considera latita y una pequeña zona de litoral. Los suelos pertenecen a la era cenozoica cuaternaria, de origen sedimentaria y volcanosedimentarias (Figura 1b y Anexo 10).

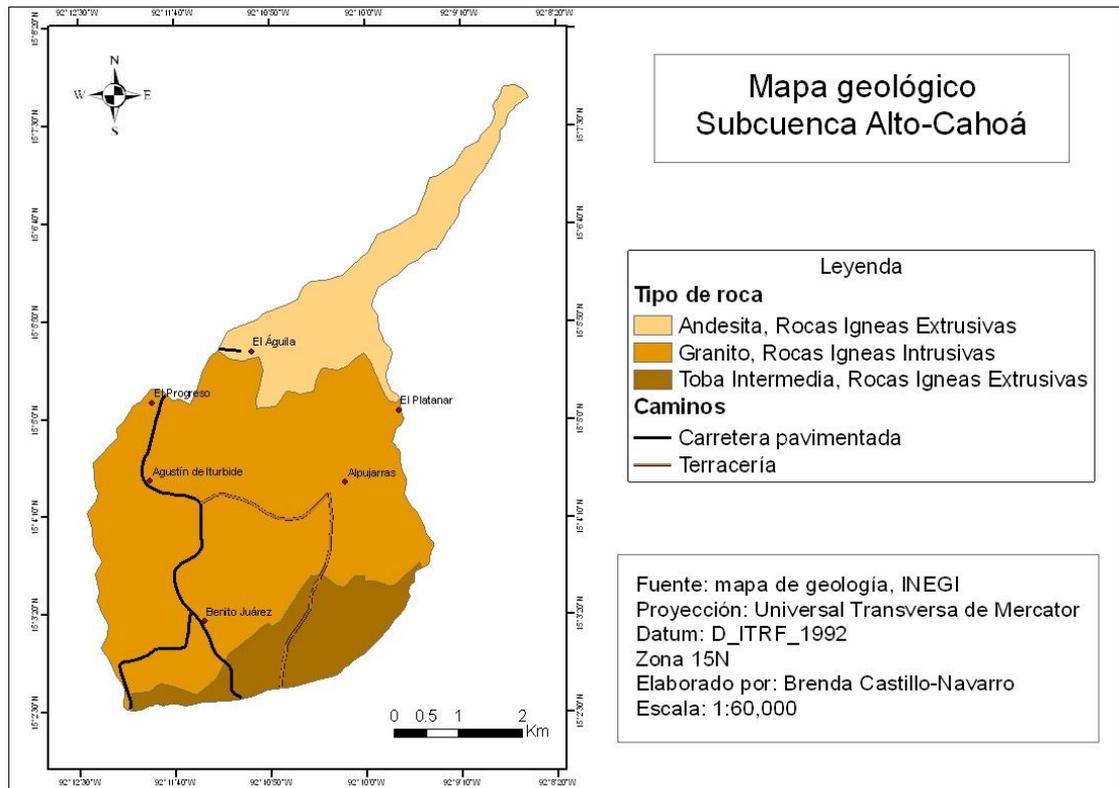


Figura 13. Mapa de geología, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.

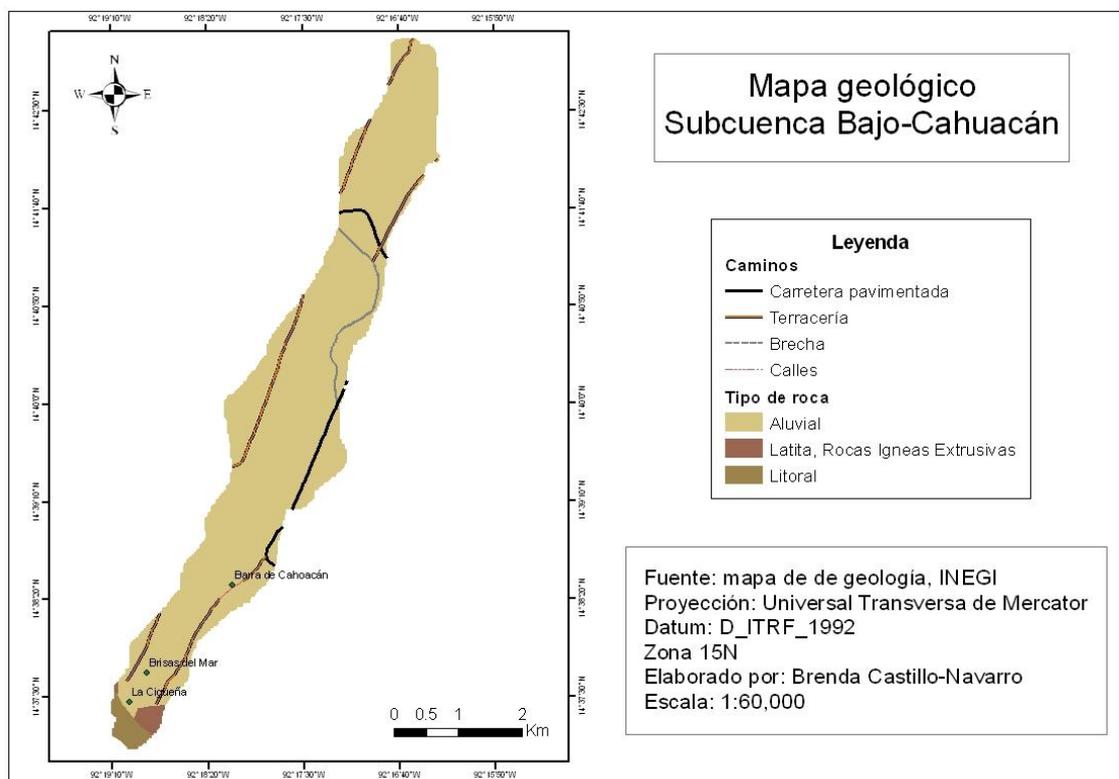


Figura 14. Mapa de geología, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.

3.1.6 Tipo de vegetación y uso del suelo

El paisaje de la cuenca en las partes altas está dominado por la agricultura de temporal de cultivos permanentes. La parte baja también está dedicada a la agricultura, pero son cultivos anuales. Ciertas zonas en la parte media y baja están destinadas al pastizal cultivado. Aún existe un relictos de bosque mesófilo en la parte alta y zonas pequeñas de manglar y duna costera en la desembocadura del río.

En las partes altas de la subcuenca del Alto Cahoá el tipo de vegetación presente es bosque mesófilo de montaña (96%), en la parte baja de esta está formada de agricultura de temporal (4%) (Figura 15); el uso del suelo es predominantemente cafetalero (67%) (Figura 17 y Anexo 5).

En la subcuenca Bajo-Cahoacán el tipo de vegetación predominante es la agricultura de riego que incluye el riego eventual (53%), resaltando la existencia 3 926 ha (20,75%) de manglar, única comunidad vegetal natural dentro de la subcuenca (Figura 16); el uso del suelo predominante son los cultivos sean de temporal o de riego (Figura 18 y Anexo 5)

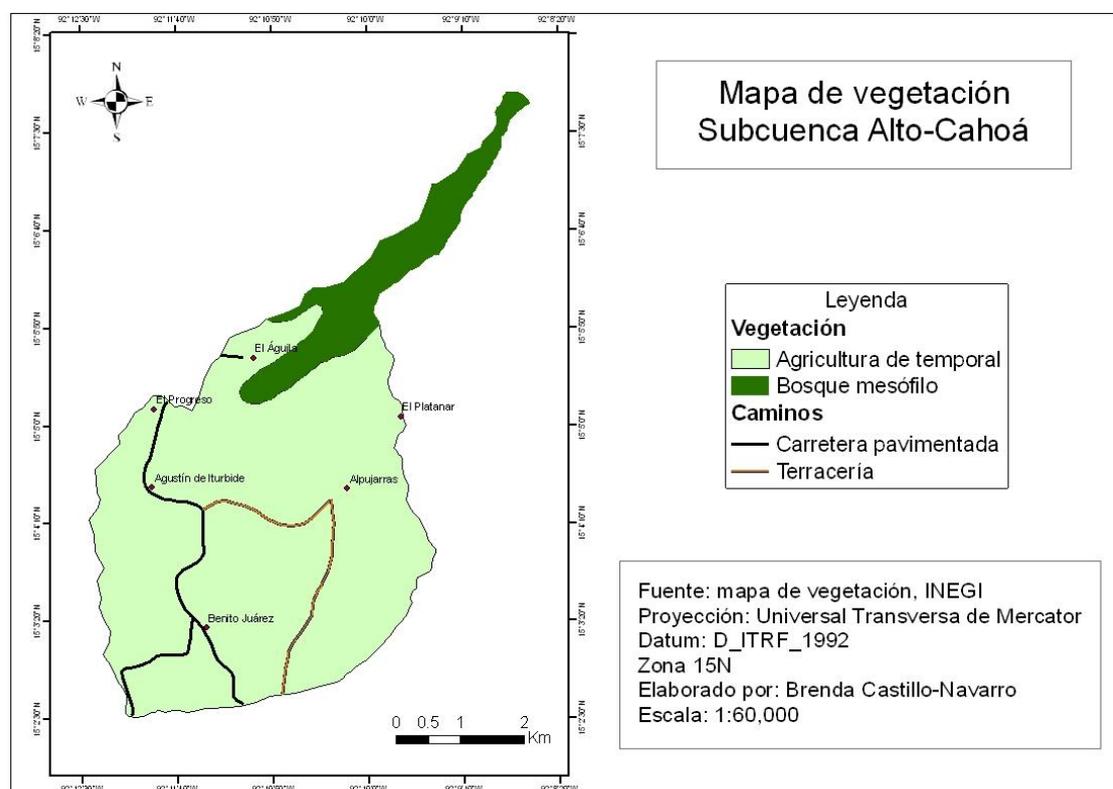


Figura 15. Mapa de vegetación, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.

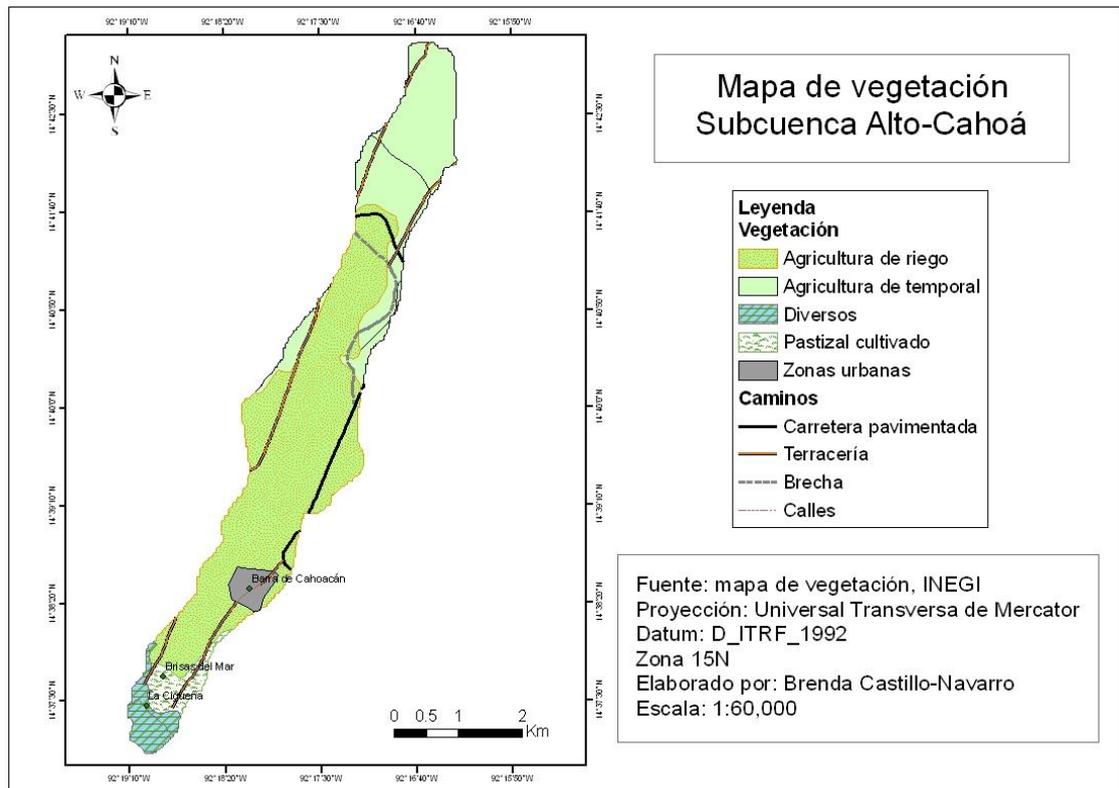


Figura 16. Mapa de vegetación, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.

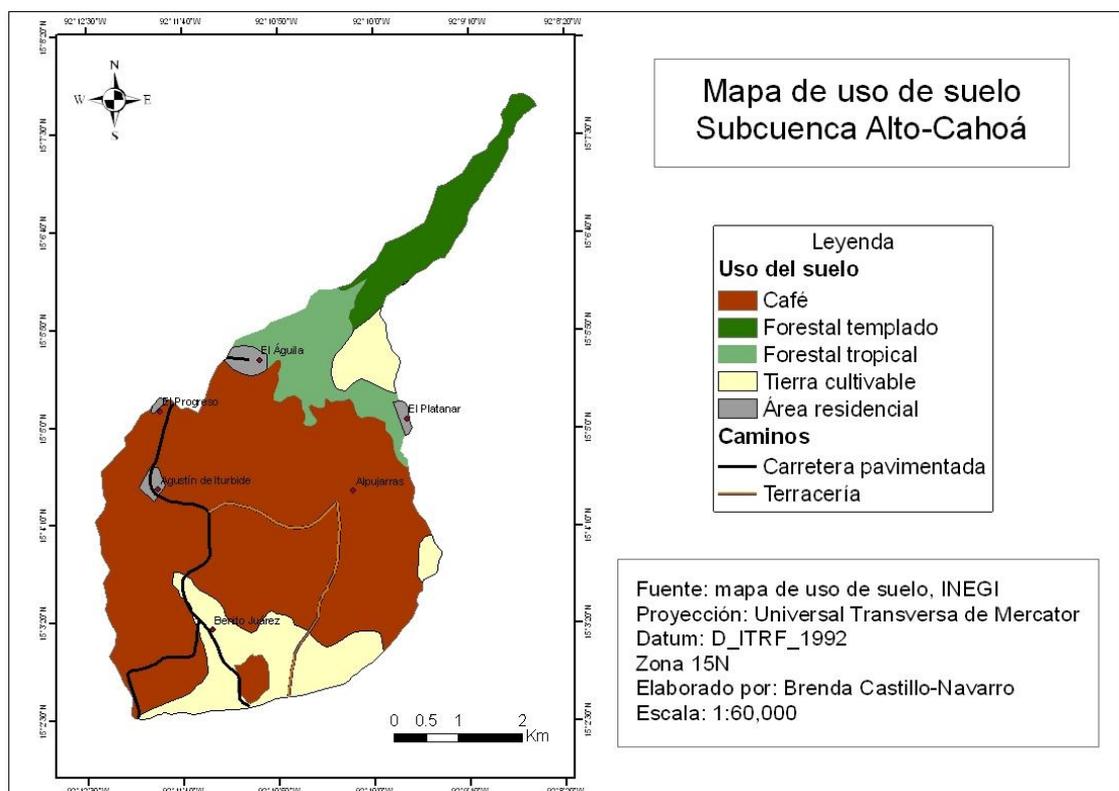


Figura 17. Mapa de uso de suelo, subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México.

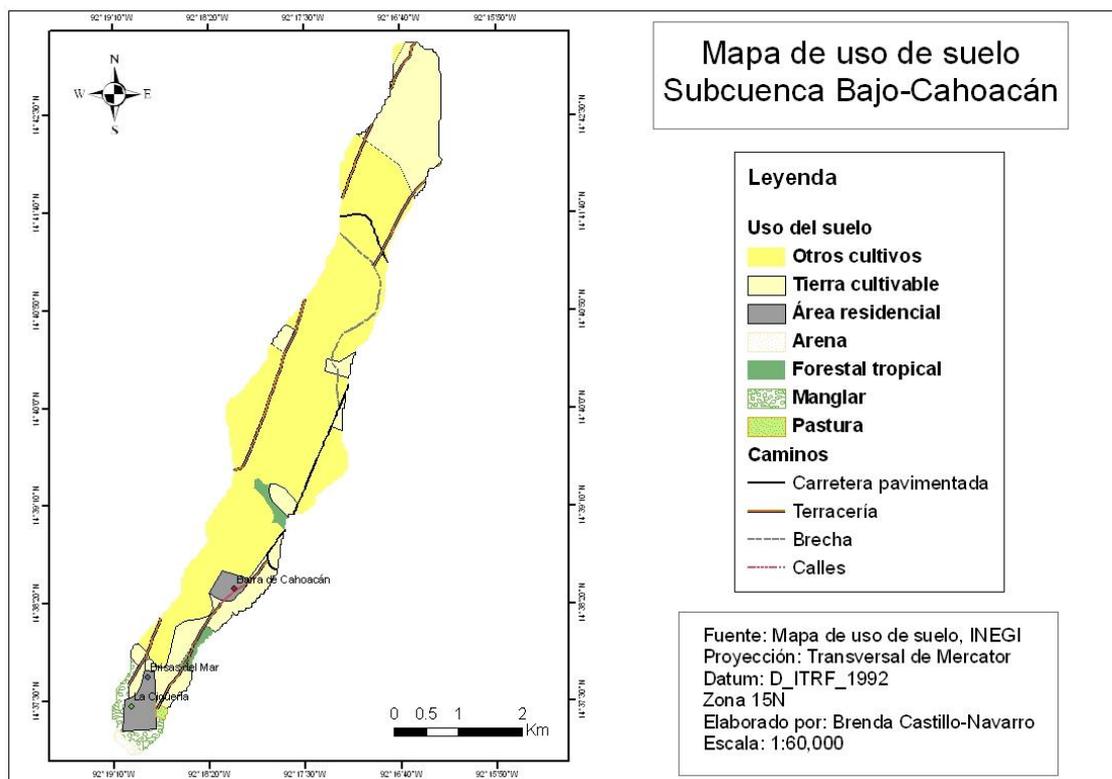


Figura 18. Mapa de uso de suelo, subcuenca Bajo-Cahoacán, Chiapas, México.

3.1.7 Características socioeconómicas

En las comunidades de estudio de la subcuenca del Alto-Cahoá (Agustín de Iturbide, El Águila, El Platanar, El Progreso, Alpujarras y El Platanar), pertenecientes todas al municipio de Cacahoatán, se reporta que para el 2009 existía una población de 4 657 habitantes y una densidad poblacional de 120 personas/km². El desempleo difiere de una a otra comunidad, pero oscila entre el 40 y 60%; de la población con empleo, el salario va de los 40 a los 90 pesos MXN diarios, siendo su principal actividad económica la actividad cafetalera (INEGI, 2005; Ramírez et ál., 2009; Batalla, 2008; Salazar et ál., 2008).

Para el caso de las comunidades de Barra de Cahoacán y Brisas del Mar, pertenecientes al municipio de Suchiate, y la comunidad de La Cigüeña, del municipio de Tapachula, localizadas en la subcuenca del Bajo-Cahoacán, habitan 1 213 habitantes, según reportes del año 2009. El desempleo fluctúa entre el 34 al 41%; la población empleada percibe un salario de 80 a 100 pesos MXN diarios, dedicándose

primordialmente a la agricultura y la pesca (INEGI, 2005; Ramírez et ál., 2009; Batalla, 2008; Salazar et ál., 2008).

3.2 Diseño del estudio

La secuencia de métodos empleados para cumplir con los objetivos fueron (Figura 19):

1. Recopilación de información de fuentes secundarias.
 - 1.1. Diagnósticos de salud (IMSS-Oportunidades).
 - 1.2. INEGI.
 - 1.3. Artículos científicos.
 - 1.4. Periódicos locales.
2. Recolección de información de fuentes primarias.
 - 2.1. Realización de talleres participativos comunitarios.
 - 2.2. Entrevistas a actores claves.
3. Trabajo de campo tanto para corroborar información obtenida en talleres, como recorridos para hacer el levantamiento de transectos del río Cahoacán y obtener la información necesaria para la modelación hidrológica. Los recorridos en campo se realizaron acompañados con informantes claves.

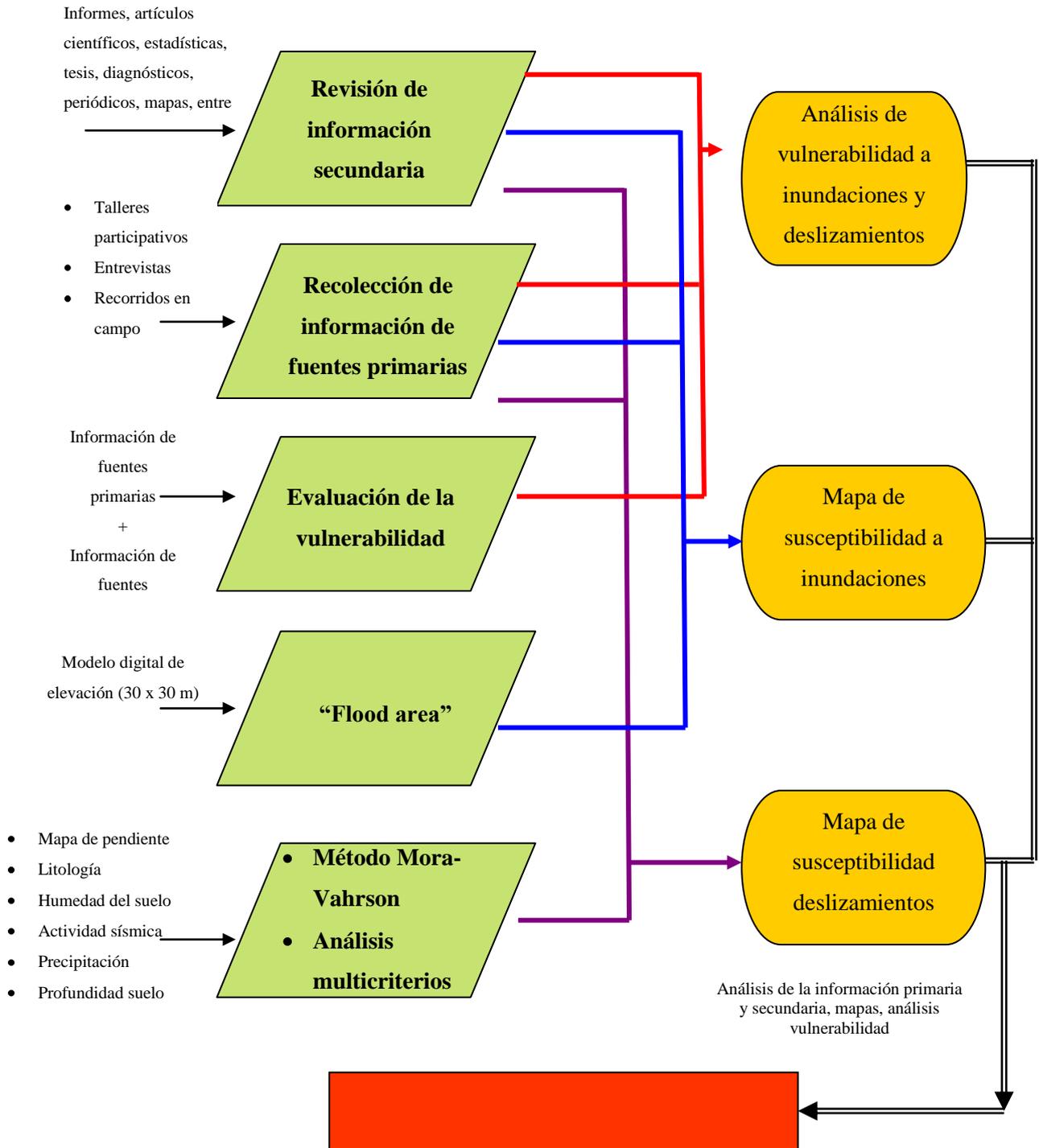


Figura 19. Diagrama de flujo del diseño de estudio.

3.3 Vulnerabilidad global (objetivo 1 y 2)

1.2.1.1. Obtención de indicadores y su estandarización

Para el análisis de vulnerabilidad global se requirió de diversas fuentes, tales como tesis, informes y reportes, notas periodísticas, consulta de base de datos y mapas del INEGI, CONAPO y de la Secretaría de Hacienda. Además se aplicaron entrevistas estructuradas (Anexo 1 y 2) a la totalidad de informantes clave de seis comunidades para la subcuenca del Alto-Cahoá y tres comunidades en la subcuenca del bajo-Cahoacán enfocadas a deslizamientos e inundaciones, respectivamente.

Las entrevistas se estructuraron con base en una serie de indicadores, determinados tanto para deslizamientos como para inundaciones. Estos se establecieron por medio de un enfoque que se ha utilizado anteriormente por estudiantes del CATIE en diferentes países, principalmente de Centroamérica. La vulnerabilidad global se dividió en 10 tipos y para cada tipo se tienen a su vez variables e indicadores que pudieran representar un grado de riesgo para determinada amenaza (deslizamiento y/o inundación) (Cuadro 1)

La selección de los informantes se basó inicialmente en una lista de actores claves previamente identificados por la UICN. Posteriormente se empleó la técnica de bola de nieve, en la que los primeros entrevistados pusieron en contacto con otros líderes de las propias comunidades. Por lo que se entrevistó a la totalidad de actores clave identificados, en total fueron aplicadas 25 entrevistas en la subcuenca Alto-Cahoá para análisis de deslizamientos y 12 en la subcuenca Bajo-Cahoacán para el análisis de inundaciones.

Cuadro 1. Resumen de las variables e indicadores de vulnerabilidad a inundaciones

Tipo de vulnerabilidad	Variables	Indicador
Física	Asentamientos humanos en ladera	No. de casas en ladera
	Resistencia de estructuras	Tipo de construcción
	Infraestructuras destinadas a emergencias	Número de infraestructura
	Accesibilidad a la comunidad	Accesibilidad durante el año
Social	Organización comunal	No. de organizaciones
	Instituciones presentes en la zona	No. de instituciones
	Población	Índice de población
	Acceso a medios de comunicación	% de población que tiene radio y/o Tv
	Ubicación del servicio de salud	Ubicación
Política	Tipo de servicio de salud	Tipo de servicio
	Apoyo gubernamental en proyectos de la	No. de proyectos ejecutados

Tipo de vulnerabilidad	Variables	Indicador
	comunidad	por año
	Participación comunitaria en las decisiones locales	No. de representantes de la comunidad
	Liderazgo en la comunidad	% de la población que reconoce a los líderes
Técnica	Equipos y obras para prevenir o mitigar el riesgo	Disponibilidad de equipo
	Tecnología de construcción en zonas de riesgo	% de infraestructura con técnicas de construcción
Ecológica	Deforestación	% de área deforestada
Educativa	Analfabetismo	% de analfabetismo
	Grado de escolaridad	Grado de escolaridad
	Educación orientada a la capacitación	% población capacitada
Cultural	Participación de la mujer en actividades preventivas	% de mujeres
	Programas radiales y de TV de prevención de riesgo	No. de programas
	Integración intercomunal para prevención	% de población dispuesta a trabajar en equipo
Ideológica	Reacción comunal en la fase de pre-desastre	% de participación comunal
	Reacción comunal en la fase de impacto	% de participación comunal
	Percepción fatalista	% de la población
Económica	Desarrollo económico	Ingreso per cápita
	Desempleo	% habitantes desempleados
	Dependencia económica	No. Actividades productivas
	Acceso a servicios públicos	% de población que no tiene acceso a servicios públicos
Institucional	Instituciones relacionadas con la prevención y mitigación de riesgos	No. instituciones
	Planes de mitigación	Planes ejecutados por año
	Capacitación técnica	% técnicos capacitados por año
Física	Asentamientos localizados en riberas de ríos	No. de casas
	Conducción de agua potable y su funcionalidad	Funcionalidad de tuberías ante inundaciones
	Infraestructura destinada a emergencia	No. presente
Técnica	Diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos	% obras hidráulicas con capacidad eventos extremos
	Mantenimiento de obras hidráulicas	Frecuencia de mantenimiento de obras hidráulicas
	Estado de puentes	% puentes en buen estado

Para el caso de inundaciones los indicadores para estimar la vulnerabilidad física fueron diferentes a los de deslizamientos y se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resumen de variables e indicadores de vulnerabilidad a inundaciones

Tipo de vulnerabilidad	Variables	Indicador
Física	Conducción de agua potable y su funcionalidad	% funcionalidad tubería ante una inundación
	Asentamientos humanos en ribera de ríos	No. casas en ribera de ríos
	Estado de puentes	% puentes en buen estado
	Diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos	% obras hidráulicas con capacidad eventos extremos
	Mantenimiento de obras hidráulicas	Frecuencia mantenimiento obras hidráulicas
	Viviendas construidas con materiales resistentes	Material de construcción paredes Material de construcción techos Material de construcción pisos
	Infraestructuras destinadas a emergencias	% población con acceso a refugios temporales
	Accesibilidad a la comunidad	Tiempo de difícil acceso a la comunidad

Cada indicador se estandarizó de manera tal, que todos fueran igualmente medibles, es decir, para cada indicador se estableció un nivel de severidad en la vulnerabilidad (Cuadro 3). Esto es, entre mayor es el valor asignado, mayor será el grado de vulnerabilidad para una variable. Así, el 0 representa la menor vulnerabilidad y el 4 representa la situación con mayor vulnerabilidad.

Cuadro 3. Valoración de indicadores de vulnerabilidad

Calificación	Tipo de vulnerabilidad
0	Muy baja o nula
1	Baja
2	Media
3	Alta
4	Muy alta

Se obtuvo posteriormente un porcentaje de vulnerabilidad para cada indicador, el cual se nombró de acuerdo a la escala que se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Caracterización de la vulnerabilidad de acuerdo a su valoración porcentual

Vulnerabilidad (%)	Caracterización
0,0-19,9	Muy baja
20,0-39,9	Baja
40,0-59,9	Media
60,0-79,9	Alta

Vulnerabilidad (%)	Caracterización
80,0-100	Muy alta

1.2.1.2. Estimación de la vulnerabilidad global

Para obtener el cálculo de cada indicador se siguió la siguiente fórmula:

$$(I \times 100) / 4$$

En donde:

I= valor del indicador

Para el cálculo de la vulnerabilidad por comunidad se siguió la siguiente fórmula:

$$(\sum I \times 100) / (NI \times 4)$$

En donde:

$\sum I$ = suma de valores de indicadores por comunidad

NI = número de indicadores

3.4 Determinación de amenazas a deslizamientos y caracterización morfométrica y áreas inundables

3.4.1 Amenaza por deslizamientos (objetivo 3)

Para la evaluación de amenaza por deslizamiento se siguió la metodología propuesta por Mora-Vahrson (1992) y un análisis multicriterio.

Método Mora-Vahrson

El método Mora-Vahrson evalúa cinco factores agrupados en dos categorías:

- Factores de susceptibilidad (intrínsecos): que intrínsecamente forman parte de las propiedades y comportamiento del medio.
 1. Relieve relativo (P).
 2. Geología (G).
 3. Humedad del suelo (Hs).

- Factores de disparo (externos): son los que inducen externamente a activar las masas de suelo.

1. Actividad sísmica (S).
2. Precipitación (Pp).

Cada factor se ponderó con un valor, el cual define el grado de influencia en los deslizamientos de tierra. Posteriormente, los valores se combinaron mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{Susc} = (P \times G \times Hs) \times (S + Pp)$$

Donde, Susc= Susceptibilidad por deslizamiento de tierra.

Los valores obtenidos de la fórmula anterior, se categorizaron de acuerdo al Cuadro 5:

Cuadro 5. Caracterización de acuerdo a la valoración de susceptibilidad

Clase	Rango de valores	Grado de susceptibilidad
1	0-6	Muy bajo
2	7-32	Bajo
3	33-162	Mediano
4	163-512	Medio
5	513-1250	Alto
6	>1251	Muy alto

A continuación se describe la metodología empleada para la obtención de los mapas insumos para estimar la susceptibilidad (Figura 20):

Pendiente (P)

Este factor representa la topografía del área de estudio. Originalmente el método requería datos de relieve relativo; sin embargo, con el uso del SIG es sencillo obtener datos de pendiente, que brindan además una mejor y más clara visión del terreno.

Se elaboró el mapa de pendientes en porcentaje, empleando un modelo de elevación digital con un tamaño de celda de 10x10m, que posteriormente se clasificó de acuerdo a los valores del Cuadro 6 (adaptación al método original de Mora-Vahrson, de 1992).

Cuadro 6. Valoración de pendientes (Salazar 2007)

Rangos de pendientes (%)	Valor asignado (Mora-Vahrson)
0-2	1
2-4	2
4-8	3
8-16	4
16-35	5
35-55	6
>55	7

Geología (G)

Este factor cuantifica la influencia de los tipos de suelos y rocas en la activación de los deslizamientos, ya que influyen en la estabilidad o inestabilidad de las laderas (Mora-Vahrson, 1992).

Se empleó el mapa geológico de México a escala 1:250 000. La clasificación empleada para este mapa, es la sugerida por Mora-Vahrson (1992) de acuerdo a sus características físico-químicas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valoración de litología

Calificativo y valor de L	Litología	Características físico-mecánicas típicas
Bajo valor de L = 1	Aluviones: gruesos, permeables, compacto, con nivel freático bajo. Calizas: poco fisurados, bajo nivel freático. Basaltos, andesita, ignimbritas y similares: sanas, permeables y poco fisuradas. Rocas metamórficas: sanas, poco fisuradas, nivel freático bajo.	Sanos con poco o ninguna meteorización, resistencia al corte elevada, fisuras sanas sin rellenos.
Moderado valor de L = 2	Rocas sedimentarias: poco alteradas, estratificación maciza (decamétrica o métrica), poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas: medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático a profundidades intermedias.	Resistencia al corte media a elevada, fracturas cizallables.
Medio valor de L = 3	Rocas sedimentarias, rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas, tobas poco soldadas o metamórficas: medianamente alteradas. Coluvios, lahares, arenas, suelos regolíticos levemente compactados: drenaje poco desarrollado, niveles freáticos relativamente altos.	Resistencia al corte: moderada a media, fracturación importante.
Alto valor de L = 4	Aluviones fluvio-lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos,	Resistencia al corte: moderada a baja.

	niveles freáticos someros.	
Muy alto valor de L = 5	Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica: con estado de alteración avanzado, drenaje pobre, se incluyen las categorías 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos muy elevados.	Resistencia al corte: muy baja, materiales blandos con muchos finos.

Humedad del suelo (Hs)

Con la humedad del suelo se cuantifica la cantidad de agua que se encuentra retenida en el suelo. Se asume una evapotranspiración potencial de 125 mm/mes, por lo tanto, precipitaciones mensuales inferiores a 125 mm no llevan a un aumento de la humedad del terreno, mientras que una precipitación entre 125 y 250 mm si la incrementa, y precipitaciones mensuales superiores a 250 mm producen una humedad del suelo muy alta (Mora et ál., 1992) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valoración de precipitación para humedad.

Precipitación media mensual (mm/mes)	Valor asignado
< 125	0
125 – 250	1
> 250	2

Para este caso se utilizó el promedio mensual de precipitación del período normal de 1971 al 2000 de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional (http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/catalogos/cat_chis.html). A partir de los datos obtenidos, se generaron 12 mapas de precipitación promedio mensual por medio del método de polígonos de Thiessen que fueron procesados de acuerdo a la categorización propuesta por Mora-Vahrson (1992) (Anexo 6), obteniéndose así, la humedad teórica del suelo en el área de estudio. A partir de los mapas clasificados se sumaron los valores, el mapa resultante se reclasificó, asignándosele su valor correspondiente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valoración de humedad de suelo.

Valor anual de factor humedad	Valor asignado
0 – 4	1
5 – 9	2
10 – 14	3
15 – 19	4
20 – 24	5

Actividad sísmica (Ts)

La intensidad sísmica es uno de los factores externos que se considera influye en la activación de deslizamientos. Se puede relacionar con la escala de intensidades Mercalli-Modificada (Mora-Vahrson, 1992).

Para el análisis se utilizaron aceleraciones máximas del suelo (PGA) determinadas por la distancia del epicentro de un sismo dado, la magnitud de este y las condiciones del suelo. Para este estudio se empleó el registro histórico del Servicio Sismológico Nacional (SSN), identificándose un sismo de 5,5 grados localizado a 68 771m desde su epicentro hasta el centro del sitio de estudio.

Para obtener la PGA se elaboró un mapa de aceleraciones basado en la curva de atenuación propuesta por Campbell (1981) (Ecuación 2).

$$PGA=0,0185 \times EXP(1,28 \times M) \times D^{(-1,75)} \text{ Ecuación 2}$$

Donde,

$$D=E+0,147 \times EXP(0,732 \times M)$$

E= Distancia epicentral

Posteriormente se estimó la amplificación del suelo, ya que como se mencionó anteriormente, las condiciones de éste afectan directamente la amplificación del movimiento sísmico para lo cual se empleó el mapa geológico y se le asignó el factor de amplificación correspondiente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tipo de suelo

Código	Descripción	Factor de amplificación
0	Sin información	1,00
1	Roca dura	0,55
2	Roca blanda	0,70
3	Suelo medio	1,00
4	Suelo blando	1,30

A continuación se procedió a convertir los valores de PGA a valores de la escala Modificada de Mercalli (MMI) por sus siglas en inglés, utilizando la función de Trifunac y Brady (1975):

$$MMI= 1/0,3 \times (\log_{10}(PGA \times 980)-0,014)$$

Posteriormente se le asignó el valor correspondiente a la intensidad resultante (Cuadro 11).

Cuadro 11. Parámetros sugeridos (Adaptado de Mora-Vahrson, 1992 y SNET, 2004)

Clasificación	Valor sugerido	MMI	Calificativo
0,01-1,01	1	III	Leve
1,01-2,01	2	IV	Muy bajo
2,02-3,01	3	V	Bajo
3,02-4,01	4	VI	Moderado
4,02-5,01	5	VII	Medio
5,02-6,01	6	VIII	Elevado
6,02-7,01	7	IX	Fuerte
7,02-8,01	8	X	Bastante fuerte
8,02-9,01	9	XI	Muy fuerte
9,02-10,01	10	XII	Extremadamente fuerte

Precipitación (Tp)

El factor precipitación mide la influencia de la lluvia en el tiempo y es otro de los factores externos que influyen en el desencadenamiento de los deslizamientos. Para este estudio se utilizaron valores máximos diarios anuales de precipitación en un período de los años 1971-2000 en 20 estaciones meteorológicas del SMN (Anexo 7).

Se empleó el método de Gumbel para estimar la precipitación máxima para diferentes períodos de retorno (5, 25, 50, 100 y 500 años) y se clasificaron de acuerdo a la propuesta de Mora-Vahrson (Cuadro 12) obteniéndose cinco mapas de precipitaciones extremas.

Cuadro 12. Valoración de lluvias extremas

Precipitación máxima mm/día	Valor asignado
< 100	Muy bajo
101 – 200	Bajo
201 – 300	Medio
301 – 400	Alto
> 400	Muy alto

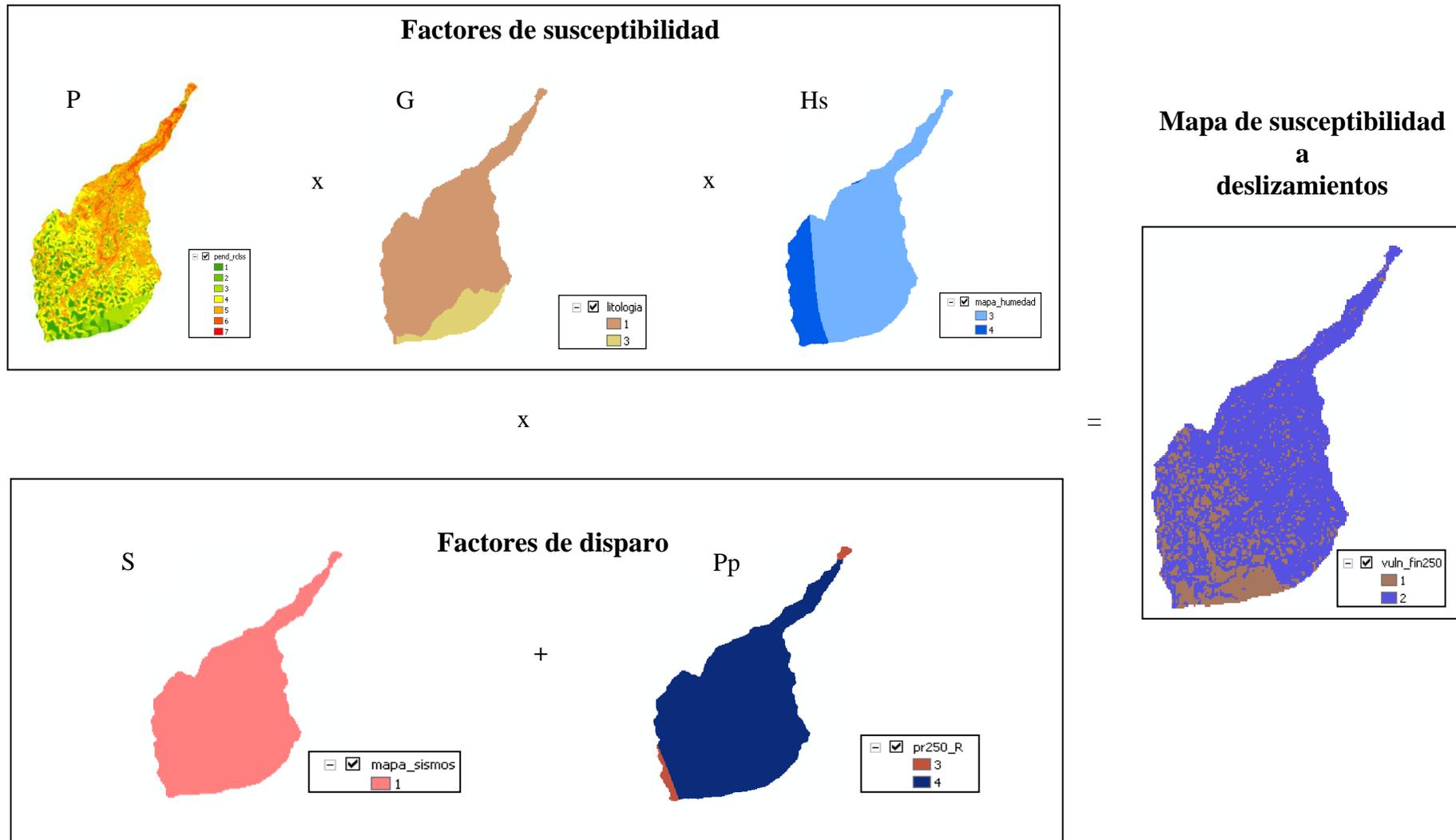


Figura 20. Construcción del método Mora-Vahrson para el análisis de vulnerabilidad a deslizamientos.

Análisis multicriterio

Se realizó además un mapa de vulnerabilidad a deslizamientos mediante un análisis multicriterio con la herramienta “Model Builder” (Figura 21) de ArcGis (ESRI ArcMap 9.3).

Para este modelo se emplearon seis factores o mapas temáticos (pendiente, uso de suelo, precipitación, humedad del terreno, profundidad del suelo y sismos); cada uno de ellos se estandarizó en cinco categorías, asignándoles un valor de importancia del 1 al 5 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Valoración multicriterio

Valor asignado	Vulnerabilidad
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Los mapas de precipitación empleados fueron cinco, cada uno representando lluvias extremas con periodos de retorno de 5, 25, 50, 100 y 500 años, por lo que se elaboraron cinco mapas de deslizamientos con diferentes escenarios de precipitación. A cada mapa se le asignó un porcentaje de importancia (Cuadro 14) para identificar zonas críticas a presentar deslizamientos.

La categorización dentro de cada capa empleada es la misma que se utilizó en el método Mora-Vahrson, aclarando que el mapa de profundidad de suelo se dividió en cinco categorías.

Cuadro 14. Porcentaje de importancia para el mapa de deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá.

Mapa temático	Valoración (%)
Pendiente	20
Uso de suelo	20
Precipitación	20
Humedad del terreno	15
Profundidad del suelo	15
Sismos	10

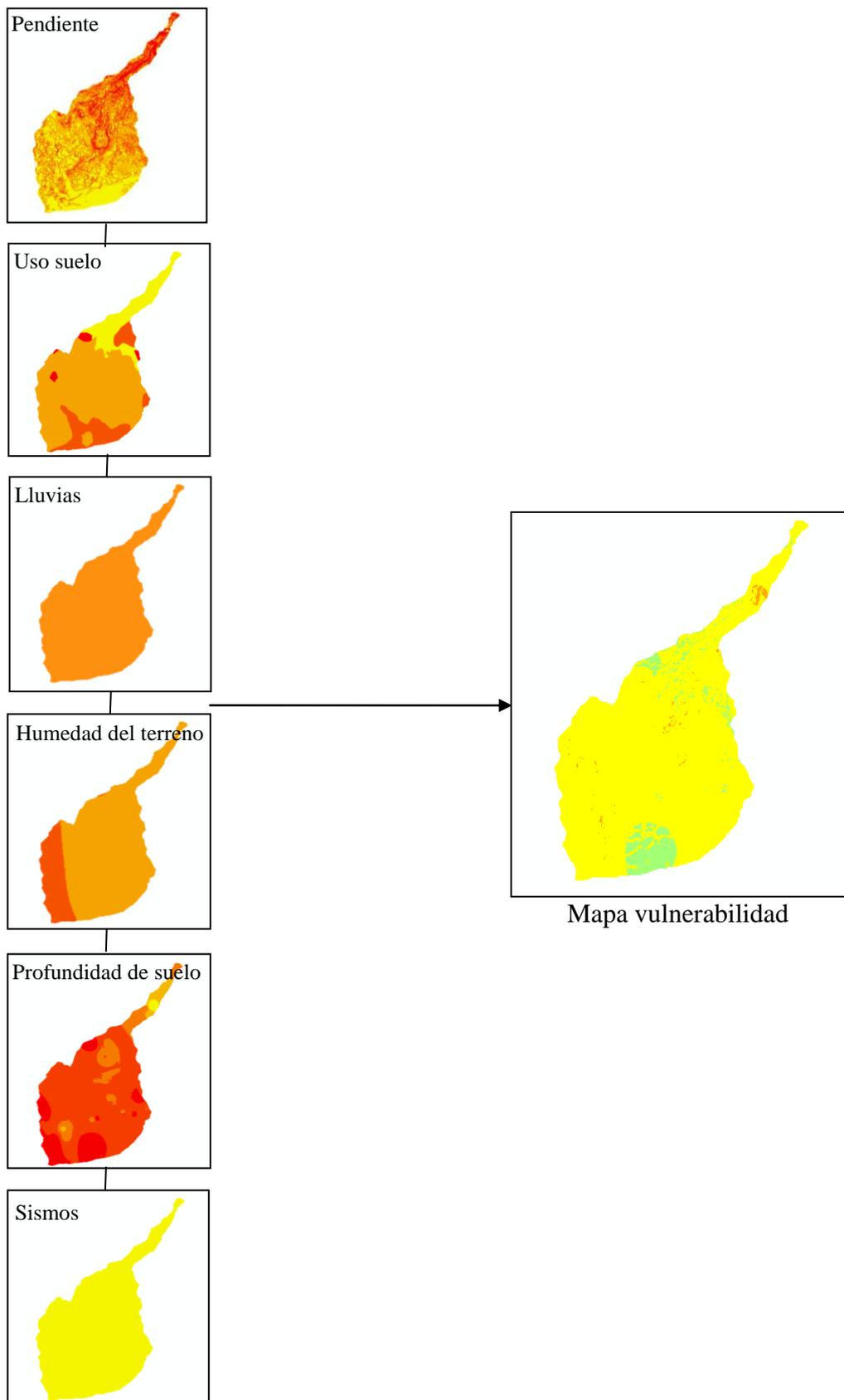


Figura 21. Construcción del modelo multicriterio para el análisis de vulnerabilidad a deslizamientos.

3.4.2 Caracterización morfométrica de la cuenca y simulación de inundación por “Flood area” (objetivo 4)

La importancia de conocer la caracterización morfométrica radica en que dichas características en una cuenca son las que proporcionarán información acerca de la capacidad de producir avenidas súbitas, con esto no se pretenderá sustituir estudios a detalle como los hidrológicos que proveerán de datos importantes a detalle para medidas de mitigación, la caracterización aportará datos que permitan un acercamiento general de la gravedad que representa la morfometría propia de la cuenca. A continuación se muestra la forma en que se obtuvieron dichas características:

3.4.2.1.1 Características morfométricas

Para describir las características de la cuenca del río Cahoacán se calcularon los principales parámetros que a continuación se describen:

Índice de compacidad o Gravelious

Este índice trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, particularmente en las características del hidrograma. El coeficiente se obtiene de la siguiente ecuación

$$K = 0,28 P/\sqrt{A}$$

Donde

K= coeficiente de compacidad

P= perímetro de la cuenca (m)

A= área de la cuenca (m²)

Si K= 1 la cuenca será circular, para cuencas alargadas se espera K > 1

Cuadro 15. Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad (Campos, 1992; en Viramontes-Oliva, 2007).

Clase de forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1,0 a 1,25	Casi redonda a oval redonda
Clase II	1,26 a 1,50	Oval-redonda a oval oblonga
Clase III	1,51 o más	Oval-oblonga a rectángulas-oblonga

Relación de elongación

La relación de elongación (Re) muestra la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de esta. La fórmula propuesta por Schumm (1956) (En Viramoentes-Oliva 2007) se muestra a continuación:

$$Re = D/L = 1,128\sqrt{A/L}$$

Donde

Re= Relación de elongación

Lc= Longitud del cauce principal de la cuenca

A= Área de la cuenca

A valores de Re cercanos a 1 implica formas alargadas y cuanto menor sea Re más circular será. Gregory y Walling (1973) señalaron que cuanto más redonda es una cuenca más retardo existe entre el momento de precipitación y el momento de crecida en la desembocadura, pero al mismo tiempo, más súbita es la misma crecida, y por tanto más alto el riesgo de inundaciones (Sala y Gay, 1981).

Densidad de corrientes

Estima la relación entre el número de corrientes y el área drenada. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$D_c = N_c/A$$

Donde

D_c = densidad de corriente

N_c = número de corrientes

A= área total de la cuenca (km²)

Para determinar el número de corrientes se tomarán en cuenta las corrientes perennes e intermitentes Esta relación entre número de corrientes y el área no es muy eficiente para describir eficiencia de la red de drenaje.

Densidad de drenaje

Es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, por la relación entre la infiltración y la escorrentía, altos valores reflejarán fuerte escurrimiento, por lo que su magnitud está indirectamente relacionada con la infiltración, erodabilidad del suelo y la cobertura vegetal; es decir, puede afirmarse que terrenos permeables se caracterizan por baja densidad de drenaje (Cruz, 1983; Guerra y González, 2002).

La ecuación utilizada es la siguiente (Horton, 1945):

$$D = La/Ak$$

Donde:

La = Longitud acumulada de corrientes en km

Ak = Área de la cuenca en km²

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se refiere al tiempo que dura el agua que llueve en el punto más lejano de la desembocadura de la cuenca hasta llegar al nivel de ésta.

$$T_c = 3,97 (L^{0,77}/S^{0,385})$$

Donde

T_c = tiempo de concentración (min.)

L= longitud del cauce (km)

S= pendiente media (m/m)

Curva hipsométrica

Describe la distribución de áreas de un terreno (cuenca) distribuidas entre las curvas de nivel desde la parte alta desde arriba hacia abajo con relación a la elevación relativa (Rabassa, 1979; Racca, 2007; Viramontes-Oliva et ál., 2007).

Con el programa ArcMap™ 9.3 de ESRI® se obtuvieron los datos que este estimó para obtener los valores que posteriormente fueron graficados.

Perfil longitudinal

Conocer el perfil del curso principal del río da una idea de las pendientes que tiene el cauce a lo largo de su recorrido hasta su desembocadura. Su construcción se realizó graficando distancia (longitud) del cauce principal contra la altitud (elevación).

3.4.2.1.2 Simulación de inundaciones

Para simular zonas de inundación se utilizó el programa “FloodArea” Versión 9.5.0.89 © geomer GmbH März 2006 (Ruiz, 2006) y ArcMap™ 9.3 de ESRI®. Este programa asume que los niveles de agua permanecen constantes durante la simulación, para este caso de estudio no se asoció ninguna tormenta o tirante de agua por la falta de datos. Los insumos fueron:

1. Grid de red de drenaje a la cual se le asignó como atributo la elevación de la crecida.

2. Modelo digital de elevación de la zona con pixeles de 30 x 30 m.

Una vez ingresados los dos Grids se eligió la variación del modelo, en este caso se empleó la opción de nivel de agua (elevación de la red de drenaje) asumiendo que la crecida se da en toda la red de drenaje. El agua puede variar espacialmente pero permanece temporalmente constante durante el proceso de simulación (Ruiz et ál., 2006)

Con dichos insumos se evaluaron crecidas sobre el nivel del agua del río Cahoacán a diversas alturas, 5, 10, 25, 50 y 100 cm. El modelo resultante se guardó como Grid y se le definieron intervalos para definir áreas afectadas en diferentes grados de intensidad.

3.5 Percepción de actores locales (objetivo 5)

Para conocer la percepción de los actores locales respecto a la amenaza de deslizamientos, se realizó un taller por cada una de las seis comunidades de estudio en la subcuenca del Alto-Cahoá y un taller para las tres comunidades en la subcuenca del Bajo-Cahoacán. En estos talleres se recurrió al apoyo de herramientas participativas tomadas de Geilfus (1997) como la evaluación de amenazas, lluvia de ideas, matriz de responsabilidades, y línea de tiempo; esto para conocer la percepción de los habitantes de dichas subcuencas y su realidad, acerca de la amenaza a deslizamiento y/o inundaciones que históricamente han vivido en sus comunidades.

La evaluación de cada amenaza incluyó los temas (y preguntas asociadas a cada tema) que a continuación se presentan y que fueron contestadas y discutidas de manera participativa entre los participantes de cada taller.

Historia. Para conocer cómo la amenaza ha afectado en el pasado:

- ¿Es la amenaza de inundaciones (o deslizamientos) parte de la vida normal o algo raro?
 - ¿Cuándo ocurrió el último desastre?
 - ¿Cuándo ocurrió el mayor desastre?
 - ¿La amenaza está empeorando, mejorando o quedándose igual?
- Tomando en cuenta que el cambio climático podría estar cambiando las características de las amenazas relacionados con el clima.

Frecuencia. Para encontrar la probabilidad de que ocurra la amenaza:

- ¿Con qué frecuencia ocurre la amenaza por inundaciones o deslizamientos?
- ¿Ocurre con más o con menos frecuencia que en el pasado?

Velocidad del comienzo. Para averiguar la existencia de advertencia antes de que ocurra la amenaza:

- ¿Con qué rapidez ocurre la amenaza por inundaciones o deslizamientos?
- ¿Qué señales de aviso existen?

Ubicación. Para averiguar el tamaño del área afectada por la amenaza:

- ¿Cuáles áreas son afectadas por la amenaza por inundaciones (o deslizamientos)?

Duración. Para averiguar el tiempo probable de duración de la amenaza:

- ¿Cuánto tiempo dura la amenaza por inundaciones (o deslizamientos)?

Severidad. Para averiguar qué tan severa puede ser la amenaza:

- ¿Qué tan severa puede ser la amenaza? Por ejemplo, profundidad del agua, velocidad del viento.

Además con la herramienta “línea de tiempo” se recopiló información grupal sobre lo ocurrido en el pasado para lograr entender el contexto de la situación actual.

Finalmente se realizó un taller para la “identificación de las problemáticas” en las comunidades enfocadas hacia la amenaza por deslizamientos e inundaciones según fue el caso. Una vez identificados, se plantearon posibles soluciones y se propuso en quién recaería la responsabilidad de solucionarlo. Para este punto se utilizó un formato como el que se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Evaluación de amenaza.

Comunidad	Problemas	Soluciones	Responsabilidades					
			Nosotros solos	Nosotros con apoyo de	Estado	ONG	Otro(s)	

Posteriormente se identificaron cuáles son las soluciones que se han experimentado localmente, y si no existen dichas soluciones, cuáles podrían tomarse en cuenta (Cuadro 16) (IICA-GTZ, 1997).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Vulnerabilidad integral a deslizamientos e inundaciones en las subcuencas Alto-Cahoá y Bajo-Cahoacán

Se muestran los resultados obtenidos del análisis de vulnerabilidad tanto a deslizamientos en la subcuenca del Alto-Cahoá, como a inundaciones en la subcuenca del Bajo-Cahoacán, ambas pertenecientes a la cuenca del río Cahoacán. Para este estudio se tomaron en cuenta las siguientes comunidades: El Águila, El Progreso, Agustín de Iturbide, Benito Juárez, Alpujarras y El Platanar para la vulnerabilidad a deslizamientos; así también, las comunidades de Barra de Cahoacán, La Cigüeña y Brisas del Mar para la vulnerabilidad a inundaciones.

Dado que los diferentes tipos de vulnerabilidad no tienen el mismo número de variables e indicadores, no se pudo realizar una comparación entre vulnerabilidades por lo que los resultados se refieren a grado de vulnerabilidad por comunidad.

4.1.1 *Vulnerabilidad a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá (objetivo 1)*

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis de vulnerabilidad a deslizamientos de las comunidades en estudio: El Águila, El Progreso, Agustín de Iturbide, Benito Juárez, Alpujarras y El Platanar, todos pertenecientes al municipio de Cacachoatán, Chiapas.

De manera general y de acuerdo a la evaluación realizada, El Progreso, El Águila, El Platanar y Alpujarras tienen vulnerabilidad promedio alta; mientras que Agustín de Iturbide y Benito Juárez presentaron vulnerabilidad media (Cuadro 17, Figura 22 y 23).

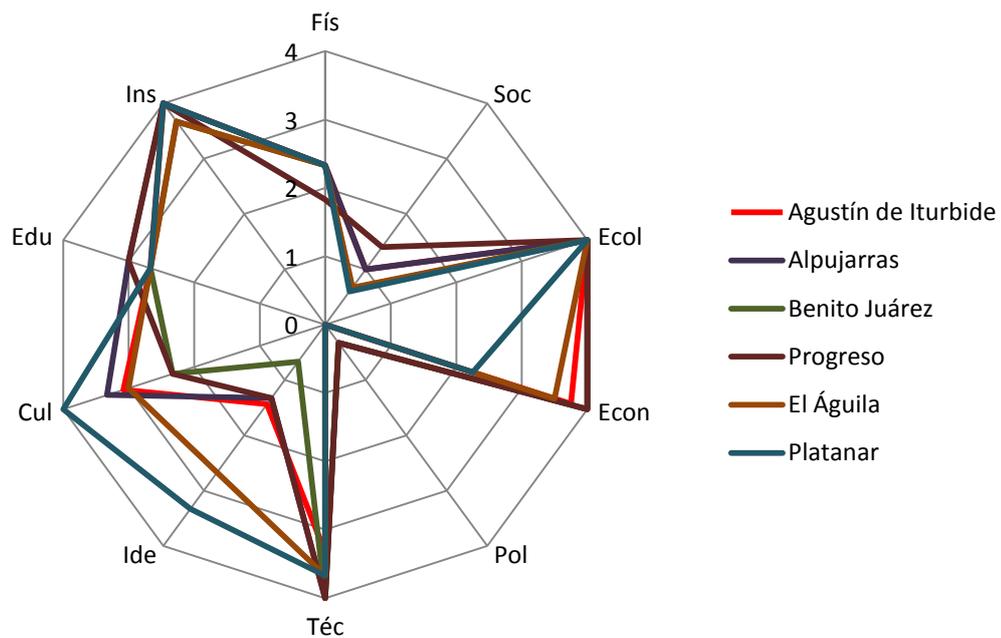


Figura 22. Vulnerabilidad global en los ejidos en estudio de la subcuenca Alto-Cahoá³.

Al ponderar los indicadores (Anexo 12), los porcentajes de vulnerabilidad cambiaron hacia una categoría más alta, así se obtuvo que Alpujarras, El Águila y El Platanar cambiaron de una vulnerabilidad alta a muy alta; mientras que Agustín de Iturbide y Benito Juárez fueron de una vulnerabilidad media a alta (Figura 23).

³ Los valores 0= muy baja, 1= baja, 2= media, 3= alta, 4= muy alta. Fis, física; Ins, institucional; Edu, educativa; Cul, cultural, Ide, ideológica; Téc, técnica; Pol, política ;Econ, económica; Ecol, ecológica; Soc, social.

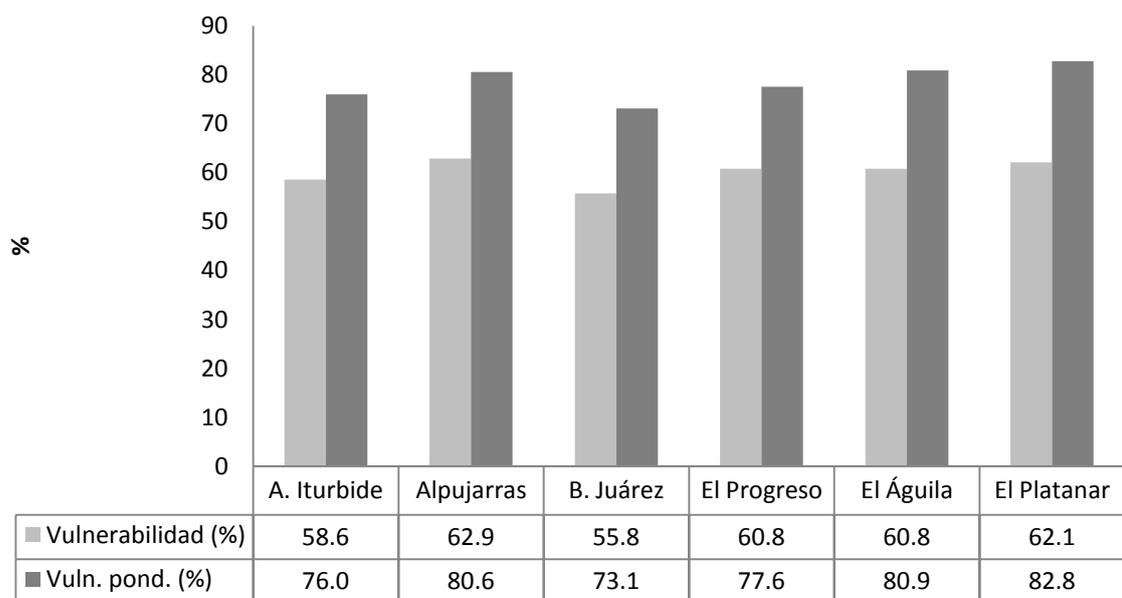


Figura 23. Vulnerabilidad global ponderada y sin ponderar en las comunidades en estudio, de la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México⁴.

Respecto a los indicadores que presentaron una mayor vulnerabilidad (muy alta) destacan el número de viviendas en laderas, que para las seis comunidades hay más de 15 casas que se encuentran ubicadas en zonas de riesgo y en algunos casos como lo es El Águila, Alpujarras y El Platanar se encuentran asentadas en zonas de pendientes fuertes; además, las comunidades tienen más del 90% de sus territorios deforestados.

Otros indicadores que representan una vulnerabilidad muy alta son un alto porcentaje de desempleo en la Población Económicamente Activa (PEA) (40%); el 60% de la PEA recibe un ingreso per cápita diaria menor a dos salarios mínimos (\$49.50 pesos MXN, salario mínimo), siendo los habitantes de la comunidad de El Progreso los que menos perciben (\$40 pesos MXN) y de El Platanar los que mayor ingreso perciben (\$90 pesos MXN); no obstante el bajo salario, la actividad cafetalera es el principal sustento de las familias, siendo totalmente dependientes a esta actividad.

Indicadores que presentaron vulnerabilidad alta son la carencia de equipo básico o especializado para prevención o mitigación de riesgos; así como también, obras e infraestructuras con técnicas adecuadas de construcción. También es de considerar el desconocimiento y la baja participación de las mujeres en actividades destinadas a la prevención del riesgo, así como en otras áreas del quehacer local. La falta de orientación hacia la población sobre temas de prevención, además del abandono de las instituciones

⁴ Vuln. pond. = vulnerabilidad ponderada

que tienen como prioridad la prevención y mitigación de riesgos así como, la falta de planes de prevención y de técnicos capacitados que realicen la difusión y extensión de estos temas, hacen que las comunidades en esta subcuenca tengan una vulnerabilidad muy alta a los deslizamientos.

Otros indicadores a pesar de que no resultaron con vulnerabilidad muy alta, aún representan un peligro para las comunidades. Entre los que se pueden mencionar son el tipo de material empleado para construcción de techos (en el 75% de las viviendas es lámina de asbesto), lo que les confiere baja resistencia ante los embates climáticos, en especial vientos fuertes y caída de árboles o incluso ramas que dañan el material. Otro indicador es el acceso a las comunidades, el cual se ve afectado durante los meses de mayor precipitación pluvial (septiembre a noviembre).

También representa un problema el bajo porcentaje de habitantes (< 12%) con acceso a refugios temporales en sus propias comunidades. Asimismo, es importante mencionar la falta de programas radiales locales o televisivos nacionales de contenido educativo e informativo acerca de la prevención de riesgos; únicamente en la comunidad Alpujarras se mencionó haber escuchado alguna vez programas sobre estos temas. Durante el estudio se observó también una percepción más fatalista en las comunidades El Progreso, El Águila y El Platanar que en Agustín de Iturbide, Alpujarras y Benito Juárez.

En contraparte, están los indicadores que por sus características presentaron una vulnerabilidad muy baja como: la firmeza del tabique y cemento empleado en la construcción de paredes y pisos de cemento; el contar con más de siete organizaciones o comités, lo cual representa un indicador de coordinación y cohesión entre los habitantes; así como el reconocimiento de los líderes como tales.

También lo son los proyectos ejecutados en las comunidades, encontrándose más de cuatro programas gubernamentales que se enfocan principalmente en el mejoramiento de la vivienda, así como apoyos económicos para el bienestar de las familias y de adultos mayores (programa Pisos Firmes, Oportunidades, Amanecer, Chiapas Solidario, 70 y más).

Haciendo una evaluación por comunidad y por indicadores que no han sido mencionados anteriormente se tiene que:

En Agustín de Iturbide, se observó: una vulnerabilidad muy alta en el porcentaje de viviendas de viviendas ubicadas en zonas de laderas (5,11%); poca capacidad de habitantes (3%) con acceso a refugios temporales ante cualquier amenaza; y que es una

comunidad con la mayor densidad poblacional respecto a las otras comunidades en estudio (318 habitantes/km²). En cuanto a zonas deforestadas, el 99,46% de sus áreas no cuenta con cobertura vegetal natural. Respecto a la PEA, el 62% (INEGI, 2000) está desempleada, el restante 38% recibe un ingreso per cápita de \$65.00 MXN, que al igual que las otras cinco comunidades no excede dos salarios mínimos, lo cual dificulta la adquisición de tierras para la construcción de viviendas en zonas menos riesgosas. La situación económica de los habitantes de Agustín de Iturbide se afecta además por las mínimas oportunidades en la diversificación de actividades productivas, ya que esta se limita a la actividad cafetalera.

Otros de los indicadores muy vulnerables es el no contar con equipo especializado para disminuir el riesgo y obras de mitigación. Respecto a este último, únicamente se ha construido un muro de contención después del paso del huracán Stan, con el objetivo de reforzar un tramo de camino que atraviesa la comunidad y que comunica con la parte alta de la cuenca.

La comunidad de Alpujarras, al igual que El Águila y El Platanar, tiene vulnerabilidad muy baja en los servicios de salud, ya que es de carácter rural y ofrece servicios básicos a la población. Así también, Alpujarras presentó una vulnerabilidad alta en analfabetismo (13%) con un grado de escolaridad promedio de cuarto año de primaria.

Para el caso de Benito Juárez, al igual que Agustín de Iturbide, destacó por presentar una vulnerabilidad muy baja respecto al bajo índice de población (0,20); contrario al resto de las comunidades en estudio Benito Juárez presentó mayor vulnerabilidad relativo a servicios de salud, debido a que la comunidad no cuenta con al menos una unidad médica rural, por lo tanto deben trasladarse al municipio de Cacaohatán o Tapachula para ser atendidos ante cualquier emergencia. Contrario a las demás comunidades, junto con El Progreso y en menor medida El Águila, la población mostró disposición a trabajar en equipo.

De acuerdo a las entrevistas hechas en la comunidad de El Progreso, esta difiere del resto de las comunidades en aspectos como la presencia y apoyo de instituciones gubernamentales y al igual que el caso de Benito Juárez no cuentan con servicios médicos básicos. Por el contrario, la población se muestra interesada en participar en actividades pre-desastre de manera grupal y activa y presentaron, al igual que El Águila y El Platanar, una percepción fatalista mayor que el resto de las comunidades, lo que

podría estar relacionado al bajo grado de escolaridad (máximo quinto año de primaria cursado).

Tanto en El Águila como en Agustín de Iturbide y Alpujarras, se presentaron el mayor número de instituciones (n=8) que trabajan con y para la comunidad (Anexo 11). Respecto a la integración de la comunidad, más del 80% de la población mostró interés en trabajar con temas de prevención y mitigación de desastres. El Águila, junto a Benito Juárez, son las dos comunidades que mencionaron al menos una institución relacionadas con tareas de prevención. En el caso particular de El Águila en la actualidad se está tratando de organizar un comité contra incendios, que en el momento de realizar este estudio habían realizado su primera reunión.

Con relación a la comunidad de El Platanar, los resultados de esta se han venido mencionando a lo largo de la discusión en párrafos anteriores.

Cuadro 17. Vulnerabilidad integral (%) de deslizamientos en comunidades de la subcuenca del Alto-Cahoá, municipio de Cacahoatán, Chiapas.

Indicador	Comunidades (%)						Vulnerabilidad promedio (%)	Valoración
	Agustín Iturbide	Alpujarras	Benito Juárez	El Progreso	El Águila	El Platanar		
Casas en ladera	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Material de construcción paredes	0	0	0	0	0	0	0,0	Muy baja
Material de construcción techos	75	75	75	75	75	75	75,0	Alta
Material de construcción pisos	0	0	0	0	0	0	0,0	Muy baja
Población con acceso a refugios temporales	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Tiempo de difícil acceso a la comunidad	75	75	75	75	75	75	75,0	Alta
Organizaciones/comités/juntas	0	0	0	0	0	0	0,0	Muy baja
Instituciones presentes	0	0	25	100	0	25	25,0	Baja
Población con radio	0	0	0	0	0	0	0,0	Muy baja
Índice de población	100	75	0	SD	50	SD	56,3	Media
Ubicación del servicio de salud	0	0	25	25	0	0	8,3	Muy baja
Tipo del servicio de salud	50	50	50	50	50	50	50,0	Media
Área deforestada	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Ingreso per cápita	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Actividades productivas	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Habitantes desempleados	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Población sin acceso a servicios públicos	75	100	100	100	50	25	75,0	Alta
Proyectos ejecutados por año	0	0	0	0	0	0	0,0	Muy baja
Representantes de la comunidad	0	25	0	0	0	0	4,2	Muy baja
Población que reconoce a los líderes	0	0	0	0	0	0	0,0	Muy baja
Disponibilidad de equipo	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta

Obras de prevención o mitigación	50	100	100	100	100	75	87,5	Muy alta
Infraestructuras con técnicas de construcción	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Participación fase pre-desastre	50	50	0	0	100	100	50,0	Media
Participación fase impacto y rehabilitación	0	0	0	0	0	50	8,3	Muy baja
Percepción fatalista	50	50	50	100	100	100	75,0	Alta
Participación de la mujer	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Programas radiales y televisados	100	50	75	75	100	100	83,3	Alta
Población dispuesta a trabajar en equipo	25	100	0	0	25	100	41,7	Media
Analfabetismo	75	75	50	50	50	50	58,3	Media
Grado escolaridad	25	75	50	75	75	50	58,3	Media
Orientación a la prevención	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Instituciones de prevención	100	100	75	100	75	100	91,7	Muy alta
Planes ejecutados al año	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Técnicos capacitados en prevención	100	100	100	100	100	100	100,0	Muy alta
Vulnerabilidad Promedio	58,6	62,9	55,8	60,8	60,8	62,1	---	---
Valoración	Media	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	---	---
Vulnerabilidad ponderada	76,0	80,6	73,1	77,6	80,9	82,8	---	---
Valoración	Alta	Muy alta	Alta	Alta	Muy alta	Alta	---	---

4.1.2 Vulnerabilidad a inundaciones en la subcuenca Bajo-Cahoacán (objetivo 2)

El análisis de vulnerabilidad a inundaciones se realizó en tres comunidades: Barra de Cahoacán, Brisas del Mar y La Cigüeña, siendo las dos últimas las que presentaron una mayor vulnerabilidad (alta) (Cuadro 18, Figura 24 y 25).

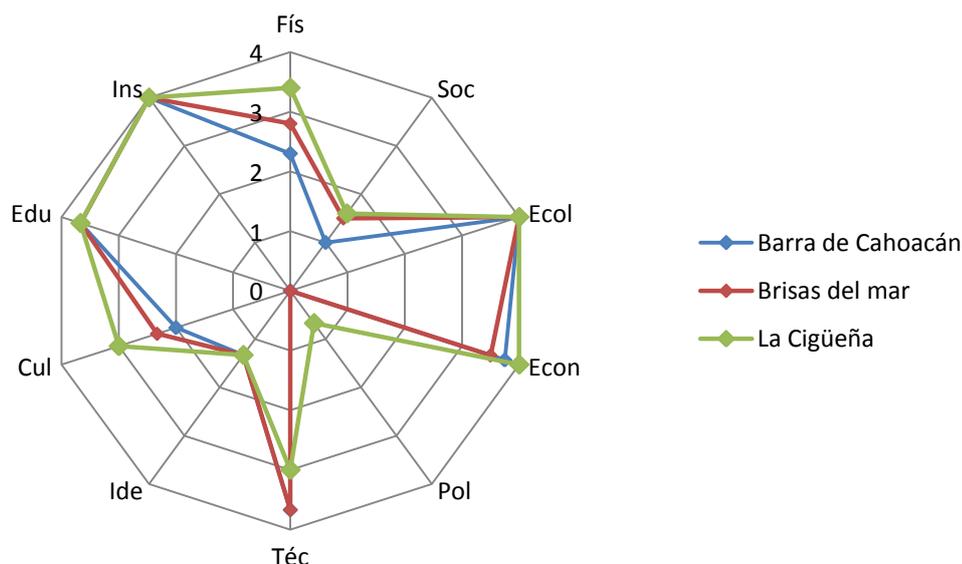
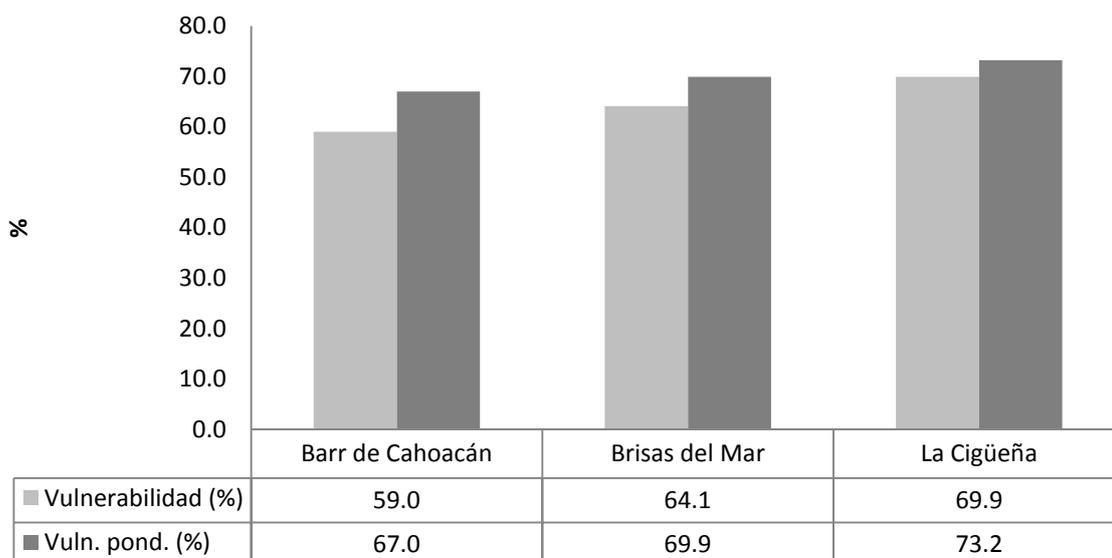


Figura 24. Vulnerabilidades en las comunidades en estudio de la subcuenca Bajo-Cahoacán⁵.

Al momento de ponderar los indicadores para estimar vulnerabilidad, estos cambiaron en su categorización, esto es, Barra de Cahoacán tuvo una vulnerabilidad global promedio media y al ponderar paso a vulnerabilidad alta; sin embargo, en La Cigüeña y Brisas del Mar, la vulnerabilidad se mantuvo alta con o sin ponderarse los indicadores (Figura 25).

⁵ Los valores 0= muy baja, 1= baja, 2= media, 3= alta, 4= muy alta. Fis, física; Ins, institucional; Edu, educativa; Cul, cultural, Ide, ideológica; Téc, técnica; Pol, política; Econ, económica; Ecol, ecológica; Soc, social.



Vuln. pond. = vulnerabilidad ponderada

Figura 25. Vulnerabilidad global por comunidad en estudio de la subcuenca Bajo-Cahoacán⁶.

El indicador que obtuvo una valoración de vulnerabilidad muy alta en las tres comunidades fue casas en riberas de ríos; sin embargo, La Cigüeña es la comunidad que mayor número de viviendas presentó a orilla del río (n=80). También fueron condiciones de vulnerabilidad muy alta la mala condición en que se encuentran los puentes rurales y los caminos y carreteras que conectan a las comunidades en estudio con las ciudades cercanas de Suchiate y Tapachula. La única obra de mitigación observada y documentada en las tres comunidades es un muro de contención en la comunidad de La Cigüeña. No obstante de ser construida como un remedio para evitar las inundaciones, de acuerdo a sus habitantes, esta crea una obstrucción para el desagüe después de ocurrida una inundación.

No solo la infraestructura pública presenta una vulnerabilidad muy alta, también la condición de resistencia de viviendas a embates climáticos en las tres comunidades, debido a la construcción de techos elaborados con hojas de palma. Del acceso a refugios temporales, las comunidades son muy vulnerables, ya que al ser zonas históricamente inundables, no cuentan con áreas seguras para el establecimiento de refugios; sus habitantes son trasladados a la ciudad de Tapachula y Suchiate, en donde solo hay espacio para 1 500 y 2 800 personas respectivamente, tomando en cuenta que estas dos

⁶ Vuln. pond. = vulnerabilidad ponderada

ciudades sufren también de inundaciones y tienen correspondientemente 282 420 y 30 250 habitantes, por lo que sus capacidades como zonas de refugio se ven reducidas.

En las tres comunidades se presentó una vulnerabilidad muy alta en el ámbito económico, con más del 35% de la población desempleada y un sueldo no mayor a \$100 pesos MXN en Barra de Cahoacán y no menor a \$90 pesos MXN en La Cigüeña.

La percepción de las comunidades ante los desastres se consideró fatalista, ya que se cree son debidos a una voluntad divina. Es de resaltar la nula participación no solo de mujeres sino de la comunidad en general en actividades planeadas de prevención y mitigación; las acciones que se realizan son únicamente durante y después el desastre.

El grado de analfabetismo representó una vulnerabilidad muy alta para las tres comunidades, observándose el mayor porcentaje en la comunidad de Brisas del Mar (25%) y La Cigüeña (24,9%), con un grado de escolaridad promedio de tercero de primaria para estas dos y de cuarto año para Barra de Cahoacán. Aunado al bajo grado escolar, no se cuenta con orientación hacia la prevención, así como tampoco se cuenta con instituciones o comités técnicos, ni planes dentro de la comunidad dedicados a la prevención, lo cual genera una vulnerabilidad muy alta para estas comunidades.

En contraparte están los indicadores que representaron una vulnerabilidad muy baja. Entre ellas están el gran número de comités locales para las tres comunidades, documentándose la existencia de al menos once, con distintos fines, entre los que se encuentran comité de obras, de salud, agua potable, oportunidades, la mayoría establecidos por instituciones gubernamentales a niveles locales.

Otra de las fortalezas es el acceso a la información a través de medios de comunicación, particularmente la radio, ya que en más del 90% de las viviendas se cuenta con este, lo que asegura que los habitantes estén informados no solo del acontecer regional o nacional, sino de las alertas que pudieran emitirse una vez se establezca un Sistema de Alerta Temprana (SAT). Asimismo, las comunidades mostraron disposición de trabajar en las diferentes fases de un desastre, por lo que se determinó una vulnerabilidad muy baja para estos indicadores.

Haciendo un análisis de las mayores discrepancias entre comunidades respecto a los diferentes indicadores en estudio, se observó lo siguiente: en La Cigüeña, el uso de varas de otate en la construcción de paredes y pisos de tierra, representó una vulnerabilidad más alta comparada con las otras dos comunidades. Del mismo modo, La Cigüeña y Brisas del Mar, presentaron mayores problemas con la accesibilidad en época

de lluvias, comparadas con Barra de Cahoacán. Fueron también estas mismas dos comunidades las que reportaron menor o nula presencia institucional, comparadas con Barra de Cahoacán. Aunado a esto, ambas comunidades no cuentan con servicios de salud, por lo que se trasladan a Barra de Cahoacán a recibir los primeros cuidados de tipo rural que se ofrecen en esta última.

En cuanto a las actividades productivas, Brisas del Mar es de las tres comunidades la que se dedica tanto a la pesca como a la actividad bananera, siendo Barra de Cahoacán una comunidad mayormente bananera y La Cigüeña pesquera.

Respecto a los programas radiales, en La Cigüeña se mencionó no haber escuchado programas sobre prevención, mientras que en Brisas del Mar solo un programa y en Barra de Cahoacán dos. Sin embargo; los habitantes desconocen la sintonía y el lugar de procedencia.

Cuadro 18. Vulnerabilidad integral (%) de inundaciones en comunidades de la subcuenca del Bajo-Cahoacán, municipio de Suchiate y Tapachula, Chiapas.

Indicador	Comunidades			Vulnerabilidad promedio	Valoración
	Barra de Cahoacán	Brisas del Mar	La Cigüeña		
Funcionalidad tubería ante una inundación	0	0	0	0,0	Muy baja
Casas en ribera de ríos	100	100	100	100,0	Muy alta
Puentes en buen estado	100	100	100	100,0	Muy alta
Obras hidráulicas con capacidad eventos extremos	100	100	100	100,0	Muy alta
Frecuencia mantenimiento obras hidráulicas	75	75	75	75,0	Alta
Material de construcción paredes	0	50	100	50,0	Media
Material de construcción techos	100	100	100	100,0	Muy alta
Material de construcción pisos	0	0	100	33,3	Baja
Población con acceso a refugios temporales	100	100	100	100,0	Muy alta
Tiempo de difícil acceso a la comunidad	0	75	75	50,0	Media
Organizaciones/comités/juntas	0	0	0	0,0	Muy baja
Instituciones presentes	75	100	100	91,7	Muy alta
Población con radio	0	0	0	0,0	Muy baja
Índice de población	25	25	SD	25,0	Baja
Ubicación del servicio de salud	0	50	50	33,3	Baja

Indicador	Comunidades			Vulnerabilidad promedio	Valoración
	Barra de Cahoacán	Brisas del Mar	La Cigüeña		
Tipo del servicio de salud	50	50	50	50,0	Media
Área deforestada	100	100	100	100,0	Muy alta
Ingreso per cápita	100	100	100	100,0	Muy alta
Actividades productivas	100	75	100	91,7	Muy alta
Habitantes desempleados	100	100	100	100,0	Muy alta
Población sin acceso a servicios públicos	75	75	100	83,3	Muy alta
Proyectos ejecutados por año	0	0	25	8,3	Muy baja
Representantes de la comunidad	0	0	25	8,3	Muy baja
Población que reconoce a los líderes	0	0	0	0,0	Muy baja
Disponibilidad de equipo	75	75	75	75,00	Alta
Obras de prevención o mitigación	100	100	50	83,3	Muy alta
Infraestructuras con técnicas de construcción	100	100	100	100,0	Muy alta
Participación fase pre-desastre	0	0	0	0,0	Muy baja
Participación fase impacto y rehabilitación	0	0	0	0,0	Muy baja
Percepción fatalista	100	100	100	100,0	Muy alta
Participación de la mujer en prevención y mitigación	100	100	100	100,0	Muy alta
Programas radiales y televisados	50	75	100	75,0	Alta
Población dispuesta a trabajar en equipo	0	0	25	8,3	Muy baja
Analfabetismo	100	100	100	100,0	Muy alta
Grado escolaridad	75	75	75	75,0	Alta
Orientación a la prevención	100	100	100	100,0	Muy alta
Instituciones de prevención	100	100	100	100,0	Muy alta
Planes ejecutados al año	100	100	100	100,0	Muy alta
Técnicos capacitados en prevención	100	100	100	100,0	Muy alta
Vulnerabilidad Promedio	59,0	64.1	69.9	--	--
Valoración	Media	Alta	Alta	--	--
Vulnerabilidad ponderada	67,0	69.9	73.2	--	--
Valoración	Alta	Alta	Alta	--	--

SD= Sin dato debido a falta de información sobre el área de la comunidad.

4.2 Análisis de amenaza de deslizamientos mediante el método Mora-Vahrson y análisis multicriterio en la subcuenca del Alto-Cahoá (objetivo 3)

Las limitantes del estudio para la aplicación de los métodos Mora-Vahrson y análisis multicriterio fueron:

El acceso a las partes altas de la subcuenca Alto-Cahoá es de difícil acceso, por lo que no se logró llegar a realizar un inventario exhaustivo en campo, por lo cual estos mapas pueden generalizar los resultados y son mostrados cualitativamente.

Las zonas marcadas como susceptibles a deslizarse no fueron comprobadas en su totalidad, por lo que debe corroborarse en campo zonas cercanas.

En México, la única disponibilidad de datos geográficos y a escala apta para trabajar a nivel de municipio y con un enfoque de cuencas, es la cartografía planimétrica (1:50 000); el resto de capas temáticas disponibles y usadas en este estudio son a escala 1:250 000.

4.2.1 Deslizamientos por método Mora-Vahrson

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas, los resultados del método Mora Vahrson para el modelaje de susceptibilidad a deslizamientos se presenta a continuación:

Se crearon cinco mapas de susceptibilidad que muestran las áreas probables a presentar deslizamientos, cada uno se realizó con diferentes periodos de retorno de lluvias extremas y con un sismo de 5,5° Richter.

1. La subcuenca Alto-Cahoá en condiciones de lluvias extremas con periodos de retorno de 5 años y un sismo de 5,5 grados Richter presenta una susceptibilidad moderada en el 82,64% de la superficie, el resto es de susceptibilidad baja (Figura 26).

2. En lluvias extremas con período de retorno de 25 años y un sismo de 5,5° Richter la mayor superficie (86,37%) de la subcuenca estaría con condiciones de susceptibilidad moderada, seguida de criticidad baja (13,62%) y 0,01% de susceptibilidad media (Figura 27).

3-5. En lluvias extremas con período de retorno de 50, 100, y 500 años y un sismo de 5,5° Richter el porcentaje de superficie susceptible en la subcuenca son iguales

para los tres casos, presentando tres grados de criticidad: baja (12,04%), moderada (87,51%) y media (0,45%) (Figuras 28, 29, y 30).

De acuerdo al análisis, las comunidades El Águila, El Platanar, Agustín de Iturbide y Benito Juárez aún en condiciones de lluvias extremas con periodos de retorno de 500 años, se encuentran en susceptibilidad moderada y en riesgo bajo Alpujarras y El Progreso.

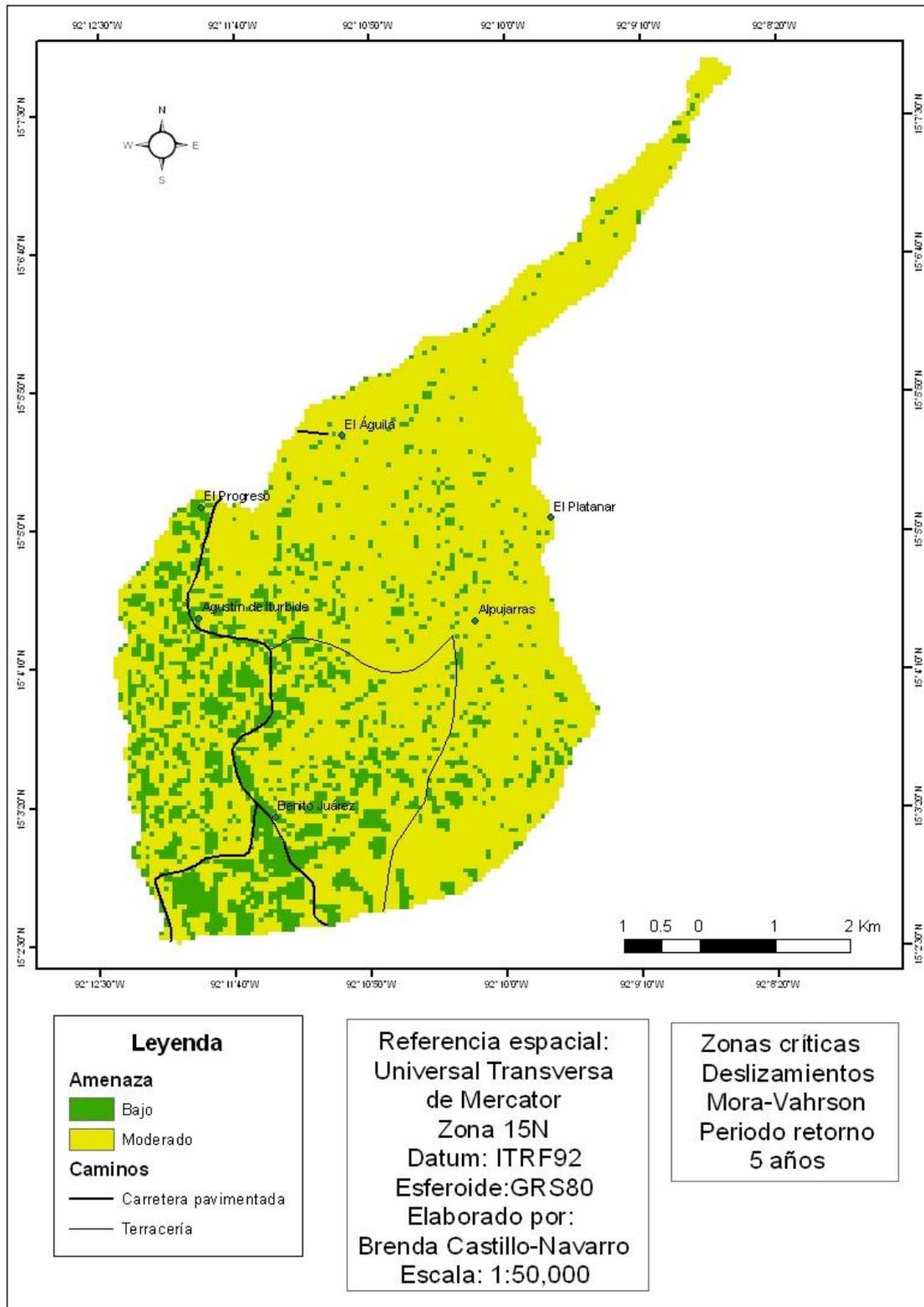


Figura 26. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México, usando el método Mora-Vahrson y considerando períodos de retorno de 5 años.

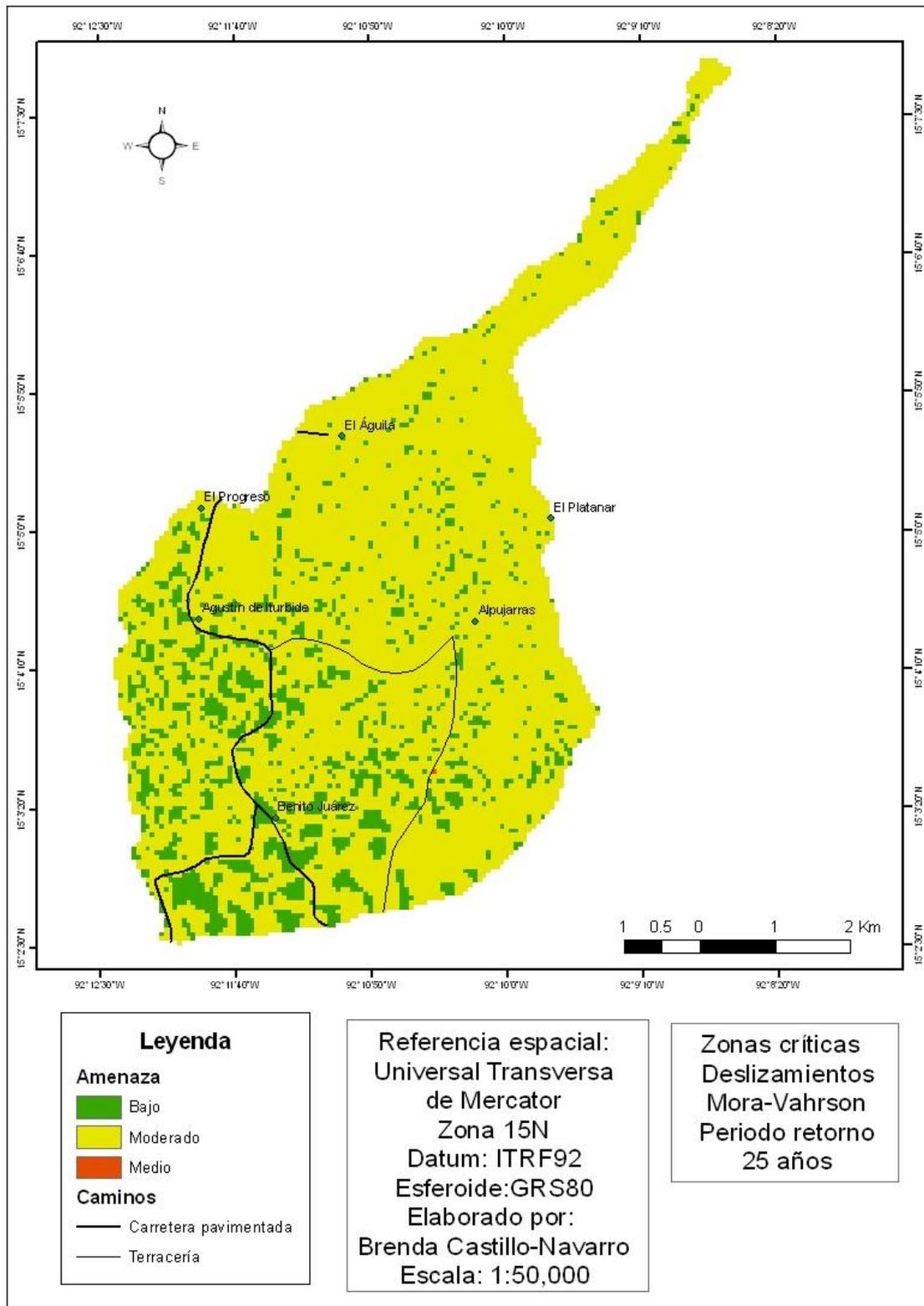


Figura 27. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México, usando el método Mora-Vahrson considerando períodos de retorno de 25 años.

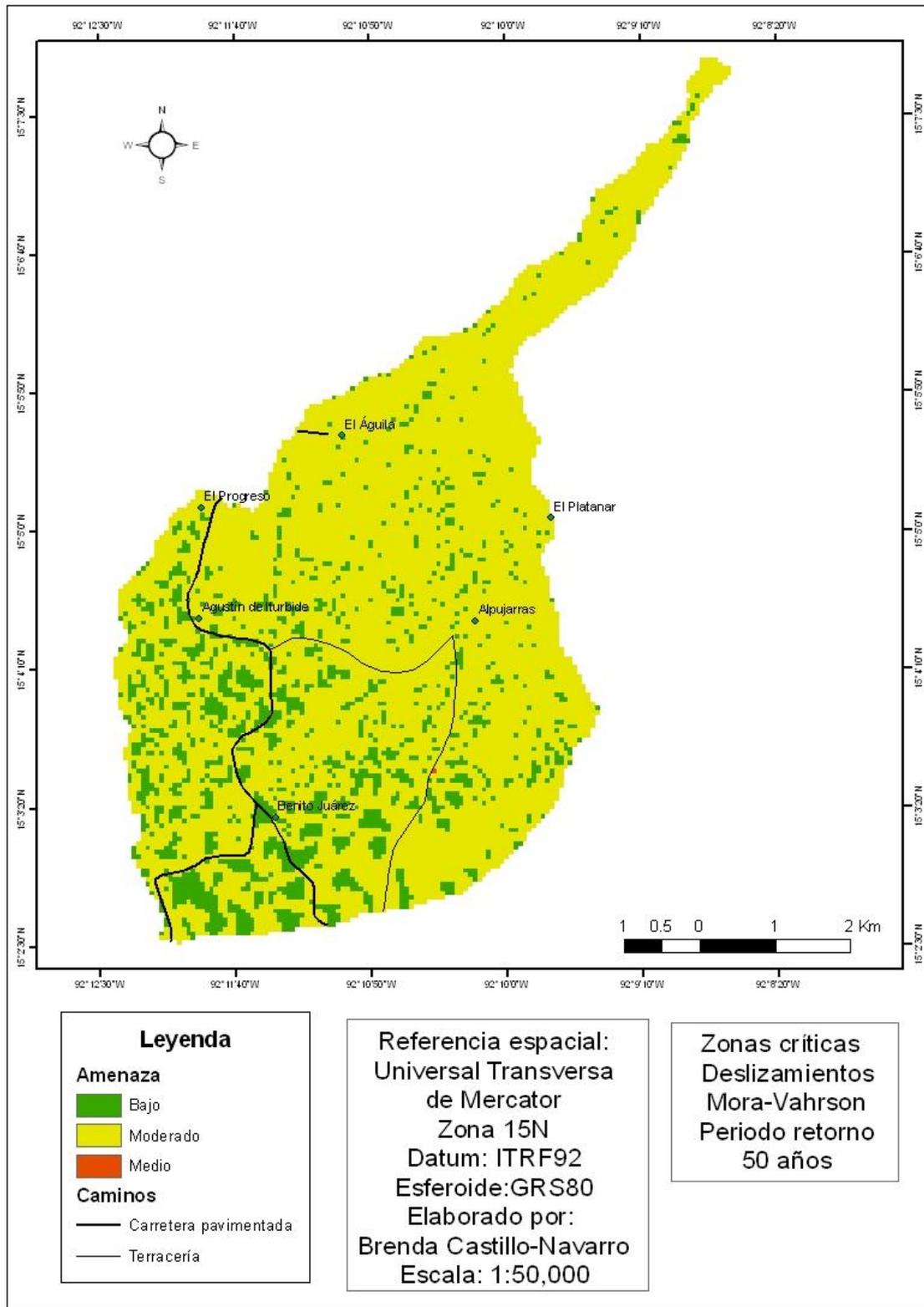


Figura 28. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método Mora-Vahrson considerando períodos de retorno de 50 años.

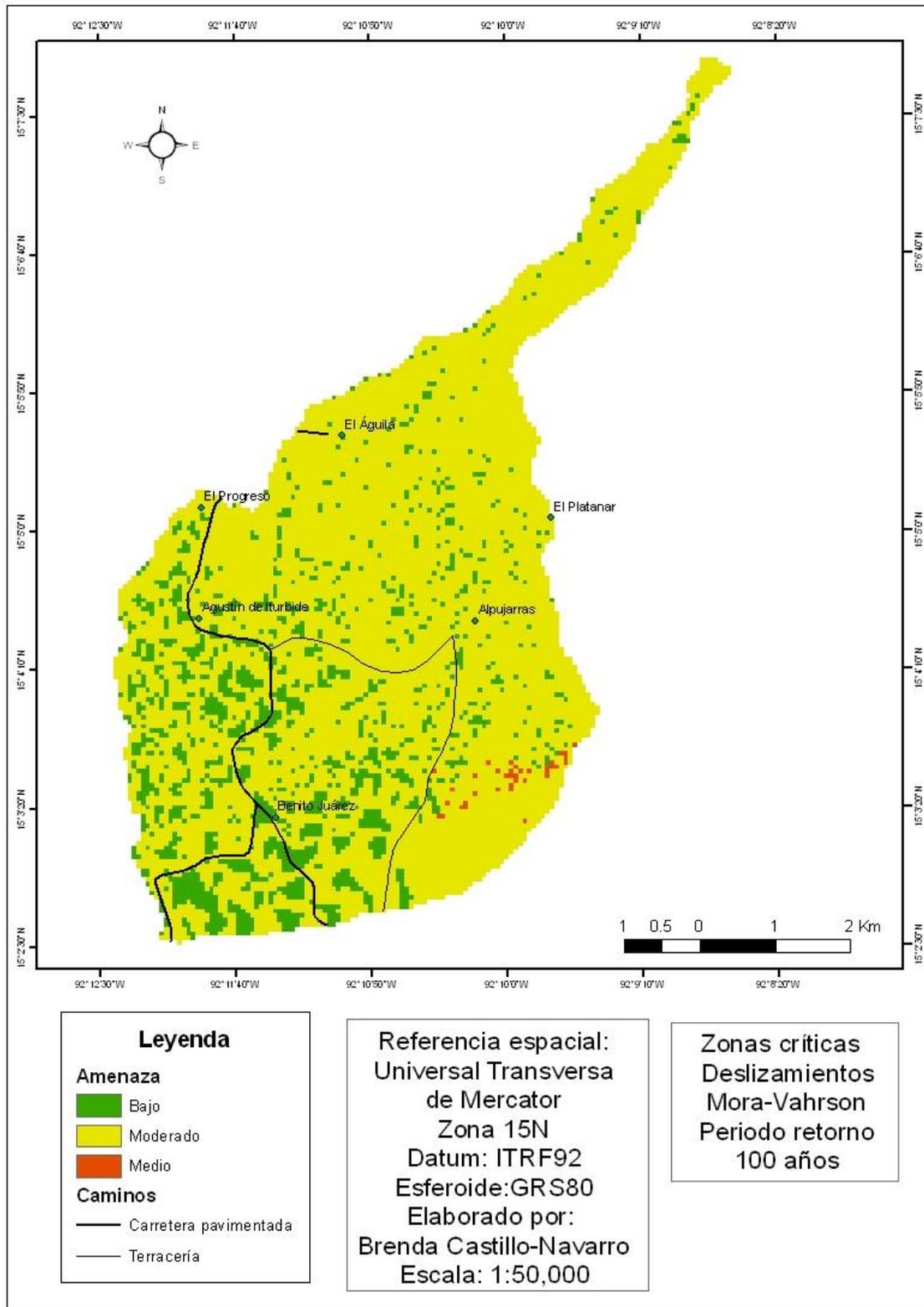


Figura 29. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método Mora Vahrson considerando períodos de retorno de 100 años.

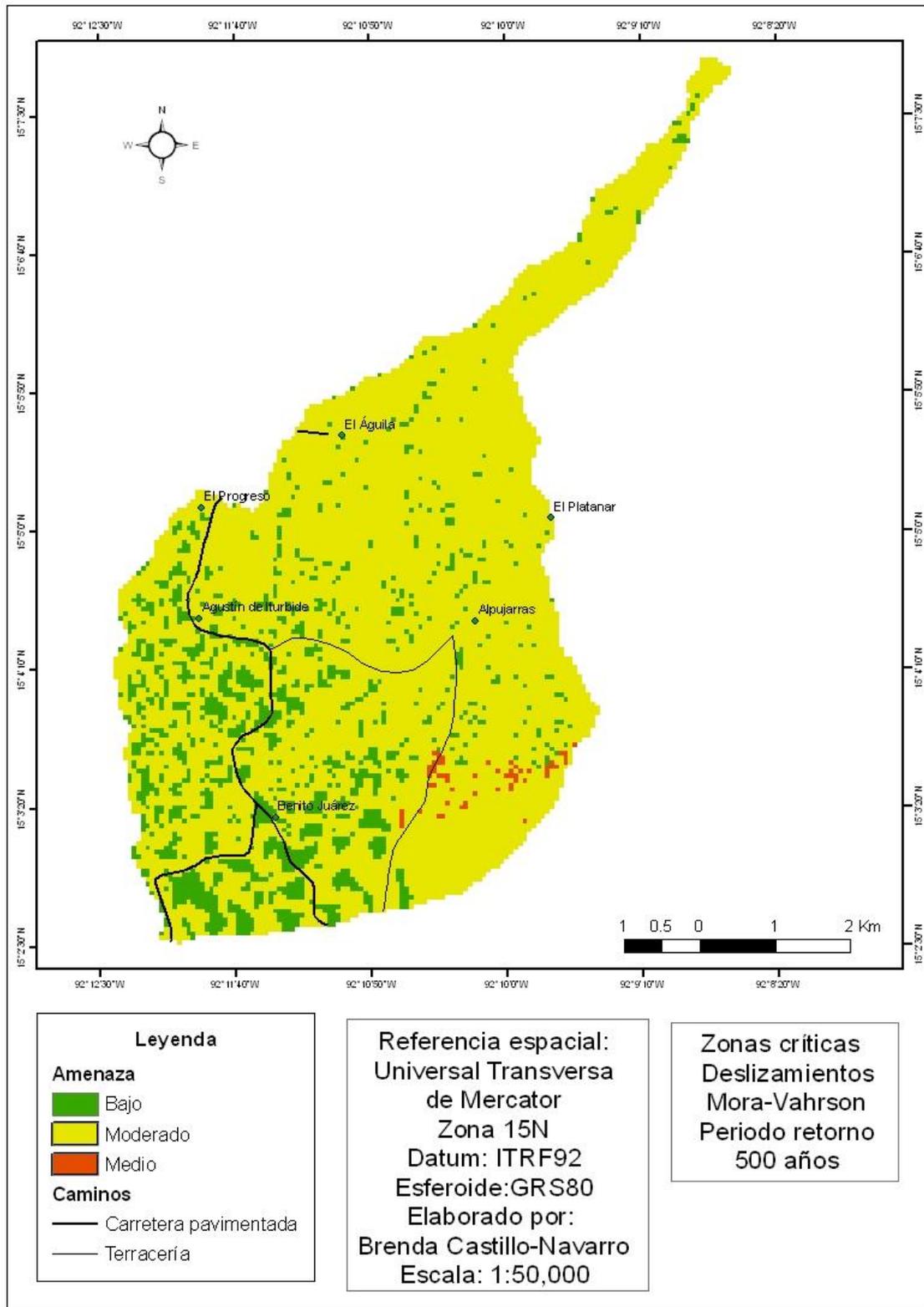


Figura 30. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método Mora-Vahrson considerando períodos de retorno de 500 años.

4.2.2 Deslizamientos por medio de un análisis multicriterio

Los resultados obtenidos mediante el análisis multicriterio para la subcuenca Alto-Cahoá son (Cuadro 19):

En condiciones de lluvias extremas con periodos de retorno de 5 años y un sismo de 5,5 grados Richter la subcuenca presenta dos categorías de susceptibilidad: bajo y moderado, la primera ocupa un 58,33% de la superficie de la subcuenca, el restante 41,67% pertenece a la categoría moderada (Figura 31).

En lluvias extremas con período de retorno de 25 años y un sismo de 5,5° Richter, la superficie con susceptibilidad a deslizamientos moderados aumenta de 58,3% (Pr5 años) a 68,6%, entrando en categoría de amenaza medio un 2,38%, y de baja susceptibilidad un 29,0% (Figura 32).

Contrario a los resultados obtenidos con Mora-Vahrson, la superficie cambia entre escenarios con precipitaciones de 50, 100 y 500 años. Para lluvias con periodos de retorno de 50 años, presenta un aumento en la superficie con criticidad moderada del 2,43% y una disminución en riesgo medio del 2,36% (Figura 33).

Para lluvias de periodos de retorno de 100 años se obtiene una superficie de 75,45% con susceptibilidad moderada a deslizarse, mientras que de riesgo medio un 0,01%, el resto es de criticidad baja (Figura 34).

Finalmente, un escenario con lluvias de un periodo de retorno de 500 años aumenta un 50,96% respecto de la superficie que se encontraría en un escenario de lluvias de periodo de retorno de 5 años con susceptibilidad moderada, mientras que un 0,71% de la superficie se encontraría en riesgo medio (Figura 35).

Empleando este análisis, y en condiciones de lluvias extremas con periodos de retorno de 500 años, se encontrarían en riesgo moderado las seis comunidades en estudio: El Águila, El Platanar, Agustín de Iturbide, Benito Juárez, Alpujarras y El Progreso.

Cuadro 19. Porcentaje de superficie comparativa entre métodos empleados para estimar susceptibilidad a deslizamiento en la subcuenca Alto-Cahoá.

Pr (años)	Categoría	Superficie (%)	
		Mora-Vahrson	Análisis Multicriterio
5	Bajo	82,64	58,33
	Moderado	17,36	41,67
	Medio	-	-

Pr (años)	Categoría	Superficie (%)	
		Mora-Vahrson	Análisis Multicriterio
25	Bajo	13,62	29,04
	Moderado	86,37	68,58
	Medio	0,01	2,38
50	Bajo	12,04	28,97
	Moderado	87,51	71,01
	Medio	0,45	0,02
100	Bajo	12,04	24,54
	Moderado	87,51	75,45
	Medio	0,45	0,01
500	Bajo	12,04	6,66
	Moderado	87,51	92,63
	Medio	0,45	0,71

Si se comparan los mapas de deslizamientos generados por el método Mora-Vahrson y el análisis multicriterio, se aprecian en los mapas que las superficies susceptibles cambian en tamaño y localización entre uno y otro método, lo que es de esperar ya que se emplearon álgebras y capas diferentes.

No obstante ambos métodos realizan una zonificación de la amenaza, estos no podrían ser comparados profundamente ya que el análisis multicriterio incluyó un mapa de profundidades, el cual no se empleó en el método Mora-Vahrson.

Sin embargo, haciendo referencia a la percepción de los habitantes de la cuenca y a las observaciones hechas en campo, sugieren que existe una mayor susceptibilidad a deslizamientos en las partes más altas de la cuenca, lo que coincide evidentemente con el análisis multicriterio.

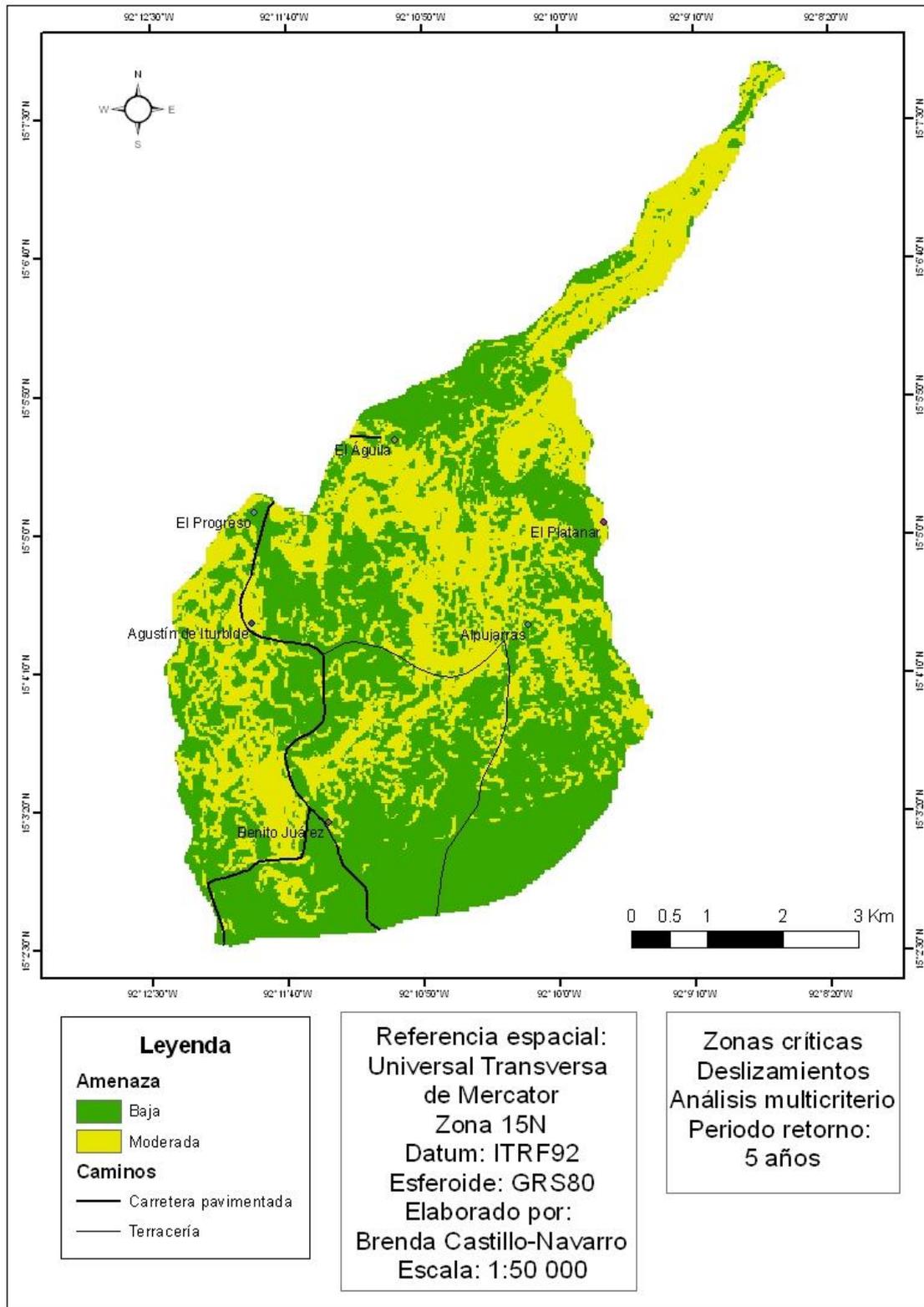


Figura 31. Mapa de amenaza a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método de análisis multicriterio considerando períodos de retorno de 5 años.

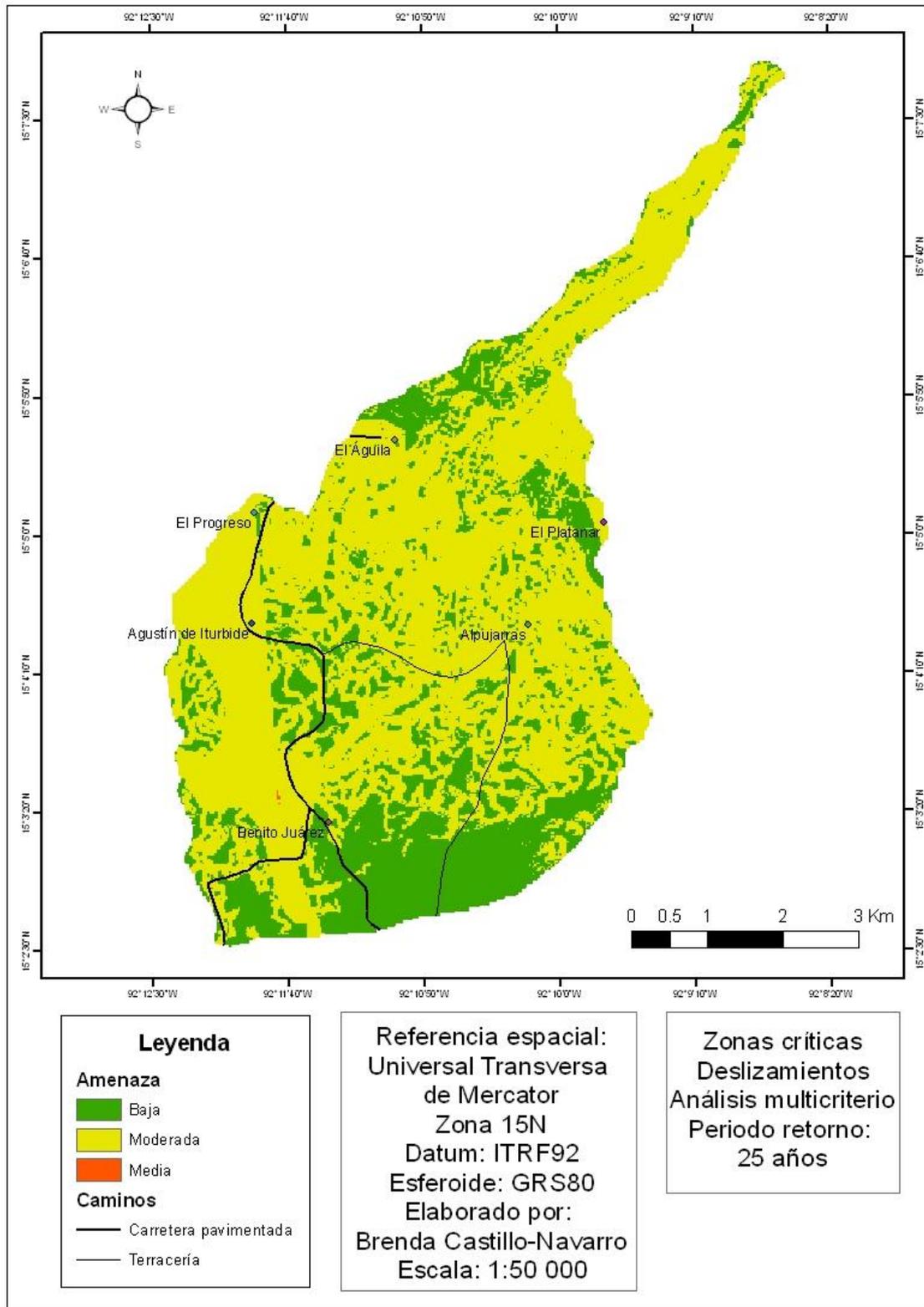


Figura 32. Mapa de amenaza a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método de análisis multicriterio considerando períodos de retorno de 25 años.

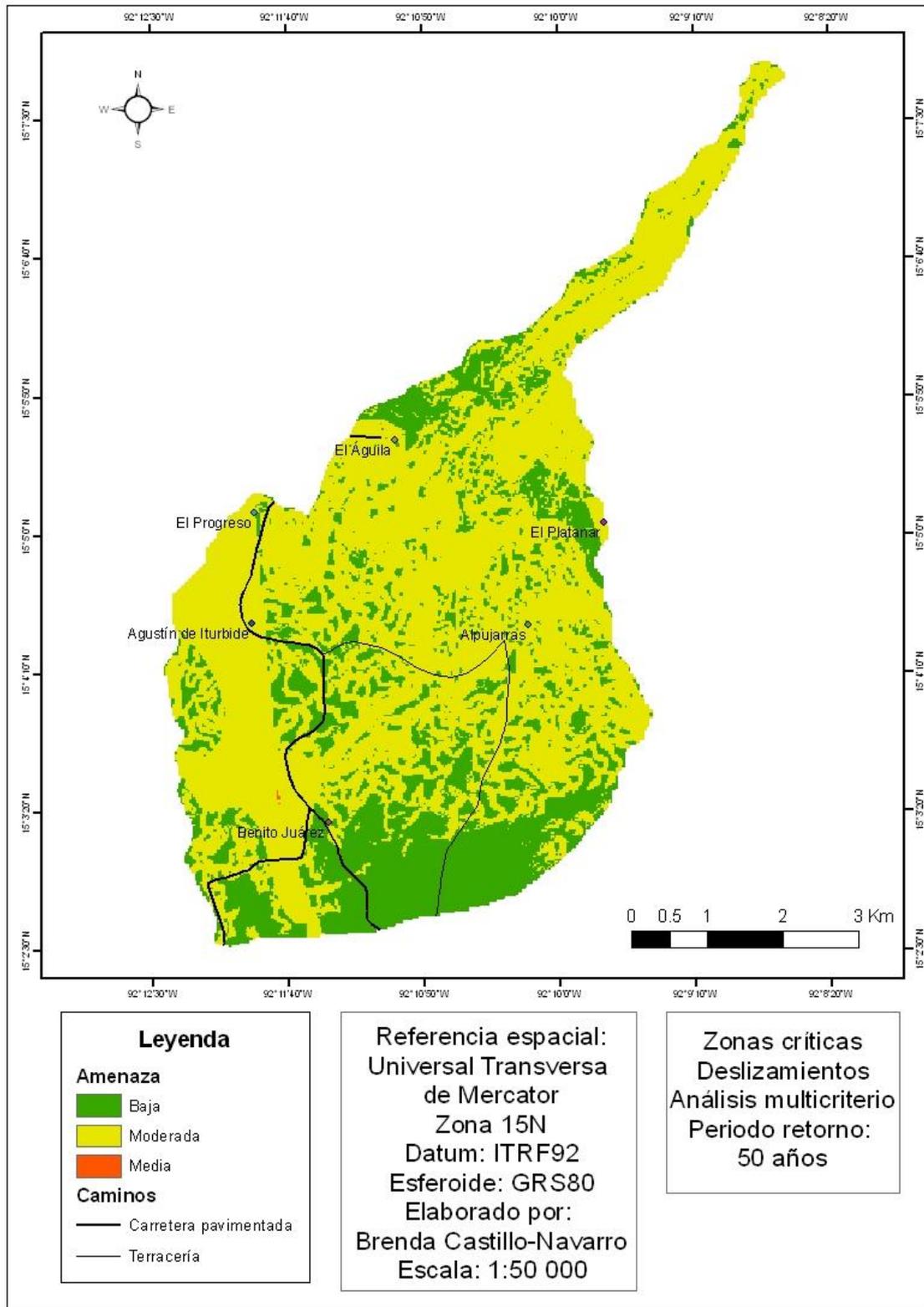


Figura 33. Mapa de amenaza a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método de análisis multicriterio considerando períodos de retorno de 50 años.

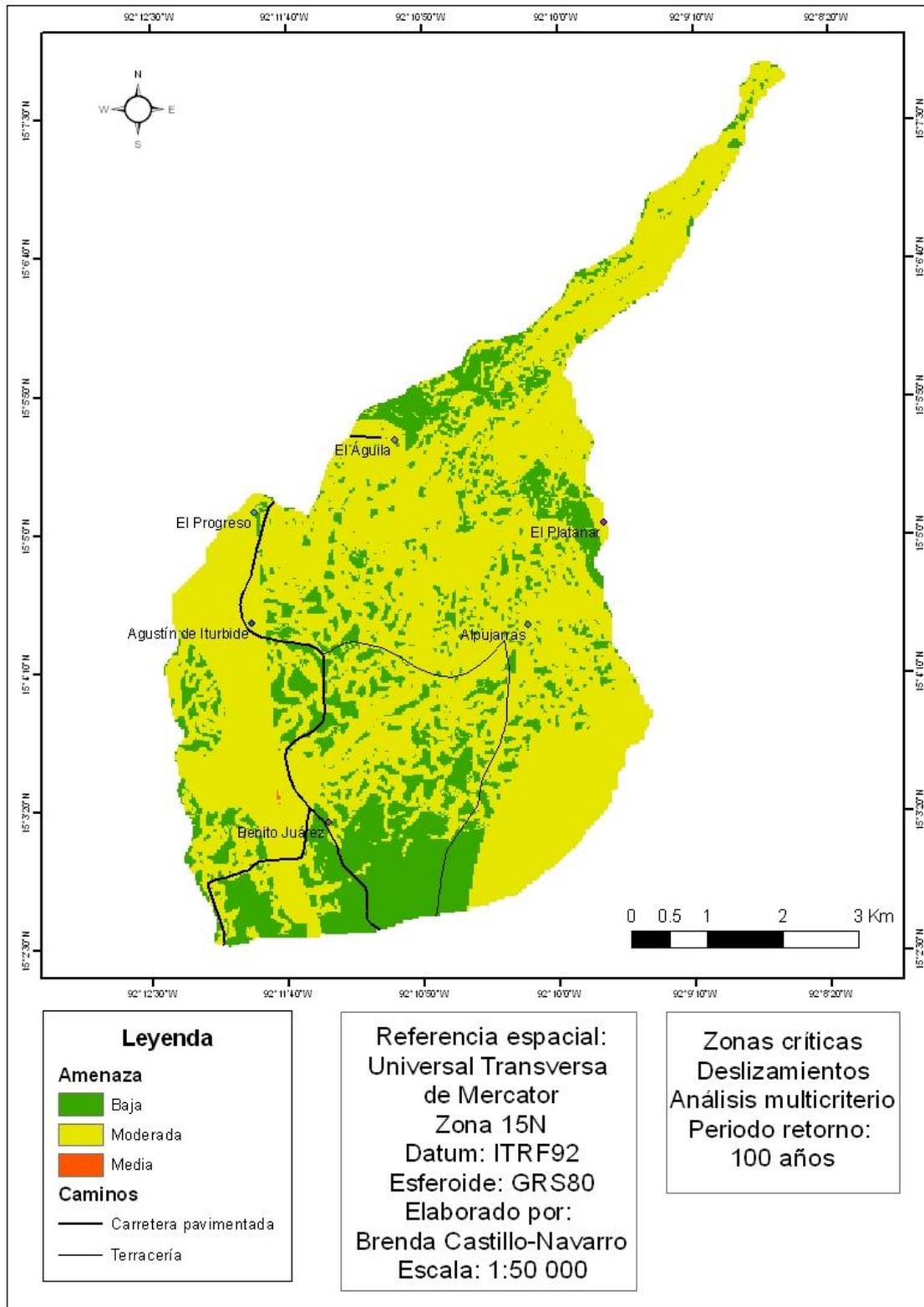


Figura 34. Mapa de amenaza a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método de análisis multicriterio considerando períodos de retorno de 100 años.

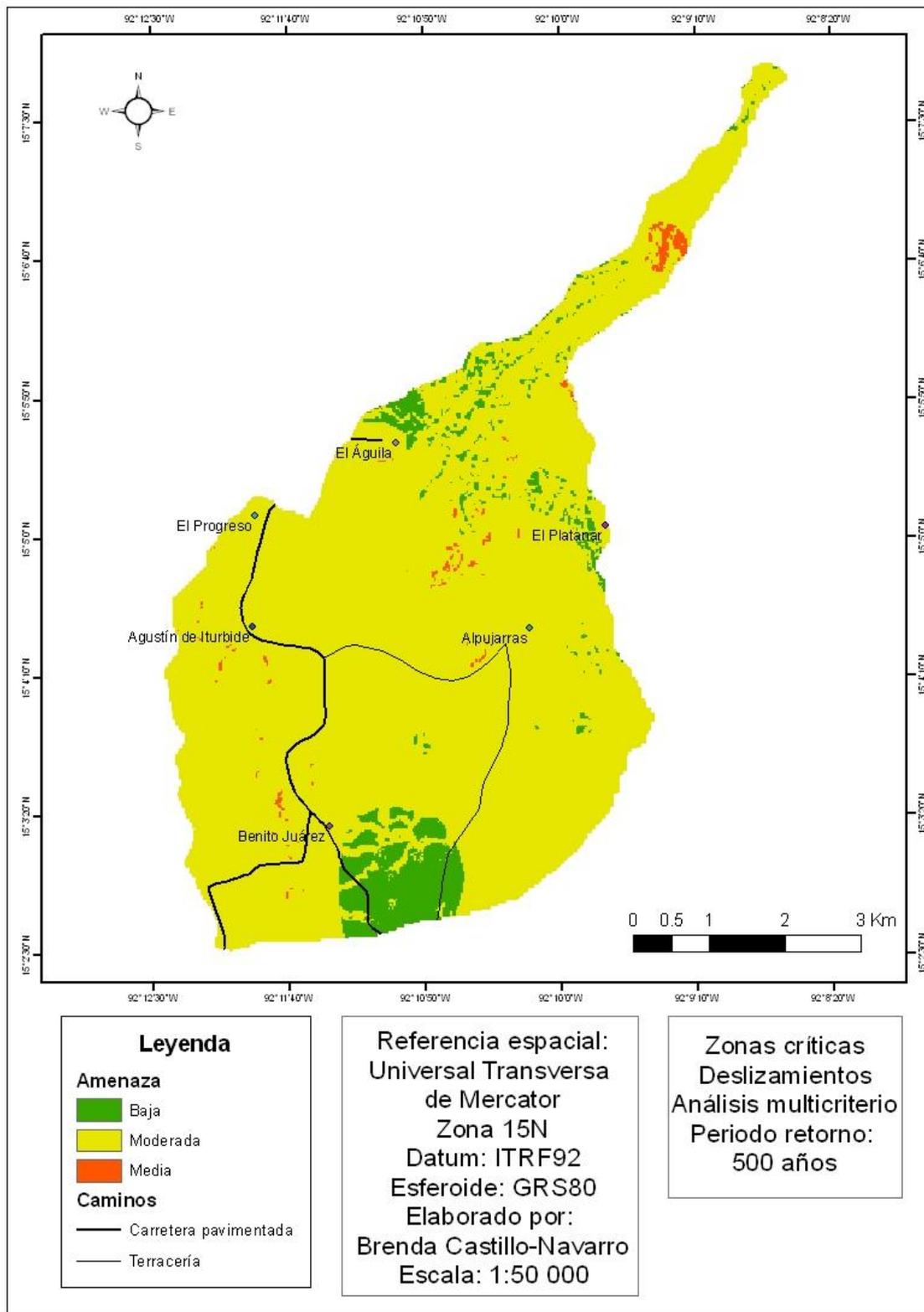


Figura 35. Mapa de amenaza a deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá, Chiapas, México usando el método de análisis multicriterio considerando períodos de retorno de 500 años.

4.3 Caracterización morfométrica de la cuenca del río Cahoacán y su relación con las inundaciones (objetivo 4)

4.3.1 Morfometría de la cuenca del río Cahoacán

El área de la cuenca del río Cahoacán es de 2 697,4 km² la cual es considerada de tamaño grande de acuerdo a la clasificación de Campos (1992) con una longitud de 59,50 km y un perímetro de 179,8 km, cuyas elevaciones van de los 3 620 msnm en la parte alta a los 0 msnm en la parte baja, con una elevación media de 407,7 msnm. Considerando las corrientes perenes e intermitentes del río Cahoacán, el orden principal es de 4, efectuando la suma de dichas corrientes se tienen 233 cauces (Cuadro 21).

El índice de compacidad obtenido en la cuenca tiene un valor de 3, que la caracteriza como tipo oval-oblonga a rectangular-oblonga junto, mientras que el valor de relación de elongación (Re) es de 0,70, lo que implica formas alargadas. Es debido a esta forma alargada de la cuenca del río Cahoacán que se generan intensas avenidas cuyo resultado se observa en inundaciones y desbordes en las partes bajas y cerca de la desembocadura del río; al mismo tiempo, la pendiente media de la cuenca (10,8%) junto con la longitud del cauce (84,32 km) ocasiona que el tiempo de concentración sea muy corto (48,30 minutos); sin embargo, con la condición de que altos valores reflejan fuerte escurrimiento y la densidad de drenaje en la cuenca es de 0,17 km/km² se podría afirmarse que los valores son bajos al mismo tiempo que los terrenos son permeables (Guerra y González, 2002), lo que podría explicarse por la cobertura boscosa (principalmente bosque mesófilo de montaña) que predomina en la parte más alta de la cuenca (Cuadro 21).

Cuadro 21. Cuadro resumen de parámetros morfométricos de la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México.

Parámetro	Resultado
Área	2 697,4 km ²
Perímetro	179,8 km
Coefficiente de compacidad (Cc)	3,1
Elevación máxima	3 620 msnm
Elevación mínima	0 msnm
Elevación media	407,7 msnm
Pendiente media	10,8%
Longitud de la cuenca	59,5 km
Longitud del cauce	84,3 km

Parámetro	Resultado
Relación de elongación (Re)	0,7
Densidad de corriente	0,1
Densidad de drenaje (Dd)	0,2 km/km ²
Orden de la cuenca	4
Tiempo de concentración (Tc)	48,30 min

En la figura 36 se muestra la curva hipsométrica de la cuenca del río Cahoacán, en la cual se aprecian dos secciones marcadas por un punto de ruptura muy marcado en la pendiente Racca (2007) señala que a un porcentaje del área relativa bajo la curva (integral hipsométrica) inferior a 30% es indicativo de una fase de senectud (monadnock) lo cual se cumple para la cuenca del río Cahoacán. Lo mismo se puede determinar al comparar las curvas teóricas que se asemeja a la curva obtenida, para la cuenca en estudio y representa entonces una curva de vejez (Rabassa, 1979; Racca, 2007). Se puede destacar también que las pendientes están concentradas en un 25% de la superficie de la cuenca, mientras que el restante presenta elevaciones menores.

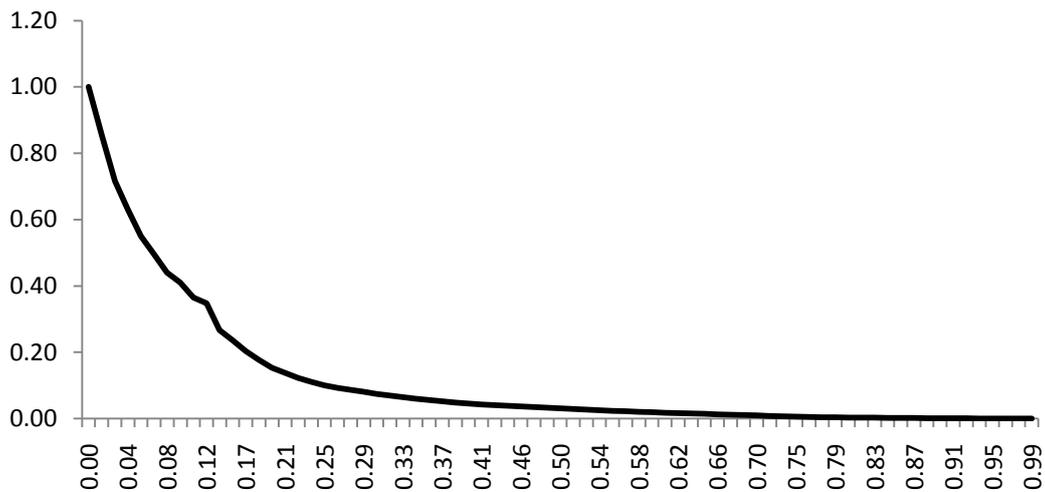


Figura 36. Curva hipsométrica de la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México.

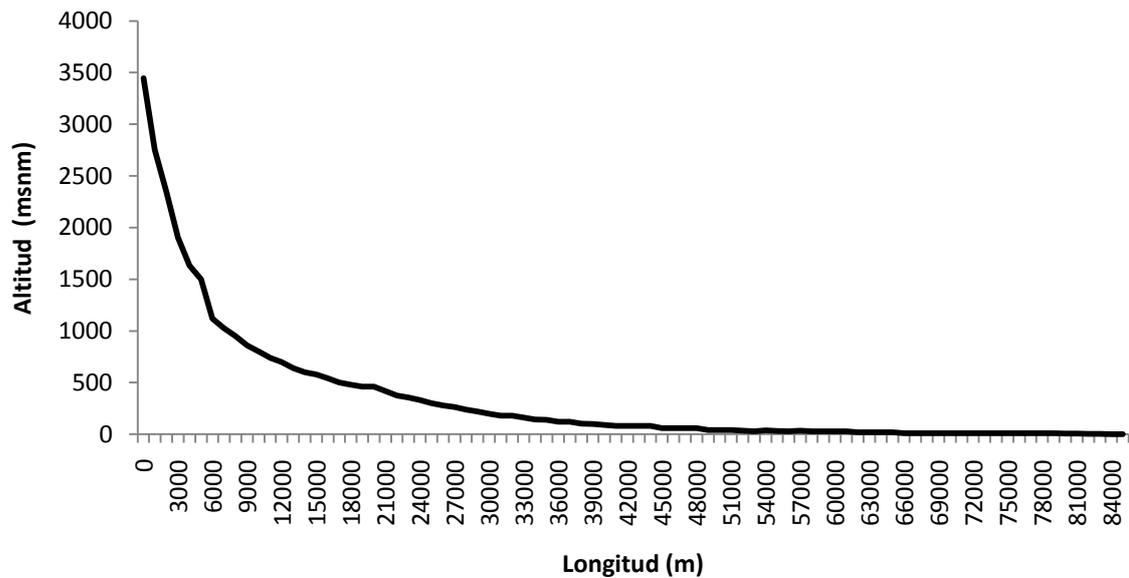


Figura 37. Perfil longitudinal de la cuenca del río Cahocacán, Chiapas, México.

4.3.2 Análisis de áreas inundables en la subcuenca Bajo-Cahocacán

Tomando en cuenta que para el análisis de zonas inundables en la subcuenca no se contó con un Modelo Digital de Elevación (MDE) de alta resolución y que además no se contó con un hidrograma-hietograma de una tormenta como la producida por el huracán Stan, se realizó una simulación de áreas susceptibles a inundarse con el uso de un MDE de 30 x 30m en el tamaño de pixel.

Debido a que el MDE es muy “grosso” y que la superficie de la subcuenca aparece en este como una zona muy plana, se optó por hacer simulaciones a varias alturas de crecida; siendo la que más se asemejó a la presentada con eventos extremos como por ejemplo del huracán Stan fue a una tirante de 10 cm.

Nizam y Kamsin (2008) aseveran que al no tener precisión del pixel en el MDE, el área de simulación de inundación no será tan precisa como si se realizara con un MDE de Láser de Detección de Imágenes (LIDAR) por sus siglas en inglés, en especial en zonas planas como valles aluviales. Para el caso de la subcuenca Bajo-Cahocacán se tiene dicha característica, por lo que el resultado que a continuación se muestra es una aproximación de las zonas susceptibles a inundarse ante lluvias extremas con la precisión del modelo que incluyó la información antes mencionada.

En la figura 38 se muestra el mapa de zonas de inundación en la comunidad de Barra de Cahocacán. En este mapa las flechas indican la dirección del flujo del evento simulado, observándose que las áreas afectadas coinciden con planicies de inundación

que la autora tuvo la oportunidad de constatar en el campo. Las zonas con mayor amenaza se presentan al noroeste del poblado de Barra del Cahoacán, lo cual ocasionaría daños en algunas de las viviendas localizadas en la zona. También es de considerar la superficie dedicada a plantaciones de frutales, principalmente platanos al suroeste de la comunidad y a orillas del río, que ante una avenida, se afectarían de manera considerable, impactando aún más la economía de los habitantes de Barra de Cahoacán. También es de observar que los desbordes del río tienden a ser más severos en las paredes de los meandros donde la dirección del flujo del río es perpendicular a los mismos, por lo que se considera que cualquier corrección o intervención para construir obras de protección deberían implementarse principalmente en esos puntos.

En el mapa de inundaciones de la comunidad de Brisas del Mar (Figura 39) se puede observar que los mayores daños ocasionados por un desbordamiento del río Cahoacán, se presentarían en la parte norte y noroeste del poblado. Es importante resaltar también, la amenaza que representa el desbordamiento del río en la entrada principal de la comunidad (zona norte), ya que ésta comunica con Barra de Cahoacán, y a su vez, a la cabecera municipal de Suchiate, lugar identificado como refugio temporal, de ahí la importancia de implementar un SAT para la comunidad y que no se interrumpa el acceso y salida de la población en la fase pre-desastre.

En el caso de la comunidad La Cigüeña perteneciente al municipio de Tapachula, la amenaza de desbordamiento e inundación es alta (Figura 40), al ser una zona con altitud promedio de 0 msnm y viviendas ubicadas principalmente en la ribera, si bien, la amenaza no afecta el 100% de estas, más del 90% se encuentra en peligro, es por esto que La Cigüeña de acuerdo con la simulación de inundación es la que presenta con mayor amenaza de las tres comunidades en estudio en la subcuenca Bajo-Cahoacán.

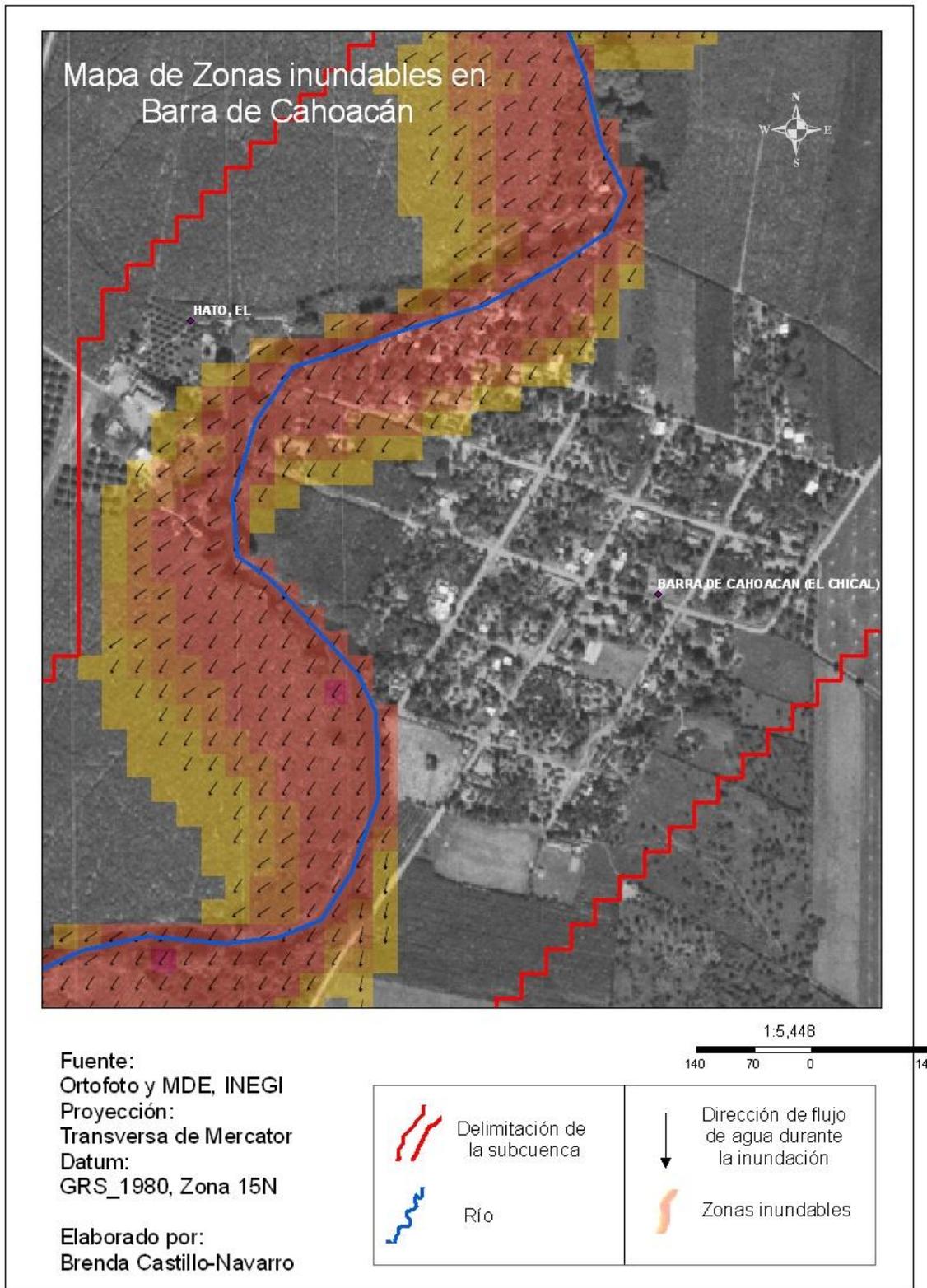


Figura 38. Áreas susceptibles a inundarse en Barra de Cahoacán, municipio de Suchiate, Chiapas, México.

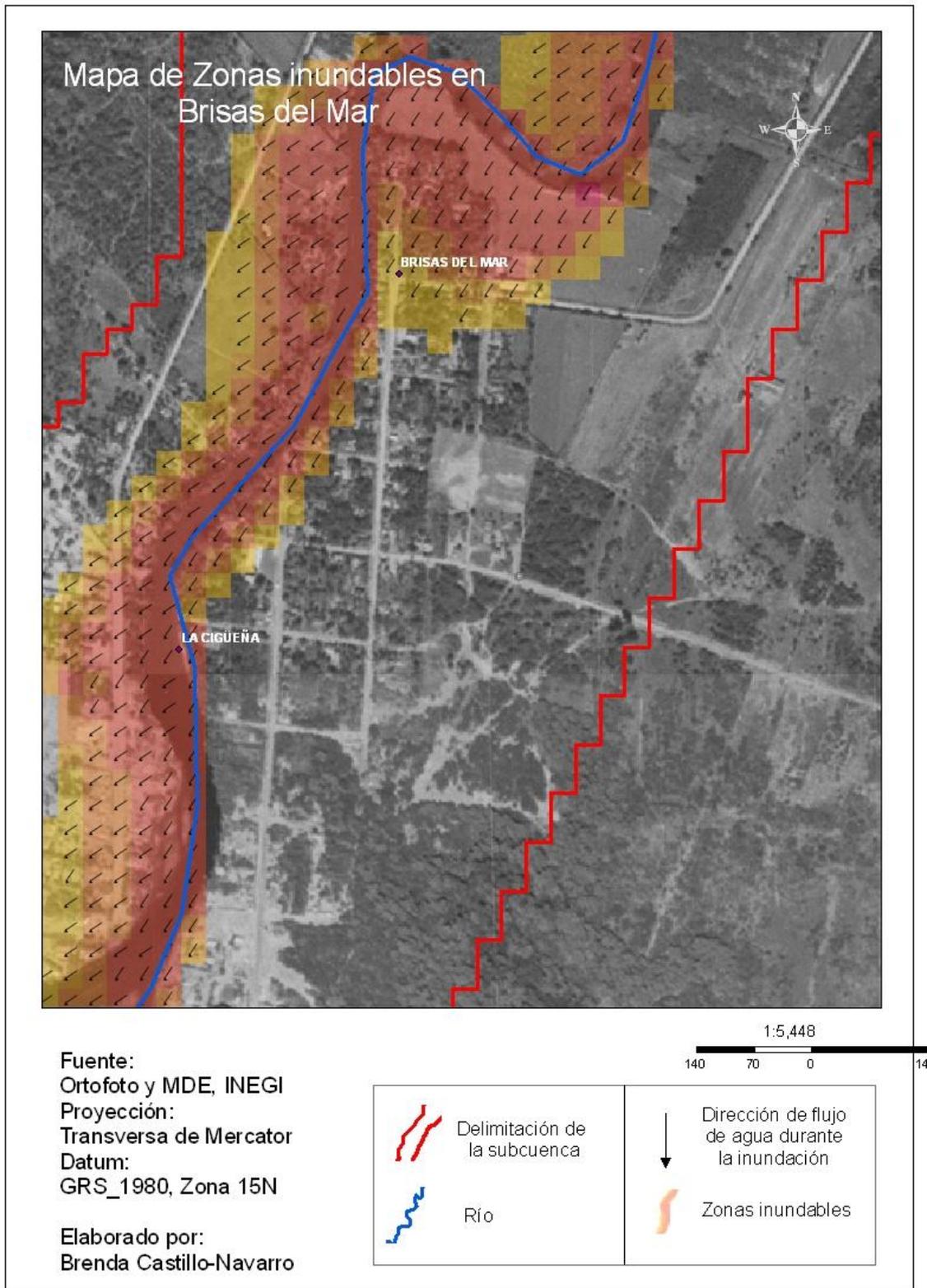


Figura 39. Áreas susceptibles a inundarse en Brisas del Mar, municipio de Suchiate, Chiapas, México.

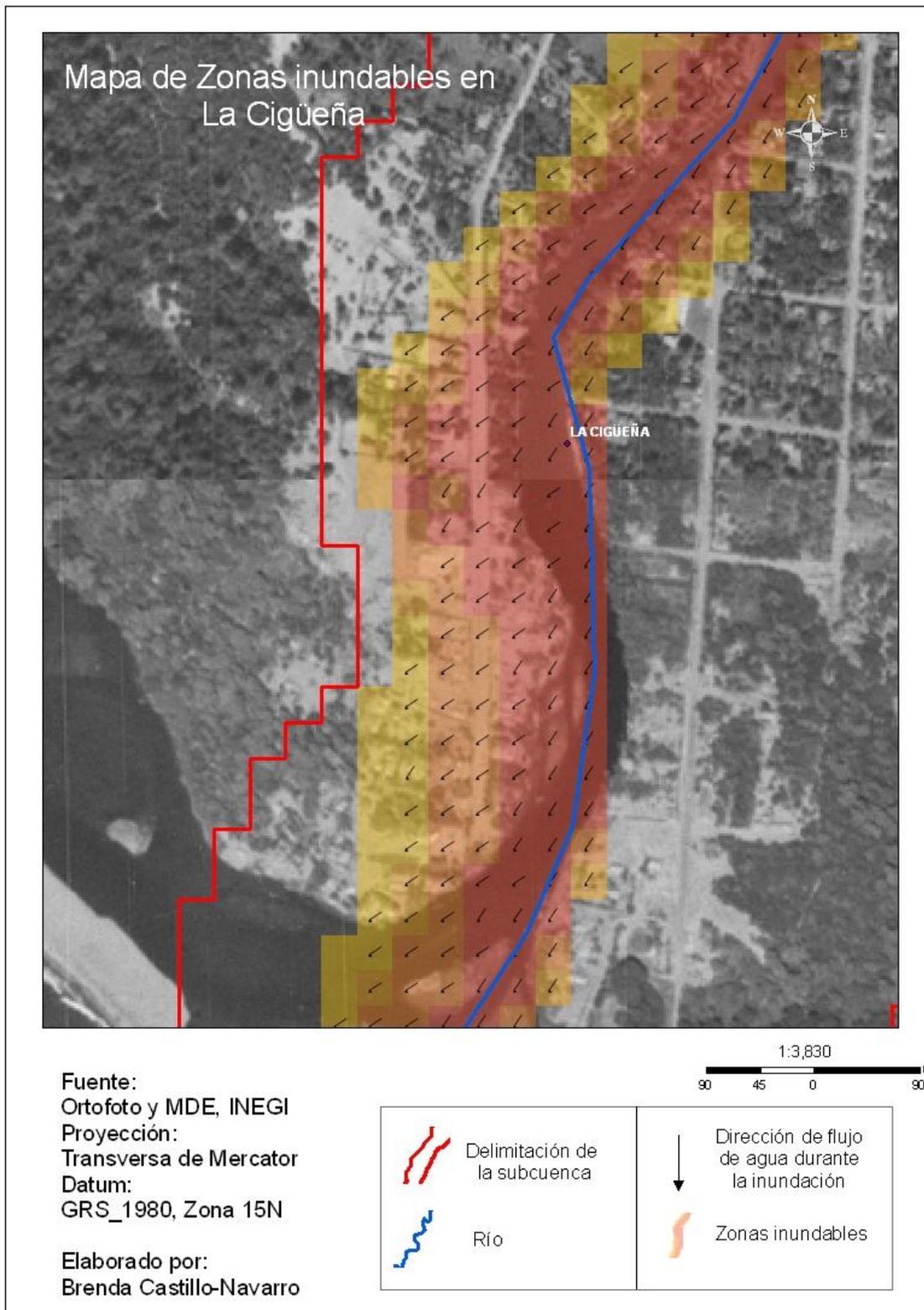


Figura 40. Áreas susceptibles a inundarse en La Cigüeña, municipio de Tapachula, Chiapas, México.

4.4 Percepción de actores locales sobre la problemática de inundaciones y deslizamientos (objetivo 5)

No fue posible realizar un solo taller para las seis comunidades en estudio en la subcuenca Alto-Cahoá, por lo que se procedió a realizar un taller por cada una de ellas; así el listado de problemas relacionados con los deslizamientos es mayor que la lista de problemas relacionados con las inundaciones en la subcuenca Bajo-Cahoacán, en donde se pudo reunir a los participantes de las tres comunidades en un solo taller.

4.4.1 Comunidades de la subcuenca del Alto-Cahoá

Para los pobladores de la subcuenta Alto-Cahoá los mayores problemas percibidos relacionados con los deslizamientos se deben a la propia ubicación del poblado, ya que la comunidad se encuentra asentada en zonas de laderas con pendientes fuertes, con nacimientos de agua en gran parte de su territorio y lluvias gran parte del año; no obstante, enfrentan problemas de pérdida de bosques por la extracción ilegal de árboles y madera para uso doméstico. También se mencionó la mala planeación en la construcción de caminos, no solo en las técnicas empleadas sino en la temporada del año en que se construyen; consideran que fue la causa de los derrumbes localizados en las comunidades de Alpujarras y El Platanar.

Además señalaron tener mala atención médica y en algunos casos la inexistencia de servicios médicos en su comunidad, por lo que deben hacer largos recorridos para ser atendidos. También se mencionó el problema con el manejo y destino de los desechos sólidos, no cuentan con servicios de recolección y/u orientación adecuada hacia esta actividad.

Los cambios en los patrones del clima desde 1990 fue otro de los problemas que identificó la comunidad y que ha provocado un desfase en la época normal de lluvia; así como en la intensidad de las mismas (en el Anexo 8 se presenta con mayor detalle la historia de las comunidades). A continuación se presenta una lista de factores problemáticos identificados por habitantes de las comunidades en la zona de estudio, acerca de los deslizamientos (Cuadro 22).

Cuadro 22. Problemas percibidos relacionados con los deslizamientos en la subcuenca Alto-Cahoá.

Tala de árboles
Crisis económica

Falta de atención a la creación de terrazas
Abandono social
Pérdida de suelo y por lo tanto falta de suelo para plantar café
Terreno con muchas laderas
Asentamientos humanos en zonas barrancosas
Pérdida de café por las intensas lluvias
Tala de árboles grandes
Pérdida de vegetación
Tiran árboles las máquinas cuando construyen carreteras
Construcción de carretera
Nacimientos de agua
Zanjas en los terrenos y pérdida de suelo
Terrenos baldíos por los deslaves
Pérdida de viviendas
Casas cerca de ríos
No hay apoyo de gobierno
Temporadas fuertes de lluvias
En terrenos los cultivos tienen vertientes (nacimientos) de agua
Los árboles se arrancan con reblandecimiento de suelo
Pérdida de plantío y producción de café y plátano
Incomunicación por derrumbe de carreteras
Pérdida de animales de carga
Lluvias y vientos fuertes
Agrietamiento por sismos
Agrietamiento y daño de casas y otras construcciones
Riesgo de vidas humanas y daños en construcciones por caída de postes de luz
Afectación e interrupción del servicio de luz eléctrica hasta por 72 hrs

Para la problemática antes mencionada se indicaron diversas soluciones (Cuadro 23), de las cuales destacó la reubicación de las comunidades a zonas con menores pendientes; sin embargo, lo consideran drástico y casi imposible de llevar a cabo por la falta de recursos económicos. Por lo que algunas acciones viables creen que puede ser la construcción de represas en zonas que presenten nacimientos de agua, para que sea redireccionada al arroyo o río más cercano por medio de tuberías y así evitar el reblandecimiento de sus propiedades. Se consideró también la plantación y reforestación de plantas autóctonas; así como, barreras vivas y terrazas para evitar la erosión y pérdida de suelo; la construcción de muros de contención en zonas identificadas como de mayor riesgo, entre otras.

Cuadro 23. Posibles soluciones para la problemática de deslizamientos en la subcuenca del Alto-Cahuá.

Reforestación.
Plantación del árbol chalum, caspirol, paterna, brotones y huintes junto con el café.
Donación de árboles para evitar la tala o para reemplazar los árboles aprovechados.
Créditos a mediano plazo para el trabajo en parcelas.
Apoyos con recursos para trabajar la tierra (dinero para comprar y pagar trabajos en la actividad cafetalera).
Que el gobierno ponga atención a las comunidades, ya que sienten estar abandonados por las instituciones y organizaciones gubernamentales que les proporcionen apoyo y atención a sus necesidades.
Evitar construir en zonas de laderas fuertes.
Cambiarse a vivir a lugares en donde no exista el riesgo a deslizamientos.
Contar con mayores oportunidades para adquirir un terreno en partes más bajas.
Construir represas en nacimientos de agua, en especial en aquellos nacimientos ubicados cerca o dentro de las viviendas, y entubarla para dirigirla al río.
Creación de terrazas para conservación de suelos.
Donación de árboles para evitar la tala o para reemplazar los árboles aprovechados.
Créditos a mediano plazo para el trabajo en parcelas.
Cambiar programa PROCAMPO por uno destinado a la reforestación.
Construir muros de contención en zonas de mayor peligro.
Mayor atención y conocimiento de las problemáticas que atraviesan las comunidades por parte de instancias gubernamentales y atención a las necesidades apremiantes.
Envío de solicitudes de apoyo al gobierno municipal, estatal y federal.
Instalación de más transformadores eléctricos y la ampliación de su red para un mejor servicio, que les proporcione energía aún durante la época de lluvias.
Asegurar los postes de luz eléctrica para que no colapsen con facilidad.
Eliminar conexiones ilegales que saturan la capacidad de transformadores eléctricos.
Renovar plantaciones de café que lo requieran.
Cambiar programa PROCAMPO por uno destinado a la reforestación.
No creen que haya solución, es casi imposible solucionar los problemas ya que viven en una zona de mucha pendiente.

La responsabilidad de dar solución a la problemática de deslizamientos identificada anteriormente se considera es una obligación de las propias comunidades conjuntamente con las instituciones de gobierno, lo cual representaría un mayor éxito en la resolución de los problemas directa o indirectamente relacionados con los deslizamientos (Cuadro 24).

Cuadro 24. Toma de responsabilidades ante la problemática de deslizamientos en comunidades de la subcuenca del Alto-Cahoá, municipio de Cacahoatán, Chiapas.

Responsabilidad	Nosotros solos	Nosotros con apoyo de	Estado *	ONG	Otro(s)
Número de veces mencionado	1	15	15	1	0

* SAGARPA, CONAFOR, COMCAFÉ, Chiapas Solidario, Municipios, Gobierno del Estado, CFE.

Si bien, se tiene el conocimiento de la importancia de realizar actividades que prevengan los constantes derrumbes en las comunidades en estudio, no se tiene una percepción o conocimiento acerca de los Sistemas de Alerta Temprana y lo que esto implicaría en el resguardo y seguridad de los habitantes y sus bienes.

4.4.2 Comunidades de la subcuenca Bajo-Cahoacán

Para los habitantes participantes del taller, la problemática de las inundaciones se refirió principalmente al dragado del canal del río en el año 2005; así como a la construcción de un muro de contención que no fue planeado adecuadamente y que además no fue terminado, por lo que una técnica que se emplearía para salvaguardar vidas y patrimonios en zonas inundables, se convirtió en un problema serio para las comunidades de la subcuenca Bajo-Cahoacán. Otro punto problemático identificado son los caminos en mal estado y el acceso hacia comunidades más seguras. En caso de una emergencia, como las inundaciones, los habitantes son trasladados por aire, no sólo por la posibilidad de que ciertos caminos sean inundados, sino también por el mal estado en que se encuentran estos (Cuadro 25). En el Anexo 9 se presenta información acerca de la historia de las comunidades de la subcuenca.

Cuadro 25. Problemas percibidos relacionados con los deslizamientos en la subcuenca Bajo-Cahoacán.

Desazolve inadecuado del río que agrava las inundaciones.

Falta de atención, de comunicación y sensación de olvido por parte de autoridades políticas.
Muro de contención mal planeado cuya ubicación ha aumentado el efecto de las inundaciones.
Falta de empleos y de oportunidades para lograr una mejor calidad de vida (viviendas, educación, salud).
Calles y carreteras en mal estado que dificultan y retrasan el tránsito vehicular en época de lluvias.
Falta de luz pública.

Para los problemas antes mencionados, los habitantes de la subcuenca proponen algunas soluciones, y consideran que la más importante y de mayor apremio es la de retirar una barra que se creó unos metros antes de la desembocadura del río, debido al dragado que se le realizó después del paso del huracán Stan y que ha afectado no solo la actividad pesquera, sino el cauce natural del río, así como también favorecido inundaciones anuales principalmente en comunidad de La Cigüeña (Cuadro 26).

Cuadro 26. Posibles soluciones para la problemática de deslizamientos en la subcuenca del Bajo-Cahoacán.

Retirar el tapón de tierra que obstruye la desembocadura del río (boca barra).
Disponibilidad de apoyo económico e institucional para el retiro del tapón antes mencionado.
Que la comunidad sea autosuficiente en la compra de insumos como lámparas eléctricas.
Mayor participación social de los pobladores que conforman el ejidal para pedirles el aporte.
Llamar la atención a las autoridades de la comunidad, los encargados de programas y proyectos para que logren un mejor desempeño de sus actividades y responsabilidades.
Unirse todos para quejarse ante las autoridades correspondientes.
Que toda la comunidad se una y se apoye, ya que sienten que la falta de apoyo y unión puede retrasar la solución de problemas y conflictos.

La responsabilidad de llevar a cabo las acciones que den solución a su problema con las inundaciones consideraron recae tanto en la propia comunidad como en el estado (Cuadro 27), en mayor proporción en éste último, pues creen que es el Estado quien tiene mayor poder de inversión.

Cuadro 27. Toma de responsabilidades ante la problemática de deslizamientos, municipio de Suchiate y Tapachula, Chiapas.

Responsabilidad	Nosotros solos	Nosotros con apoyo de	Estado *	ONG	Otro(s)
Número de veces mencionado	1	1	2	0	0

5 CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de vulnerabilidad global en la subcuenca Alto-Cahoá, las comunidades con vulnerabilidad alta fueron El Águila, El Progreso, Alpujarras y El Platanar, mientras que Agustín de Iturbide y Benito Juárez tuvieron vulnerabilidad media; lo cual indica la urgencia de implementar acciones mitigadores y de educación sobre el riesgo a desastres naturales
- Los indicadores que presentaron mayor vulnerabilidad (Muy alta) en la subcuenca Alto-Cahoá fueron: número viviendas en ladera, porcentaje de deforestación, porcentaje de desempleo, bajo ingreso per cápita, falta de equipo adecuado para prevención y mitigación de riesgos, falta de infraestructura adecuada para zonas de riesgo, falta de orientación hacia la prevención, carencia de planes de prevención y de técnicos capacitados; lo cual sugiere un origen en la relación indirecta con la economía local empobrecida, la falta de atención de servicios básicos, e institucionales relacionados con la prevención y mitigación de riesgos, así como el equipo y tecnología adecuada para disminuir su vulnerabilidad.
- Los indicadores que no representan vulnerabilidad para las comunidades de la subcuenca Alto-Cahoá son: el material empleado para construcción de paredes y pisos de viviendas, el número de comités y juntas locales, la accesibilidad a telecomunicaciones, y los proyectos ejecutados al año.
- De acuerdo al análisis de vulnerabilidad global en la subcuenca Bajo-Cahoacán, las comunidades con vulnerabilidad alta fueron Brisas del Mar y La Cigüeña. Barra de Cahoacán presentó vulnerabilidad media.
- Los indicadores con vulnerabilidad muy alta en la subcuenca antes mencionada, fueron: alto número de casas en la ribera del río, vías de acceso en mal estado, obras hidráulicas sin capacidad para eventos extremos, techos de viviendas construidos de palma, falta de acceso a refugios temporales, falta de presencia institucional, ingreso per cápita bajo, falta de diversificación de actividades productivas, alto porcentaje de

desempleo, carencia de obras de prevención o mitigación, percepción fatalista y poca participación de mujeres, alto grado de analfabetismo y de orientación hacia la prevención; así como, falta de instituciones orientadas en dicho aspecto, falta de planes de mitigación y técnicos capacitados en prevención.

- Los indicadores que menor vulnerabilidad (Muy baja) tuvieron son: el número de proyectos ejecutados, número de representantes de la comunidad y de población que reconoce éstos como tales, participación en la fase de impacto y rehabilitación de un desastre; así como, el deseo de participar en fase pre-desastre de establecerse un SAT en las comunidades y porcentaje de habitantes dispuestos a trabajar en equipo.
- Los resultados obtenidos con el método Mora-Vahrson y Análisis multicriterio son de carácter cualitativo, representan condiciones relativas entre características propias de cada categoría de susceptibilidad.
- Considerando los métodos empleados para zonificar la amenaza de deslizamientos (Mora-Vahrson y Análisis multicriterio) y la percepción de la población, la subcuenca Alto-Cahoá es predominantemente de susceptibilidad moderada.
- Los resultados obtenidos con el método Mora-Vahrson y Análisis multicriterio son un acercamiento a la realidad de la subcuenca, no se asegura que el desastre ocurrirá en los sitios señalados ni predice el tiempo con el que se presentará.
- El Análisis Multicriterio identifica a la subcuenca para los cinco escenarios, con una amenaza moderada a deslizamientos, es a su vez el modelo que más concuerda con la percepción de los habitantes de la subcuenca Alto-Cahoá.
- Con el Análisis Multicriterio, al igual que el Mora-Vahrson, la mayor superficie de la subcuenca se encuentra en categoría de amenaza moderada.
- La zonificación de inundaciones presentada en este trabajo es un acercamiento de las zonas que son más susceptibles tomando en cuenta los criterios utilizados para su simulación tomando en cuenta la falta información precisa y sensible (MDE e hidrograma-hietograma adecuado).
- Se tiene entonces que, las áreas más afectadas ante una inundación en la comunidad de Barra de Cahoacán están ubicadas al Noroeste y Suroeste de ésta, afecta principalmente las plantaciones de plátano más cercanas al río y viviendas ubicadas en la ribera. De la comunidad Brisas del Mar, la zona habitacional con mayor susceptibilidad a los desbordamientos e inundaciones es Norte y Noroeste; así como, la

entrada principal a este poblado. Más del 90% de la comunidad La Cigüeña presenta riesgo ante inundaciones.

- Los habitantes de las comunidades en estudio de la subcuenca Alto-Cahoá, consideran su propia ubicación como la principal condición que los pone en una situación de riesgo a deslizamiento. También consideran que factores como fuertes precipitaciones son disparadores de deslizamientos, como solución proponen su reubicación a zonas más seguras, la reforestación y construcción de muros de contención y técnicas de conservación de suelos, cuya responsabilidad de llevar a cabo dichas acciones está en manos de las comunidades conjuntamente con las instituciones gubernamentales sean municipales, estatales y/o federales.
- Para los habitantes de la subcuenca Bajo-Cahoacán su principal problema es la mala aplicación de técnicas empleadas post-inundaciones y consideran que la solución se encuentra en que las autoridades correspondientes presten mayor atención de sus habitantes y su problemática, y se apliquen correctamente las acciones de mitigación, y se retire un terraplén formado después del paso del huracán Stan.
- Puede considerarse que los mapas generados al emplear ambas metodologías son complementarios y sirven de diagnóstico inicial.
- Si bien existe un buen conjunto de datos para desarrollar el trabajo de modelación, aún faltan datos básicos con resolución regional y local. Usar escalas pequeñas (1:250,000), no muestran a detalle las características propias de la región.
- Mapas a escalas 1:250,000 deberán ser usadas mayormente en la fase de reconocimiento a gran dimensión y no para la toma de decisiones a nivel comunidad.
- Con la escala (1:250,000) y parámetros utilizados, los resultados obtenidos con el Método Mora-Vahrson no son concluyentes, ya que éstos no concuerdan totalmente con la realidad de la zona de estudio y la percepción de los habitantes de ésta.
- El Análisis Multicriterio identifica a la subcuenca para los cinco escenarios, con una amenaza moderada a deslizamientos, es a su vez el que coincide con la percepción de los habitantes de la subcuenca Alto-Cahoá.
- Con el Análisis Multicriterio, al igual que el Mora-Vahrson, la mayor superficie de la subcuenca se encuentra en categoría de amenaza moderada.
- La zonificación de inundaciones presentada en este trabajo, no es concluyente ya que no se contó con información precisa y sensible (MDE e hidrograma-hietograma

adecuado); sin embargo, la simulación puede ser un acercamiento de las zonas que son más susceptibles tomando en cuenta los criterios utilizados para su simulación. Se tiene entonces que, las áreas más afectadas ante una inundación en la comunidad de Barra de Cahoacán están ubicadas al Noroeste y Suroeste de ésta, afecta principalmente las plantaciones de plátano más cercanas al río y viviendas ubicadas en la ribera. De la comunidad Brisas del Mar, la zona habitacional con mayor susceptibilidad a los desbordamientos e inundaciones es Norte y Noroeste; así como, la entrada principal a este poblado. Finalmente, más del 90% de la comunidad La Cigüeña presenta riesgo ante inundaciones.

- Los habitantes de las comunidades en estudio de la subcuenca Alto-Cahoá, consideran su propia ubicación como la principal condición que los pone en una situación de riesgo a deslizamiento. También consideran que factores como fuertes precipitaciones son disparadores de deslizamientos, como solución proponen su reubicación a zonas más seguras, la reforestación y construcción de muros de contención y técnicas de conservación de suelos, cuya responsabilidad de llevar a cabo dichas acciones está en manos de las comunidades conjuntamente con las instituciones gubernamentales sean municipales, estatales y/o federales.
- Para los habitantes de la subcuenca Bajo-Cahoacán su principal problema es la mala aplicación de técnicas empleadas post-inundaciones y consideran que la solución se encuentra en que las autoridades correspondientes presten mayor atención de sus habitantes y su problemática, y se apliquen correctamente las acciones de mitigación, y se retire un terraplén formado después del paso del huracán Stan.

6 RECOMENDACIONES

- Implementar un programa comunitario de educación ambiental y de riesgo a desastres para lograr una mayor conciencia sobre el entorno y los peligros existentes en las comunidades.
- Tomar en cuenta la zonificación de amenazas como un recurso indispensable en el plan de manejo del territorio y de cuencas.

- Instituir un sistema de alarma institucionalizado con un enlace estrecho entre la institución u organización que opere el sistema y las comunidades, como una clave en la reducción de riesgos.
- Identificar y señalar zonas potencialmente deslizables como una actividad local y participativa.
- En este mismo sentido implementar un programa de prevención de desastres y de gestión del riesgo.
- Promover a nivel local con injerencia municipal, evitar la construcción de viviendas en zonas propensas a deslizarse y al pie de laderas.
- Intensificar la densidad del muestreo de capas para lograr un modelo más fino; esto es, mapas de diferentes temáticas con más detalle y mayor precisión.
- Considerando que la amenaza en la subcuenca Alto-Cahoá es primordialmente moderada se recomienda realizar estudios de microzonificación, con el objetivo de conocer a mayor detalle las propiedades del terreno y tomar decisiones conjuntamente con los habitantes de la cuenca sobre el uso adecuado del suelo.
- Para poder hacer modelaciones hidrológicas e hidráulicas precisas, es necesario que la cuenca cuente con estaciones pluviográficas/pluviométricas e hidrométricas/limnigráficas que provean de registros continuos automáticos o por un operador local y que puedan ser utilizados para relacionar eventos de precipitación-escorrentía.
- Contar con un MDE levantado con métodos más precisos, principalmente en la parte baja de la cuenca, como por ejemplo la posibilidad de acceder a un levantamiento con LIDAR que provea de datos con precisión vertical submétrica.
- Para el caso de la problemática de inundaciones se recomienda evaluar las luces en puentes que atraviesen el río Cahoacán para evitar cualquier taponamiento y consecuente desbordamiento del río.
- Para evitar desbordes en el tramo de los poblados, se recomienda evaluar la posibilidad de hacer obras de corrección de cauce que minimicen el efecto de estas crecidas. Estas obras pueden incluir desde el dragado del río para aumentar su capacidad de conducción, hasta la construcción de gaviones y diques de protección.
- Como práctica ambiental, se recomienda para las comunidades del Alto-Cahoá retomar y/o iniciar (según sea el caso) con proyectos de conservación de suelos ya sea por

medio del proyecto CONAGUA de “manejo del agua y preservación del suelo (MAPS)” o por iniciativa de la comunidad de acuerdo a sus necesidades, como son presas filtrantes, barreras vivas, terrazas individuales. Mientras que para las comunidades de Bajo-Cahoacán se recomiendan cercos vivos y reforestación de la zona riverense, así como el uso de abonos orgánicos.

- Se recomienda también, que se considere previa evaluación, la posibilidad de reubicar viviendas que se encuentran en riesgo moderado a alto en ambas áreas de estudio (comunidades de subcuencas Alto-Cahoá y Alto-Cahoacán).

7 LITERATURA CITADA

- Agüero, VJ. 2000. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de una sección de los acuíferos del Valle Central de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Civil. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 195 p.
- Álvarez, A. 2001. Sobre la evaluación de riesgo de desastres naturales y vulnerabilidad de la comunidad utilizando sistemas de información geográficos. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 5(2).
- Aparicio M, MJ. 1999. Dinámica de inundaciones del río Colorado e impacto en Turrialba, Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, CR, CATIE. 104 p.
- Kenneth W, Campbell. 1981. Near-source attenuation of peak horizontal acceleration Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 71(6) pp. 2039 – 2070.
- Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. 3ª. Edición. Ed. Rialp. Madrid. pp. 497-513.
- CONAGUA. 2008. Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. D.F. México. pp. 93-104.
- CONAGUA. 2008. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) - Estadísticas del Agua en México.
<http://www.conagua.gob.mx/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=06f346cf-d0b2-4c2b-8cd0-a1f9a99256ce|SISTEMA%20NACIONAL%20DE%20INFORMACI%EF%BF%BD%20DEL%20AGUA|10|0|0|0>
- CONAPO. 1994. La Población de los Municipios de México 1950 - 1990. Ed. UNO Servicios Gráficos, México.
- Cruz, SJ y Tames, UP. 1983. Análisis cuantitativo de la red de drenaje de la cuenca del río Deba. Lurralde. 6, pp95-117. ISSN 1697-3070.
- Darío, CA. 1996. Manejo ambiental y prevención de desastres: Dos temas asociados. En: Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Fernández M.(comp.). La Red. Pp. 57-74.
- Franquet B, JM. 2005. Agua que no has de beber. 60 respuestas al Plan Hidrológico Nacional. Consultado el 25 de octubre de 2008. Disponible en www.eumed.net/libros/2005/jmfb-h/

- García, AV y Contreras VM. 1999. La Red, proyecto de LA RED “Inventarios de Desastres en América Latina” usando DesInventar. Informe México. CIESAS. México. p23.
- Geilfus, F. 1997. 80 herramientas para el desarrollo participativo, diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. EDICPSA. San Salvador, El Salvador. 159p.
- Geological Survey of Canada (GSC). 2008 Geoscience for central Vancouver Island communities Landslide. En http://geoscape.nrcan.gc.ca/nanaimo/landslide_e.php
- Guerra, F y González, J. 2002. Caracterización morfométrica de la cuenca de la Quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. *Geoenseñanza*. Vol. 7 p.88-108.
- Guevara, E; Quaas, R; Zepeda, O; sf. El Atlas Nacional de Riesgos Sistema Integral de Información sobre Riesgo de Desastres. Centro Nacional de Prevención de Desastres Gobierno del Estado de Chiapas. 2005. Reconstrucción para el desarrollo. Plan de reconstrucción. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 128 p.
- Gregory, KJ and Walling, DE. 1973. Drainage basin form and processes. A geomorphological approach. London. 472 pp.
- IICA-GTZ. 1997. 80 herramientas para el desarrollo participativo. Disponible en: <http://www.care.org.pe/intranet/care/e&a/metodologia/ortrasorganz/bibliotseguimtoe&a/HerramientasSE/80herra/indice.htm>. Consultado el 16 de octubre de 2008.
- INEGI. 1990. Guías para la interpretación de Cartografía, Climatología, 1ª Edición. INEGI. Aguascalientes, México, pp. 30-36.
- INEGI. 2006. Núcleos agrarios, tabulados básicos por municipio 199-2006. Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares, PROCEDE. Chiapas, México.
- Highland, L. (Comp). 2004. Landslide types and processes. USGS. En línea <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>. Consultado el 3 de mayo de 2010.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas. Disponible en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/chiapas/>. Consultado el 26 de octubre de 2008.
- Jiménez, OF. 2007. Apuntes del curso Gestión del riesgo a desastres. CATIE. Turrialba, CR.
- Jiménez, OF. 2008. Apuntes del curso Manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

- Kjekstad, O; Valstad, T; Gregersen, O and Domaas, U. 2007. Examples of two simplified qualitative methods for landslide risk assessment. In: Asian program for regional capacity enhancement for landslide impact mitigation. (RECLAIM Phase II) regional training course. Disponible en: [http://www.adpc.net/v2007/Programs/UDRM/PROGRAMS%20&%20PROJECTS/RECLAIM/Phase%20II/Downloads/RECLAIMProceedings\(1\).pdf](http://www.adpc.net/v2007/Programs/UDRM/PROGRAMS%20&%20PROJECTS/RECLAIM/Phase%20II/Downloads/RECLAIMProceedings(1).pdf). Consultado el 28 de octubre de 2008.
- Llenera, P. 1996. Metodología para la elaboración de planes maestros de cuencas. Instituto de Promoción para la Gestión del Agua. pp. 17-27. Disponible en: http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia_planes_maestros/metodologia_elaboracion_planes_maestros_cuencas.pdf. Consultado el 27 de octubre de 2008.
- Lyvia, RM (comp.) 1996. Ciudades en riesgo, degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. La Red. USAID. pp. 2-5. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER_cap01-CEP_ene-7-2003.pdf. Consultado el 21 de octubre de 2008.
- Madrigal O, LN. 1995. Análisis de las inundaciones en la cuenca del río Tuis mediante la modelación hidrológica e hidráulica de eventos máximos. Tesis MSc. Turrialba. CR. CATIE. 371 p.
- Monges, B. (comp.). 1992. Programa educativo para emergencias, compendio general sobre desastres. Comisión Nacional de Emergencias.
- Mora, CR. 2004. Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 17 p.
- Mora, CR; Chávez, G; Vásquez, FM. 1992. Zonificación de la susceptibilidad al deslizamiento: resultados obtenidos para la península de Papagayo mediante la Modificación del método Mora-Vahrson. Sección Geotecnia e Hidrogeología. Escuela Centroamericana de Geología Universidad de Costa Rica. <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>
- Nizam, GJ and Kamsin, A. 2008. A real time simulation and modeling of flood hazar. WSEAS Internatinal Conference on systems. Heraklion, Grecia. Conferencia. En: <http://eprints.um.edu.my/842/1/sys2-10.pdf>. Consultado el 09 de mayo de 2010.
- NRCS. 2007. Watersheds, hydrologic units, hydrologic unit codes, watershed approach, and rapid watershed assessments. Disponible en

- http://www.nrcs.usda.gov/programs/rwa/Watershed_HU_HUC_WatershedApproach_defined_6-18-07.pdf. Consultado el 20 de octubre.
- Obando, J. 2007. Consulta nacional sobre prioridades DIPECHO. Documento de País. Disponible en: http://ec.europa.eu/echo/files/funding/opportunities/interest_dipecho6_c_america2008_guatemala_en.pdf. Consultado el 28 de octubre de 2008.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2004. Un informe mundial, la reducción de riesgos de desastres, un desafío para el desarrollo. Estados Unidos.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. IICA, BMZ/GTZ. San José Costa Rica. pp. 19-21
- Rivera T, LH. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad. Valle de Ángeles. Honduras. Tesis MSc. Turrialba. Costa Rica. CATIE. 158 p.
- Rodríguez, C; Torres, AT y León, EA. 2006. Landslide Hazard in El Salvador. 2006 ECI Conference on Geohazards. Lillehammer, Norway. Disponible en: <http://services.bepress.com/eci/geohazards/6>. Consultado el 28 de octubre de 2008.
- Ruiz R, E; Zeisler, P. & A. Assmann. 2006. FloodArea ArcGIS extensión for calculating flooded areas, user manual. Geoinformatik & Ressourcenmanagement geomer.
- Sala, M y Gay, R. 1981. Algunos datos morfométricos de la cuenca del Isábena. Notas de Geografía Física, nº 4, pp. 41-65.
- Salazar, MG. 2007. Modelaje de la amenaza al deslizamiento mediante el sistema de información geográfico - Ilwis -, utilizando el método Mora-Varhrson 1991. Jornadas PROHIMET. Disponible en hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/Br07/Comunicaciones/Salazar.pdf. Consultado el 28 de octubre de 2008.
- Salgado, MR. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Hondura. Tesis MSc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p.
- Sánchez, SR. 2007. Manual introductorio a HEC-RAS. Universidad de Salamanca. Disponible en: <http://web.usal.es/javisan/hidro>.

- Santacruz, LG. 2006. Análisis de la explotación, manejo e impacto sobre los recursos hídricos de la cuenca del Río Cahoacán (Chiapas). Tesis Maestro en Ingeniería Hidráulica. UNAM. México, D.F. 103p.
- Silva, MG. 2003. Ríos y corrientes naturales. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.geocities.com/gsilvam/cauces.htm>. Consultado el 22 de octubre de 2008.
- Trifunac, MD and Brady, AG. 1975. On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of recorded ground motion. Bulletin Seismic Society America. 65. pp 139-162.
- UICN. 2008. Segundo informe semestral. Proyecto Cahoacán. Manejo de la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México, a través de la restauración y conservación de microcuencas, para prevenir daños causados por el exceso de agua. Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP. 39 p.
- Villón, M. 2004. Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Zanetta, C. 2001. The evolution of the World Bank's urban lending in Latin America: from sites and services to municipal reform and beyond. Habitat International 25. pp 513-533.
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad Global. En Los desastres no son naturales. Marskey. A. Compilation CO. La Red.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de recolección de datos para estimar vulnerabilidad a inundaciones y deslizamiento.

Deslizamientos

Vulnerabilidad física

Valoración del indicador número de casas en laderas

No. Casas ladera	Vulnerabilidad	Calificación
> 8	Muy alta	4
6-7	Alta	3
5-6	Media	2
3-4	Baja	1
0-2	Muy baja	0

Valoración del indicador % de viviendas construidas con materiales resistentes

% de viviendas construidas con materiales resistentes	Vulnerabilidad	Calificación
Lámina	Muy alta	4
Tablas	Alta	3
Adobe	Media	2
Bloques	Baja	1
Ladrillo	Muy baja	0

Valoración del indicador número de infraestructuras destinadas a emergencias

% de población con acceso a albergues en caso de emergencia	Vulnerabilidad	Calificación
0-19,9	Muy alta	4
20-39,9	Alta	3
40-59,9	Media	2
60-79,9	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Valoración accesibilidad a la comunidad

Acceso de la población con Accesibilidad en el año	Vulnerabilidad	Calificación
Difícil todo el año	Muy alta	4
De enero a mayo	Alta	3
De enero a agosto	Media	2
De enero a octubre	Baja	1
Fácil acceso todo el año	Muy baja	0

Vulnerabilidad social

Ponderación de la variable organización comunal

Número de organizaciones	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
4	Baja	1
4 o más	Muy baja	0

Ponderación de la variable instituciones presentes en la zona

Número de Instituciones	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
4	Baja	1
4 o más	Muy baja	0

Ponderación de la variable acceso a medios de comunicación

% población con radio	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.9	Muy alta	4
20-39.9	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.9	Baja	1

% población con radio	Vulnerabilidad	Calificación
80-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable población

Índice de población	Vulnerabilidad	Calificación
0.81-1.00	Muy alta	4
0.64-0.80	Alta	3
0.41-0.60	Media	2
0.21-0.40	Baja	1
1-0.20	Muy baja	0

Ponderación de la variable ubicación del servicio de salud

Ubicación del servicio	Vulnerabilidad	Calificación
En Frontera Hidalgo	Muy alta	4
En Cacahoatán	Alta	3
1 por 3 comunidades	Media	2
2 para todas comunidades	Baja	1
Uno por cada comunidad	Muy baja	0

Ponderación de la variable tipo de servicio de salud

Ubicación del servicio	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguno	Muy alta	4
Hospital básico comunitario	Alta	3
Puesto de salud	Media	2
Centro de salud	Baja	1
Hospital	Muy baja	0

Vulnerabilidad ecológica

Ponderación de deforestación

% de área deforestada	Vulnerabilidad	Calificación
20 o más	Muy alta	4
15-19.99	Alta	3
10.14.90	Media	2

% de área deforestada	Vulnerabilidad	Calificación
5-9.99	Baja	1
9-4.99	Muy baja	0

Vulnerabilidad económica

Ponderación de la variable desarrollo económico (salario mínimo = \$ 49.50)

Ingreso per cápita (salario mínimo diario en pesos)	Vulnerabilidad	Calificación
2 o menos	Muy alta	4
3 – 4	Alta	3
4-6	Media	2
7 – 9	Baja	1
10 o más	Muy baja	0

Ponderación de la variable dependencia económica

No. Actividades productivas	Vulnerabilidad	Calificación
1 actividad	Muy alta	4
2 actividades	Alta	3
3 actividades	Media	2
4 actividades	Baja	1
5 o más actividades	Muy baja	0

Ponderación de la variable desempleo

% habitantes desempleados	Vulnerabilidad	Calificación
20 o más	Muy alta	4
15-19.99	Alta	3
10-14.99	Media	2
5-9.99	Baja	1
1-4.99	Muy baja	0

Ponderación de la variable acceso a servicios públicos

% población que no tiene acceso	Vulnerabilidad	Calificación
20 o más	Muy alta	4

% población que no tiene acceso	Vulnerabilidad	Calificación
15-19.99	Alta	3
10-14.99	Media	2
5-9.99	Baja	1
1-4.99	Muy baja	0

Vulnerabilidad política

Ponderación de apoyo municipal u otro ente estatal en proyectos comunitarios

Proyectos ejecutados por año	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
>3	Muy baja	0

Ponderación de la variable participación comunitaria en las decisiones locales

No. Representantes de la comunidad	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguno	Muy alta	4
Uno para toda la zona	Alta	3
Uno cada tres comunidades	Media	2
Uno para cada dos comunidades	Baja	1
Uno por comunidad	Muy baja	0

Ponderación de la variable liderazgo en la comunidad

% población que reconoce a los líderes	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20-39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2

% población que reconoce a los líderes	Vulnerabilidad	Calificación
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Vulnerabilidad Técnica

Ponderación de la variable equipos y obras para prevenir o mitigar el riesgo

Disponibilidad de equipo	Vulnerabilidad	Calificación
En Frontera Hidalgo	Muy alta	4
En Cacahoatán	Alta	3
En Tuxtla Chico	Media	2
En Suchiate	Baja	1
En Tapachula	Muy baja	0

Ponderación de la variable tecnología de construcción en zonas de riesgo

% infraestructuras con técnicas de construcción	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20.39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Vulnerabilidad Ideológica

Ponderación de la variable reacción comunal en la fase pre-desastre.

% participación comunitaria	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20.39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable reacción de la comunidad en la fase impacto y rehabilitación

% participación comunitaria	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20.39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable percepción fatalista

% Percepción fatalista	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20.39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Vulnerabilidad cultural

Ponderación de la variable participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de desastres

Participación de la mujer	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20.39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable programas radiales y televisados sobre prevención y mitigación de desastres.

No. programas	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3

No. programas	Vulnerabilidad	Calificación
2	Media	2
3	Baja	1
4 o más	Muy baja	0

Ponderación de la variable integración ínter comunal para prevención y/o mitigación de desastres

% población dispuesta a trabajar en equipo	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20-39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Vulnerabilidad educativa

Cuadro 31. Ponderación de la variable analfabetismo

% población dispuesta a trabajar en equipo	Vulnerabilidad	Calificación
20 o más	Muy alta	4
15-19.99	Alta	3
10-14.9	Media	2
5-9.99	Baja	1
<5	Muy baja	0

Ponderación de la variable grado de escolaridad

Grado de escolaridad	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20-39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable orientación a la prevención y mitigación de desastres naturales

Grado de escolaridad	Vulnerabilidad	Calificación
Kinder	Muy alta	4
Primaria	Alta	3
Secundaria	Media	2
Preparatoria	Baja	1
Universidad	Muy baja	0

Vulnerabilidad institucional

Ponderación de la variable instituciones relacionadas con la prevención y mitigación de riesgos

No. Instituciones presentes	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
4 o más	Muy baja	0

Ponderación de variable planes de mitigación

Planes ejecutados por año	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20-39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1
80-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable capacitación de personal técnico

% técnicos capacitados por año	Vulnerabilidad	Calificación
0-19.99	Muy alta	4
20-39.99	Alta	3
40-59.9	Media	2
60-79.99	Baja	1

% técnicos capacitados por año	Vulnerabilidad	Calificación
80-100	Muy baja	0

Inundaciones

Vulnerabilidad física

Ponderación de la variable conducción de agua potable y su funcionalidad

% funcionalidad tubería antes inundación	Vulnerabilidad	Calificación
21 o más	Muy alta	4
16-20	Alta	3
11-15	Media	2
6-10	Baja	1
0-5	Muy baja	0

Ponderación de la variable asentamientos humanos en ribera de ríos

No. Casas en ribera de ríos	Vulnerabilidad	Calificación
8 o más	Muy alta	4
7-8	Alta	3
5-6	Media	2
3-4	Baja	1
0-2	Muy baja	0

Vulnerabilidad física

Ponderación de la variable estado de puentes

% puentes en buen estado	Vulnerabilidad	Calificación
60 o menos	Muy alta	4
61-70	Alta	3
71-80	Media	2
81-90	Baja	1
91-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos

% obras hidráulicas con capacidad a eventos extremos	Vulnerabilidad	Calificación
51-60	Muy alta	4
61-70	Alta	3
71-80	Media	2
81-90	Baja	1
91-100	Muy baja	0

Ponderación de la variable mantenimiento de obras hidráulicas

Frecuencia mantenimiento de obras hidráulicas	Vulnerabilidad	Calificación
Nunca o casi nunca	Muy alta	4
Poco frecuente	Alta	3
Frecuente	Media	2
Bastante frecuente	Baja	1
Muy frecuente	Muy baja	0

Anexo 2. Formato de recolección de datos en campo y en talleres para estimar vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos.

Comunidad: _____

Fecha: _____

1. VULNERABILIDAD FÍSICA

Viviendas totales en la comunidad _____

Ubicación de viviendas Ladera _____ ribera de río _____

Material de construcción Lamina _____ Madera _____ Ladrillo _____ Cartón _____

Acceso a albergue: si _____ no _____

Accesibilidad a la comunidad (vehículo)

Difícil todo el año _____ Ene-mayo _____ Ene-ago _____ Ene-oct _____

Fácil todo el año _____

¿Con qué frecuencia se han producidos los mayores daños por inundación y deslizamientos?

• Varias veces al año _____ • Cada año _____ • Cuando ocurren huracanes _____

• Provocado por Stan _____

¿Cuál es el porcentaje aproximado de daños de las carreteras cuando se presentan períodos prolongados de lluvia?

¿Cuál fue el porcentaje de daños en las líneas de servicios básicos de agua potable, ocasionados por Stan?

¿Cuántas viviendas fueron dañadas por inundaciones o deslizamientos ocasionadas por Stan?

¿Cuándo ocurrió Stan, qué cultivos se dañaron y hectáreas cultivadas?

2. VULNERABILIDAD SOCIAL

No. organizaciones comunales: _____ Cuáles? _____

No. instituciones presentes: _____ ¿Cuáles? _____

Índice de población: Población total _____ área comunidad _____

Acceso a medios de Comunicación: Radio _____ Otros _____

Servicios médicos: Centros de salud ____ Hospital _____

3. VULNERABILIDAD ECOLÓGICA

¿Se realizan conservación de suelos?

Si ____ No ____ Área (%) _____

4. VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Ocupación (% aproximado de la comunidad)

Empleado ____ Desempleado ____ Trabajo propio _____

Ingresos mensuales _____

Principales actividades productivas _____

Acceso a servicios públicos básicos Si ____ No ____ ¿Cuáles? _____

Valor promedio de la tierra para construcción de vivienda en la comunidad _____ pesos

5. VULNERABILIDAD POLÍTICA

¿Existen líderes comunitarios? Si ____ No ____ Nombre(s) _____

¿Existe alguna restricción (ley u ordenanza municipal) para la construcción de viviendas en zonas de riesgo a inundaciones y deslizamientos? ¿Se aplica la ley?

6. VULNERABILIDAD TÉCNICA

¿Cuál es el porcentaje aproximado de estructuras físicas con técnicas de construcción en zonas de riesgo a inundaciones?

¿Con qué frecuencia se aplica mantenimiento a puentes y obras hidráulicas?

7. VULNERABILIDAD IDEOLÓGICA

¿Cuál es el porcentaje aproximado de la población dispuesta a colaborar ante una amenaza por inundaciones o deslizamientos?

¿Cuáles son las amenazas latentes y el grado de las mismas en períodos lluviosos que puedan afectar a la comunidad?

Cuando se han presentado inundaciones ¿A que horas del día han ocurrido los mayores daños y si es por la mañana, tarde o noche a qué hora son más peligrosas a su manera de ver?

¿Cuál es el porcentaje de la población que es pasiva ante una inundación como la del Stan?

Cuando han habido problemas por desastres naturales en la comunidad ¿Qué porcentaje de la población según los comentarios creen que los desastres naturales son producto del castigo divino?

8. VULNERABILIDAD CULTURAL

1. ¿Cuántas mujeres participan en actividades de prevención y mitigación?

2. ¿Cuántos programas radiales y televisivos de información ambiental se escuchan por día en su comunidad?

3. ¿La población trabaja de manera integrada?

9. VULNERABILIDAD EDUCATIVA

1. ¿Cuál es el número de estudiantes? O el porcentaje de personas estudiando

2. Porcentaje de población que sabe leer y escribir

3. Número aproximado de charlas al año de educación ambiental que dan los maestros de la comunidad y profesionales de otras instituciones que operan en la comunidad

6. ¿Cuál es el porcentaje de población que recibe capacitación en prevención de desastres?

5. ¿Cuántos campesinos o porcentaje de estos son capacitados por año en aspectos de asistencia técnica de producción agrícola y manejo de cuencas?

9. VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL

1. ¿Trabaja en actividades relacionadas con la prevención y mitigación de desastres naturales? ¿Qué tipo de actividades realiza, con quien las realiza y como las realiza?

2. Si realiza algún tipo de actividad orientada a la temática anterior: ¿Que porcentaje de los técnicos han sido capacitados en esa área?

3. ¿La institución ha elaborado planes de mitigación para la comunidad y/o la zona? ¿Qué porcentaje de ese plan se ha ejecutado?

4. ¿La institución cuenta con algún tipo de equipo para prevenir y/o mitigar desastres naturales que puedan afectar a la comunidad?

5. Si las medidas de mitigación que se implementan en la comunidad incluyen la construcción de estructuras físicas: ¿Utilizan técnicas de construcción adecuadas según el propósito de la obra?

Anexo 3. Método de Polígono de Thiessen (Villón 2004)

Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones. El método consiste en:

1. Ubicar las estaciones, dentro y fuera de la cuenca.
2. Unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores de 90°).
3. Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos (figura 3.8) formando polígonos. (Por geometría elemental, las mediatrices correspondientes a cada triángulo, convergen en un solo punto. En un triángulo acutángulo, el centro de mediatrices, está ubicada dentro del triángulo, mientras que en un obtusángulo, está ubicada fuera del triángulo).
4. Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedará rodeada por las líneas del polígono (en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca). El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.
5. Calcular el área de cada estación.
6. Calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Donde

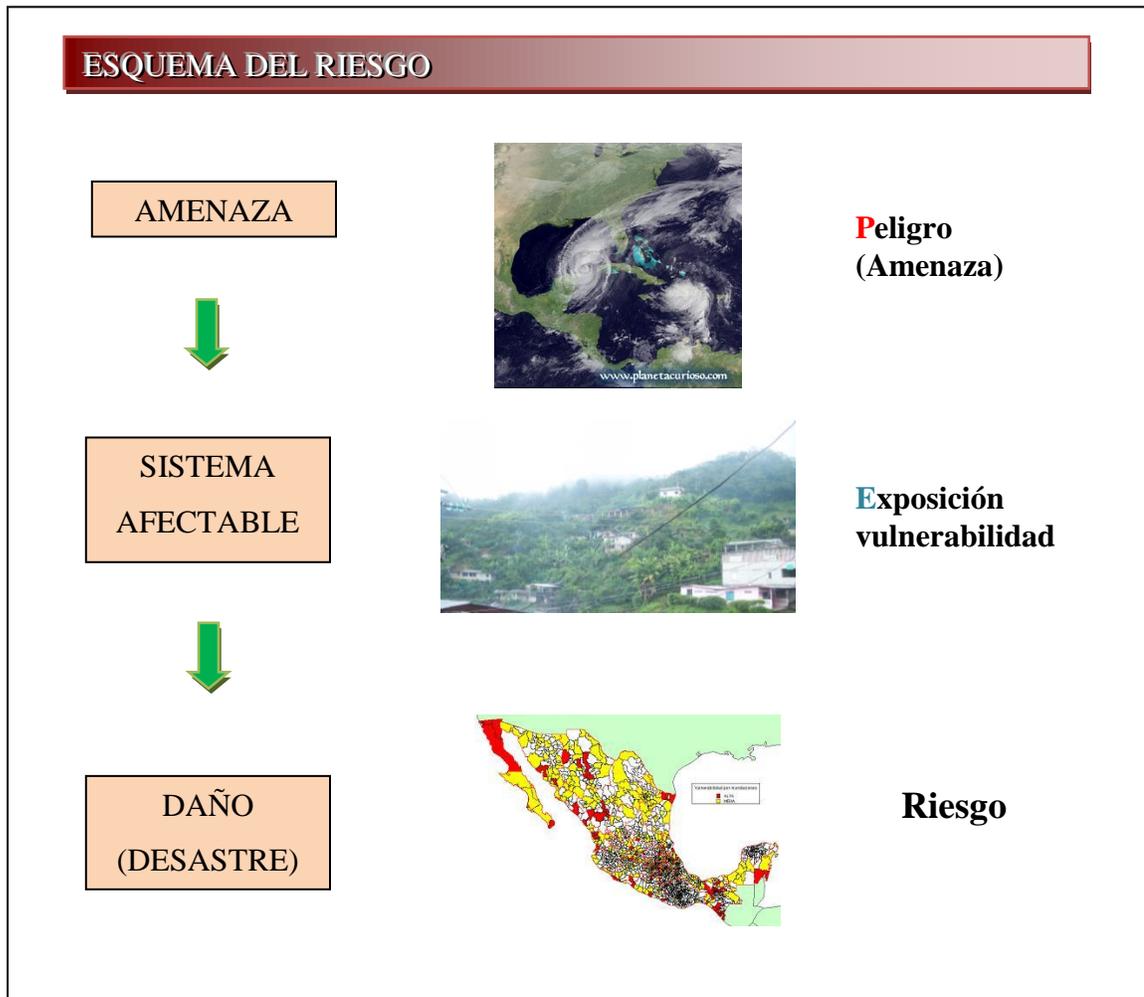
P_{med} = precipitación media

A_T = área total de la cuenca

A_i = área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i

P_i = precipitación de la estación i

n = número de estaciones tomadas en cuenta



Anexo 5. Principales características del suelo en la cuenca del río Cahoacán (Ortíz 1990, cartas edafológicas de INEGI 1990).

Acrisoles. Del latín *acris*, muy ácido. Presenta horizonte B argílico, carece de horizonte A mólico y de un horizonte E álbico. , Su fertilidad es baja debido a que son pobres en nutrientes y deficientes en microelementos. Tienen color rojo a amarillo claro y son susceptibles a la erosión. Se encuentran en las zonas serranas.

Andisoles. Del japonés *An*, oscuro y *Do*, suelo. Como su raíz etimológica lo indica, el horizonte superficial es de color oscuro, son de baja fertilidad y carecen de cualidades hidromórficas en los 50cm superiores., Son de salinidad baja. Son suelos esponjosos y de alta porosidad de hasta 70% en sus horizontes superior y medio. Se forman a partir de materiales ricos en vidrio volcánico. Dentro de la cuenca se encuentran en los alrededores del volcán Tacaná y el municipio de Tuxtla Chico

Cambisol. Del latín *Cambiare*, cambio. Tiene permeabilidad, retención de agua y características químicas favorables, con alta fertilidad y adecuados para la agricultura. Presenta horizontes B cámbico, A ocrico o úmbrico y un horizonte cálcico o uno gypico. El horizonte de cal pulverulenta es suave dentro de los 125cm superiores. Carecen de salinidad elevada y de un régimen de humedad árido. Son de textura media. Son susceptibles a la erosión alta a moderada y se desarrollan bien en climas tropicales húmedos en zonas de costas. Este tipo de suelo se presenta en las planicies dentro de la misma cuenca.

Regosol. Proviene del griego *rhegos*, cobija o manta. Es un material suelto, solo presenta el horizonte A ócrico, se forma rápidamente, con frecuencia es una fase en transición con el horizonte A mólico o úmbrico. Son de baja fertilidad. Este tipo de suelo ocurre en cualquier zona climatológica y constituye la fase inicial de formación de suelos. Dentro de la cuenca se encuentra en las zonas arenosas de la costa, ubicándose en los límites entre los materiales originales y los suelos.

Solonchak. Del ruso *sol*, sal. Son suelos con contenidos elevados de sales y con un horizonte A. Son suelos usualmente grises o pardo-grisáceos. Este tipo de suelo se encuentra ubicado dentro de la cuenca en la zona estuarina con una alta salinidad.

Anexo 6. Valores asignados por estación y mes

No	ESTACIÓN	X	Y	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	sumatoria	valor asignado	calificativo
1	Cacahoatán, Cacahoatán	-92.16444444	14.98833333	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio
2	Cahuacan, Suchiate	-92.26944444	14.72222222	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	0	0	7	2	bajo
3	El Dorado, Such.	-92.21277778	14.67277778	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	0	0	7	2	bajo
4	El Perú, Tapachula	-92.26666667	15.10000000	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	1	0	15	4	alto
5	Finca Chicharras, Tap.	-92.24222222	15.13305556	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio
6	Finca Chiripa, Tap.	-92.28333333	15.18333333	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio
7	Frontera Hidalgo	-92.17611111	14.77722222	0	0	0	0	1	2	2	2	2	1	0	0	10	3	medio
8	Ignacio López R., Such	-92.18472222	14.61777778	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	0	0	6	2	bajo
9	Izapa (I.M.P.A.), Tux. Chi.	-92.25000000	14.93333333	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio
10	Malpaso, Tap	-92.25694444	14.91972222	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio
11	Medio Monte, Tuxtla Chico	-92.19055556	14.91527778	0	0	0	0	1	2	2	2	2	1	0	0	10	3	medio
12	Metapa, Metapa	-92.19166667	14.83111111	0	0	0	0	1	2	2	2	2	1	0	0	10	3	medio
13	Puerto Madero, Tap.	-92.40888889	14.70416667	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio
14	San Gerónimo, Unión Juárez	-92.13638889	15.03972222	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	0	15	4	alto
15	Santo Domingo, Uni. Juár.	-92.10416667	15.02750000	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	17	4	alto
16	Suchiate, Such.	-92.14888889	14.71444444	0	0	0	0	1	2	1	2	2	1	0	0	9	2	bajo
17	Talisman, Tux. Chi.	-92.13500000	14.95916667	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio
18	Tanque regulador, Tap.	-92.28333333	14.83333333	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	1	0	15	4	alto
19	Tapachula, Tap.	-92.26666667	14.93333333	0	0	0	0	1	2	2	2	2	1	0	0	10	3	medio
20	Unión Juárez, Uni. Juár.	-92.06888889	15.06083333	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	1	0	14	3	medio

Anexo 7. Precipitación máxima diaria para diferentes períodos de retorno

No.	Estación	Coordenadas		Período de retorno (mm)				
		X	Y	5	25	50	100	500
1	Cacahoatán, Cacahoatán	-92.16444444	14.98833333	192.3434	264.9319	294.9918	324.8295	393.7795
2	Cahuacan, Suchiate	-92.26944444	14.72222222	187.5304	294.7311	339.1244	383.1895	485.0168
3	El Dorado, Such.	-92.21277778	14.67277778	175.4984	283.5143	328.2452	372.6455	475.2472
4	El Perú, Tapachula	-92.26666667	15.10000000	141.6556	200.6145	225.0302	249.2654	305.2691
5	Finca Chicharras, Tap.	-92.24222222	15.13305556	164.7797	231.1153	258.5859	285.8533	348.8639
6	Finca Chiripa, Tap.	-92.28333333	15.18333333	153.1603	219.0000	246.2651	273.3287	335.8682
7	Frontera Hidalgo	-92.17611111	14.77722222	39.6062	41.6423	42.4855	43.3224	45.2565
8	Ignacio López R., Such	-92.18472222	14.61777778	128.2567	188.2454	213.0876	237.7461	294.7280
9	Izapa (I.M.P.A.), Tux. Chi.	-92.25000000	14.93333333	198.4397	250.6201	272.2287	293.6776	343.2426
10	Malpaso, Tap	-92.25694444	14.91972222	159.9590	229.5851	258.4182	287.0382	353.1744
11	Medio Monte, Tuxtla Chico	-92.19055556	14.91527778	160.8273	218.1389	241.8725	265.4306	319.8695
12	Metapa, Metapa	-92.19166667	14.83111111	158.6300	267.1336	312.0665	356.6672	459.7322
13	Puerto Madero, Tap.	-92.40888889	14.70416667	204.4982	396.4349	475.9186	554.8147	737.1307
14	San Gerónimo, Unión Juárez	-92.13638889	15.03972222	181.5703	262.6757	296.2625	329.6011	406.6411
15	Santo Domingo, Uni. Juárez.	-92.10416667	15.02750000	204.7770	283.6244	316.2762	348.6866	423.5818
16	Suchiate, Such.	-92.14888889	14.71444444	150.6591	255.5042	298.9220	342.0189	441.6088
17	Talisman, Tux. Chi.	-92.13500000	14.95916667	200.0222	283.3550	317.8644	352.1186	431.2745
18	Tanque regulador, Tap.	-92.28333333	14.83333333	158.4920	235.0968	266.8199	298.3085	371.0736
19	Tapachula, Tap.	-92.26666667	14.93333333	147.5590	218.3814	247.7099	276.8217	344.0942
20	Unión Juárez, Uni. Juárez.	-92.06888889	15.06083333	172.5949	250.1407	282.2535	314.1290	387.7879

Anexo 8. Línea de tiempo de las comunidades de la subcuenca Alto-Cahoá

Comunidad	Año	Evento	Comentario
Alpujarras	Aproximadamente 1950	Fundación del ejido	Antes era un finca cafetalera “Alpujarras” que significa “entre piedras” propiedad de Enrique Abraham un ciudadano alemán
	Entre 1985 y 1987	Sismos	Se sentían muchos temblores en esos años
	Entre 1992 y 1993	Sequía	Llegó el mes de mayo y no llovía nada, había mucha polvareda, el café además bajó mucho su precio
	2001	Construcción carretera	Se construyó la carretera en donde antes era solo una vereda, esto mas la temporada de lluvia, ocasionó deslizamientos, pérdida de recursos materiales y la muerte de un joven guatemalteco
	2003	Recolección basura	Se comenzó a recolectar la basura por el programa de Oportunidades
	2005	Huracán Stan	Dejó pánico en la gente por mucho tiempo, muchos deslaves, se quedaron incomunicados por más de un mes
	2007	Manejo de basura Grapos	Separación de basura con el apoyo de estudiantes de la UNACH y apoyo del programa Oportunidades Organizó a agricultores, promoviendo precios justos y capacitando a jóvenes del ejido
Agustín de Iturbide	16 de marzo de 1939	Fundación del ejido	Antes era la finca "La Central" en donde había café y un poco de plátano
	1940	Enfermedades	Viruela negra, mató mucha gente
	1972	Mal tiempo	Hubo un temporal de mucho aire por la "Cueva del tigre" y destruyó todo el café
	1980	Sequía	No llovía y el café comenzó a caer
	1985	Sismos	Alerta de erupción por el volcán Tacaná
	1998	Lluvias intensas	Llovió mucho y se quedaron sin luz por aproximadamente 15 días
	2005	Huracán Stan	El mayor desastre que han vivido, quedaron incomunicados por unos 20 días, hubo agrietamientos de carretera y afectación de casas

Comunidad	Año	Evento	Comentario
	2009	Lluvias	Mes de agosto, se da el primer deslizamiento en una casa
	1939	Adquisición	Se adquirió la parte alta de lo que ahora es el Ejido
	1947	Fundación del ejido	Antes fue la finca "San Vicente"
	1950's	Escasez alimentos (maíz)	Años difíciles en los que escaseó el alimento por un verano prolongado, ocurrió a nivel nacional
	1970's	Migración	Llegó más gente al Ejido solicitando un pedazo de tierra
Benito Juárez	1987	Reforestación	Comenzaron a reforestar con <i>Cedro mundani</i> por programa "Lázaro Cárdenas del Río" de Cacaohatán
	1992	Falta de agua	No hubo agua ese año y una oleada de cólera en la zona
	1994	Sequía	
	2005	Stan	Deslizamientos, pérdida de cultivos, afectación actividad económica
	2008	Reforestación	Reforestación por la UICN con cedro y primavera
	2009	Manejo de basura	Separación de basura por iniciativa de la UICN
	1910	Fauna silvestre	Todavía en estos años había tepescuintle, venados, jabalíes, andasolo, jaguar. Había cafetales y se sembraba maíz y frijol
	Antes de 1932	Fundación del ejido	Antes era la finca "La Florida", en estas fechas comenzó una tala más intensiva, percibieron pérdida de animales silvestres
	Después de 1932	Nombre al ejido	Se dio nombre de "Tres cruces El Águila" a lo que ahora es el ejido El Águila
El Águila	1970's	Clima	El verano tardaba mucho, había mucho calor en enero, febrero y marzo y había menos lluvias
	1990's	Cambio Clima	Más lluvias y más intensas, vientos fuertes
	1980-1985	Sismos	Solía temblar mucho cada año, el Tacaná estaba activo
	2005	Stan	Derrumbes, carreteras afectadas (principalmente a la salida de Progreso y a medio kilómetro saliendo de El Águila), casas afectadas
	2007	Huracán	Un tipo huracán pero con más viento que agua, afectó los techos de 4 casas

Comunidad	Año	Evento	Comentario
	2008	Producción café	Afectación de la producción de café en Ahuacatlán y parte de terreno de El Águila colindando con Azteca
	Aprox. 1921	Fundación de la Fracción	Se fundó la Fracción con personas de Alpujarras y La Guardiania
	1988	Cultivo Plátano	Para esos años el cultivo en la fracción era plátano
	1990	Sismos	Peligro de erupción del volcán Tacaná
El Platanar	2005	Huracán Stan	Afectó la fracción, se cuartearon muchas casas (pisos y paredes), hubo derrumbes, y se quedaron incomunicados por aproximadamente 2 meses
	2007	Tormenta	Una tormenta que los afectó casi tanto como Stan, pero era más aire que agua
		Grupo mujeres floricultoras	Formación del grupo por iniciativa de la INIFAP-CONAGUA
	1938	Fundación del ejido	Antes había una finca llamada "La Florida"
	1946-1948	Sismos	Había temblores muy fuertes, la tierra se abría y tumbó unas casa
	1984	Tormenta	Hubo una tormenta que tumbó árboles y cafetales
El Progreso	1998	Sequía	Hubo sequía por casi 7 meses
	2005	Huracán Stan	Derrumbes, carreteras afectadas y cultivos
	2008	Tormenta	Una tormenta con más aire que agua, tiró mucho café en algunas partes del ejido

Anexo 9. Línea de tiempo de las comunidades de la subcuenca Bajo-Cahoacán

Comunidad	Año	Evento	Comentario
La Cigüeña	1935	Fundación del Poblado	Poblado perteneciente al municipio de Tapachula
		Más vegetación	Había muchos árboles
	1970	Temblores	A partir de esta fecha ha sentido más temblores en la zona
		Contaminación	A partir de entonces el río está más contaminado
	1998	Huracán Mitch	Destrozos a la comunidad y los cafetales
	2005	Huracán Stan	El 5 de octubre de 2005, desastre más grande en Chiapas y en el poblado de La Cigüeña arrasó con casas y árboles. Afectó el principal sustento del pueblo que es la pesca pues murió mucho pescado y camarón
	2007	Huracán Bárbara	2 de junio de 2007, el Huracán bárbara trae lluvias, mucho aire e inundaciones
Brisas del Mar	1968	Fundación del Ejido	Aproximadamente en el '68 se funda el Ejido. Anteriormente se llamaba Barra de Cahoacán y Actualmente Brisas del Mar
	1970	Agua limpia del río	Todavía se podía tomar agua del río para consumo humano pues no había contaminación como ahora
	1998	Más desastres	A partir de esta fecha han visto un aumento en inundaciones, más vientos y temblores
	2005	Disminución peces	A partir de Stan han visto una disminución en la cantidad de peces
	Actualidad (2009)	Enfermedades	Hay más enfermedades que creen se relacionan con la gran contaminación del aire y el agua
Barra de Cahoacán	1888	Pelea por tierras	A partir de esta fecha los abuelos de los actuales ejidatarios comenzaron la pelea por las tierras del Ejido
	1950	Mucha vegetación	En este año aún había mucha vegetación, predominaba el árbol de “chico” (por lo que se le conocía a la zona como El Chical), otatales y abundaban venados.
	1955	Inundación	Hubo un mal temporal y se registró una gran inundación que llegó hasta Cosalapa, mucho ganado perdido
	1968	Dotación tierras	Se les otorgan las tierras como ejido a los pobladores

Comunidad	Año	Evento	Comentario
	1970	Agua limpia del río	Aún tomaban agua del río para consumo humano, a partir de ahí dejaron de hacerlo por la contaminación
	1977	Cambio vegetación	Con un programa de plantación de algodón (conocido como el oro blanco en ese entonces) se deforestó gran parte de las tierras. El programa exigía se derribaran los árboles para que la avioneta fumigadora tuviera fácil la tarea
	1998	Huracán Mitch Plantación plátano	Ocasionó daños pero menos que Stan y Bárbara Cambio de cultivo a plátano
	1999	Reforestación	Se comenzó a entregar árboles a ejidatarios para reforestar
	2005	Temblores Huracán Stan	A partir de esta fecha sienten más sismos Mayor desastre que dañó cultivos y casa
	2007	Huracán Bárbara	Se caracterizó por llevar fuertes vientos (96km/hr)
	2008	Baja inundaciones	Del 2008 a este año (2009) las inundaciones ocurridas no han causado mucho daño
	2009	Palma africana	Se está implantando un proyecto para plantación de palma africana, ya que se da muy bien en la zona, mucho mejor que el cultivo del plátano. Se van a sembrar 5mil ha, se usará para fabricar aceite

Anexo 10. Datos descriptivos del área de estudio, Subcuencas Alto-Cahoá y Bajo-Cahoacán (Obtenidos de las bases de datos de mapas INEGI, escala 1:250,000)

Tipos de suelos predominantes en la subcuenca Alto-Cahoá

Clave	Suelo dominante 1	Suelo dominante 2	Textura	%
Th+To+I/2	Andosol húmico	Andosol ócrico	Media	29.90
To+Ah/2	Andosol ocrico	Acrisol húmico	Media	11.23
Th+To/2	Andosol húmico	Andosol ócrico	Media	33.13
Ah+Ao+Ap/3	Acrisol húmico	Acrisol ocrico	Fina	25.74

Th=Andosol húmico, To= Andosol ócrico, Ah=Acrisol húmico, Ap= Acrisol plintico, 2= Textura media, 3= Textura fina

Tipos de suelos predominantes en la subcuenca Bajo-Cahoacán

Clave	Suelo dominante 1	Suelo dominante 2	Textura	%
Be+Zg/1	Cambisol eútrico	Solonchak gléyco	Gruesa	94
Zg+Re/3	Solonchak gléyco	Regosol eútrico	Fina	3
Re+Zg/1	Regosol eútrico	Solonchak gléyco	Gruesa	3

Be= Cambisol eútrico, Zg= Solonchak gléyco, Re= Regosol eútrico, 1= , 3= Textura fina, 1= Textura gruesa

Tipos de suelos predominantes en la subcuenca Alto-Cahoá

Tipo de rocas	%
Andesita, ígnea extrusiva	59.67
Granito, ígnea intrusiva	5.15
Toba intermedia, ígnea extrusiva	35.18

Tipos de suelos predominantes en la subcuenca Bajo-Cahoacán

Tipo de rocas	%
Aluvial	98.98
Litoral	0.40
Latita, Rocas Igneas Extrusivas	0.62

Tipo de vegetación subcuenca Alto-Cahoá

Tipo de Vegetación	%
Agricultura de temporal	94.103
Bosque mesófilo de montaña	5.897

Tipo de vegetación subcuenca Bajo-Cahoacán

Tipo de vegetación	%
Agricultura de temporal	18.000
Agricultura de riego	53.340
Zonas urbanas	0.189
Pastizal cultivado	3.274
Manglar	20.755
Vegetación de dunas costeras	4.443

Usos del suelo en las subcuenca Alto-Cahoá

Uso suelo	%
Área residencial	2
Café	67
Forestal Tropical	16
Tierra cultivable	15

Usos del suelo en las subcuenca Bajo-Cahoacán

Uso suelo	%
Área residencial	0.10
Arena	0.50
Forestal Tropical	0.24
Manglar	8.61
Otros cultivos	4.37
Pastura	0.66
Tierra cultivable	85.52

Anexo 11. Instituciones con influencia en las comunidades de la subcuenca del Alto-Cahoá, de acuerdo a los informantes entrevistados.

Instituciones	Comunidad					
	El Águila	El Progreso	Agustín de Iturbide	Benito Juárez	Alpujarras	El Platanar
CODECOA	-	-	X	-	-	-
COMCAFE	-	-	X	-	-	-
CONAFOR	X	-	X	X	X	-
CONAGUA	X	-	-	X	X	X
CONANP	-	-	-	X	X	X
ECOSUR	-	-	X	-	X	-
GRAPOS	-	-	-	-	X	X
INIFAP	-	-	-	X	X	X
PROCACEN	-	-	-	-	X	-
SAGARPA	X	-	X	-	X	-
SEDESOL	X	-	X	-	-	-
UICN	-	-	X	X	X	X

X= presencia, - = ausencia

Anexo 12. Valores ponderados correspondientes a indicadores para estimar vulnerabilidad global en las comunidades de subcuenca Alto-Cahoá.

No.	Indicador	Ponderación por indicadores
1	Casas en ladera (%)	0.03
2	Material de construcción paredes	0.01
3	Material de construcción techos	0.01
4	Material de construcción pisos	0.01
5	Población con acceso a refugios temporales (%)	0.03
6	Tiempo de difícil acceso a la comunidad	0.01
7	Número de organizaciones/comités/juntas	0.023
8	Número de Instituciones	0.023
9	Población con radio (%)	0.01
10	Índice de población	0.01
11	Ubicación del servicio de salud	0.024
12	Tipo del servicio de salud	0.01
13	Área deforestada	0.1
14	Ingreso per cápita (\$)	0.02
15	No. Actividades productivas	0.04
16	Habitantes desempleados (%)	0.02
17	Población que sin acceso a servicios públicos (%)	0.02
18	Proyectos ejecutados por año	0.04
19	No. Representantes de la comunidad	0.04
20	Población que reconoce a los líderes (%)	0.02
21	Disponibilidad de equipo	0.035
22	Obras de prevención o mitigación	0.045
23	Infraestructuras con técnicas de construcción (%)	0.02
24	Participación fase pre-desastre	0.06
25	Participación fase impacto y rehabilitación	0.02
26	Percepción fatalista	0.02
27	Participación de la mujer (%)	0.04
28	No. programas radiales y televisados	0.04
29	Población dispuesta a trabajar en equipo (%)	0.02
30	Analfabetismo (%)	0.03
31	Grado escolaridad	0.02
32	Orientación a la prevención (%)	0.05
33	No. Instituciones de prevención	0.03
34	No. Planes ejecutados al año	0.03
35	Técnicos capacitados en prevención (%)	0.04

Anexo 13. Valores ponderados correspondientes a indicadores para estimar vulnerabilidad global en las comunidades de subcuenca Bajo-Cahoacán.

No.	Indicador	Ponderación por indicadores
1	Funcionalidad tubería ante una inundación (%)	0.02
2	No. casas en ribera de ríos	0.04
3	Puentes en buen estado (%)	0.02
4	Obras hidráulicas con capacidad eventos extremos (%)	0.03
5	Frecuencia mantenimiento obras hidráulicas	0.02
6	Material de construcción paredes	0.01
7	Material de construcción techos	0.01
8	Material de construcción pisos	0.01
9	Población con acceso a refugios temporales (%)	0.02
10	Tiempo de difícil acceso a la comunidad	0.02
11	Número de organizaciones/comités/juntas	0.03
12	Número de Instituciones	0.03
13	Población con radio (%)	0.02
14	Índice de población	0.02
15	Ubicación del servicio de salud	0.03
16	Tipo del servicio de salud	0.02
17	Área deforestada	0.1
18	Ingreso per cápita (\$)	0.01
19	No. Actividades productivas	0.02
20	Habitantes desempleados (%)	0.01
21	Población sin acceso a servicios públicos (%)	0.01
22	Proyectos ejecutados por año	0.02
23	No. Representantes de la comunidad	0.02
24	Población que reconoce a los líderes (%)	0.01
25	Disponibilidad de equipo	0.05
26	Obras de prevención o mitigación	0.07
27	Infraestructuras con técnicas de construcción (%)	0.03
28	Participación fase pre-desastre	0.03
29	Participación fase impacto y rehabilitación	0.01
30	Percepción fatalista	0.01
31	Participación de la mujer en prevención y mitigación (%)	0.02
32	No. programas radiales y televisados	0.02
33	Población dispuesta a trabajar en equipo (%)	0.01
34	Analfabetismo (%)	0.03
35	Grado escolaridad	0.02
36	Orientación a la prevención (%)	0.05
37	No. Instituciones de prevención	0.03
38	No. Planes ejecutados al año	0.03
39	Técnicos capacitados en prevención (%)	0.04

Anexo 14. Resumen de la amenaza histórica en la subcuenca Alto-Cahoá

Comunidad	Historia	Frecuencia	Velocidad	Ubicación	Duración	Severidad
Alpujarras	Los deslizamientos son parte de su vida. El último desastre fue Stan que ocasionó derrumbes y quedaron incomunicados; sin embargo, el mayor desastre ha sido una tormenta el 31 de mayo de 2001, que aunado a la recién creación de la carretera produjo derrumbes	Los deslizamientos ocurren cada año, pero consideran han disminuido al igual que las lluvias	Con el Stan las señales de aviso que tuvieron fue de manera visual, porque comenzó a caer tierra y también hubo agrietamientos	Los lugares que más se afectan son las carreteras y laderas junto a éstas	Los derrumbes pueden suceder en cualquier momento durante la época de lluvia, especialmente de septiembre a octubre	La extensión de los derrumbes puede llegar a ser grande, ya que el riesgo está presente en todo el ejido. Los daños que ocasionó Stan en el 2005 fue de 11 casas afectadas
Agustín de Iturbide	Los deslizamientos son parte de su vida.	Ocurren cuando hay un tiempo prolongado de lluvias por ejemplo de un día de duración. Ya para agosto del 2009 se había presentado el primer deslizamiento en el poblado	Ocurre de manera rápida	Los deslizamientos se dan más en las partes altas del ejido y en los cafetales	Los derrumbes pueden suceder en cualquier momento en la época de lluvias	Los derrumbes tienen extensión desde 60m2 hasta 3km en la zona del tigre (parte alta del ejido). Con Stan se presentaron diversos derrumbes en los caminos, los cuales han permanecido activos desde entonces.
Benito Juárez	Consideran que los deslizamientos eran raros hace años. En la actualidad ocurren pero son leves siendo el primer, último y mayor desastre Stan.	Con los años los derrumbes han empeorado en la comunidad	El ocurrido con el Stan fue un deslizamiento muy rápido. Protección Civil se encargó de darles aviso. Había muchos nacimientos de agua por todas partes	Afecta mayormente los cafetales en la parte alta del Ejido	Con el Stan durante 3 días se presentaron deslizamientos en diferentes partes del ejido. La época del año con mayor riesgo es de agosto a octubre	La extensión de los derrumbes en la parte alta va hasta las casi 400ha. En una sola área se derrumbó cerca de 300ha.
El Águila	Los deslizamientos son parte de su vida. Cada año hay riesgo de derrumbe, de septiembre a octubre, en algunas ocasiones hasta noviembre. El último y mayor desastre fue Stan, en octubre de 2005	Ocurren cada año	Los derrumbes son como avalanchas bajan muy rápido. Cuando comienza un deslizamiento se avisan entre vecinos y con una bocina que está en la casa ejidal	Los mayores daños ocurren en los cafetales. Con el Stan se dañaron 7 casas	Ocurren después de lluvias constantes y pueden tardar varios días. De septiembre a octubre el riesgo prevalece	Con el Stan se afectaron aproximadamente 2500m2 de cafetal por la conducción del agua que va al poblado. En una sola área se ha deslizado hasta 1ha
El Platanar	Los deslizamientos son parte de su vida. En el 2009 ocurrió un derrumbe en una vivienda en el mes de agosto. El mayor desastre ha sido ocasionado por Stan, el riesgo sigue igual año con año desde entonces	Ocurren cada año en la época de lluvias. Consideran que son más ahora que en el pasado	No hay ninguna señal de aviso por parte de las autoridades, consideran que Protección Civil da la importancia que merece a esta problemática	Los lugares más afectados son las carreteras y las viviendas, pero también hay pérdidas en los cafetales	Mientras dure la temporada de lluvias el riesgo es latente. La tierra comienza a aflojarse en septiembres y las lluvias llegan hasta noviembre	En un solo caso el derrumbe fue de media hectárea, pero llega hasta 1ha. Los daños ocasionados es pérdida de cultivos, de tierra y de viviendas
Progreso	Los deslizamientos son parte de su vida. El último y mayor desastre fue Stan, en octubre de 2005. Los derrumbes han disminuido desde entonces en la comunidad	Consideran que cada dos años ocurren deslizamientos de gran extensión	Con el Stan los derrumbes duraron 4 días. No tuvieron ninguna señal ni aviso	Los lugares afectados son los cafetales y caminos	Octubre fue el mes con mayor daño en el 2005	Con Stan se obstruyeron caminos a las salidas del ejido

Anexo 15. Resumen de la amenaza histórica en la subcuenca Bajo-Cahoacán.

Comunidad	Historia	Frecuencia	Velocidad	Ubicación	Duración	Severidad
La Cigüeña	Las inundaciones son parte de su vida. El último desastre fue Bárbara el 2 de junio de 2007, sin embargo, el mayor desastre ha sido el Stan el 4 de octubre de 2005. Consideran que las inundaciones han ido empeorando con los años	Las inundaciones ocurren cada tiempo de lluvia y cuando se tapa la boca Barra. Las inundaciones son más ahora y peores	Las inundaciones ocurren lentamente cuando se tapa la boca Barra. Las señales de aviso provienen de Protección Civil, a través de la radio y la televisión	Los lugares que se afectan y dañan con la inundación es todo el poblado de La Cigüeña. También Brisas del Mar, Barra de Cahoacán y Conquista Campesina	La inundación dura un promedio de 8 a 10 días	La profundidad del agua es de 1 a 2 metros. La velocidad del viento es de 30 a 40km/hr. Los daños ocasionados son materiales y a sus cultivos. Con Stan casi medio poblado se inundó
Brisas del Mar	Las inundaciones son parte de su vida. El último desastre fue Bárbara el 4 de junio de 2007, sin embargo, el mayor desastre ha sido el Stan el 4 de octubre de 2005. Consideran que las inundaciones han ido disminuido con los años. Tienen también el recuerdo de que en 1998 Mitch ocasionó también graves daños	Las inundaciones ocurren cada año, y son más ahora	La inundación ocurre minuto a minuto. Las señales de aviso provienen de patrullas enviadas por Protección Civil, y también por las noticias	Los lugares que se afectan primero son las partes bajas y después se extiende a toda la comunidad de Brisas	La inundación dura de 10 a 15 días en la parte más baja	La profundidad del agua es más o menos de 1.20m. La velocidad del viento es de 100 a 120km/hr. Ocasiona derribe de casa, techos y árboles, así como sus cultivos
Barra de Cahoacán	Las inundaciones son parte de su vida. El último desastre fue Bárbara el 2 de junio de 2007 con vientos de 96km/hr, sin embargo, el mayor desastre ha sido el Stan el 4 de octubre de 2005. Consideran que las inundaciones han aumentado cada año. También señalan que ya no quiere llover y que las cosechas se afectan	Las inundaciones ocurren cada año en septiembre y octubre. Las inundaciones son más ahora	La inundación ocurre lentamente, calzó terrenos por toda la tierra que viene de la parte alta. Las señales de aviso se dan a partir de Stan por parte de Protección Civil	Todo el ejido se afecta porque no hay drenes. Se hizo un estudio topográfico para ver la posibilidad de drenar las aguas al estero, pero no funcionará porque el agua de lo contrario se dirigirá hacia su ejido. Las casas se ven dañadas y una solución a sido el ponerles pisos firmes por un programa del municipio de Suchiate.	La inundación tarda de 15 a 20 días	La profundidad del agua es de 70cm a 1m en sus terrenos y en sus casas hasta de 1m. En cuanto a la velocidad del viento señalan que hay años con mucho viento y otros que no. Los mayores daños ocasionados por las inundaciones es en sus cultivos. El huracán Bárbara tiró láminas de los techos y una que otra casa. La solución ante inundaciones es que levantan sus muebles para que no se dañen