



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR PROCESOS
GRAVITACIONALES EN LOS BARRANCOS
OCCIDENTALES DEL VOLCÁN MALINCHE

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA

ROSA MARÍA VARGAS VENHUMEA



MÉXICO, D.F. 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicado
A mis hijos:

André y Luz Fernanda

Lo más importante en mi vida

Agradecimientos

A mi asesor de tesis, el Dr. Jorge López blanco, por sus enseñanzas y apoyo durante mi trayectoria académica.

A los miembros del sínodo, M en C. Oralia Oropeza Orozco, Dra. Lourdes Rodríguez Gamiño, Dr. Enrique Propin Frejomil y Dr. Gilberto Vela Correa por su paciencia, interés y dedicación en la revisión de la tesis, agradezco sus comentarios que enriquecieron la información que compone este documento.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la pieza fundamental de mi desarrollo como persona.

Al Instituto de Geografía, por permitirme el uso de las instalaciones y equipo para el desarrollo de este trabajo

Al CONACYT, institución que a través del proyecto número 38697-V, fue la fuente de financiamiento de esta investigación. A la Dra. Lourdes Villers, por su respaldo académico relacionado con el estudio del volcán Malinche, así como sus valiosos comentarios.

Agradezco a Juan Roberto Ruiz, Israel Pantoja, Miguel Castillo, Pedro Montes y Alfonso Tapia que me ayudaron a realizar el trabajo de campo y registro de los datos.

A Celia que me ayudo en la impresión del croquis geomorfológico.

A Gloria Alfaro por su sincera amistad.

Al Dr. Arturo García Romero por su seriedad como académico, comprometido siempre a comenzar nuevos retos.

Aprovecho esta oportunidad para expresarle al Dr. José Luis Palacio Prieto, mi admiración y respeto, porque me ha mostrado en todo momento que es un gran ser humano.

A Santiago Vargas Venhumea, por prestarme su computadora para que yo pudiera realizar mi trabajo

Merece una mención especial a Pablo Delgado Arquieta por su espera en tantos momentos en los que no pude estar con él, a quien quiero mucho.

De igual forma a mis amigos Brenda Ramos, Sergio Chimal y Carmen Rodríguez que fueron parte importante en hacer agradable este período de estudio.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera intervinieron en la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE

	Página
Introducción	1
Capítulo 1. Caracterización de la ladera occidental del volcán Malinche	
1.1 Antecedentes	4
1.2 Aspectos del medio natural	5
1.3 Aspectos del medio socioeconómico	17
Capítulo 2. Enfoque teórico–conceptual–metodológico del riesgo por procesos gravitaciones.	
2.1 La Geografía y los riesgos	26
2.2 Teorías y enfoques	29
2.3 Marco conceptual	33
2.4 Procedimiento metodológico específico	42
2.5 Fases de trabajo	51
Capítulo 3. Resultados	
3.1 Procesos de remoción en masa en los barrancos Atlapexco, Atlapitz, Briones, Ramontla, Tenejac y Xalpatlaco del volcán Malinche.	61
3.1.1 Barranco Atlapexco	61
3.1.2 Barranco Atlapitz	64
3.1.3 Barranco Briones	67
3.1.4 Barranco Ramontla	70
3.1.5 Barranco Tenejac	73
3.1.6 Barranco Xalpatlaco	76
3.2 Factores desencadenantes de los procesos de remoción en masa	79
3.2.1 Precipitación	79
3.2.2 Geología	82
3.2.3 Influencia humana	86
3.3 Análisis estadístico	91
3.3.1 Análisis de componentes principales y <i>cluster</i>	94
3.4 Elementos del riesgo	99
3.4.1 Peligro	99
3.4.2 Vulnerabilidad	107
3.5 Riesgo	114
Conclusiones	125
Recomendaciones	129
Bibliografía	131
Anexos	138
A Croquis geomorfológico de sitio, sección baja del barranco Atlapexco	
B Croquis geomorfológico de sitio, sección baja del barranco Atlapitz	
C Croquis geomorfológico de sitio, sección baja del barranco Briones	
D Croquis geomorfológico de sitio, sección media del barranco Xalpatlaco	

INTRODUCCIÓN

Desde mediados de los años cuarenta hasta el presente, han ocurrido cambios drásticos en los ámbitos demográfico, económico y ecológico en el mundo, que han llevado a la comunidad internacional a la adopción de medidas globales, regionales y nacionales para prevenir, atenuar y controlar estos impactos y desequilibrios. Los daños ocasionados a la población por los peligros del medio natural o como consecuencia del desarrollo económico y tecnológico, son frecuentes en la actualidad, a los que aparentemente no se les da importancia, a pesar de que son factores limitantes para el desarrollo económico y social, por los daños y pérdidas que generan. En el caso de los procesos gravitacionales representan el mismo costo económico y social que otros fenómenos considerados más peligrosos para la sociedad, como son los sismos y huracanes. Sin embargo, en muchas ocasiones los daños asociados a estos procesos se minimizan, ya que se presentan de manera paralela o como consecuencia de los eventos antes mencionados (CENAPRED, 2001).

En México, el estudio de los procesos de remoción en masa, y su enfoque en la prevención de desastres, ha evidenciado varias carencias, por ejemplo, que la población no cuenta con una cultura de prevención acerca de los procesos gravitacionales, ya que las laderas son terrenos utilizados para la construcción de viviendas, por población generalmente de bajos recursos económicos. Además, no existe un registro exacto de la ocurrencia de estos procesos en el territorio nacional, lo que resulta en la ausencia de mapas de riesgo de procesos gravitacionales. Investigadores como geógrafos, geomorfológicos, geólogos y geofísicos están conscientes de la importancia de entender estos procesos, en forma general y particularmente de cada uno de los diferentes tipos, para así prevenir y evitar todo daño posible a la estructura social y, principalmente, a la vida humana (Alcántara, 1999).

Por medio de la revisión de información se observó que son mínimos los estudios que se han llevado a cabo sobre la temática de los riesgos en el volcán Malinche, los que se han realizado son regionales (Puebla-Tlaxcala) o se relacionan con la temática pero no como objetivo principal. La mayor parte de las investigaciones son de tipo geomorfológico, geológico y geofísico; sin embargo algunos de estos estudios tocan aspectos que se relacionan con elementos de riesgo tal es el caso de la erosión, inundaciones y deforestación.

Con la idea de contribuir a este tipo de investigaciones, para este caso se evaluó el riesgo por procesos gravitacionales en los barrancos Atlapitz, Atlapexco, Briones, Ramontla, Tenejac y Xalpatlaco del volcán Malinche. Además, se determinaron los factores que han contribuido en el desencadenamiento de procesos de remoción en masa, mediante el análisis de datos de las estaciones meteorológicas cercanas al volcán y el levantamiento geomorfológico de sitio.

Es importante mencionar que, el proceso de remoción en masa esta presente en la mayoría de barrancos del volcán Malinche, sin embargo se decidió trabajar sólo seis barrancos de la ladera occidental por las siguientes razones: el trabajo de investigación es de carácter académico por lo que existen recursos limitados para cubrir toda el área del volcán, existe mejor accesibilidad al área de estudio y las autoridades de gobierno, de academia y de rescate tienen mayor información al respecto.

Objetivos

General

Evaluar el riesgo que existe en la población cercana a la ladera occidental del volcán Malinche con relación a los procesos gravitacionales en los barrancos Atlapexco, Atlapitz, Briones, Ramontla, Tenejac y Xalpatlaco.

Particulares

Caracterizar los barrancos Atlapexco, Atlapitz, Briones, Ramontla, Tenejac y Xalpatlaco, mediante el levantamiento del croquis geomorfológico de sitio, entrevistas y análisis estadístico.

Determinar los fenómenos meteorológicos extremos ocurridos en la área de estudio que han contribuido en el desencadenamiento de procesos gravitacionales en cuanto a intensidad y frecuencia, mediante el análisis de datos de las estaciones meteorológicas cercanas al volcán y registro de base de datos de CENAPRED y Protección Civil.

El resultado de este trabajo se integra en tres capítulos, en el primero se describe la caracterización geográfica del área de estudio, tratando antecedentes históricos, aspectos del medio natural y socioeconómicos de la región. En el segundo se maneja el enfoque teórico-conceptual-metodológico, donde se desglosan aspectos como: conceptos, clasificaciones y posiciones metodológicas para el estudio de los riesgos y procesos de remoción en masa. En el tercero se desarrolla el tema de los procesos gravitacionales en los barrancos Atlapexco, Atlapitz, Briones, Ramontla, Tenejac y Xalpatlaco donde se realiza el análisis geomorfológico, el estadístico y la evaluación del riesgo, para después concluir y establecer medidas de prevención.

CAPITULO 1. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1 ANTECEDENTES

En la porción central-oriental de México, específicamente en el valle poblano-tlaxcalteca, se encuentra una estructura volcánica que recibe el nombre de La Malinche. Los antiguos tlaxcaltecas le dieron el nombre de Matlalcuéyatl, que en náhuatl se deriva de Matlalin, azul verdoso y Cuetitl, falda: "la de faldas azules", que representa la unidad del agua con la tierra (Acuña, 1984).

Históricamente, el volcán La Malinche ha sido un elemento importante para las actividades de la región. La riqueza ambiental de este territorio y su cercanía con otros importantes centros de población de la Cuenca de México, propició el asentamiento de pueblos indígenas como: los Tlaxcaltecas, Otomíes y Chichimecas. El uso de la tierra, fuertemente ligado a la cultura de los pobladores, estaba destinado a la producción de alimentos, principalmente maíz, bajo técnicas agrícolas de carácter intensivo (Abascal y García, 1975). Desde ese tiempo, Tlaxcala ya se había distinguido como un territorio maicero.

Posteriormente, con la llegada de los españoles, se dio la disminución de la población indígena, la adjudicación de las tierras planas y otros recursos naturales y la introducción de una nueva cultura agrícola. Estas acciones aceleraron el proceso de desmonte y la extracción irracional de madera. Las consecuencias inmediatas fueron un cambio drástico en el paisaje agrícola-forestal y la disputa por la apropiación de los recursos naturales de primera necesidad como agua, tierra y madera (Luna, 1993).

A principios de siglo pasado, el volcán Malinche aún contaba con extensas zonas arboladas pero bajo presión constante debido a la tala de pinos, extracción de carbón de los encinos, elaboración de tejamanil de los oyameles, además de la presencia de incendios, vandalismo, pastoreo y plagas (González, 1981).

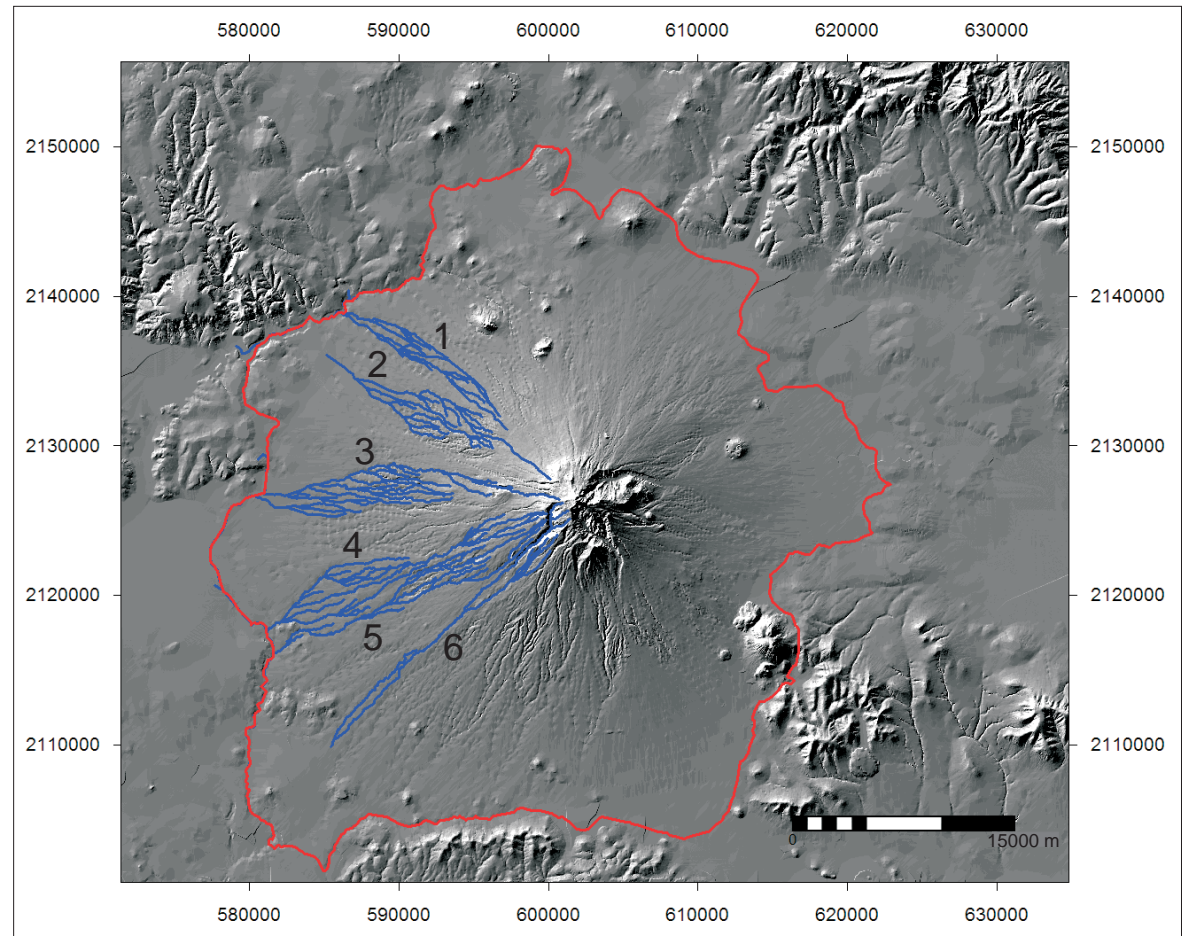
Esta situación motivó que el seis de octubre de 1938 el presidente Lázaro Cárdenas decretara como Parque Nacional al volcán La Malinche (D.O.F., 1938). El decreto consideraba como tierras federales a aquellas que estuvieran incluidas en un polígono marcado a partir de la cota de los 2,800 msnm. Sin embargo, dicho decreto no especificó acciones concretas de conservación, ni los límites precisos del área de reserva. Lo anterior contribuyó a que sólo algunas áreas de bosque de pino, oyamel y pino-encino hayan sobrevivido. Se estima que desde la declaratoria hasta el año 2000, las áreas arboladas de la Malinche se han reducido de 63,000 hectáreas a menos de 18,000 (CONANP, 2003).

1.2 ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL

El volcán Malinche se localiza al occidente de la Cuenca de Oriental (Puebla), es un estratovolcán de 4,461 msnm, tiene una superficie total de 45,853 hectáreas de las cuales 31,419 ha, corresponden al estado de Tlaxcala y 14,434 ha, al estado de Puebla (CONANP, 2003). Junto con la Sierra de Las Cruces, la Sierra Nevada, el Nevado de Toluca y el Pico de Orizaba, el volcán Malinche forma parte de la región centro oriente del Cinturón Neovolcánico-Transversal (Demant, 1978). Para el caso de estudio, la ladera occidental queda comprendida entre las coordenadas 19°02' a 19°27' de latitud Norte y 98°02' a 98°16' de longitud Oeste (Figura 1.1).

Existe la creencia de que La Malinche es un volcán extinto; entre otras razones, porque no se conocen erupciones históricas de La Malinche; el volcán no tiene un cráter central ni muestra actividad fumarólica y sus múltiples barrancos le dan la apariencia de un edificio volcánico fuertemente erosionado (Castro, 1999).

Sin embargo, existen otras observaciones que se contraponen a lo anterior; los suelos desarrollados sobre los depósitos más recientes son de poco espesor, el efecto del



L E Y E N D A

B A R R A N C O S

1 Atlapexco

2 Ramontla

3 Briones

4 Tenejac

5 Atlapitz

6 Xalpatlaco



Límite del volcán Malinche



Barrancos

Figura 1.1 Localización del área de estudio

intemperismo sobre estos mismos es mínimo y la morfología de la cima del volcán aparenta ser muy joven, pues las formas son muy abruptas (*idem*).

Geomorfológicamente, para el caso de la ladera occidental, el cono de La Malinche se eleva sobre las planicies circundantes que tienen una altitud promedio de 2,500 msnm. Al nivel de los 3,900 msnm, el área de la cima comienza a perder la forma circular, para terminar en una cúspide alargada, originada por el emplazamiento de un domo dacítico/andesítico central. La cima se encuentra parcialmente destruida, probablemente debido a erosión glacial. Sobre la ladera occidental de La Malinche se encuentra uno de los tres cráteres adventicios denominado Tlaloque o Atitlán (Demant, 1978).

Es indudable que el volcán Malinche fue uno de los macizos montañosos más afectados por la actividad glacial y perigracial en el Cuaternario, prueba de ello es la amplia formación de circos y nichos en el área de la cima; además de un amplio desarrollo acumulativo que dio origen al piedemonte (Castro, 1999).

La cima presenta un relieve escarpado y afectado por la disección fluvial y por la acción glacial. En ella se han formado valles de más de 200 m de profundidad, que son los elementos relacionados con el origen del piedemonte ya que los materiales erosionados han sido depositados en esa unidad (piedemonte). En esta unidad del relieve, una de las características principales es la presencia de una red fluvial radial con materiales de diverso origen: coluviales, morrénicos, glacifluviales, fluviales y volcánicos (Moya, 1987).

El desarrollo de la red fluvial ha estado condicionado por los depósitos tanto morrénicos como aluviales, que han hecho que las corrientes cambien su régimen cada vez que se produce un evento de depósito y los barrancos ya formados, son rellenados y otros nuevos son originados (Moya y Zamorano, 1983).

En el caso de las laderas, están constituidas por andesitas, dacitas y en menor proporción pómez. Las laderas compuestas por lavas antiguas se localizan de los 3,200 msnm aproximadamente, hasta la cima.

En conclusión, en la ladera occidental de la Malinche se pueden reconocer las siguientes unidades geomorfológicas: laderas de alta montaña, piedemonte, lomeríos, laderas de barranco y planicies. Cada una de estas unidades se encuentran bien diferenciadas por su composición, tipo de drenaje, la morfología de sus barrancas y los procesos dominantes, ya sea fluviales o eólicos recientes (Castillo, 2006).

En cuanto a geología se refiere, la formación de la estructura del volcán Malinche inicia a finales del Plioceno y alcanza su máximo en el Cuaternario entre el Pleistoceno y el Holoceno (Mooser *et al.*, 1996). La estructura está constituida por un cono bajo en el que dominan las tobas y brechas andesíticas, posteriormente, se aprecian nuevos depósitos de arenas y cenizas de tipo más básico. En este volcán no se aprecia claramente un cráter, aunque Ordóñez cree que existió uno de tipo caldera (Ordóñez, 1920, citado en Allende, 1968).

A simple vista no se observan depósitos de flujos de lava, aunque es probable que existan y no afloren por estar cubiertos por los depósitos piroclásticos más recientes. La única lava que se puede apreciar es del domo dacítico que conforma la cima (Castro, 1999).

El basamento sobre el que se edificó el volcán Malinche no es bien conocido, existen rocas sedimentarias que afloran cerca del edificio y pueden constituir indicios del basamento. La existencia de estas rocas debajo de La Malinche, se interpreta por la presencia de xenolitos que incluyen fragmentos de calizas cretácicas. En el caso de la ladera occidental están expuestos sedimentos lacustres constituidos, en su mayoría, por depósitos piroclásticos granulares, limosos y arcillosos, que son considerados de edad terciaria (Castro, 1999).

Un rasgo distintivo del volcán Malinche es la formación de su extenso piedemonte, compuesto por materiales que corresponden a flujos piroclásticos, directamente relacionados con la historia eruptiva del volcán (Figura 1.2).

La formación de los barrancos tuvo lugar, una vez que la sedimentación de las laderas estuvo más o menos concluida. Esto significa, que la edad de la sedimentación superior, es la más reciente, es al mismo tiempo la edad máxima de formación de los barrancos. Por consiguiente, la formación de las barrancas aconteció entre 8,000 – 3,100 años antes del presente (A. P). (Heine, 1971 y Castro, 1999).

Respecto a los suelos, generalmente éstos están ligados al material parental antes mencionado, de acuerdo con SPP (1982), los principales tipos de suelos son Regosol, Litosol, Cambisol, Fluvisol, Andosol, Vertisol, Feozem y Rendzina. En el área de la cima se encuentran suelos de tipo Regosol de sedimentos de toba, presentan una textura arenosa o franca, de color claro, con estructura de bloques subangulares pequeños y pobres en materia orgánica.

En el caso de los Litosoles son suelos poco desarrollados extremadamente pedregosos y delgados, la roca se encuentra a menos de 10 cm de profundidad y son susceptibles a erosionarse dependiendo de su localización topográfica (Werner, 1979). Se encuentra sobre los amplios valles y en algunos barrancos del volcán.

En el área de las laderas del volcán, existen Fluvisoles. Son de textura arenosa a arenosa-gravosa, poco desarrollados y poco profundos, pobres en materia orgánica, el contenido de calcio y fósforo es alto y pobres en sodio, potasio y magnesio. Aparecen en este caso, en laderas bajas y en las porciones planas de los grandes barrancos en donde presentan una gran retención de agua, estos suelos son utilizados para la actividad agrícola, si no existe una pendiente demasiado pronunciada (Werner, 1979).

Cambisol. Son suelos que tienen un horizonte A ócrico, con poco carbono orgánico, delgado, duro y macizo cuando se seca; este horizonte posee un grado de

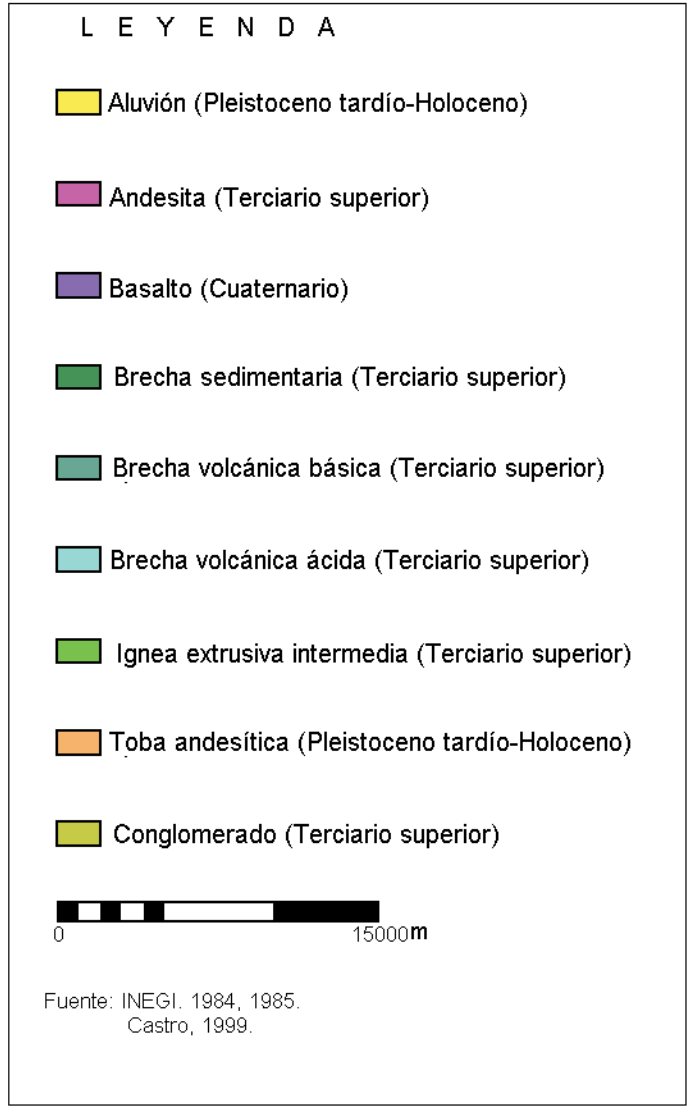
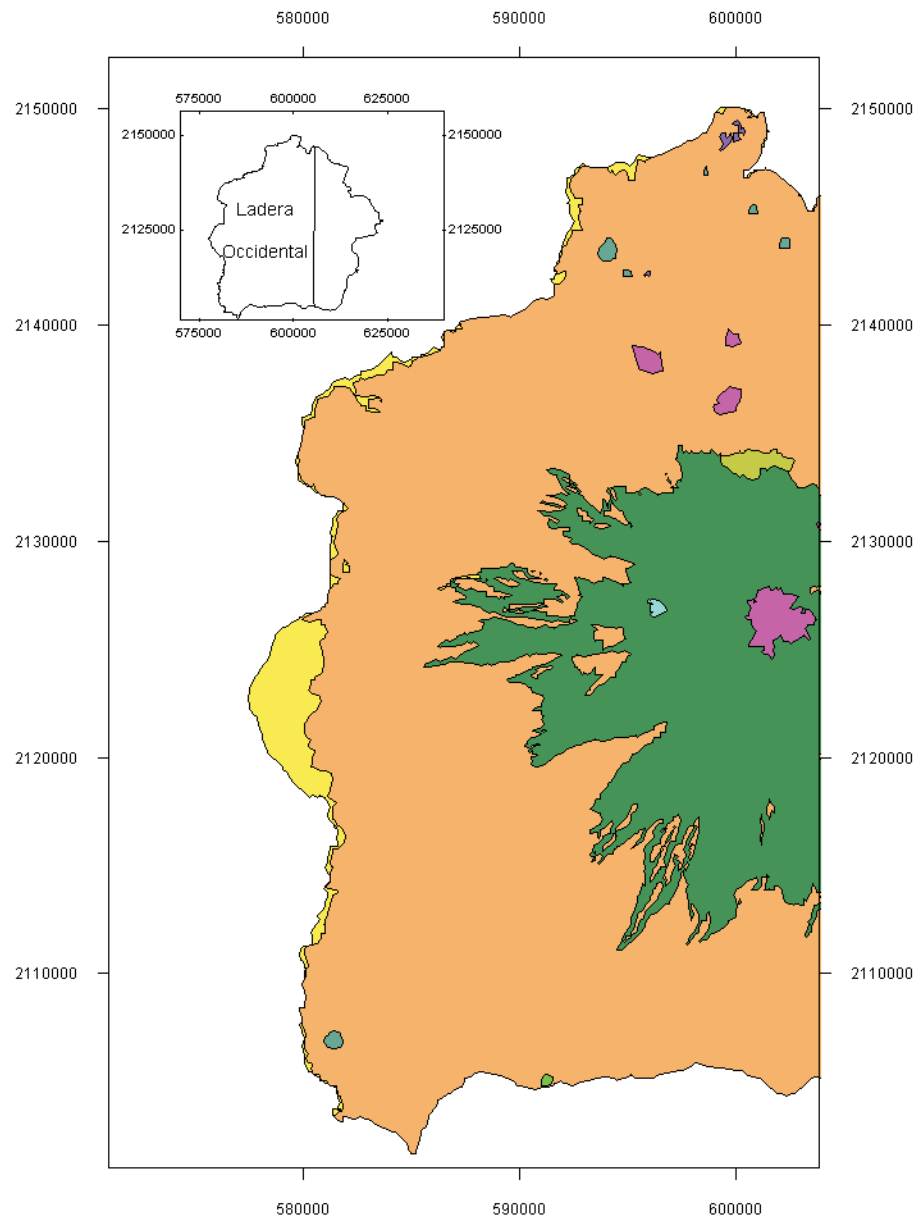


Figura 1.2 Litología de la ladera occidental del volcán Malinche

saturación de 50% o más, en al menos los 20 a 50 cm superficiales, sin ser calcáreo a esta profundidad; tiene un horizonte B cámbico con bajo contenido de materia orgánica, textura fina, estructura moderadamente desarrollada, con significativo contenido de arcilla y evidencia de eliminación de carbonatos; este horizonte tiene un color pardo a rojo. Los cambisoles se desarrollan en el relieve compuesto de material piroclástico (FAO, 1998).

Vertisol. Son suelos ricos en arcilla, duros y se agrietan cuando están secos, masivos y chiclosos cuando están húmedos y tienen una estructura masiva del 30% de arcilla. En el área de estudio los vertisoles presentan dos tipos de horizontes que los diferencian el pélico y crómico; el horizonte pélico tiene un color oscuro y generalmente se encuentra mal drenado. El horizonte crómico tiene un color rojizo, propiedad que lo caracteriza (FAO, 1998).

Feozem. Este suelo presenta un horizonte A mólico, su porcentaje de saturación de bases es mayor del 51%, es un suelo rico en materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es moderada, su contenido de calcio y fósforo es alto, el potasio y magnesio son bajos, su textura varía de migajón arcillo-arenoso, el color es negro o café oscuro, la estructura es de bloques subangulares, suelos con buen drenaje interno, están dedicados a la agricultura con buenos rendimientos y son considerados como suelos fértiles (SPP, 1981). Los suelos de este tipo se encuentran en el sector inferior del piedemonte en contacto con las planicies aluviales.

Rendzina. Suelos pocos profundos que se presentan sobre rocas calizas. Se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y muy fértil que descansa sobre algún material rico en cal (FAO, 1998). Se localizan en el extremo suroccidente del área de estudio, posiblemente donde existen afloramientos de rocas calizas cretácicas.

Andosol, éste es formado por depósitos piroclásticos y cenizas volcánicas, por lo general bien desarrollados, muy sueltos, de alta permeabilidad y predominantemente de

uso forestal. En el volcán predomina el andosol vítrico, el cual tiene la propiedad de ser un suelo con poca arcilla (>10% de la fracción fina) y ser rico en vidrio volcánico (Werner,1979) (Figura 1.3).

Las condiciones del suelo y subsuelo y las fuertes pendientes dan lugar a que se formen corrientes intermitentes sobre la ladera occidental y el resto del volcán; que constituyen una fuente importante de abastecimiento de agua para la región, por medio de la recarga de los mantos freáticos, así mismo en el aporte de volúmenes considerables de agua a la presa Manuel Ávila Camacho en Valsequillo, Puebla (SEMARNAT, 2001).

Sobre la ladera occidental, se forman pequeñas corrientes temporales que vierten sus aguas a ríos como: Atenco, Negros, Briones, Zahuapan, Amomoloc, Apizaco, Totalquetchco, Aquiahuac, Texcalac, Camacho, Vizcaya, San José, Huactzingo, San Juan, Acomulco, Río Viejo, La Contrazanja, El valor, Cuatetla, Zacatepanco, Acopilco y Coapachixa que desembocan sus aguas al río Zahuapan- Atoyac.

El Río Zahuapan-Atoyac es la corriente superficial más importante, fluye de norte a sur, recoge los escurrimientos de los ríos antes mencionados, cerca del municipio de Amaxac el Zahuapan y Apizaco unen sus caudales para formar el río conocido como Dos Arroyos. Posteriormente al llegar al municipio de Tenancingo (al sur), pasa a ser el río Atoyac para después ingresar al estado de Puebla.

Debido a los contrastes altitudinales, se presentan climas que van desde el frío hasta el templado, siendo los últimos los que muestran una mayor diversidad. Allende basado en el sistema de clasificación climática desarrollado por García en 1964, aporta los siguientes resultados (Allende, 1968).

E (T) C. Este tipo predomina en el área de la cima. Es un clima frío, con temperatura media anual entre rangos de -2°C y 5°C, temperatura media del más caliente entre 0°C y 6.5°C y temperatura-media del mes más frío superior a 0°C.

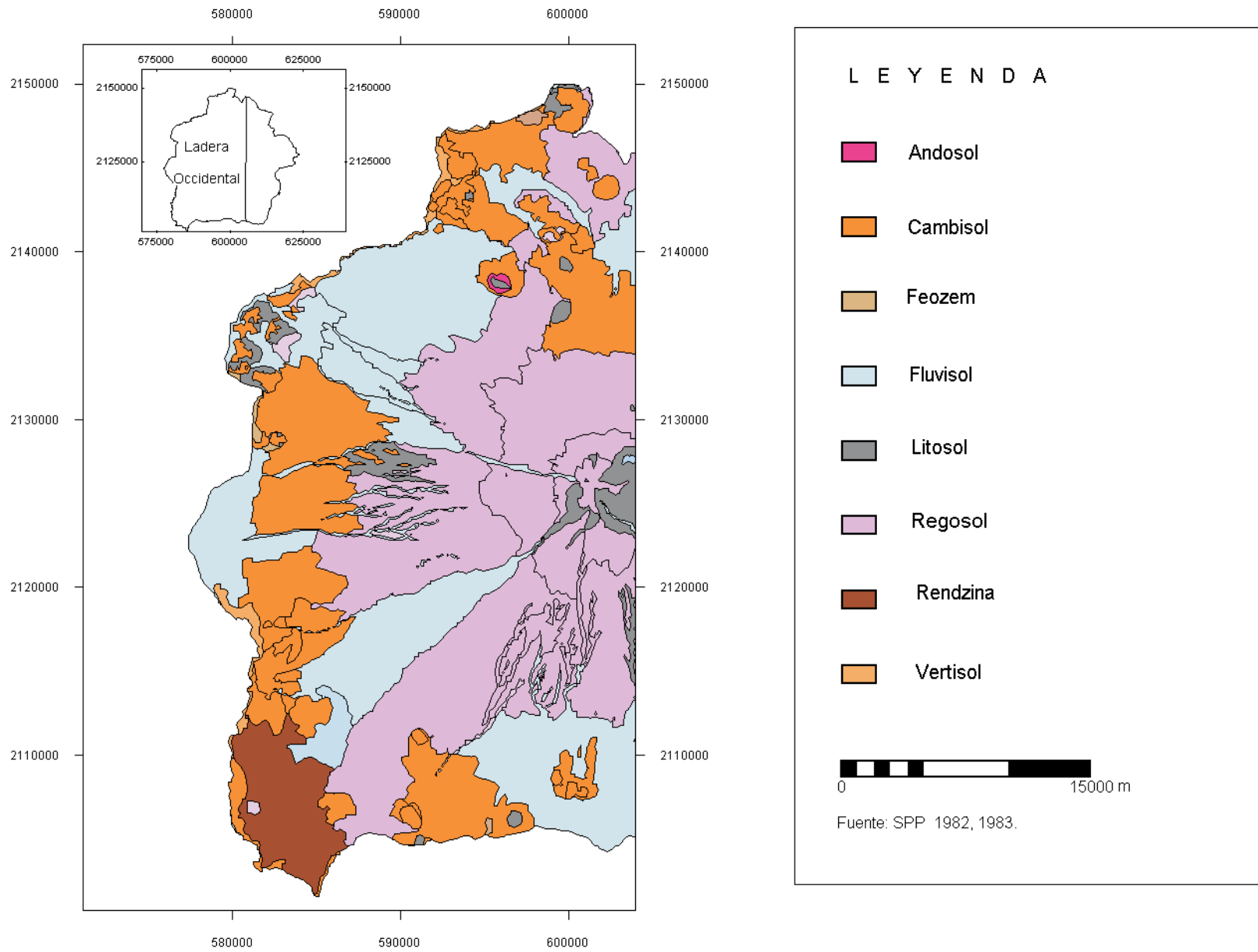


Figura 1.3 Unidades cartográficas de suelo de la ladera occidental del volcán Malinche

C(w2) (w) cig. Se encuentra desde 3,500 m hasta los 4,000 msnm. Es un clima semi-frío, con verano fresco corto, con menos de cuatro meses con temperatura superior a 10°C.

C(w2) (w) (b') ig. Abarca el área que comprende de los 2,750 m hasta 3,750 msnm. Es un clima semi-frío, con verano fresco, lluvias en el verano, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura media del mes más caliente entre 6.5°C y 22°C, temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C y más de cuatro meses con temperatura media superior a los 10°C, el porcentaje de lluvia invernal es inferior al 5% de la precipitación media anual, con variación térmica menor a 5°C en todo el año y el mes más caliente antes del solsticio de verano (Allende, 1968).

C (w1) (w) big. Este clima se encuentra en menor proporción (en el caso de la ladera occidental), es un clima templado, lluvias en el verano, temperatura media anual entre 12 y 18°C, temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22°C, temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C, porcentaje de lluvia invernal menor al 5% de la precipitación media anual, variaciones entre la temperatura media mensual menor a 5°C y el mes más caliente antes del solsticio de verano.

C (w2) (w) big. Es muy similar al anterior variando sólo en que la precipitación media anual es superior en este último, por lo que se le considera el más húmedo de los subhúmedos (Allende, 1968).

Tanto el clima como la topografía son factores determinantes sobre los diferentes tipos de vegetación existente. La vegetación es propia de los climas fríos o templados, con especies dotadas para resistir bajas temperaturas, como el oyamel, encino, pino, entre otros.

Por ejemplo, los zacatonales se presentan a una altitud superior a los 4,000 msnm, limitan con el bosque de oyamel, que se encuentra desde altitudes de 2,350 a los 4,000

msnm. En altitudes entre los 2,750 y 2,900 msnm, están presentes los bosques de encino y en menor abundancia las especies de tepozán y madroño.

Los bosques de pino, pino-encino, encino-oyamel-pino, se encuentran entre los 2,500 y los 2,700 msnm. Entre las cañadas, se pueden localizar algunos árboles de sabino. En las laderas inferiores a 2,000 a 2,500 msnm, predominan los matorrales y pastizales naturales. Además, hay vegetación inducida de magueyes y frutales. En las riveras de los ríos existe vegetación de galería. (Wong, 2005).

También hay vegetación secundaria resultado de la destrucción de la flora original, en algunos casos se encuentra en recuperación tendiendo al estado original mientras que en otros, presenta un aspecto y composición florística diferente (SPP, 1981).

En la flora urbana y sub-urbana abundan especies introducidas como el trueno, la casuarina, el álamo y el eucalipto (INE, 2000) (Figura 1.4). A pesar del crecimiento y expansión acelerada de la mancha urbana, en el área, todavía es común encontrar algún tipo de fauna silvestre por ejemplo: conejo, liebre, víbora de cascabel, coyote, ardilla, tlacuache, zopilote, gavilán y una gran variedad de aves (INE, 2000).

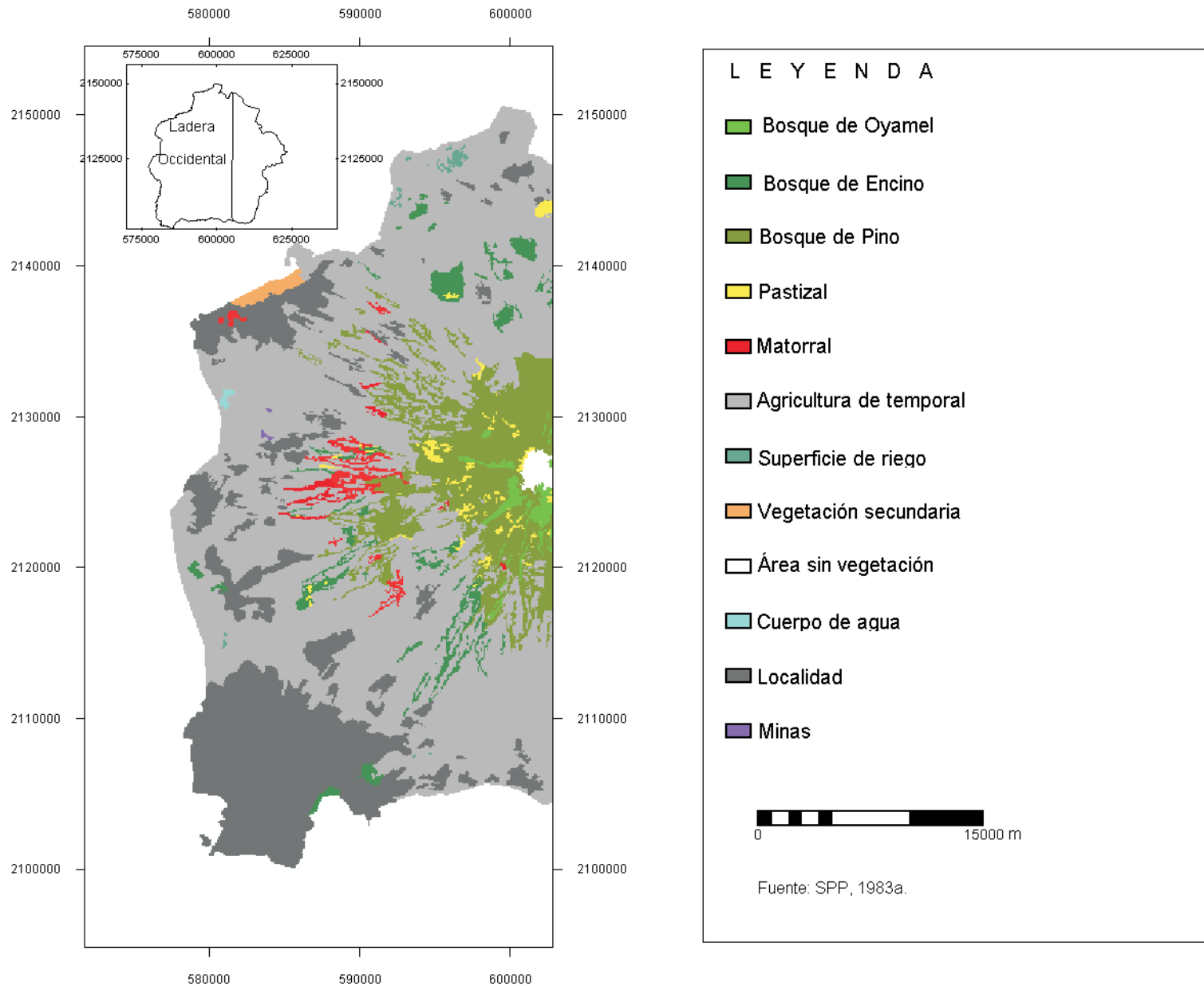


Figura 1.4 Uso de suelo y vegetación de la ladera occidental del volcán Malinche

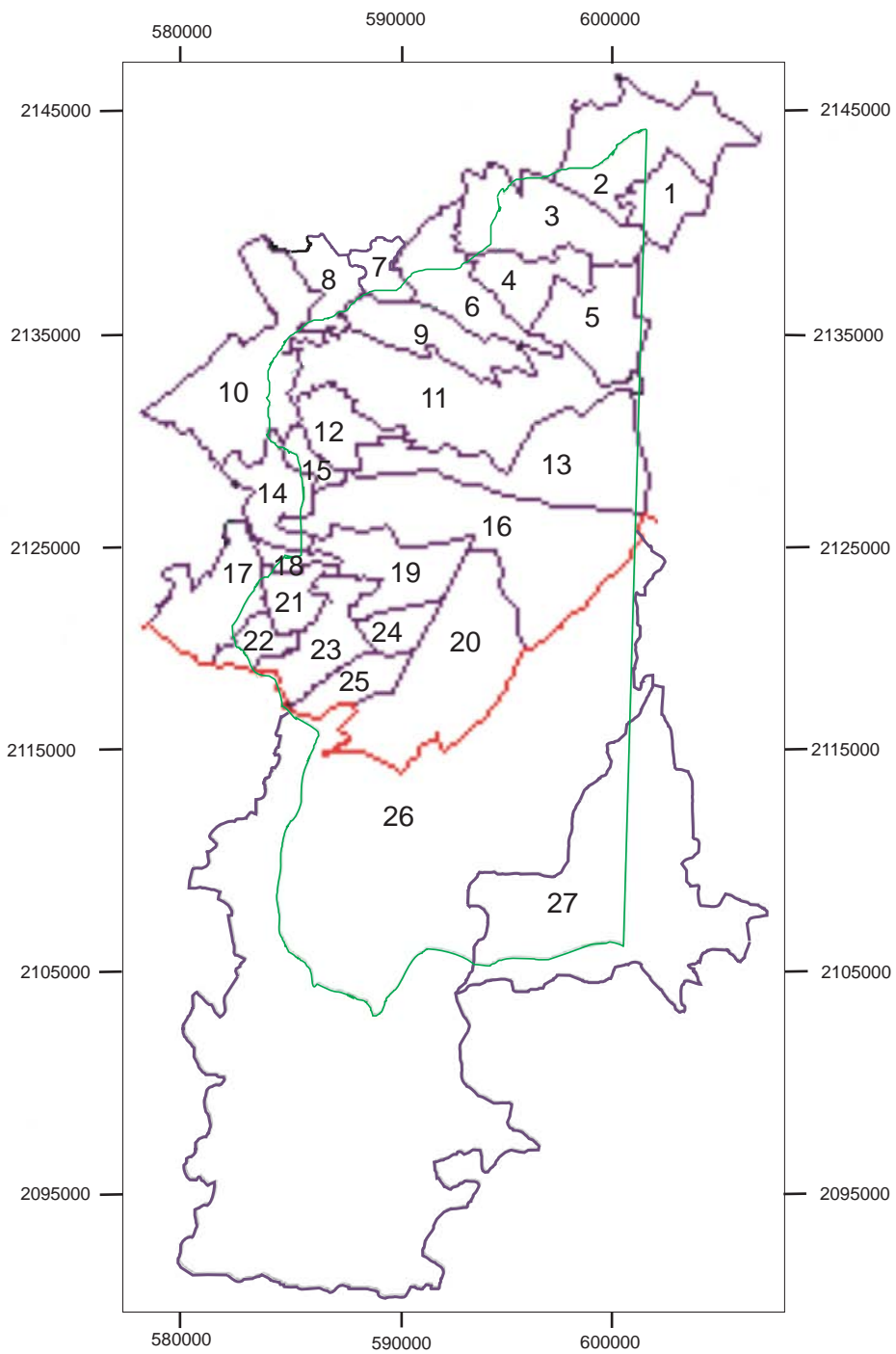
1.3 ASPECTOS DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

La población del área de estudio comprende parte de los estados de Tlaxcala y Puebla, los municipios de Chiautempan, Mazatecochco de José María Morelos, Contla de Juan Cuamatzi, San Pablo del Monte, Santa Cruz Tlaxcala, Tenancingo, Teolocholco, Papalotla de Xicontenatl, Amaxac de Guerrero, Apetatitlán de Antonio Carvajal, Tlaxcala, Zacatelco, Tzompantepec, Cuaxomulco, San José Teacalco, La Magdalena Tlaltelulco, San Francisco Tetlanohcan, Tepeyanco, Santa Isabel Xiloxotla, Santa Cruz Quilehtla, Acuamanala, Santa Catarina Ayometla, Xicohtzinco, Tocatlán y Xaloztoc, pertenecen al primero (Tlaxcala) y Puebla y Amozoc corresponden a Puebla (Figura 1.5).

Debe mencionarse que sólo una porción de la población de los municipios de Amaxac, Apetatitlán, Tepeyanco, Tlaxcala, Zacatelco, Tocatlán, Xaloztoc, Puebla y Amozoc forma parte del área de estudio a diferencia del resto que quedan comprendidos en su totalidad, lo cual se explica en la tabla 1.1.

Es importante mencionar que los municipios que corresponden al área de estudio, forman parte del Área Metropolitana Puebla-Tlaxcala (AMPT). De la población total que reside en estos 27 municipios, la mayoría son personas nacidas en la entidad (Tlaxcala o Puebla), el resto de población nació en alguna otra entidad diferente o en el extranjero. Además existe un número mayor de mujeres que de hombres, en términos absolutos, esta superioridad numérica se da a partir de los 15 años y más, en edades productivas propias para la realización de actividades del sector servicios. En el caso de los hombres hay una disminución de éstos, porque están expuestos a más y diversos riesgos de accidentes a lo largo de su vida.

Los avances en materia educativa se empiezan a observar al haber una reducción del analfabetismo en las personas más jóvenes, por lo tanto el número de hombres como de mujeres que saben leer y escribir aumentan (INEGI, 2003). El grado promedio de escolaridad de los 27 es de seis grados de instrucción.



L E Y E N D A

M u n i c i p i o s

1 Tocatlán	15 Santa Isabel Xiloxotla
2 Xaloztoc	16 Teolochohco
3 Tzompantepec	17 Zacatelco
4 Cuaxomulco	18 Santa Cruz Quilehtla
5 San Jose Teacalco	19 Acuamanala
6 Santa Cruz Tlaxcala	20 San Pablo del Monte
7 Amaxac	21 Santa Catarina Ayometla
8 Apetatitlán	22 Xicohtzinco
9 Contla	23 Papalotla
10 Tlaxcala	24 Mazatecochco
11 Chiautempan	25 Tenancingo
12 La Magdalena Tlaltelulco	26 Puebla
13 San Francisco Tetlanohcan	27 Amozoc
14 Tepeyanco	

	Ladera Occidental
	Límite estatal



0 1 2 3 4 Km

Fuente: INEGI,2001

Figura 1.5 Municipios de la ladera occidental del volcán Malinche

Tabla 1.1 Indicadores de población de los municipios de la ladera occidental del Volcán Malinche

Estado	Municipio	Porcentaje de población que cubre la ladera occidental respecto al total municipal	Población Total	Hombres	Mujeres	Población nacida en la entidad	Población nacida en otra entidad	Población nacida en el extranjero
Tlaxcala	Chiautempan	100.00	57 512	27 666	29 846	49 773	7 256	483
	Mazatecochco	100.00	8 357	4 098	4 259	7 823	471	63
	Contla	100.00	28 842	14 230	14 612	27 666	989	187
	San Pablo del Monte	100.00	54 387	26 904	27 483	46 328	7 734	325
	Santa Cruz Tlaxcala	100.00	12 824	6 288	6 536	10 988	1 746	90
	Tenancingo	100.00	10 142	4 856	5 286	8 980	1 056	106
	Teolochohco	100.00	17 067	8 295	8 772	15 815	1 151	101
	Papalotla	100.00	22 288	10 733	11 555	17 444	4 749	95
	La Magdalena Tlaltelulco	100.00	13 697	6 635	7 062	12 705	922	70
	San Francisco Tetlanohcan	100.00	9 081	4 380	4 701	8 624	392	65
	Santa Isabel Xiloxotla	100.00	3 184	1 539	1 645	2 998	161	25
	Santa Catarina Ayometla	100.00	6 997	3 320	3 677	6 183	730	84
	Acuamanala	100.00	4 357	2 184	2 173	3 890	444	23
	Cuaxomulco	100.00	4 255	2 118	2 137	3 778	453	24
	San Jose Teacalco	100.00	4 587	2 204	2 383	4 292	266	29
	Xicohtzinco	100.00	10 226	4 864	5 362	8 129	2 039	58
	Tzompantepec	100.00	9 294	4 580	4 714	7 746	1 426	122
	Santa Cruz Quilehltla	100.00	4883	2400	2483	4520	306	57
	*Tepeyanco	70.00	6 304	2 994	3 310	5 765	452	88
	* Amaxac	33.33	2 559	1 252	1 308	2 238	304	17
* Apetatitlán	83.33	9 829	4 808	5 021	7 855	1 894	80	
* Tlaxcala	25.00	18 308	8 770	9 538	13 089	5 014	205	
* Zacatelco	44.44	14 183	6 800	7 383	12 188	1 900	95	
* Tocatlán	66.66	3 156	1 541	1 616	2 952	189	15	
* Xaloztoc	50.00	8 429	4 260	4 169	7 873	503	53	
Puebla	* Puebla	36.22	487 853	23 3431	254 422	395 553	75 342	16 958
	* Amozoc	92.30	59 716	29 370	30 346	53 067	4 919	1 720
Total del área de estudio			892 317	430 520	461 799	748 262	122 808	21 238

* Los datos fueron obtenidos de acuerdo con el porcentaje de población que ocupa la ladera occidental

Fuente: INEGI, 2001.

En el caso de personas que no cubren este grado promedio de escolaridad es por motivos como: población que no quiso o no le gustó estudiar, por falta de dinero, por tener que trabajar, porque la escuela estaba muy lejos o no había, porque la familia ya no

permitió que estudiara, por ayudar en las tareas del hogar y por matrimonio o unión (Tabla 1.2).

Los nuevos modelos de desarrollo económico que tienen estos municipios al formar parte del AMPT establecen, a su vez, nuevas formas de distribución de la población; nacen nuevos centros de concentración demográfica y fortalecen los ya existentes con población de origen rural (INEGI, 2003). Dentro de esta población, la hay de origen indígena.

Tabla 1.2 Nivel de instrucción de los municipios de la ladera occidental del Volcán Malinche

Estado	Municipio	Población de 6 años y más que sabe leer y escribir (1)	Población de 6 y más que no sabe leer y escribir (1)	Grado promedio de escolaridad
Tlaxcala	Chiautempan	46 915	2 687	8.55
	Mazatecochco	6 271	864	6.25
	Contla	22 394	2 417	7.38
	San Pablo del Monte	39 324	6 061	6.15
	Santa Cruz Tlaxcala	10 253	820	7.57
	Tenancingo	7 575	1 093	6.25
	Teolochochco	13 018	1 471	7.36
	Papalotla	17 805	1 254	7.94
	La Magdalena Tlaltelulco	10 472	1 047	7.04
	San Francisco Tetlanohcan	6 771	930	7.07
	Santa Isabel Xiloxotla	2 492	217	7.13
	Santa Catarina Ayometla	5 329	592	7.04
	Acuamanala	3 432	258	7.26
	Cuaxomulco	3 359	277	7.27
	San Jose Teacalco	3 470	492	6.13
	Xicohtzinco	8 475	431	8.27
	Tzompantepec	7 210	584	7.70
	Santa Cruz Quilehla	3 610	392	6.73
	*Tepeyanco	5 165	306	5.70
	* Amaxac	2 102	107	2.89
	* Apetatitlán	8 146	384	7.58
	* Tlaxcala	15 205	611	2.55
	* Zacatelco	11 374	831	3.49
* Tocatlán	2 461	204	4.61	
* Xaloztoc	6 537	623	3.52	
Puebla	* Puebla	391 723	21 269	3.39
	* Amozoc	43 230	5 357	6.32
Total del área de estudio		704 118	51 579	Promedio 6.26

(1) Se incluye a la población de 15 años y más

* Los datos fueron obtenidos de acuerdo al porcentaje de población que ocupa la ladera occidental

Fuente: INEGI, 2001.

En el área de estudio se encuentra población de origen Otomí y Náhuatl, con relevancia, en los municipios de San Pablo del Monte (San Isidro Buen Suceso) y Puebla (San Miguel Canoa y San Miguelito). De acuerdo con el XII Censo de Población y Vivienda (2000) hay una disminución en esta población, debido a factores como: disminución del nivel de fecundidad, el proceso de migración hacia las áreas metropolitanas y una ascendente participación en la educación escolarizada de aquellos hijos cuyos padres hablan alguna lengua indígena quienes tienden a adoptar el idioma español como su principal medio de comunicación (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Población que habla lengua indígena de los municipios de la ladera occidental del Volcán Malinche

Estado	Municipio	Población de 5 años y más que habla lengua indígena y no habla español	Población de 5 años y más que habla lengua indígena y habla español
Tlaxcala	Chiautempan	7	1 716
	Mazatecochco	10	806
	Contla	35	4 216
	San Pablo del Monte	326	8 500
	Santa Cruz Tlaxcala	0	310
	Tenancingo	3	554
	Teolocholco	7	916
	Papalotla	1	466
	La Magdalena Tlaltelulco	1	419
	San Francisco Tetlanohcan	7	1251
	Santa Isabel Xiloxotla	0	34
	Santa Catarina Ayometla	0	115
	Acuamanala	0	93
	Cuaxomulco	0	26
	San Jose Teacalco	0	32
	Xicohtzinco	0	91
	Tzompantepec	0	62
	Santa Cruz Quilehtla	0	123
	*Tepeyanco	0	47
	*Amamaxac	0	50
	*Apetatitlán	2	157
	*Tlaxcala	3	276
	*Zacatelco	0	79
*Tocatlán	0	9	
*Xaloztoc	0	26	
Puebla	*Puebla	344	14 268
	*Amozoc	7	993
Total del área de estudio		753	35 635

Los datos fueron obtenidos de acuerdo al porcentaje de población que ocupa la ladera occidental

Fuente: INEGI, 2001.

El crecimiento de diversos centros urbanos, entre ellos la ciudad de Tlaxcala y Puebla, y el asentamiento de corredores industriales en las inmediaciones de la ladera occidental del volcán Malinche, ha influido en que los habitantes de esta región desempeñen actividades en dos o más sectores económicos. Durante el período de siembra, los campesinos viven cercanos a sus milpas, mientras que el resto del año viven en poblados y centros urbanos mayores dedicándose a otras actividades (Marroni, 1998).

Durante las últimas tres décadas, en los municipios de la ladera occidental, las actividades del sector agropecuario perdieron importancia respecto de las actividades industriales, comerciales y de servicios (Tabla 1.4). Sin embargo, para el caso de la agricultura los principales cultivos que aún se producen son el maíz, frijol, calabaza, haba, trigo, avena forrajera, alfalfa, pastos, durazno y entre otros.

Como la mayoría de la cosecha es destinada para autoconsumo, el maíz continúa siendo la base de la producción agrícola y la principal fuente alimenticia. Otros cultivos que le siguen en importancia son haba y frijol (INEGI, 2003).

En los municipios del área, se ha fomentado y desarrollado el modelo agroforestal, consistente en la plantación de árboles frutales y forestales en los bordos de contorno de las parcelas agrícolas. Con esto se mejoran las condiciones económicas del agricultor al tener un producto adicional en su parcela agrícola, además de frenar la erosión del suelo por el establecimiento de estas cortinas rompe vientos (GET, 2002).

En cuanto a ganadería se refiere, esta actividad representa el medio de autoconsumo para muchas familias. La actividad pecuaria se centra mayormente en la producción de ganado ovino, porcino, aves de corral para carne y huevos, ganado bovino para la producción de carne y leche, ganado caprino y colmenas (INEGI, 2003).

En el caso de la pesca en estanque y jagüey, representa un medio de autoconsumo para muchas familias. En los municipios que se encuentran en el área de estudio, se captura principalmente carpa barrigona (GET, 2002).

Tabla 1.4 Actividades económicas de los municipios de la ladera occidental del volcán Malinche

Estado	Municipio	Población ocupada	Población ocupada en el sector primario	Población ocupada en el sector secundario	Población ocupada en el sector terciario
Tlaxcala	Chiautempan	20 698	1 405	8 435	10 435
	Mazatecochco	3 324	636	1 742	920
	Contla	10 649	910	6 402	3 119
	San Pablo del Monte	19 359	1 325	11 563	6 118
	Santa Cruz Tlaxcala	4 539	754	1 728	1 951
	Tenancingo	2 973	355	1 414	1 152
	Teolochoico	5 462	590	3 125	1 631
	Papalotla	7 467	454	3 650	3 174
	La Magdalena Tlaltelulco	4 430	546	2 149	1 667
	San Francisco Tetlanohcan	2 450	509	915	900
	Santa Isabel Xiloxotla	970	166	405	356
	Santa Catarina Ayometla	1 827	204	933	659
	Acuamanala	1 466	149	750	550
	Cuaxomulco	1 348	408	386	545
	San Jose Teacalco	1 650	792	435	403
	Xicohtzinco	3 317	245	1 774	1 246
	Tzompantepec	2 969	613	1 122	1 186
	Santa Cruz Quilehtla	1 588	200	793	575
	*Tepeyanco	2 043	398	706	821
	*Amaxac	878	76	308	476
	*Apetatitlán	3 465	140	1 408	1 872
	*Tlaxcala	7 024	216	1 960	4 662
	*Zacatelco	4 617	470	2 005	2 039
	*Tocatlán	988	296	455	225
	*Xaloztoc	2 661	682	1 195	734
	Puebla	*Puebla	183 487	2 221	59 443
*Amozoc		19 164	1 199	9 496	8 145
Total del área de estudio		320 813	15 959	119 324	172 124

* Los datos fueron obtenidos de acuerdo con el porcentaje de población que ocupa la ladera occidental
Fuente: INEGI, 2001.

De acuerdo con las características litológicas del área de estudio, la actividad extractiva que se realiza, se ha limitado principalmente al aprovechamiento de materiales pétreos para la construcción: como grava, arena y tezontle. Con menor relevancia se realiza la explotación de bancos de tepetate y otros materiales de uso decorativo. Estos

materiales se obtienen de bancos que se encuentran en la ladera del volcán (SEMARNAT, 2001).

El recurso forestal de la región es maderable, más del 80% corresponde al pino y el 20% restante al oyamel y al encino. Sin embargo, la mayoría de los aprovechamientos realizados se caracterizan por ser extracciones forestales de tipo local para consumo doméstico sin respaldo de tecnología, ni financiamiento y sin mercados adecuados. Lo anterior ha contribuido a que el recurso maderable sea mal aprovechado y genere bajos ingresos (Espejel, 1998).

Los principales usos a los que se designan estas especies maderables son la obtención de leña, corteza, resina, frutos, brazuelo, elaboración de carbón, morillos, vigas, festón, tablas, tejamanil y duela entre otros productos. Dentro de la explotación forestal no maderable, se da la recolección de hongos, tierra para macetas y plantas ornamentales (paxtle y lama) para su venta en mercados locales (Espejel, 1998).

Como se mencionó, las actividades industriales, comerciales y de servicios ocupan una mayor representatividad. Dentro del sector secundario, la mayoría de la población se emplea principalmente en las ramas manufacturera y de construcción.

Las industrias que predominan en la región son: textil, mueblera, automotriz, de la construcción, papelería, de alimentos, farmacéutica, piel y cuero (INEGI, 2001). La mayoría de los obreros laboran principalmente en la franja industrial que va de Tenancingo a la Magdalena Tlaltelulco (Tlaxcala), zonas industriales que circundan a la ciudad de Apizaco, como la ciudad industrial Xicohtécatl en Tetla.

En el área que corresponde a Puebla la mayoría trabaja en San Juan Cuautlancingo, Sanctorum y San Lorenzo Almecatla. Otra zona se encuentra en la frontera norte del municipio de Puebla en una franja que va de San Pablo Xochimehuacán hasta la Resurrección. En el sector manufacturero también se encuentran artesanos, un ejemplo de ello es Amozoc, en donde una gran parte de la población ocupada son

alfareros o se dedican a la forja de espuelas y herrajes. Sucede igual con la mayoría de la población ocupada en San Pablo del Monte quienes elaboran artesanías de ónix y talavera, también hay quienes producen ladrillos y losas de barro (INEGI, 2003).

Por otra parte, derivado de los rápidos procesos de industrialización, urbanización y crecimiento poblacional, se han incrementado en el municipio las unidades de comercio y abasto. La nueva estructura comercial y de servicios de los municipios que comprenden el área en estudio tienen como base el desarrollo de centros comerciales populares y de servicios, cuya finalidad es la de distribuir el comercio masivo que se genera en las centrales de abasto, además de prestar cierto tipo de servicios con la intención de hacer más atractiva para el consumidor la concurrencia a estas zonas comerciales. Además, dentro del sector comercio, también destacan unidades como son: abarrotes y misceláneas, cristalería y loza, carnicerías, papelerías, mercados municipales y tianguis, entre otros (GET, 2002).

Aunado a la actividad comercial y de servicios, en los municipios se cuenta con una importante infraestructura de transportes, lo cual facilita el crecimiento de las economías locales, y de los mercados regionales.

Como resultado de las actividades económicas, el crecimiento de la población y la inconciencia en sus habitantes, en los municipios mencionados se observan los estragos de la contaminación del agua y suelo, originada por los desechos industriales, generación de basura y el aumento de las aguas residuales.

CAPITULO 2. ENFOQUE TEÓRICO- CONCEPTUAL-METODOLÓGICO

2.1 LA GEOGRAFIA Y LOS RIESGOS

Con la idea de mantener el principio de la Geografía, física y humana, capaz de mostrar la interacción entre el hombre y su medio, la presente investigación permite analizar esta relación. Ante esta situación se pregunta: ¿Por qué a la Geografía le atañe el estudio de los riesgos?

En primer lugar, porque los fenómenos que pueden generar un riesgo se desarrollan en un espacio determinado. Siempre en un lugar definido que puede tener carácter local, regional, nacional e incluso planetario como es el caso del cambio climático global.

Segundo, estos fenómenos y hechos implican la relación compleja de dos grandes aspectos: el natural y el social. Un fenómeno en sí, no representa un peligro si no existe un grupo de personas o una sociedad que sea vulnerable ante tal fenómeno y viceversa si el medio natural es susceptible a ser afectado por un grupo humano.

Tercero, los fenómenos peligrosos, la sociedad, los desastres y el riesgo son factores dinámicos, o sea cambian con el tiempo. Por ejemplo, no se conciben los mismos peligros en las diferentes etapas históricas, ya que algunos de ellos aumentan, otros disminuyen, en tanto otros se generan como nuevos a través del tiempo.

Los geógrafos que se han interesado por el tema de los riesgos, han guiado sus investigaciones de tal manera que se conozca la distribución espacial de los fenómenos generadores de daño que potencialmente constituyen un riesgo para las actividades humanas y también para entender la conducta humana en el espacio ante situaciones de peligro.

Existen un sinnúmero de definiciones e interpretaciones alrededor del concepto riesgo. En este despliegue de ideas se ubican desde las de un punto de vista social, económico, natural, hasta a aquellas que se refieren a otros temas en específico

(ingeniería y psicología); por citar algunos autores: Burton y Kates (1964), White (1975), Bolt (1975), Rowe (1977), Calvo (1984), Tilling (1989), Burby (1991), Panizza (1991), Still (1992), Alexander (1993), Maskrey, (1993), Blaikie (1994) y Hewitt (1983), entre otros.

Con el fin de evitar inconsistencias y confusiones en el término, en 1972 por iniciativa de la UNESCO se realizó una reunión de expertos sobre el estudio estadístico de los riesgos, donde se concluyó que el riesgo incluye factores como la peligrosidad, el valor y la vulnerabilidad (Fournier, 1979). En donde:

La peligrosidad estudia la agresividad del fenómeno en términos absolutos, su magnitud física, su ocurrencia y su cobertura espacial.

El valor estima cuantitativamente la susceptibilidad al daño y/o pérdida de vidas humanas, infraestructura y capacidad productiva por los efectos destructivos del fenómeno, dándole al estudio de la peligrosidad un carácter aplicado.

La vulnerabilidad considera las posibilidades técnicas y económicas de prever o mitigar los varios efectos destructivos del fenómeno y la capacidad de la propia naturaleza para absorber el avance del mismo (*ibidem*).

Para esta investigación, se simplifican estos factores y el valor se incluye dentro de la vulnerabilidad porque en este caso, van implícitos aspectos técnicos y económicos que determinan la capacidad potencial de los grupos humanos para enfrentar un fenómeno destructivo, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Donde:

Peligrosidad: Es la probabilidad de que cierto fenómeno destructivo pueda ocurrir en un espacio y tiempo dado. Amenaza latente que representa la posible ocurrencia de un evento catastrófico de origen natural o humano.

Vulnerabilidad: Es la susceptibilidad de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. Se define como una medida que indica qué tan propenso es un sistema, a los daños que pueda causar el impacto de un fenómeno destructivo.

Retomando lo anterior, se concluye que el riesgo es la apreciación cualitativa y cuantitativa del nivel o grado de afectación de un fenómeno peligroso ya sea de origen natural o antrópico, que se manifiesta de acuerdo con la vulnerabilidad de la población.

Los investigadores de riesgos han tratado de ordenar y dividir por grupos los diferentes tipos de riesgos, por lo que han logrado establecer sus propias clasificaciones. Pero lo importante no es contar con una agrupación muy completa, sino detectar los fenómenos peligrosos en las distintas ciudades y localidades, siguiendo los lineamientos de la clasificación para su identificación, lo cual permitirá remitir los casos más urgentes a la dependencia encargada (Serrat, 1992).

Los riesgos en su conjunto pueden clasificarse desde distintos puntos de vista, sea atendiendo a su naturaleza, a sus causas, a sus efectos o a las características que presentan. Por ejemplo, existe la clasificación de Burton y Kates (1964), que agrupan los riesgos en dos grandes conjuntos: de origen geofísico y biológico.

Gelman y Macías (1983) manejan los riesgos con un enfoque sistémico, considerando tres sistemas principales: el perturbador, el afectable y el mitigador. Pero la categoría más utilizada en nuestro país, es la del Sistema Nacional de Protección Civil (1986), diseñada de acuerdo con el origen del fenómeno (natural o antrópico) considerando cinco tipos:

1. Geológicos: sismos, volcanismo, agrietamiento, maremotos, flujos de lodo, **procesos de remoción en masa**, etc.
2. Hidrometeorológicos: huracanes, inundaciones, tormentas, sequías, etc.
3. Químicos: incendios urbanos (domésticos e industriales), explosiones, radiaciones, fugas tóxicas, envenenamientos masivos, etc.

4. Sanitarios: contaminación (aire, suelo y agua), desertificación, epidemias, plagas, etc.

5. Socio-organizativos: desplazamientos y concentraciones masivas, accidentes terrestres, aéreos, fluviales o marítimos, entre otros.

Para este estudio, el caso de los procesos de remoción en masa, son de origen geológico-geomorfológico e hidrometeorológico ya que éstos son resultado de la erosión fluvial, tipo de material litológico y de la cantidad de precipitación que existe en el área.

El análisis de riesgos requiere de la participación de distintas disciplinas; sin embargo, lo especializado de estas disciplinas hace que por ejemplo, la ingeniería, psicología, economía, etc., orienten sus estudios sólo hacia una parte del conflicto. Por tal motivo, en el presente tema de investigación no sólo basta con el enfoque de los geólogos y demás especialistas que han trabajado en ello, sino también es fundamental que se analice desde un punto de vista integral.

2.2 TEORÍAS Y ENFOQUES

Actualmente existen diversos enfoques y teorías para abordar el estudio de riesgos, estos pueden variar de acuerdo con la escuela, postura teórica o elemento principal de investigación, para lo cual es necesario indicar algunas.

Entre las primeras que se han empleado está la Teoría General de Sistemas, de Von Bertalanffy (1984). Es esencialmente una teoría de organización que tiene como meta la unificación de la ciencia. Fue reconocida al final de la década de los treinta a través de los trabajos del biólogo Von Bertalanffy, quien argumentó que los científicos no podrían entender las leyes que gobiernan la vida de un organismo hasta que ellos estudiaran un organismo en particular como un sistema con muchas partes asociadas; posteriormente esta idea se fue extendiendo hacia diferentes ciencias (Goodall, 1987, citado por Propin, 2003).

En Geografía su incorporación formal ocurre durante la década de los sesentas en conexión con la denominada revolución cuantitativa; ofreciendo las posibilidades teóricas de integración de la Geografía Física y Humana. Chorley en 1962, fue uno de los primeros en introducir esta teoría, argumentando que, la Geografía debe basarse en el análisis sistémico y dirigirse a sistemas e interfaces particulares entre la Geografía Física y Humana (Johnston *et al.*, 1981, citado por Propin, 2003).

Además, con esta teoría se estudian no sólo partes y procesos aislados, sino también trata de resolver los problemas decisivos hallados en la organización y el orden que los unifican, resultantes de la interacción dinámica de las partes y que hacen el diferente comportamiento de éstas cuando se analizan de manera aislada o dentro de un todo. Si conocemos el total de las partes contenidas en un sistema y la relación que hay entre ellas, el comportamiento del sistema es derivable a partir del comportamiento de las partes. Dentro de este sistema existe una relación recíproca entre cada elemento que es posible de estudiar por separado (Bertalanffy, 1984).

La Teoría General de Sistemas provee un respaldo teórico acorde con el enfoque geográfico y, por tanto, es la herramienta adecuada para analizar la problemática compleja y multivariable de los riesgos, dada la cantidad de componentes. Asimismo, el enfoque de sistemas permite simplificar su análisis, al considerar que los componentes se estructuran como un sistema (Rojas, 1988).

Palacio (1995) retoma la idea anterior, y menciona que en el enfoque de sistemas aplicado a la investigación geográfica, se hace necesario la elaboración de modelos que contengan las variables clave, integrando al sistema, no sólo como aquellos elementos y estructuras tangibles y cuantificables, sino también los aspectos sociales y económicos involucrados. Con ello se puede establecer una verdadera planeación que armonice con los valores ecológicos y sociales.

Riesgos Naturales. Por otra parte White (1975), en su investigación sobre los riesgos naturales, se enfoca en la predicción de la probabilidad de ocurrencia de cierto fenómeno peligroso, incluyendo a la componente humana en la estimación de la vulnerabilidad. Esta metodología considera los siguientes pasos: estimación de la extensión ocupada por la población en las áreas que han sido afectadas por el peligro natural; determinar los ajustes posibles a una estrategia enfocada a estos grupos sociales durante eventos extraordinarios; examinar la forma en que la población percibe estos eventos extraordinarios y sus efectos; reconocer los alcances que puede tener el fenómeno para estimar sus daños y reducir su impacto y determinar las estrategias y políticas para prevención de estos daños a futuro.

Mitchell y Devine (1989), en el modelo contextual de los riesgos naturales, realiza una valoración de carácter teórico en la cual los componentes de análisis son más concretos y engloban grandes aspectos de estudio: los procesos naturales y de la población; creación de estrategias y estimación de pérdidas.

Advierte además, una relación directamente proporcional de causa-efecto, por ejemplo: un fenómeno natural peligroso afecta a la población, pero la población también afecta a ciertos procesos naturales mediante las modificaciones que éste realiza sobre la superficie terrestre.

Posteriormente Palm (1990), en su estudio sobre riesgos naturales como herramienta en la investigación y planeación, incorpora la componente sociopolítica desde un enfoque de tipo marxista, reconoce el estudio de los peligros por niveles (micronivel y macronivel), y la importancia de la identificación de las características históricas del lugar, que muchas veces condicionan el grado de afectación del fenómeno.

Percepción del riesgo. Lynch (1960), Lowenthal (1961), White (1961), Kates (1962) y Burton (1964), citados por Capel (1973), mencionan que en la percepción del riesgo, una de las hipótesis fundamentales es encontrar una explicación racional por el hecho de

la persistencia de la ocupación humana en áreas con elevado grado de peligrosidad, mediante un examen sobre la forma que tienen sus ocupantes de percibir el riesgo que corren, e investigando sus puntos de vista respecto a las soluciones alternativas a emplear y las consecuencias que han de desprenderse de la adopción de cualquiera de las oportunidades disponibles. Además, es necesario distinguir aquellos provocados por el hombre, de aquellos naturales, pues los efectos emocionales varían.

Si el riesgo fue natural, el individuo lo considera un evento totalmente fuera de su control; pero cuando es ocasionado por el hombre, a veces la víctima se siente, como responsable generando sentimientos de humillación, y vergüenza (Petra, 1991).

La mayor parte de los individuos difícilmente comprenden por qué a veces llegan a experimentar ira, culpa o vergüenza ante sus pérdidas. En el caso de las personas “normales” (que no han perdido a un ser querido) se enfrentan a los hechos y procuran ir buscando soluciones y formas para adaptarse a sus nuevas situaciones.

Es importante mencionar que la labor médica durante y después de un evento destructivo cubre no sólo los aspectos físicos, sino también los psicológicos, ya que reconocer las reacciones habituales de los individuos ante una catástrofe facilita su proceso curativo y además permite identificar a aquellos que requieren de una ayuda más especializada.

Es a través de la conducta de la víctima que el médico descubre las necesidades que ella tiene y reconoce el papel que el mismo paciente y la sociedad pueden jugar en el duelo, en su reintegración a un nuevo ambiente y en sus expectativas para el futuro (Petra, 1991).

Actualmente para el estudio de riesgos se toma como base cualquiera de los enfoques anteriores u otros incorporando algunas técnicas de estudio, como es la utilización de sistemas de información geográfica (SIG), sistemas de posicionamiento global (GPS) e imágenes de satélite (Carrara, 1995).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Los procesos de remoción en masa, también llamados procesos de ladera o procesos gravitacionales, presentan diferentes enfoques de estudio de acuerdo con los objetivos específicos de cada autor y por la escuela a la que éste pertenezca.

En México gran parte de la terminología empleada en Geomorfología se deriva de la literatura internacional del habla inglesa, razón por la cual la traducción de algunos términos al español crea, en algunas ocasiones confusión. En el caso particular de los procesos de remoción en masa (*mass movement processes*), el grado de confusión se incrementa aún más, debido a la falta de consenso que existe entre la comunidad científica para el uso de la terminología relacionada con este tipo de procesos. Términos como "procesos gravitacionales", "procesos de ladera" y "movimientos de ladera" son empleados correcta y ampliamente como sinónimo de los procesos de remoción en masa (Alcántara, 2000).

A continuación se muestran algunos ejemplos de términos sobre procesos de remoción en masa:

Es un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior (Terzaghi, 1950, citado en Alcántara, 2000).

Gary *et al.*, (1972) involucran el transporte gravitacional a una velocidad de moderadamente rápida a rápida, de un cuerpo de suelos o rocas ladera abajo, la cual no siempre ocurre sobre una superficie de deslizamiento.

Es un movimiento moderadamente rápido y puede incluir desprendimiento, deslizamiento y flujo. La superficie del movimiento no es idéntica a un plano de falla y éste debe ocurrir ladera abajo. El material desplazado tiene límites bien definidos y puede incluir partes de regolita y de la roca madre (Coates, 1977)

Los procesos de remoción en masa o procesos de ladera son aquellos que involucran el movimiento de arriba hacia abajo de los materiales que forman los declives montañosos bajo la influencia de la gravedad (razón por la cual también se les conoce como procesos gravitacionales) y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluido (Brunsden, 1979).

Un proceso de remoción en masa se define como un movimiento hacia abajo y hacia afuera de una masa de roca, tierra o detritos de una ladera que se encuentra bajo la influencia de la gravedad, no requiriendo específicamente ningún tipo de transporte (Dikau *et al.*, 1996).

Pedraza (1996) describe a los procesos como el desplazamiento de materiales en las vertientes, sin intervenir ningún soporte activo o medio para movilizarlos, es decir, impulsados por su propio peso, corresponde por tanto a una "autotraslación" bajo la acción directa de la gravedad que, en estas circunstancias deberá considerarse un agente específico más.

Los movimientos de masa, también conocidos como remoción en masa, son procesos de erosión favorecidos principalmente por la gravedad y el agua que se infiltra al subsuelo (INEGI, 1997).

Finalmente, un proceso de ladera ocurre cuando las fuerzas de tensión exceden a las fuerzas de resistencia de los materiales, sobreviniendo así el fallamiento. De esta forma, el movimiento del material involucrado puede caer, deslizarse o fluir; o también presentar la combinación entre movimientos (Bell, 1999).

Las definiciones anteriores pueden tener algunas variaciones en la descripción de los procesos de remoción y en sus causas, pero en general, la idea de movimiento de material hacia abajo sobre la pendiente, en un relieve montañoso principalmente, ya sea en seco o en húmedo, por la influencia de la gravedad, es la característica principal.

Por otra parte, los procesos de remoción se presentan en laderas con una variedad de materiales y se desarrollan a través de diversos mecanismos y causas. Las causas son principalmente de dos tipos: internas y externas (Terzaghi, 1950, citado en Alcantara, 2000).

Las causas internas (factores internos) reducen la resistencia de los materiales, pero no modifican la tensión o los esfuerzos (es el resultado de la suma de la tensión gravitacional ejercida por la tensión de los materiales que conforman la ladera). Se relacionan con las características de los materiales térreos en cuanto a composición, textura, movimientos progresivos del material como resultado de expansiones laterales, fisuras, gelifracción, formación de grietas de desecación, disolución, la meteorización de la roca, fisuras, reducción de cohesión y remoción de cementantes en el suelo; grado de intemperismo, características físico-químicas y las modificaciones que éstos van sufriendo.

En el caso de las causas externas; producen un incremento en la tensión sin alterar la resistencia de los materiales involucrados. Entre los cambios de tipo externo más importantes se encuentran los cambios geométricos o de peso que sufren las laderas (como resultado de la erosión, socavamiento, incisión de un río, excavaciones artificiales, cargas y descargas); las tensiones transitorias naturales y artificiales a las que son expuestas (sismos, vibraciones por explosiones o uso de maquinaria pesada); cambios en el régimen hidrológico (intensidad y duración de las precipitaciones) y la actividad biológica e intemperismo (Terzaghi, 1950, citado en Alcantara, 2000).

Por lo que se refiere a los cambios en el régimen hidrológico, las condiciones climáticas son una de las causas externas que tiene mayor influencia en la estabilidad de las laderas. Desde este punto de vista, la precipitación sería el factor más importante para causar un movimiento en masa, ya que la sobresaturación de los materiales origina presiones positivas en los poros, proceso que puede disparar el fallamiento de la ladera

(Olivier *et al.*, 1994). De tal forma, los movimientos gravitacionales más grandes se vinculan a condiciones de precipitación durante un periodo prolongado de tiempo, pero de baja intensidad y los procesos de ladera de dimensiones pequeñas se relacionan con periodos de lluvias intensas de corta duración (Jahns, 1978).

A su vez, el movimiento de ladera puede ser ocasionado por un exceso de humedad, el cual generalmente se debe a fuertes precipitaciones. La presencia de una mayor infiltración, suelos saturados y el desarrollo de manantiales en zonas que generalmente no son húmedas es indicativo de que puede haber un exceso de humedad, lo cual puede ocasionar inestabilidad en una ladera.

En general, la importancia de la influencia de la precipitación en la ocurrencia de los procesos de remoción en masa, se establece de modo que el aumento de la precipitación genera un incremento en el contenido de agua en los poros, hasta que llega a un estado en el que la infiltración llega a ser nula, dando una condición de saturación que provoca que el peso de la ladera exceda al que le es posible mantener lo cual se traduce en un movimiento.

Fenómenos como los huracanes, guardan estrechos vínculos con los procesos de remoción en masa, ya que las lluvias que los acompañan no sólo ocasionan grandes inundaciones, sino también cambios bruscos de presión en los poros de suelos y rocas, ocasionando inestabilidad y dando origen a diversos tipos de procesos de ladera.

El aumento de la precipitación no es un factor aislado que genera procesos de remoción en masa, sino que puede funcionar como un detonante, en combinación con otros factores, como la geomorfología, el espesor del suelo, la pendiente de la ladera o la cobertura vegetal (Brand, 1995).

En el caso de la vegetación, es un factor externo que tiene una importante influencia en la ocurrencia de movimientos en masa, ya que la remoción de la cobertura vegetal altera las condiciones hidrológicas y geohidrológicas de una ladera, debido a la

ausencia de plantas disminuye el grado de humedad de la porción superficial del suelo, con la consecuente desecación, formación de fracturas que facilitan la infiltración del agua superficial. Además, la falta de raíces disminuye la cohesión del suelo lo cual resulta que sea más vulnerable a procesos de erosión.

En algunas situaciones, la evaluación de los estados de actividad de un movimiento están en función de la cubierta vegetal y de la dinámica de la topografía, aunque cabe señalar que estos cambios no ocurren a un ritmo uniforme en todas las regiones, razón por la cual es necesario considerar las condiciones climáticas y de vegetación locales. Sin embargo, se puede generalizar que cuando hay una recolonización de la vegetación en el escarpe principal y existe un patrón de drenaje sin discontinuidades en el cuerpo del movimiento, se trata de un movimiento inactivo (Alcántara, 2000).

En diversas investigaciones se ha incorporado a la relación de aumento de lluvia y procesos de remoción en masa, otro factor detonante como es el antrópico; que en su adaptación al medio natural, modifica las condiciones originales alterando el equilibrio preexistente (Costa, 1984 y Crozler, 1986). La actividad humana ha resultado uno de los elementos más importantes en la modificación de la estabilidad de las laderas; por ejemplo: la actividad minera mal planeada, deforestación, construcción de terrazas para uso agrícola, población instalada en forma irregular sobre una ladera, entre otros. Si estas actividades e instalaciones no se diseñan y construyen apropiadamente, pueden incrementar el ángulo de inclinación original de las laderas, reducir el apoyo lateral o sobrecargar la parte alta de un talud potencialmente inestable. Por lo tanto, un ambiente altamente modificado por la actividad humana es, en gran medida, susceptible a la ocurrencia de procesos de remoción. Actualmente, la actividad humana es el factor más importante que influye en el desarrollo de procesos de remoción en masa, en especial, en procesos como las caídas y los deslizamientos.

Cruden y Varnes (1996) citados en Alcántara (2000) elaboraron una agrupación de las causas internas y externas que originan a los procesos de remoción en masa. Esta incluye el estudio de varios tipos de procesos y la combinación de varios de estos factores (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Principales causas de los procesos de remoción en masa según Cruden y Varnes (1996).

Geológicas	Físicas
Materiales débiles	Precipitación intensa
Materiales sensibles	Derretimiento rápido de nieve o hielo
Materiales intemperizados	Precipitación extraordinaria
Materiales sujetos a cizallamiento	Sismos
Materiales con fisuras y diaclasas	Erupciones volcánicas
Discontinuidades orientadas adversamente (esquistosidad, planos de inclinación)	Gelifracción
Discontinuidades estructurales (fallas, discordancias, contactos, etc.)	Expansión e hidratación de arcillas
Permeabilidad contrastante	
Contraste de materiales con diferente plasticidad	
Geomorfológicas	Antrópicas
Levantamientos tectónicos o volcánicos	Excavación de laderas o del pie de las laderas
Erosión glacial	Incremento de peso en las laderas
Erosión fluvial al pie de las laderas	Desecación de cuerpos de agua (presas)
Erosión marina al pie de los acantilados	Deforestación
Erosión glacial al pie de las laderas	Irrigación
Erosión en márgenes laterales	Actividad minera
Erosión subterránea	Vibraciones artificiales
Remoción de la vegetación (por incendios y sequías)	

Fuente: Alcántara (2000).

Clasificación de los procesos de remoción en masa

Los criterios utilizados para la clasificación de los procesos de remoción en masa suelen ser variados, cada una está elaborada según los tipos de investigaciones que le dieron origen. Algunas de estas clasificaciones fueron realizadas en función de los siguientes factores: edad del movimiento, grado de actividad, tipo geográfico, localización geográfica, tipo climático, tipo y tamaño de material movilizado, sustrato geológico, tipo de movimiento, velocidad del movimiento, contenido de agua, aire o hielo, causas y

mecanismo del movimiento, morfología del material desplazado, morfología de la superficie de ruptura y propiedades geotécnicas (Hansen, 1984).

La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada es la elaborada por el Programa de la Comunidad Europea, EPOCH (1993) citado en Alcántara (2000); la cual se basa en el mecanismo del movimiento, por lo que de manera general, estos movimientos se dividen en caídas o desprendimientos, vuelcos o desplomes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Clasificación de los procesos de remoción en masa, EPOCH, 1993.

Mecanismo de movimiento	Tipo de material involucrado		
Tipo	Roca	Derrubios	Suelo
Caídas o desprendimientos (<i>falls</i>)	Caída o desprendimiento de rocas	Caída o desprendimiento de derrubios	Caída o desprendimiento de suelos
Vuelco o desplome (<i>topple</i>)	Vuelco o desplome de rocas	Vuelco o desplome de derrubios	Vuelco o desplome de suelos
Deslizamiento rotacional simple (<i>rotational slide</i>)	Individual, Múltiple y Sucesivo	Individual, Múltiple y Sucesivo	Individual, Múltiple y Sucesivo
Deslizamiento translacional o de bloques no-rotacional (<i>translational slide, non-rotational</i>)	Deslizamiento de roca en bloque	Deslizamiento de derrubios en bloque	Deslizamiento translacional de suelos
Deslizamiento planar	Deslizamiento de rocas	Deslizamiento de derrubios	Coladas de barro
Flujos (<i>flow</i>)	Flujo de rocas	Corrientes de derrubios (<i>debrisflow</i>)	Flujos de tierra, arena o suelo
Expansión lateral (<i>lateral spreading</i>)	Expansiones laterales en rocas	Expansiones laterales en derrubios	Expansiones laterales en suelos
Complejo (<i>complex</i>)	Ejemplo: Alud de roca	Ejemplo: Flujo deslizante	Ejemplo: Rotación con flujo de tierras

Fuente: EPOCH, 1993 en Alcántara (2000).

Esta agrupación muestra los materiales involucrados en los diversos tipos de procesos (rocas, derrubios y suelos); éstos se pueden presentar por separado, principalmente en rocas, o bien, en combinación, lo cual es más común. Para el interés de este trabajo sólo se mencionan las características de las caídas y flujos, por que son los dominantes en el área de estudio.

Las caídas o desprendimientos son los movimientos en caída libre, son definidos con base en el material involucrado, por lo que se clasifican de manera general en caídas o desprendimiento de rocas (*rockfalls*), de detritos (*debris falls*) y de suelos (*soil falls*). La velocidad de estos movimientos puede ser rápida o extremadamente rápida, con excepción de cuando la masa desplazada sufre socavamiento o incisión (Cruden y Varnes, 1996).

Las caídas de material en laderas, se presentan por lo general en pendiente mayor a 30° (Lugo, 1989). El primer paso para la caída libre es la cuarteadura del material, el cual es separado por agentes externos a través de intemperismo físico. El material que puede originar desprendimientos es todo aquel que sea deleznable, ya sea en fragmentos grandes o bien en detritos. El material puede rebotar, rodar, deslizarse o caer libremente. Dependiendo de esta acción puede sufrir una transformación en su forma, en términos generales, ésta será mínima en el rodamiento ladera abajo, y mayor en la caída libre. El volumen de la masa en movimiento resulta de la ubicación de la cicatriz de separación en el lugar de origen, y de otras características propias del material, tales como la separación laminar, por disgregación o en bloques, pudiendo ser mínimo en el caso de los suelos y mayor en la roca.

Los cambios en el relieve o la morfología del lugar de depósito, dependen a su vez de las características del material desplazado, del volumen de la masa removida y del relieve preexistente en la zona de acumulación (Brunsden, 1984 y Alcántara, 2000). Sólo en algunas ocasiones, se presenta la caída por el crecimiento de las raíces (Figura 2.1).

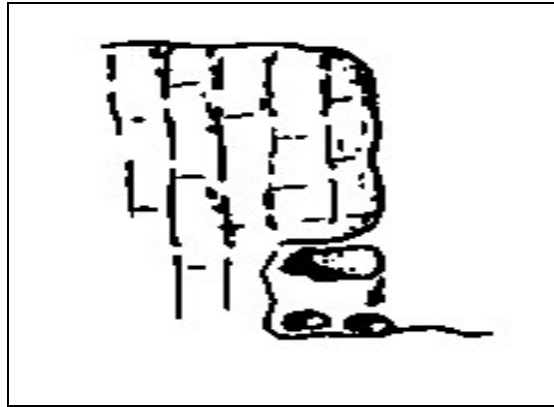


Figura 2.1 Esquema de un caído o derrumbe

Los flujos generalmente ocurren durante lluvias intensas, el desplazamiento del material se da por la acción conjunta de corrientes fluviales y el lavado deluvial de las laderas. Una vez que un flujo inicia, es capaz de moverse por áreas relativamente planas o de poca inclinación (Figura 2.2).



Figura 2.2 Se observa un flujo donde se combinan partículas sueltas y fragmentos de roca que se mueven pendiente abajo.

Las áreas más peligrosas son aquellas localizadas en el fondo de un barranco, cañón y en taludes que han sido excavados para construir carreteras y edificios. Otras áreas donde comúnmente se producen flujos son aquellas donde las corrientes de agua son canalizadas. Cuando múltiples flujos se originan en las partes altas, se van desplazando a lo largo de los barrancos, lo que incrementa considerablemente su volumen. Su gran movilidad origina que éstos se desplacen a grandes distancias de su punto original. Por lo que el tamaño de los clastos que pueden ser transportados en este tipo de flujos depende de la velocidad y volumen de la corriente

2.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO ESPECÍFICO

En los últimos treinta años se han desarrollado distintos tipos de métodos para evaluar los procesos de remoción en masa. Dentro de ellos, se distingue el análisis cualitativo y cuantitativo, los cuales a su vez, pueden ser directos e indirectos. La cantidad y la cualidad son partes consustanciales del pensamiento geográfico; la adopción momentánea de una, válido para un problema de investigación, no significa la subvaloración de la otra.

Dentro del enfoque cualitativo se encuentra el mapeo geomorfológico que muestra la distribución espacial de aquellos parámetros físicos que pueden tener influencia sobre la ocurrencia de los movimientos de ladera, y así poder combinarlos para crear el mapa de peligros. Los lineamientos que se utilizan para definir la potencialidad del peligro son determinados por juicios subjetivos de acuerdo con la experiencia del investigador (Anbalagán, 1992).

La necesidad de conocer un fenómeno, aunque sea con margen de incertidumbre, explican la adopción de estos métodos. Las técnicas cualitativas de acuerdo con el origen de la información, se distinguen tres grupos: de auto-información, de observación y documentales (García, 1998).

El enfoque cuantitativo se basa en la estimación de aproximaciones de áreas que cuentan con las condiciones físicas (factores naturales) propicias para que ocurra cualquier tipo de movimiento de ladera (Dai y Lee, 2002). Se basa en un conocimiento *a priori* de las posibles causas de la inestabilidad de laderas en el área en estudio; los factores de inestabilidad son clasificados y favorecidos de acuerdo con el supuesto grado de importancia que tienen cada uno de estos factores para causar los movimientos en masa. Este tipo de análisis es directamente dependiente del conocimiento de la actividad de los procesos geomorfológicos, ya que puede concretarse en reglas que expliquen las condiciones geomorfológicas específicas que permiten el movimiento de laderas (Carrara, 1995). En este enfoque se procesan determinados criterios estructurales, funcionales y locacionales a partir de las bases de datos o documentos que demanda la investigación. Además, dentro de éste existen técnicas que facilitan el estudio de los peligros, las cuales difieren esencialmente en el procedimiento estadístico usado (univariado o multivariado) y en el tipo de unidades (unidad del terreno) con las que se requiera trabajar.

Se puede advertir que la aplicación de modelos estadísticos se encuentra vinculada al desarrollo de una tecnología que permite y facilita el procesamiento de datos relevantes en la evaluación de los peligros. Es por ello que actualmente, los sistemas de información geográfica (SIG) han tenido un desarrollo en la comunidad científica, debido a la difusión de sistemas computacionales como herramientas eficientes y necesarias en el estudio de las ciencias de la Tierra (Carrara, 1995).

Cartografía geomorfológica detallada

Para el caso de los procesos de remoción en masa en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche, de acuerdo con los objetivos, la geomorfología aporta datos relacionados con los parámetros que presenta toda corriente fluvial para transformar el relieve, por ejemplo, fenómenos de socavación originados al pie de taludes,

escarpes, cicatrices de deslizamientos; dinámica en la red de drenaje y generación de terrazas.

Con la idea anterior puede plantearse, que la geomorfología fluvial ha abordado el estudio de formas generadas por el agua en movimiento, usando una o varias de las siguientes aproximaciones: cartografía, geometría o configuración, análisis estadístico y morfométrico, hidráulica, hidrología, sedimentología, modelación y predicción (Pedraza, 1996).

Para los procesos gravitacionales, es importante considerar los aspectos cualitativos y cuantitativos del fenómeno a partir de sus efectos morfológicos. Considerando la peculiaridad de la escala hay que utilizar cartografías convencionales, realizar perfiles en campo mediante técnicas topográficas precisas; observaciones y medidas en el terreno. A tal efecto hay instrumental específico adecuado a cada proceso. El usual para los gravitacionales es: control topográfico del área afectada, análisis en planta de características (cicatrices y escarpes de cabecera, lóbulos, lenguas, acumulaciones), realización de perfiles morfométricos seriados, señalización y control de los escarpes de caída, expresión de elementos cuantitativos del relieve (pendiente, diferencias de alturas, densidad de talwegs, frecuencia de barrancos, la cantidad de sedimentos que transporta un río, velocidad anual de crecimiento de un barranco, etc.).

Pero, no hay que olvidar que la actuación antrópica sobre los cauces, ha hecho que muchos ríos presenten obras de regulación que han modificado su dinámica natural, por ejemplo regímenes de caudales artificiales, laminación en crecidas, erosión aguas abajo de las represas, sedimentaciones en vasos de embalses, estabilización del canal, cambios en el trazado, etc. (Pedraza, 1996).

Dentro de la cartografía geomorfológica se ha desarrollado una gran cantidad de métodos útiles para resolver problemas específicos, para ser aplicados a un tipo especial de relieve, para hacer resaltar determinados procesos o formas, para complementar o

apoyar otros métodos. Algunos principios relacionados con las investigaciones de los procesos de remoción han sido resaltados por Brunnsden (1993), quien considera que en una primera etapa se debe contar con la información adecuada para el mapeo de los procesos gravitacionales.

De hecho, la mayoría de los estudios de este tipo de procesos requiere de una etapa de mapeo, cuya complejidad depende de los objetivos que se deseen alcanzar y puede estar basada ya sea en un simple plano topográfico o en la integración de diferentes variables en un modelo digital del terreno (MDT). Además de la etapa de mapeo existe una tendencia generalizada a utilizar sistemas de información geográfica en el desarrollo de diferentes tipos de inventarios de los procesos de ladera (Alcantara, 1999). En este tipo de inventarios se considera la distribución espacial de los procesos gravitacionales en una región determinada, pero en muchos casos no se analiza la dinámica de éstos; sin embargo, al combinarse con otros elementos de análisis pueden ser utilizados como base para estudios geomorfológicos más complejos y la evaluación de dichos procesos de ladera.

La cartografía geomorfológica detallada constituye hoy en día una de las principales técnicas de la geomorfología, sobre todo en aquellos tipos de estudios en los que se quiere conocer con exactitud las diferentes formas del relieve y los procesos morfológicos relacionados con ellas (Palacio, 1985).

La utilidad de este tipo de cartografía ha sido comprobada no sólo en aspectos de índole geomorfológica, en estudios puramente sobre el relieve, sino ha venido constituyendo una herramienta indispensable en aspectos aplicados relacionados con la planeación. Este tipo de cartografía suministra una valiosa información que debe ser tomada en cuenta para sustentar de manera más sólida el ordenamiento del espacio y de las actividades desarrolladas por el hombre (*ibidem*).

Según el problema de que se trate, es requisito indispensable utilizar como base las cartas previamente editadas a distintas escalas (por ejemplo, topográficas 1:25,000 1:50,000). Pero en un buen número de casos el problema de que se trate será lo suficientemente local como para impedir la utilización de cartas base a las escalas mencionadas, al tratarse de un área pequeña (por ejemplo, de unos cuantos km²). En estos casos es necesario construir la carta base directamente en el campo, con la ayuda de diversos instrumentos (teodolito, brújula, estadales, etc.), lo que requiere de cierto adiestramiento en el grupo de trabajo (Palacio, 1985).

Con la información antes mencionada para la presente investigación, planteado el problema, los objetivos y las principales características de la zona, puede apreciarse que para el adecuado tratamiento del estudio se requiere del mayor detalle posible; por ello se hizo necesaria la elaboración de un tipo de cartografía que permitiera captar aquellos rasgos geomorfológicos que se presentan en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche. Para esto se elaboró la cartografía escala 1: 500, con el fin de evaluar la dinámica fluvial y de laderas de los barrancos.

Para Palacio (1985), este tipo de cartografía es una representación aproximada de la realidad, pero cuenta con el suficiente detalle para permitir, a partir de la interpretación de su contenido, el conocimiento de los fenómenos presentes en un área dada. Por su escala, el "croquis geomorfológico" como él lo llama, aborda aspectos relativos a la dinámica exógena más que referirse a cuestiones de la endogénesis; refiere, por tanto, aspectos tales como erosión, acumulación, remoción, etc. De esta manera, el croquis, representa los diferentes elementos del medio y por ende, permite su valoración en términos cualitativos y cuantitativos

Mediante la cartografía geomorfológica a escala 1:500 se realizó un inventario de los procesos geomorfológicos fluviales y gravitacionales erosivos de sitio para así hacer una evaluación de las paredes y lecho de los barrancos. Es el planteamiento gráfico de

las relaciones existentes entre los procesos de modelado y las formas de relieve. Además, se distinguieron cuales son las áreas más o menos inestables desde el punto de vista erosivo-acumulativo.

Al abordarse aspectos relacionados con la dinámica exógena, permitió reconocer y evaluar procesos de modelado que pueden afectar la construcción de cierta infraestructura (viviendas, puentes, presas o caminos). Asimismo, con el fin de complementar la información sobre la dinámica del lecho fluvial, fueron levantados perfiles transversales del lecho, en aquellos puntos en que se consideró de interés

Influencia ciclónica

En el análisis de la dinámica actual del relieve se debe incluir no sólo a los procesos endógenos, sino también a los procesos exógenos en este caso relacionado con el clima. Así como otras disciplinas, la meteorología ha tenido recientemente importantes avances en el estudio sistemático del tiempo atmosférico, lo cual ha permitido el desarrollo de modelos de predicción del comportamiento de diferentes fenómenos meteorológicos, tales como los huracanes, con los que es posible predecir las trayectorias que éstos puedan seguir, así como la intensidad de las lluvias y de los vientos asociados (Alcántara, 1999).

En nuestro tema de investigación, los huracanes guardan estrechos vínculos con los procesos de remoción en masa, ya que las lluvias que los acompañan no sólo ocasionan inundaciones, sino también cambios bruscos de presión en los poros de suelos y rocas, ocasionando inestabilidad y dando origen a diversos tipos de procesos de ladera.

A pesar de que es imposible evitar este tipo de fenómenos meteorológicos, pueden desarrollarse estrategias que sirvan para contrarrestar los efectos que dichos fenómenos puedan tener en la superficie terrestre. De esta manera, se sabe en cuanto tiempo va a tocar tierra un huracán y la intensidad de la lluvia que traerá consigo, es

factible localizar las áreas susceptibles de remoción, dada la cantidad de precipitaciones y la trayectoria de éstas, lo cual requerirá del monitoreo, uso y validación de modelos.

En el caso de los eventos meteorológicos ocurridos en la área de estudio, que han contribuido en el desencadenamiento de eventos de alta intensidad y baja frecuencia en términos de inundación y procesos gravitacionales se obtuvieron los datos del CENAPRED y del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) el número de huracanes que pudieron afectar el área en estudio, además se llevó a cabo un análisis de los datos climáticos de estaciones meteorológicas cercanas al volcán para obtener y procesar datos de precipitación, para así después realizar una evaluación cuantitativa de los eventos máximos que han ocurrido en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche.

Entrevista

Esta técnica permite la obtención de información mediante el diálogo entre una o más personas entrevistadoras y una o más entrevistadas, en el que se transforma y sistematiza la información conocida por éstas, de forma que sea un elemento útil para el desarrollo de la investigación.

La entrevista se procesa con el propósito de mostrar sus resultados mediante distintos tipos de gráficos o en un mapa. Generalmente las entrevistas de acuerdo con el modelo de pregunta pueden ser de tres tipos: cerradas, semiestructuradas y abiertas.

Las entrevistas cerradas, denominadas en lo común como encuestas, se diseñan a través de preguntas con respuestas previamente concebidas y acotadas por el investigador. La cantidad de encuestados es lo que interesa, por ello se percibe más como técnica cuantitativa, que cualitativa.

Las entrevistas abiertas identifican preguntas o cuestiones previas de interés para la investigación con el propósito de guiar la recopilación de la mayor cantidad de

información proveniente del entrevistado. En este sentido, la participación directa del investigador en el ejercicio de la entrevista es esencial (Propin, 2003).

Para éste interés, las semiestructuradas mezclan preguntas cerradas y abiertas. El sentido de la investigación soportará los criterios relacionados con la calidad y cantidad de entrevistados. Este tipo es de mayor utilización en las investigaciones geográficas cuando se da a la tarea de conocer lo que acontece en un territorio. (Figura 2.3)

El objetivo de aplicar entrevistas en el área de estudio es saber cuál es la percepción del riesgo que tiene la población sobre el tema en cuestión y conocer el punto de vista de la población directamente involucrada y de autoridades relacionadas con la problemática, para establecer posibles soluciones en la prevención y mitigación del riesgo en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche.

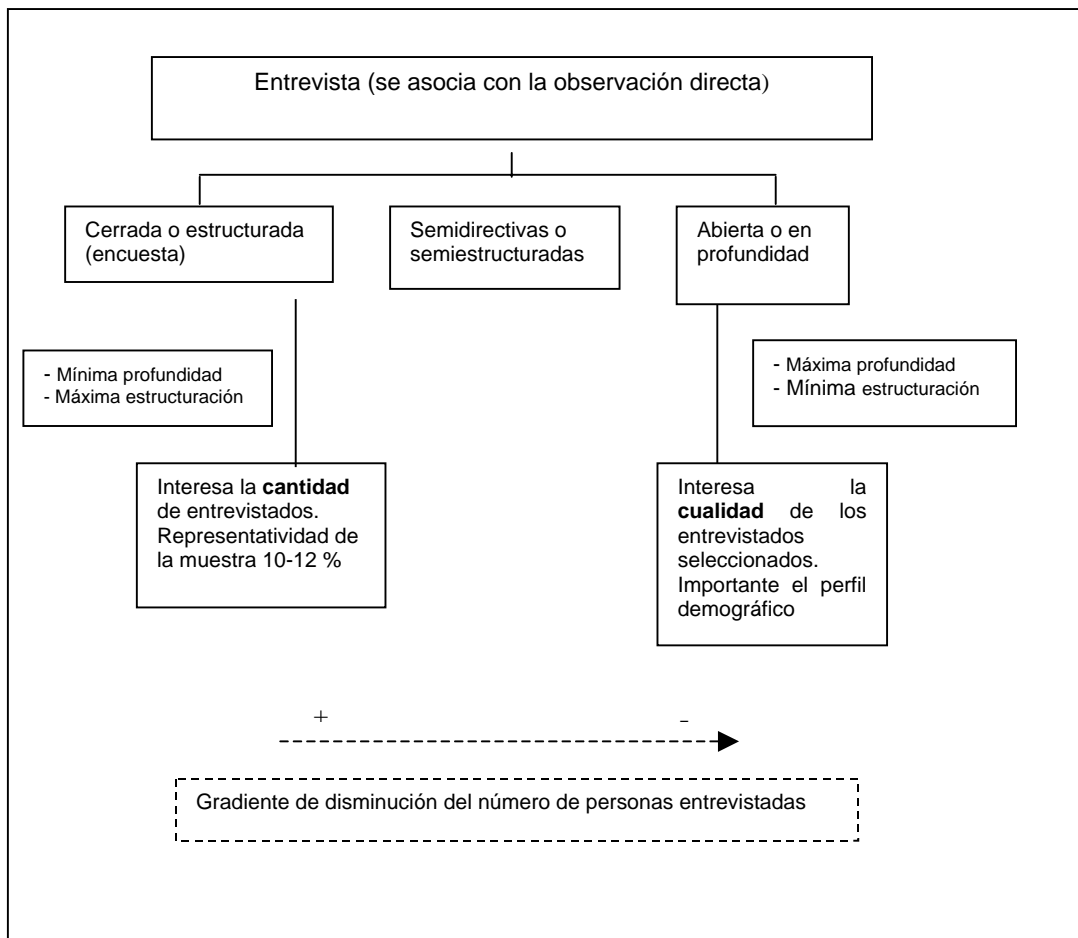


Figura 2.3 Tipos de entrevista.
Fuente: Propin, 2003 (modificado).

Evaluación del riesgo

Finalmente, para evaluar el riesgo que existe en la ladera occidental del volcán Malinche, se consideró aplicar la Teoría de Sistemas y Percepción del Riesgo; ya que con la teoría general de sistemas se busca una solución para la complejidad que muestran los procesos de remoción en masa.

La teoría de sistemas permite el enfoque integral de las relaciones entre el medio social y natural en donde se considera como premisa que todo en el medio geográfico funciona como un sistema y que en el caso específico de la ladera occidental del volcán Malinche, los procesos de remoción en masa, son el fenómeno perturbador que altera o rompe el funcionamiento normal de los sistemas naturales y antrópicos.

Además, permite la evaluación de la peligrosidad del fenómeno y la vulnerabilidad de la población que se encuentra establecida dentro de los barrancos, tomando en cuenta a la evaluación como la apreciación de la peligrosidad del fenómeno en términos de afectación a los grupos humanos. Para eso, se procesó una cantidad de información mediante técnicas de estadística que facilitan la agrupación de "elementos", base para la clasificación y la tipificación como son los casos del análisis factorial y componentes principales. Además, fue útil el manejo de un SIG para el análisis e integración de la información geográfica y geomorfológica con miras a obtener resultados no sólo cartográficos sino en tablas y bases de datos. El avance de los SIG en los últimos años ha facilitado el procesamiento y manejo de datos, que anteriormente resultaba ser un trabajo largo y tedioso. En esta situación, la creación de bases de datos es de tipo digital en formato ráster compatibles con un SIG, especialmente diseñadas e implementadas para el área de estudio en cuestión. En la mayoría de los casos, la obtención de datos se realiza mediante la digitización y registro dentro de esta base de datos tipo ráster, usando el pixel como unidad mínima dentro de este tipo de formato digital (Carrara, 1995).

La percepción del riesgo se aplica al tema en cuestión porque es importante considerar la respuesta de los grupos humanos ante la ocurrencia del fenómeno destructivo. En este caso, los procesos de remoción en masa son el componente del medio geográfico que a nivel perceptivo genera las imágenes mentales definidas por la valoración relativa que cada persona o comunidad tenga de su entorno y a partir de estas ideas se establece la existencia de distintas formas de apreciación del medio natural y del riesgo que condicionan el tipo de respuestas ante una situación de crisis. Para cumplir con la metodología antes descrita se llevaron a cabo las siguientes fases de trabajo (Figura 2.4)

2.5 FASES DE TRABAJO

FASE 1. RECOPIACIÓN, SELECCIÓN Y DEPURACIÓN DE INFORMACIÓN

Antecedentes

En esta primera fase se recopiló, seleccionó y depuró la información bibliográfica, hemerográfica y cartográfica referente a:

- Características geográficas del área de estudio (geología, vegetación, suelos, geomorfología, dinámica de población, actividades económicas, etc.). Algunas de estas investigaciones se presentan básicamente a escalas regionales (Tlaxcala-Puebla), otras de lugares adyacentes (volcán Malinche) y unas cuantas se refieren a la ladera occidental del volcán Malinche.
- Se revisó información general sobre procesos de remoción en masa y riesgos.
- Consulta de la base de datos de Protección Civil de Tlaxcala y Puebla para la selección de información relacionada al tema de riesgos y protección civil de las entidades federativas.

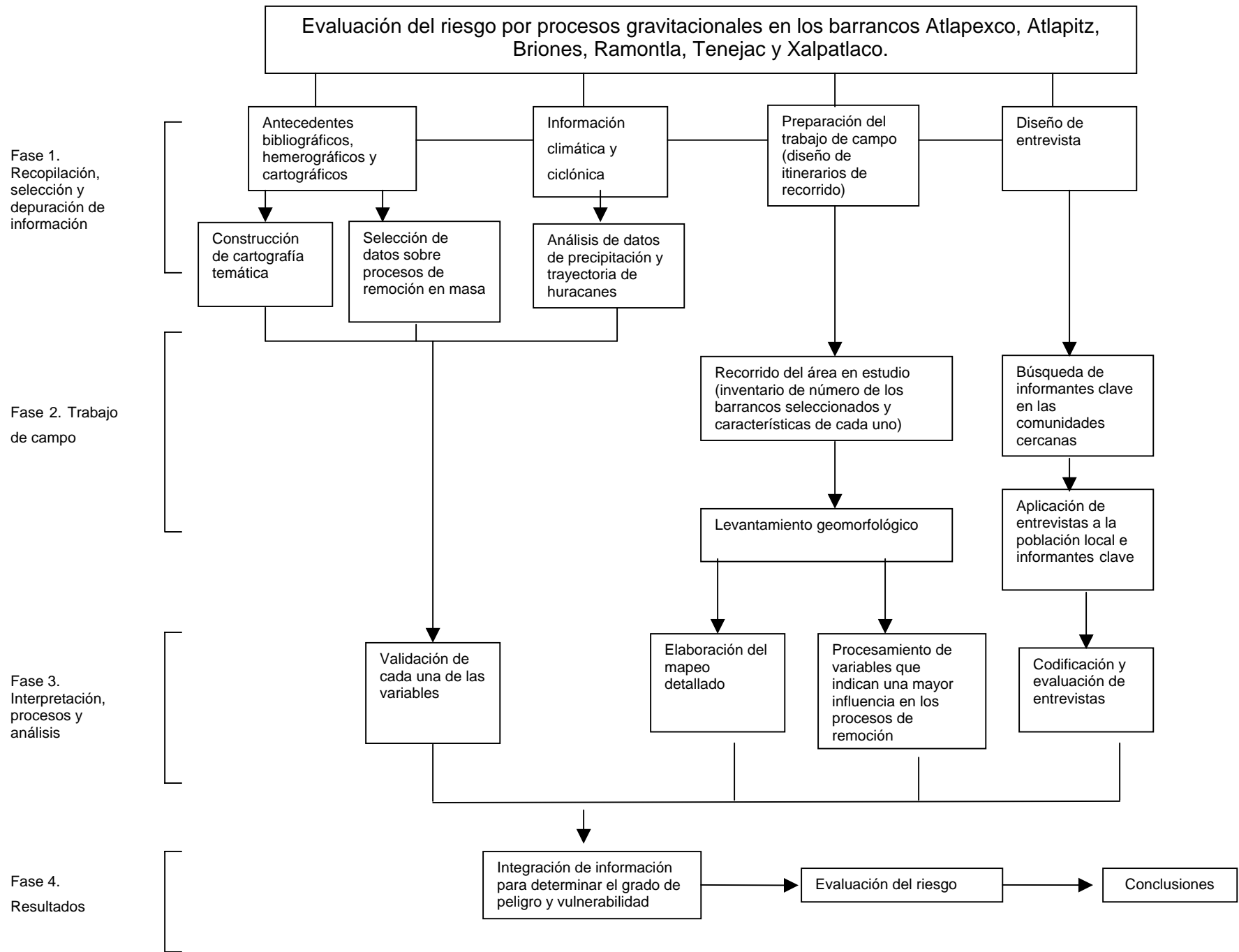


Figura 2.4. Diagrama de la metodología empleada en este trabajo

- Con la cartografía (en formato digital) topográfica y temática escala 1: 50,000 se construyeron los mapas temáticos para la sección de la ladera occidental: geología (INEGI, 1984), edafología (SPP, 1983), uso de suelo y vegetación (SPP, 1983), municipios y localidades principales (INEGI, 2001); el proceso se llevó a cabo en ILWIS (*The Integrated Land and Water Information System*) en versión 3.2 para Windows (ITC, 2004).

Fue necesario tener la información cartográfica en formato impreso integrada por las cartas E14B33 y E14B43, para efectos de trabajo de campo y para realizar un análisis visual de las características de las formas del relieve en el área de estudio.

- Con la base estadística de INEGI CONTAR 2000, se construyeron cuadros con cifras sobre la dinámica de población y las actividades económicas de los municipios y localidades que se ven afectadas por el fenómeno de remoción en masa.
- Se consultó la base de datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) sobre la influencia ciclónica en el área de estudio durante el periodo 1980-2004. Además, como dato adicional se revisó la base hemerográfica del CENAPRED sobre inundaciones ocurridas en México de 1990-2004.
- Se llevó a cabo una selección de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio. Las seleccionadas fueron: Panzacola (29049), Canoa (21148), Teolocho (29050), Tlaxcala (29030) y Puente No. 113 (21098). Para analizar principalmente elementos como precipitación mensual diaria y, como dato adicional, la temperatura.

Como primera fuente de información, se utilizó el extractor rápido de información climática ERIC II (SMN, 2000); los datos contenidos corresponden al banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), tal como se

encontraba hasta enero del 2000. La segunda fuente fue las Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (García, 1987). Los datos provienen de los archivos del Servicio Meteorológico Nacional de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de la Comisión Federal de Electricidad, recopilados y procesados por el personal del Instituto de Geografía de la UNAM.

La integración de la información se llevó a cabo en el programa Excel y para cada una de las estaciones se hicieron sus respectivas gráficas ombrotérmicas.

- Se realizó el diseño de la entrevista y de itinerarios de recorrido para el levantamiento geomorfológico detallado.

FASE 2. TRABAJO DE CAMPO

Levantamiento del croquis geomorfológico y aplicación de entrevistas

- Se realizaron las dos salidas a campo (noviembre 2003 y enero 2004) en donde se llevó a cabo el reconocimiento del terreno, se anotaron las condiciones generales del lugar y se registró fotográficamente el sitio, asignando una clave a cada fotografía para tener un mejor control de las imágenes.
- Gracias al reconocimiento del área en estudio, el listado de formas y procesos de modelado permitió establecer en forma definitiva los elementos que se iban a representar. Cabe indicar que las características de la leyenda se encontraron sujetas a las demandas que cada problema en particular planteó.
- Durante los meses de febrero, marzo y abril del 2004 se hizo el levantamiento del croquis geomorfológico mediante el establecimiento de una red de puntos de control topográfico. Se escogieron puntos que por su ubicación estuvieran exentos de ser desplazados. Con este criterio, se eligieron rasgos tales como grandes bloques rocosos, algún rasgo antrópico (construcciones, cruces de

caminos), árboles de grandes dimensiones, etc. Cada punto se marcó con una señal y clave visible (se usó pintura de color fosforescente y estacas).

- A partir del primer punto se orientó la posición del segundo; se midió el rumbo y la distancia, posteriormente se procedió en igual forma a partir del segundo punto hacia un tercero, y así sucesivamente. El uso de la brújula y la cinta, en esta tarea fue de particular importancia para su correcta ubicación. A partir de cada punto se orientaron las formas y se delinearon áreas en función de su dinámica geomorfológica (Figura 2.5).

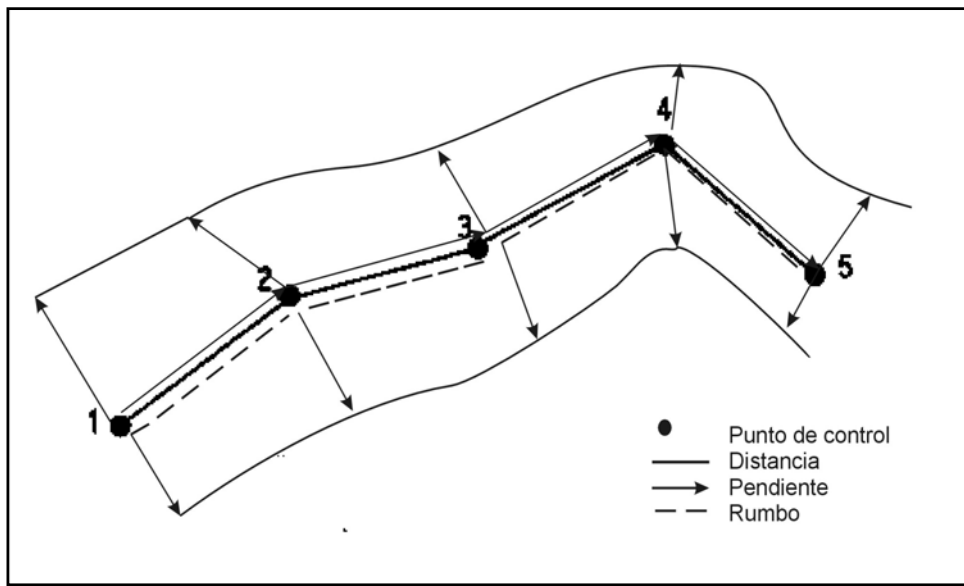


Figura 2.5. Para realizar el levantamiento geomorfológico de campo se midió el rumbo con brújula, distancia con cinta y pendiente con clisímetro.

- Dado que en el área cartografiada se pueden registrar cambios importantes en cortos periodos, se anotó la fecha del levantamiento del croquis, lo que facilita, por otra parte, la comparación y la apreciación de la dinámica geomorfológica en etapas posteriores.
- Se midió la altitud con el altímetro y se obtuvieron las coordenadas geográficas por medio del un receptor GPS al inicio y fin de cada sección.

- El área fue dividida en 18 sectores para facilitar la tarea del levantamiento y lograr la máxima precisión (3 secciones por barranco: superior, media e inferior). Los sectores fueron desde 250 hasta 450 metros, en donde se realizaron las mediciones que se presentan en la tabla 2.3.
- Asimismo resultó provechoso elaborar perfiles transversales toda vez que su interpretación permitió complementar la información contenida en el croquis para reconocer áreas de socavación lateral, depositación, variaciones litológicas, cubierta vegetal, construcciones, vías de acceso, y algún otro rasgo antrópico de interés etc. Cabe mencionar que para determinar el material predominante en las paredes del barranco se tomo en cuenta el tamaño, considerando la escala de Wentworth, s/f (Lugo, 1989).

Tabla 2.3 Mediciones para el levantamiento del croquis geomorfológico detallado.

Medida	Características						Herramientas
Distancia	Del punto central al punto siguiente			Del punto central a la margen derecha e izquierda			Cinta
Pendiente	Del punto central al punto siguiente			Del punto central a la margen derecha e izquierda			Clisímetro
Rumbo	Del punto central al punto siguiente			De algunos bloques cercanos al punto central			Brújula
Altura	Del talveg	Gavión	De las paredes del barranco	De terrazas	Saltos a lo largo del cauce		Cinta Fórmulas trigonométricas
Amplitud	Del talveg	Cauce	Banco de materiales	De terrazas	Del eje mayor y menor de bloques cercanos al punto central	Gavión	Cinta
Tamaño de los materiales (Wentworth, s/f)	Gruesos > 64 mm		Medios 2 mm – 64mm		Finos < 2mm		Cinta Regla

- Cada perfil tiene una clave única para ser ubicado dentro del croquis. El número de perfiles que se levantaron estuvo definido por las variaciones en formas y procesos (228 puntos).
- La toma de fotografías permitió reconocer cualitativamente los cambios en el paisaje. Además, durante la elaboración final del croquis, las fotografías permitieron recordar la ubicación de diferentes rasgos y, así, facilitar el delineamiento de las formas.
- Por otra parte, durante los meses de julio y agosto del 2004 se aplicaron 250 entrevistas con 48 reactivos a la población cercana al barranco (población seleccionada); la temática fue: explotación forestal, extracción de arena y bloques, asentamientos irregulares, basura, aguas residuales, percepción del riesgo y medidas para el control y mitigación del riesgo.

En el caso de las autoridades locales y municipales del área en estudio (informantes clave), se aplicaron siete entrevistas con 39 reactivos sobre la misma temática para así poder confrontar las respuestas entre la población y sus autoridades.

FASE 3. INTERPRETACIÓN, PROCESOS Y ANÁLISIS

- La información recabada en campo sobre el croquis geomorfológico se procesó en el programa Turbo Basic 1.1., para calcular coordenadas a partir de rumbos y distancias; los resultados se depuraron en Excel para dar formato y pasar a ILWIS 3.2 para procesar y obtener las secciones de barranco. Posteriormente se imprimió a escala 1:500 en donde se comenzaron a delinear formas y procesos. Finalmente se representaron cuatro secciones por ser las más representativas para esta investigación.

- También los datos se capturaron y procesaron en Excel para conformar dos matrices: Caída y flujo de detritos. Para la mayoría de las variables se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión (media y desviación estándar), con la finalidad de establecer la dispersión de los valores con respecto a la media (valor promedio). Las variables que se utilizaron para ambos casos se muestran en las tablas 2.4 y 2.5.

Tabla 2.4 Información para el análisis del proceso de caída de derrubios y formación de taludes

Sección	Superior Media Baja
Altura	Margen Derecha Margen Izquierda
Pendiente	Margen Derecha Margen Izquierda Del Cauce
Índice de sinuosidad IS= Longitud del canal / Longitud del eje del cinturón del meandro (Brice, 1964, citado en Morisawa, 1985).	< 1.05 Rectilíneo 1.05 a 1.5 Sinuoso > 1.5 Meandriforme
Material predominante en las paredes del barranco (finos, medios y gruesos)	<u>Categorías</u> 0 Menos del 10% 1 Del 11% al 25% 2 Del 26% al 50% 3 Del 51% al 75% 4 Más del 75%

- La información de las matrices, se proceso con el programa Statistica versión 6.0 (StatSoft, Inc., 2001), que trabaja con grandes bases de datos para su procesamiento matemático-estadístico. Dentro de este programa el procedimiento de Análisis de Componentes Principales se encuentra como una parte dentro del Análisis de Factores, lo que significa que toda la rutina que genera el análisis no se realice con los datos en bruto, debido a que estandariza los datos desde el inicio y después efectúa el análisis. El resultado fue una matriz en la cual los

eigenvectores señalan el número de factores principales constituidos por sus eigenvalores o cargas estadísticas de las variables, siempre el primer factor explicará la mayor cantidad de varianza de los datos, siendo más importante que los demás. La máxima varianza de cada variable que compone a los factores denota el peso de las variables. Después se procedió a realizar una reducción de las unidades por medio del análisis de agrupamiento estadístico (*cluster*). El propósito del análisis cluster es, agrupar los objetos de forma que, los datos sean homogéneos dentro de grupos (mínima varianza).

Tabla 2.5 Información para el análisis del proceso de flujo de derrubios

Sección	Superior Media Baja
Amplitud	Del cauce Del talweg
Altura	Del talweg
Pendiente	Del cauce
Número de bloques en el lecho del barranco en un radio de 5 m.	<u>Eje mayor de los bloques</u> De 0.50 a 1 m. De 1.01 a 2 m. Más de 2 m
Índice de sinuosidad IS= Longitud del canal / Longitud del eje del cinturón del meandro (Brice, 1964, citado en Morisawa, 1985).	< 1.05 Rectilíneo 1.05 a 1.5 Sinuoso > 1.5 Meandriforme
Número de personas que extraen de 5 a 10 camiones de material (al día).	Arena, grava y/o bloques. Capacidad de los camiones 3m ³
Número de saltos \geq a 1.50 m.	
Número de bancos \geq a 5 m.	
Altitud promedio del sector del barranco	

- Por otra parte, se realizó el procesamiento de cada uno de los reactivos de las entrevistas en Excel para posteriormente graficar y analizar las preguntas de interés para después realizar los mapas correspondientes (vulnerabilidad). En esta fase el uso del SIG en el procesamiento de la información estuvo presente, ya que es una forma de agilizar el análisis, además la obtención de los resultados es mucho más práctica que de manera tradicional.

CAPITULO 3. RESULTADOS

3.1 PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRANCOS ATLAPEXCO, ATLAPITZ, BRIONES, RAMONTLA, TENEJAC Y XALPATLACO DEL VOLCÁN MALINCHE.

3.1.1 BARRANCO ATLAPEXCO

Se localiza en la porción norte de la ladera occidental del volcán La Malinche, recibe también los nombres de Cueteria, Teximatem y Tlacuahuatl, la longitud del cauce principal es de 14 km., la cabecera de éste barranco se encuentra a una altitud promedio de 3,020 msnm y la desembocadura a 2,250 msnm (Figura 3.1).

Para su estudio se dividió en tres secciones la superior, media e inferior. De acuerdo con las observaciones y mediciones realizadas en campo; dentro de las características morfológicas de la sección superior se encuentran: el patrón de canal es rectilíneo, es un cauce estrecho y simétrico, el trabajo erosivo es mínimo sin embargo, favorece el escurrimiento (Tabla 3.1). En las paredes del barranco, predominan arenas finas (< 2mm) que con los periodos de desecación y lluvias fuertes favorecen la caída de derrubios y formación de taludes en las paredes del barranco. Las primeras gotas de lluvia son determinantes, ya que el material que se encuentra reblandecido se desprende de las paredes del barranco y llega al fondo, para posteriormente, ser transportado por el agua.

Tabla 3.1 Parámetros morfométricos del barranco Atlapexco

Sección	Amplitud media del cauce (m)	Pendiente media del cauce (grados)	Altura media de la margen derecha (m)	Pendiente media de la margen derecha (grados)	Altura media de la margen izquierda (m)	Pendiente media de la margen izquierda (grados)	Índice de sinuosidad	Amplitud media del talweg (m)	Altura media del talweg (m)	Altitud promedio (m)	Número de bancos \geq a 5 m.
Superior	5.78	3.7	3.84	34.7	3.99	34.6	1.0	1.38	0.25	2935	0
Media	94.50	2.6	7.43	5.5	6.76	8.5	1.2	13.64	0.46	2467	3
Baja	16.84	1.4	6.05	23.7	4.49	31.7	1.2	2.10	0.39	2315	0

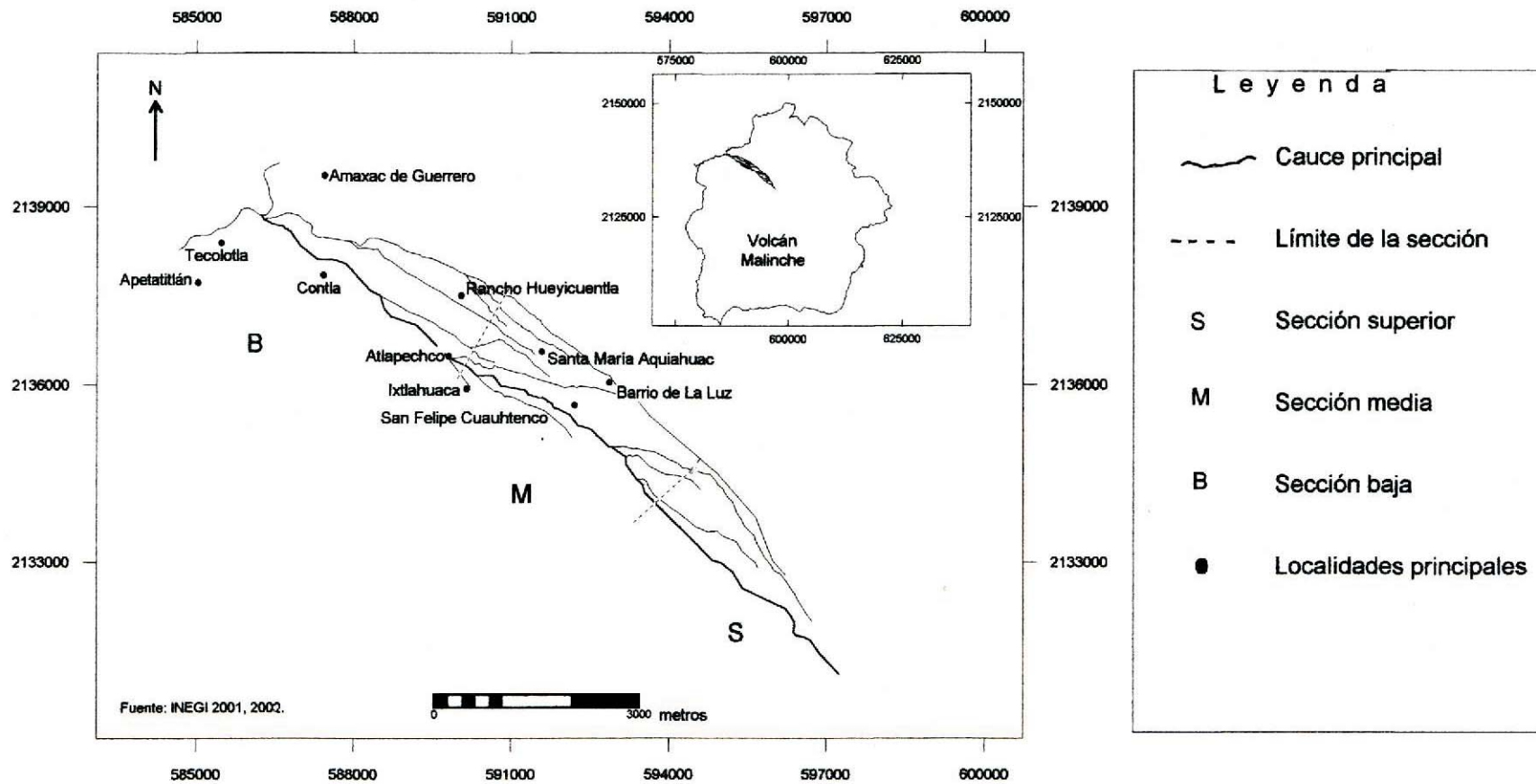


Figura 3.1 Localización del barranco Atlapexco, Volcán Malinche.

A diferencia de la sección superior, la sección media tiene un patrón de canal sinuoso, el cauce es amplio y asimétrico, además en sus paredes se encuentran depósitos piroclásticos de tamaño medio (2mm-64mm) con presencia mínima de bloques subangulosos (>64 mm). Existe una serie de terrazas que muestran cambios en el régimen hidrológico, afectadas por la acción erosivo- acumulativa del agua. Generalmente en esta sección, existe flujo de detritos y bloques, ya que la corriente transporta carga de fondo de arenas, gravas y algunos bloques. Este proceso es de carácter esporádico, ocurre por lluvias torrenciales estacionales o generadas por la presencia de huracanes.

En la sección inferior, el cauce es asimétrico y menos amplio que la sección media del barranco y el patrón del canal sigue siendo sinuoso. En las paredes, se encuentran arenas finas (< 2 mm), en donde es evidente el desprendimiento de grandes masas de material debido a la erosión lateral del río que produce socavación de las paredes y aunado a que durante la época de lluvias hay un humedecimiento del material de las paredes; existe caída de derrubios de manera considerable (Figura 3.2). Para mostrar las características de esta sección se elaboró el croquis geomorfológico detallado de un sector de 312 metros (Anexo A).



Figura 3.2 Barranco Atlapexco Sección Baja. En las paredes, es evidente el desprendimiento de material debido a la erosión lateral del río.

3.1.2 BARRANCO ATLAPITZ

Este barranco tiene una longitud de su cauce principal de aproximadamente 21 km, recibe también los nombres de Pilatlatl, Xaltelulco, Mulatla y San José. La cabecera se encuentra a 3,620 msnm y la desembocadura a 2,170 msnm (Figura 3.3).

Las características morfológicas de la sección superior son: el patrón del canal es sinuoso, el cauce es medianamente amplio y simétrico. En sus paredes se encuentran materiales del tamaño de las arenas finas (< 2 mm) y presencia mínima de bloques subangulosos (> 64 mm). La densidad y desarrollo de vegetación (musgo, arbustos y árboles) definen en parte que esta sección sea más estable en cuanto a los procesos de remoción. Sin embargo, en algunos puntos del sector hay procesos de caída de derrubios y formación de pequeños taludes.

En la sección media, la amplitud del cauce es similar a la sección superior, el patrón del canal es sinuoso y asimétrico. En las paredes del barranco se encuentran principalmente materiales medios (2 mm-64 mm). Es importante mencionar que esta sección se encuentra seriamente alterada en cuanto a su dinámica ya que el cauce es una brecha por la que circulan vehículos que transportan arena que es extraída del mismo cauce; sin embargo es notable el flujo de detritos ya que existen bancos de materiales que muestran el aporte de sedimentos durante la temporada de lluvias (Figura 3.4).

En la sección baja, el cauce es asimétrico y mucho más amplio que los sectores anteriores, el patrón del canal tiende a ser meandriforme, ya que cambia su configuración y posición, principalmente durante las avenidas. En las paredes hay depósitos del tamaño de las arenas finas (< 2 mm) y presencia menor de bloques subangulosos (> 64 mm). El proceso dominante es el flujo de detritos y bloques. En una de las márgenes se observan depósitos aluviales y en otra se presenta una margen erosiva. A lo largo del cauce se observaron crestas de barras de meandro en la margen interna y pozas en la margen externa (Pedraza, 1996).

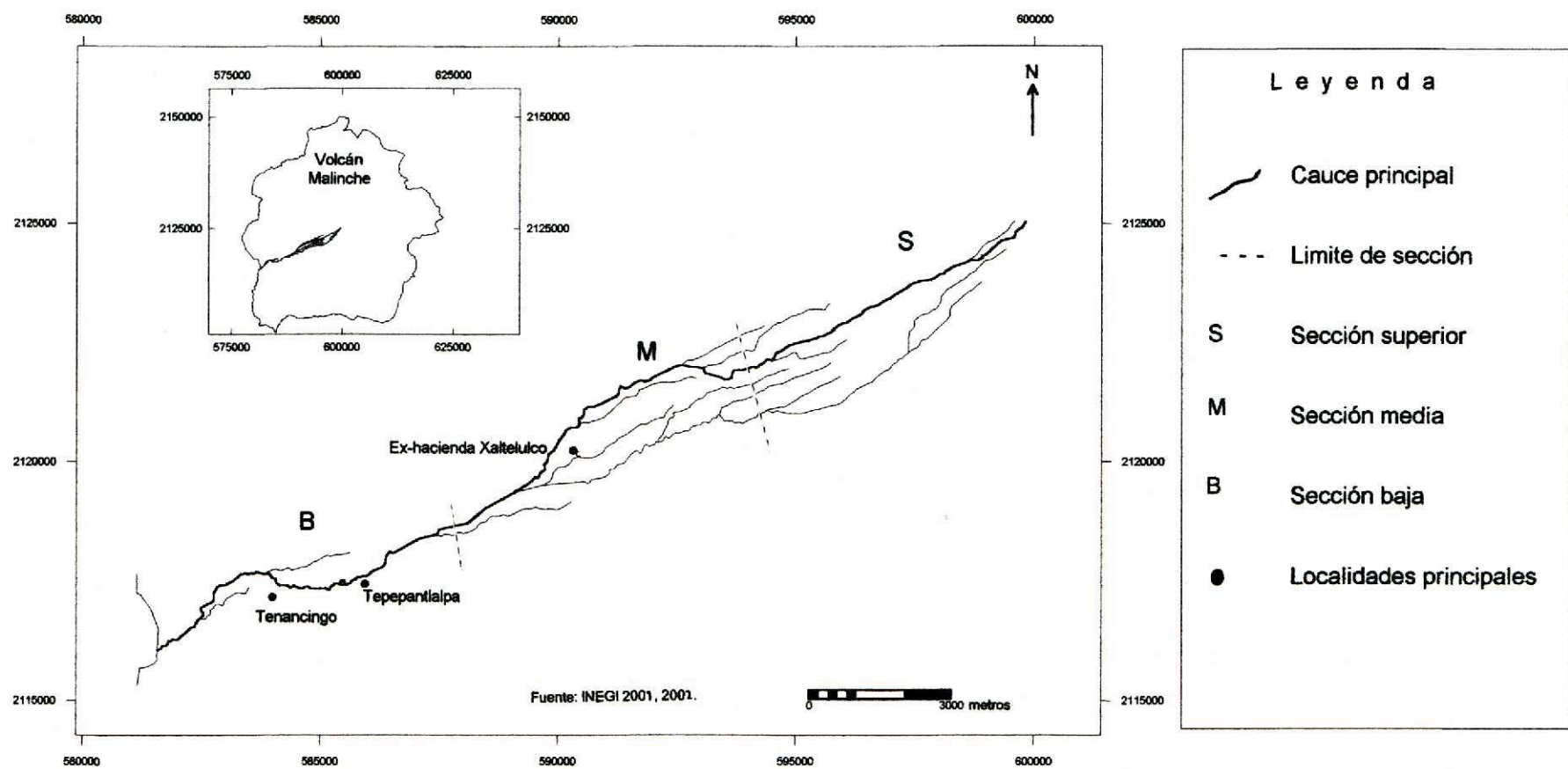


Figura 3.3 Localización del barranco Atlapitz, Volcán Malinche



Figura 3.4 Barranco Atlapitz Sección Media. El cauce se encuentra alterado en cuanto a su dinámica natural debido a que es una brecha por la que circulan vehículos que transportan material (arena y bloques).

A su vez, la existencia de bancos aluviales muestran el aumento súbito del gasto, principalmente durante la época de lluvias; que remueve los sedimentos que posteriormente son depositados a partir de la pérdida, también súbita, de la competencia fluvial, una vez que cesa la crecida, con lo cual el material se acumula sin clasificarse claramente (Tabla 3.2). Para ejemplificar las características de este sector se elaboró el croquis geomorfológico detallado de 360 metros (Anexo B).

Tabla 3.2 Parámetros morfométricos del barranco Atlapitz

Sección	Amplitud media del cauce (m)	Pendiente media del cauce (grados)	Altura media de la margen derecha (m)	Pendiente media de la margen derecha (grados)	Altura media de la margen izquierda (m)	Pendiente media de la margen izquierda (grados)	Índice de Sinuosidad	Amplitud media del talweg (m)	Altura media del talweg (m)	Altitud promedio (m)	Número de bancos \geq a 5 m.
Superior	27.19	14.0	8.34	27.0	9.97	31.3	1.3	1.43	0.32	3332	0
Media	28.76	2.8	2.88	7.7	4.21	9.2	1.2	5.70	0.25	2538	0
Baja	59.40	1.8	6.04	13.7	4.87	8.8	2.4	6.92	0.20	2303	2

3.1.3 BARRANCO BRIONES

Este barranco tiene una longitud de su cauce principal de aproximadamente 22.5 km, recibe también los nombres de Cuacosostla, Huentetepec, Zacau, Marcoxtla, Lecontitla, Xoxotla, Texcalcoapa, camachichila, Camacho, Coxamahua, Ziztecantla, Tiquicuentla, Estrella y San Antonio. La cabecera se encuentra a 3,920 msnm y la desembocadura a 2,180 msnm (Figura 3.5).

La sección superior se caracteriza por ser un cauce estrecho y simétrico y el canal es rectilíneo. Las paredes del barranco están formadas básicamente por materiales medios (2 mm-64 mm) y grandes (> 64 mm); en donde es notable la caída de bloques debido a la sobresaturación de agua en las paredes y la actividad fluvial que socava la base de la ladera. En este caso, la corriente tiende a desarrollar un trabajo erosivo vertical, lo que explica la casi total ausencia de depósitos aluviales en este sector (Figura 3.6)

La sección media se caracteriza por ser un cauce amplio, simétrico y el patrón del canal es sinuoso. Las paredes del barranco están formadas por material piroclástico fino (< 2 mm) y bloques subangulosos (> 64 mm). El proceso dominante es el flujo de detritos y bloques. En este sector se encuentran pequeños bancos aluviales (menores a cinco metros) que muestran una acumulación aluvial heterométrica, resultado de la actividad torrencial del río. Por lo general, estos bancos aluviales son cubiertos durante las crecidas. Cabe mencionar que durante los años sesenta se construyó una serie de gaviones laterales para el control de las grandes avenidas (SPCET, 2003). Pero, a fin de controlar el flujo de agua, se ha modificado la dinámica natural del río.

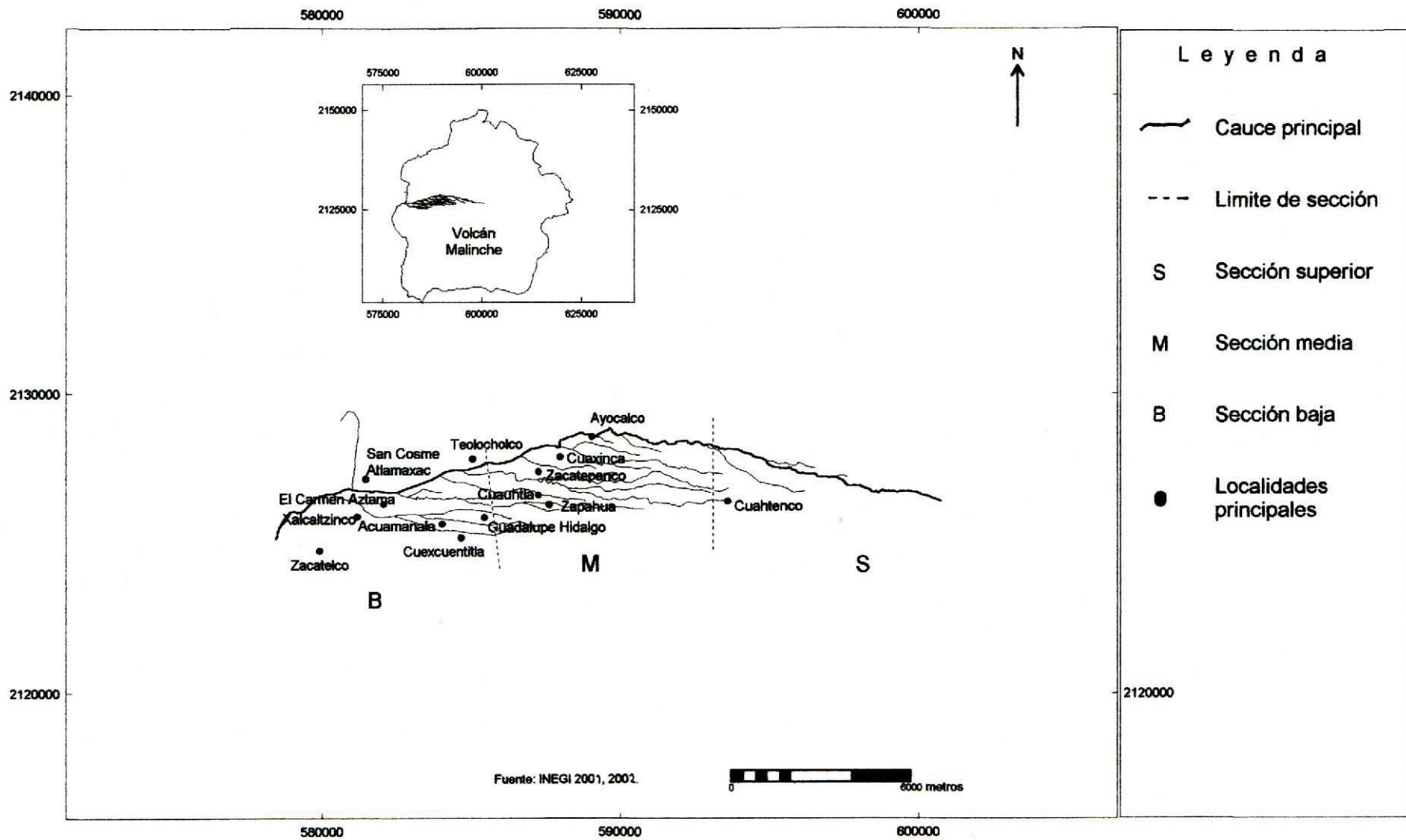


Figura 3.5 Localización del barranco Briones, Volcán Malinche.



Figura 3.6 Barranco Briones Sección Superior. En las paredes es notable la caída de bloques debido a que no hay cohesión de los materiales, aunado a las pendientes abruptas que existen en el lugar.

En la sección baja, el cauce es más amplio que el sector medio, el patrón del canal es sinuoso y simétrico. En las paredes del barranco hay material piroclástico de tamaño medio (2 mm-64 mm). Aquí el proceso que domina es el flujo de detritos; ya que existe una importante acumulación aluvial dispuesta sobre las márgenes del barranco. A diferencia de los bancos aluviales descritos en la sección media, en este caso se presenta una capa superficial de sedimentos finos. Además, pueden apreciarse una serie de terrazas que atestiguan diferentes crecidas del río que fueron moderando los sedimentos aportados (Tabla 3.3). Para mostrar las características de esta sección se elaboró el croquis geomorfológico detallado de un sector de 312 metros de longitud (Anexo C).

Tabla 3.3 Parámetros morfométricos del barranco Briones

Sección	Amplitud media del cauce (m)	Pendiente media del cauce (grados)	Altura media de la margen derecha (m)	Pendiente media de la margen derecha (grados)	Altura media de la margen izquierda (m)	Pendiente media de la margen izquierda (grados)	Índice de Sinuosidad	Amplitud media del talweg (m)	Altura media del talweg (m)	Altitud promedio (m)	Número de bancos \geq a 5 m.
Superior	10.04	9.5	5.98	43.7	6.31	41.2	1.0	4.40	0.85	3380	1
Media	42.05	1.6	7.62	19.1	8.20	18.2	1.1	2.09	0.38	2690	0
Baja	58.01	1.2	5.50	9.3	6.46	9.3	1.2	4.22	0.32	2325	0

3.1.4 BARRANCO RAMONTLA

Este barranco tiene una longitud de su cauce principal de aproximadamente 18 km, recibe también los nombres de El Puente, La Hacienda e Ixmetitla. La cabecera se encuentra a 3,270 msnm y la desembocadura a 2,290 msnm (Figura 3.7).

La sección superior se caracteriza por tener un cauce estrecho, sinuoso, las paredes son simétricas. En las paredes se encuentra material piroclástico del tamaño de las arenas finas (< 2 mm). Cabe mencionar que es un sector estable debido a que la mayoría de las paredes y el lecho se encuentra cubierto por vegetación (musgo, arbustos y árboles) por lo que sólo en algunos puntos hay caída de detritos y formación de pequeños taludes.

La sección media se caracteriza por tener un cauce amplio, con paredes asimétricas y un patrón de canal sinuoso; la altitud promedio es de 2,400 msnm. Las paredes del barranco son de material piroclástico del tamaño de las arenas finas (2 mm) y presencia mínima de bloques (> 64 mm). Aquí, los procesos dominante son la caída de derrubios y el flujo de detritos y bloques. La caída se da debido a la sobresaturación de agua y socavación lateral del río, que provoca inestabilidad de la ladera dando lugar al proceso.

En cuanto al flujo de detritos y bloques, pueden apreciarse sobre la margen derecha, distintos niveles de terraza que atestiguan diferentes crecidas del río que fueron moderando los sedimentos aportados por el río, además, se encuentran sobre el lecho una serie de bancos aluviales. En este sector, las formas acumulativas aluviales poseen un amplio desarrollo y los procesos gravitacionales se encuentran relacionados con la socavación de base de las laderas llevadas a cabo por el río.

En la sección baja el cauce es simétrico, rectilíneo y estrecho. Las paredes presentan una alternancia de materiales (finos y medios), capas resistentes y menos resistentes en sucesión alternativa. Por lo que existe un perfil longitudinal escalonado y

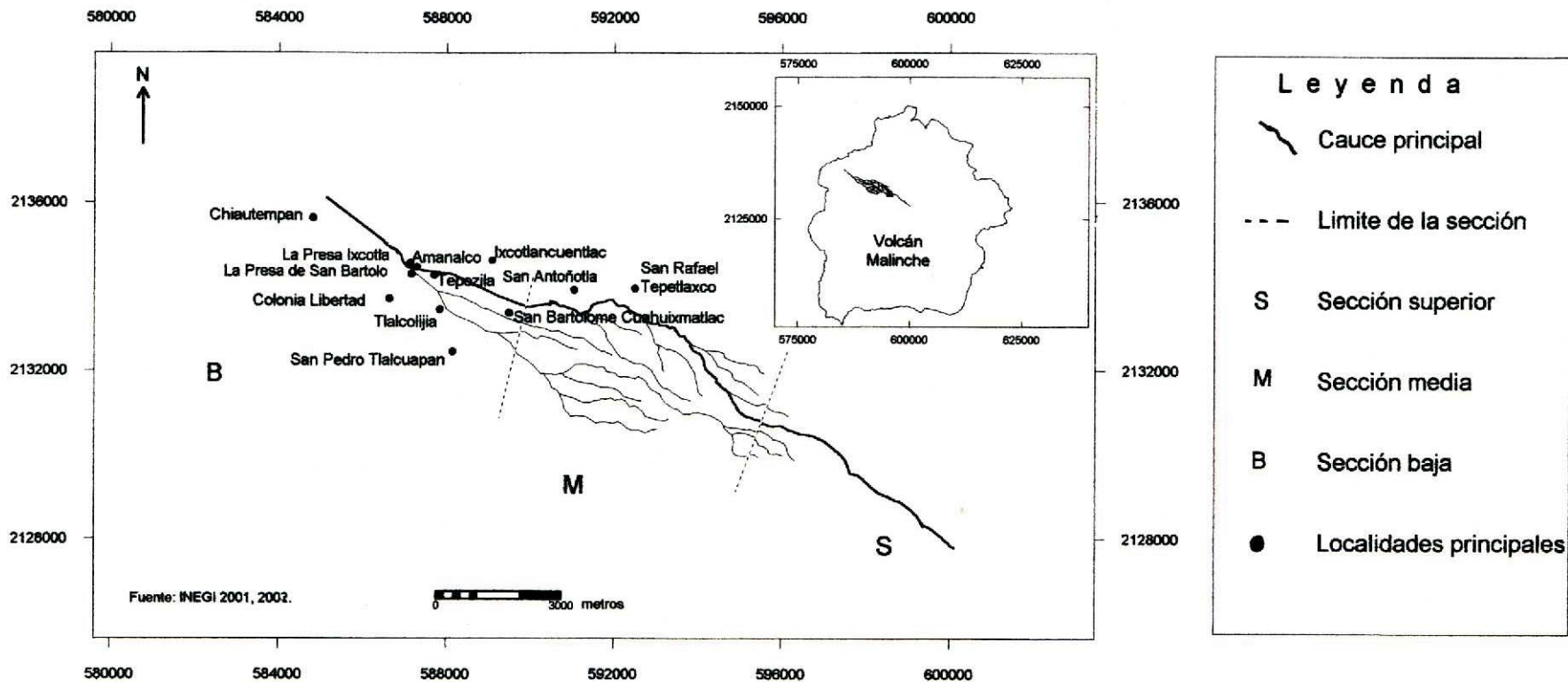


Figura 3.7 Localización del barranco Ramontla, Volcán Malinche.

una configuración en V que depende de las condiciones litológicas existentes (Figura 3.8). El proceso que domina es el flujo de sedimentos finos que va disminuyendo gradualmente hasta que en el curso más bajo se encuentra libre de sedimentos y se observan procesos de escorrentía difusa (Tabla 3.4).



Figura 3.8 Barranco Ramontla Sección Baja. En el lecho del barranco existen una serie de saltos cuya profundidad llega a ser de hasta 2.50 m.

Tabla 3.4 Parámetros morfométricos del barranco Ramontla

Sección	Amplitud media del cauce (m)	Pendiente media del cauce (grados)	Altura media de la margen derecha (m)	Pendiente media de la margen derecha (grados)	Altura media de la margen izquierda (m)	Pendiente media de la margen izquierda (grados)	Índice de Sinuosidad	Amplitud media del talweg (m)	Altura media del talweg (m)	Altitud promedio (m)	Número de bancos \geq a 5 m.
Superior	7.16	12.3	2.46	13.7	2.39	13.1	1.1	1.53	0.21	3410	0
Media	88.01	2.1	12.91	19.6	10.04	35.1	1.1	5.38	0.28	2475	3
Baja	10.04	1.6	2.70	10.2	2.59	8.3	1.0	2.40	1.32	2345	0

3.1.5 BARRANCO TENEJAC

Este barranco tiene una longitud en su cauce principal de aproximadamente 20.5 km, recibe también los nombres de Cuacuaxahua, Hueyatlatl, Cuahutzontetla, Xahuenatlatl, Xaltonatl, Aquixtla, Toxpa, Tecuanatlatl, Colotziti y Xalatl. La cabecera se encuentra a 3,660 msnm y la desembocadura a 2,180 (Figura 3.9).

La sección superior tiene un cauce con paredes asimétricas, un patrón de canal sinuoso y relativamente amplio. En las paredes del barranco predomina material piroclástico fino (< 2 mm), con presencia mínima de bloques subangulosos (> 64 mm). El proceso que domina es la caída de derrubios y formación de pequeños taludes aunque con baja intensidad; debido a que la densidad y desarrollo de la vegetación define en parte que sea un área menos activa; por lo que las laderas se encuentran exentas de la actividad fluvial torrencial.

La sección media se caracteriza por tener un cauce más amplio que el curso superior, las paredes son simétricas y el patrón del cauce es sinuoso. En las paredes del barranco hay una diversidad de materiales desde arenas finas hasta bloques subredondeados y subangulosos. Aquí las laderas poseen pendientes abruptas, la erosión lateral produce socavación de las paredes y el humedecimiento de las paredes tiene como consecuencia caída de derrubios y bloques (Figura 3.10).

También, se observó flujo de detritos y bloques debido a que se trata de un torrente que aporta en este sector material aluvial (sedimentos finos, arenosos y cantos); que tiende a formar pequeños bancos (menores a 5 m).

La sección baja tiene un cauce amplio, sinuoso, las paredes son simétricas y predomina una altitud de 2,300 msnm. En las paredes del barranco existe material fino (< 2 mm) y presencia mínima de bloques subangulosos (> 64 mm).

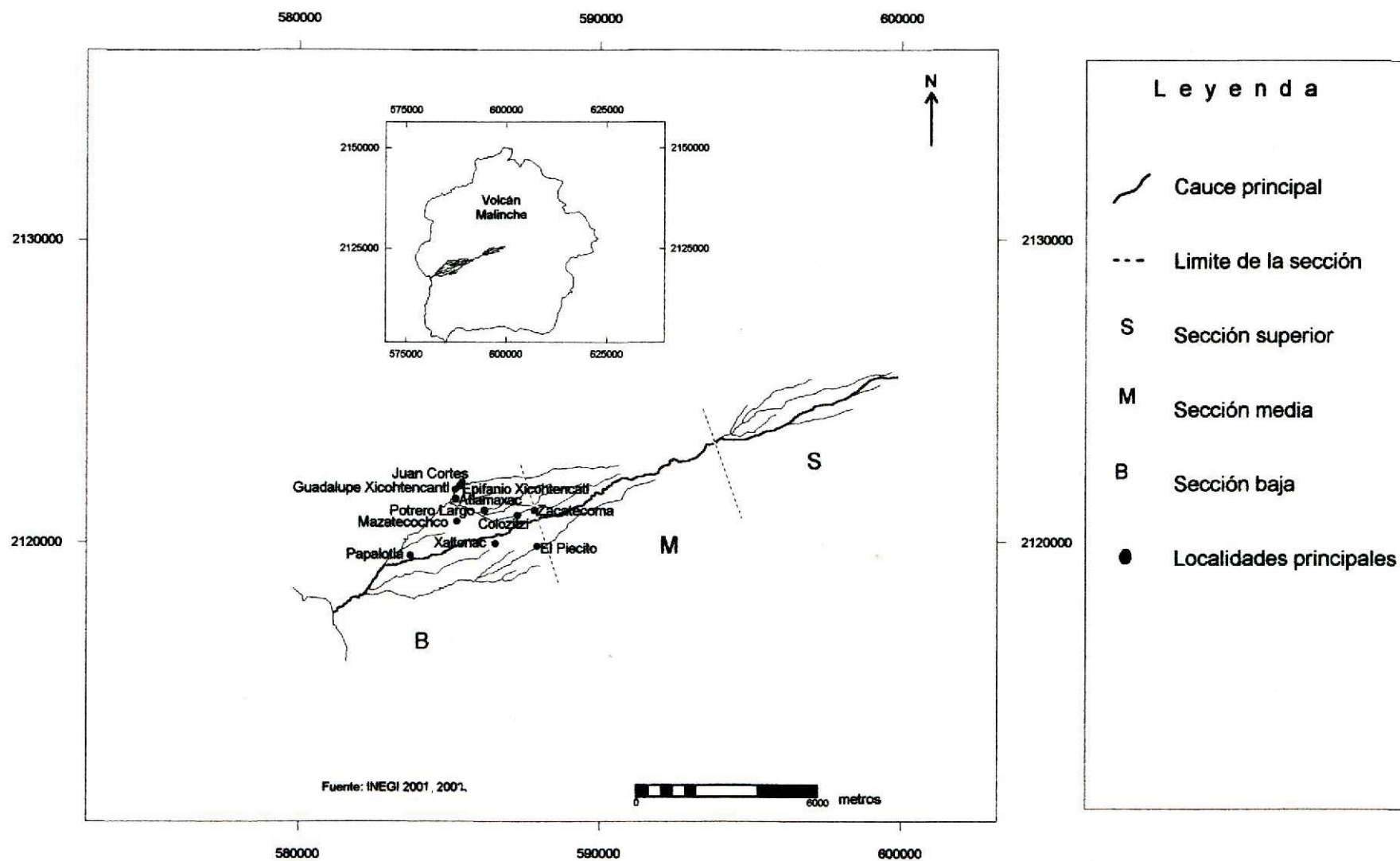


Figura 3.9 Localización del barranco Tenejac, Volcán Malinche.



Figura 3.10 Barranco Tenejac Sección Media. La erosión lateral ha socavado paulatinamente sus paredes.

En cuanto a la dinámica fluvial en el cauce se observaron una serie de terrazas que atestiguan las distintas etapas de acumulación. Además, se trata de un flujo extraordinario, poco profundo y angosto que se presenta durante la temporada de lluvias. Aquí la corriente pierde energía y deposita su carga; siendo principalmente detritos (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Parámetros morfométricos del barranco Tenejac

Sección	Amplitud media del cauce (m)	Pendiente media del cauce (grados)	Altura media de la margen derecha (m)	Pendiente media de la margen derecha (grados)	Altura media de la margen izquierda (m)	Pendiente media de la margen izquierda (grados)	Índice de Sinuosidad	Amplitud media del talweg (m)	Altura media del talweg (m)	Altitud promedio (m)	Número de bancos \geq a 5 m.
Superior	20.67	10.8	7.32	31.2	9.87	35.4	1.1	1.28	0.27	3331	0
Media	39.74	4.8	12.51	47.5	13.82	41.5	1.4	2.66	0.26	2650	0
Baja	36.80	1.5	5.86	19.1	6.39	35.3	1.4	2.40	0.69	2330	0

3.1.6 BARRANCO XALPATLACO

Este barranco tiene una longitud en su cauce principal de aproximadamente 23 km, recibe también los nombres de Capixatl, Tepexilac, Hueytzatl, La Trinidad y Atitlanbuyero. La cabecera se encuentra a 4,020 msnm y la desembocadura a 2,190 msnm (Figura 3.11).

Las características morfológicas de la sección superior son: un cauce amplio, con paredes simétricas y un patrón de canal sinuoso. En las paredes del barranco hay material piroclástico medio (2 mm-64 mm) y bloques subangulosos (> 64 mm). El proceso que predomina es la caída y flujo de bloques que se encuentran claramente relacionados con la topografía y las condiciones litológicas. Es aquí donde las laderas poseen pendientes abruptas y la corriente tiende a desarrollar un trabajo erosivo vertical.

Además, el río socava la base de la ladera, rompiendo con la inestabilidad que se traduce en una intensa remoción de bloques y formación de taludes que constituye una fuente importante de material; que es removido por el río en posteriores crecidas (Figura 3.12).

En la sección media se encuentra un patrón de canal sinuoso, las paredes son simétricas y el cauce en cuanto a amplitud es similar al sector anterior. En las paredes hay material del tamaño de la arena, grava (2 mm-64 mm) y bloques (> 64 mm). En cuanto a procesos existe un acarreo de grandes volúmenes de material (bloques y arena), en donde la pendiente del lecho influye en el incremento de la corriente, lo que permite el arrastre de bloques de tamaño considerable (hasta 3 metros de eje mayor). Esto determina un alto poder abrasivo en los flujos de agua, que socava las márgenes y provoca desplomes a lo largo del barranco; por lo que los mecanismos de modelado son no sólo erosivos, sino también acumulativos. Para ejemplificar las características de este sector se trazó el croquis geomorfológico detallado de 300 metros de longitud (Anexo D).

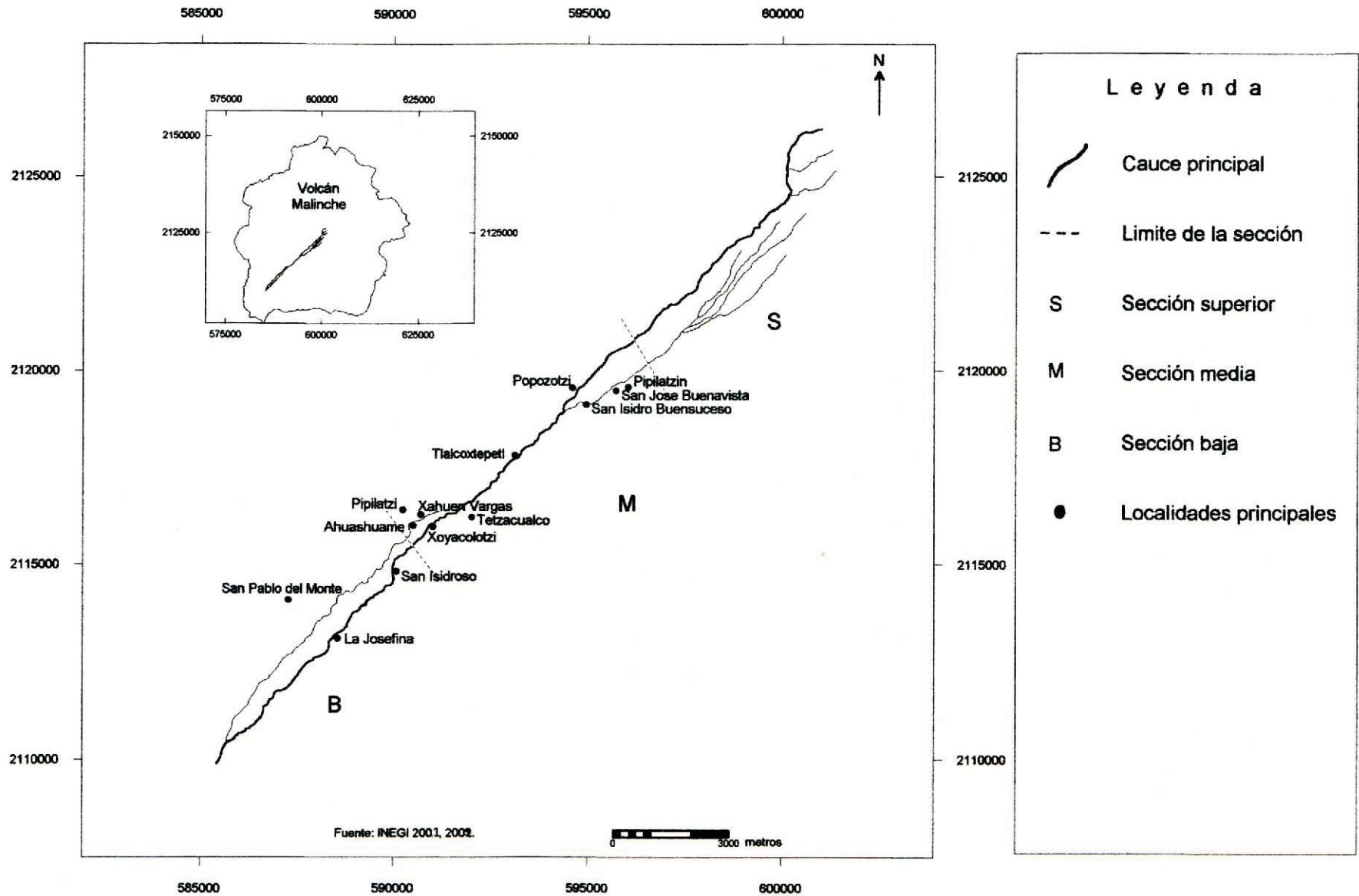


Figura 3 .11 Localización del barranco Xalpatlaco, Volcán Malinche.

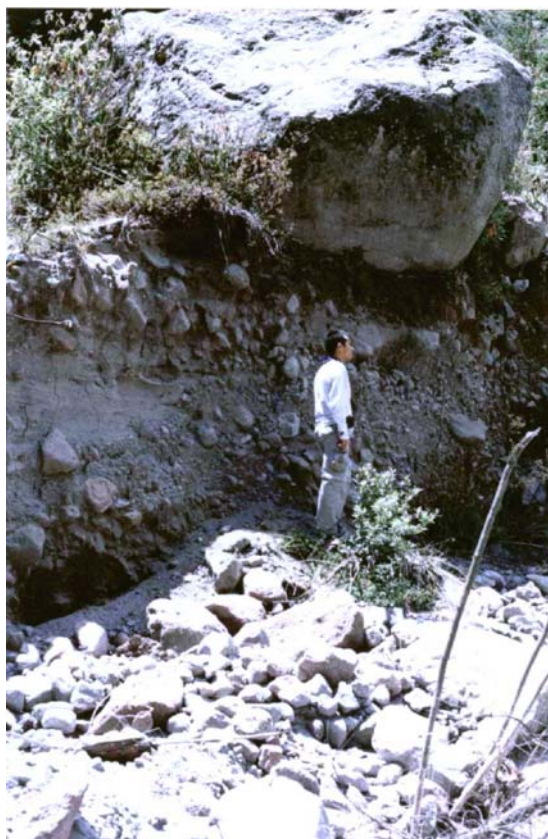


Figura 3.12. Barranco Xalpatlaco Sección Superior. Puede observarse la caída de bloques y formación de taludes, que posteriormente serán removidos por el río.

La sección baja presenta una ensanchamiento del cauce, las paredes son asimétricas y el patrón de canal es sinuoso. En las paredes hay material de tamaño medio (2mm-64 mm). El proceso prevaleciente es el flujo de detritos y bloques. Se presentan depósitos aluviales derivados de la actividad torrencial del río durante la época de lluvias. El cauce presenta una disminución de pendiente, pierde energía y deposita su carga, básicamente detritos. También se encuentra una serie de terrazas resultado de la variación del río (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Parámetros morfométricos del barranco Xalpatlaco.

Sección	Amplitud media del cauce (m)	Pendiente media del cauce (grados)	Altura media de la margen derecha (m)	Pendiente media de la margen derecha (grados)	Altura media de la margen izquierda (m)	Pendiente media de la margen izquierda (grados)	Índice de Sinuosidad	Amplitud media del talweg (m)	Altura media del talweg (m)	Altitud promedio (m)	Número de bancos \geq a 5 m.
Superior	20.52	6.0	7.81	27.8	6.60	32.8	1.2	1.93	0.42	3266	0
Media	20.08	3.7	4.06	18.8	3.87	18.0	1.4	1.65	0.51	2660	0
Baja	44.14	1.0	4.25	7.7	5.66	11.1	1.4	2.19	0.26	2345	0

3.2 FACTORES DESENCADENANTES DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

3.2.1 PRECIPITACIÓN

Debido a su situación geográfica el país se ve afectado por lluvias derivadas de los ciclones y tormentas tropicales, en verano, y por los frentes polares en invierno (Domínguez *et al*, 1999). Estos periodos pueden ser de lluvias intensas de corta duración, o bien, precipitación durante un periodo prolongado de tiempo, pero de baja intensidad. En el área de estudio, los movimientos de ladera son ocasionados por un exceso de humedad, el cual generalmente se debe a estas fuertes precipitaciones (SPCET, 2003). Las películas de agua que envuelven a las partículas de roca reducen el roce y la cohesión provocando los movimientos gravitacionales de manera que el agua facilita el desplazamiento. Además, las lluvias torrenciales se acumulan mucho más rápido de lo que pueden ser absorbidas por el suelo y al descender el agua por las vertientes se forman pequeños flujos de detritos.

Para el análisis de estos procesos se incluye la presencia de fenómenos meteorológicos en el lugar, ya que la distribución de los procesos puede variar espacialmente según la precipitación (Tabla 3.7).

Históricamente la región ha sido y suele ser afectada por precipitaciones extraordinarias derivadas de los fenómenos meteorológicos que normalmente se generan o ubican frente a las costas de Veracruz, que aun sin entrar a tierra, favorecen la entrada de humedad hacia el interior (Puebla y Tlaxcala) propiciando importantes lluvias (Bitrán, 2000).

El comportamiento de estos fenómenos durante los meses de junio a octubre han sido muy significativos en cuanto a las desventajas que trae consigo: derrumbes, desbordamiento de ríos, pérdidas en el agro, afectación a viviendas e infraestructura en general (SPCET, 2003).

Tabla 3.7 Fenómenos meteorológicos que han influido en la cantidad de lluvia (1980-2005) en el volcán Malinche

Año	Nombre	Categoría	Lugar de entrada a tierra	Periodo (inicio- fin)
2005	Bret	TT	15 km al sur de Tuxpan, Veracruz	28-29 Jun
	Gert	TT	10 km al sureste de Panuco, Veracruz	23-25 Jul
	José	TT	10 km al sureste de Vega de Alatorre, Veracruz.	22-23 Ago
	Stan	TT(H1)	Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. San Andrés Tuxtla, Veracruz.	01-05 Oct
2003	Larry	TT	El Alacrán, Tabasco	01-06 Oct
2000	Keith	TT(H1)	Chetumal, Quintana Roo. Tampico, Tamaulipas	28 Sep-06 Oct
1999	DT2	DT	Cazones-Tuxpan, Veracruz	02-03 Jul
	DT7	DT	Tepehuanes, Tamaulipas	05-07 Sep
	DT 11	DT	90 km noreste Coatzacoalcos, Veracruz	04-06 Oct
1996	Dolly	H1(H1)	Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. Pueblo Viejo, Veracruz.	19-24 Ago
1995	DT 6	DT	Tamiahua, Veracruz	05-07 Ago
1994	Roxanne	H3(DT)	Tulúm, Quintana Roo. Martínez de la Torre, Veracruz.	08-20 Oct
	DT 5	DT	Tampico, Tamaulipas.	29-31 Ago
1993	Gert	TT(H1)	Chetumal, Quintana Roo. Tuxpan, Veracruz.	14-21 Sep
1991	DT 2	DT	La Pesca, Tamaulipas	05-07 Jul
1990	Diana	TT(H2)	Chetumal, Quintana Roo. Tuxpan, Veracruz	04-08 Ago
1988	Debby	H1	Tuxpan, Veracruz	31 Ago-08 Sep
1984	Edouard	TT	A 70 km al este de Nautla, Veracruz	14-15 Sep
1980	Hermine	TT(TT)	Sacxan, Quintana Roo. Catemaco, Veracruz.	20-26 Sep

DT: Depresión Tropical

TT: Tormenta Tropical

H: Huracán

Fuente: Sistema Meteorológico Nacional, 2006.

Dentro del archivo de datos con que cuenta la Subsecretaría de Protección Civil del estado de Tlaxcala; se reporta una serie de eventos (inundaciones y derrumbes), relacionados con la presencia de fenómenos como huracanes, tormentas y depresiones tropicales localizados algunos de ellos en el área de estudio (Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Localidades que generalmente reportan eventos relacionados con la presencia de fenómenos meteorológicos

Nombre(s) del barranco	Localidad	Municipio	Problemática
ATLAPEXCO (Tlacuahuahuatl Teximatem, Cueteria, Dos Arroyos)	Contla	Contla	Inundaciones
	Amaxac de Guerrero	Amaxac de Guerrero	Inundaciones y derrumbes
	Apetatitlán	Apetatitlán	Inundaciones y derrumbes
	Belen Atzitzimititlán	Apetatitlan	Desbordamiento e inundación
ATLAPITZ (Pilatlal, Xaltelulco, Mulatla, San José)	Tenancingo	Tenancingo	Inundaciones y derrumbes
BRIONES (Camacho, Cuacosostla, Huentetepec, Zacau, Marcoxtla, Lecontitla, Xoxotla, Texcalcoapa, camachichila, Coxamahua, Ziztecantla, Tiquicuentla, Estrella, San Antonio)	Teolochoelco	Teolochoelco	Inundaciones
RAMONTLA (Ixmetitla, El Puente, La Hacienda)	San Bartolome Cuauixmatlac	Chiautempan	Inundaciones
TENEJAC (Hueyatlatl, Cuacuaxahua, Cuahutzontetla, Xahuenatlatl, Xaltonatl, Aquixtla, Toxpa, Tecuanatlatl, Colotzitzi, Xalatl)	Papalotla	Papalotla de Xicohtencatl	Inundaciones y/o derrumbes
XALPATLACO (Capixatlatl, Tepexilac, Hueyztatl, La trinidad, Atitlanbuyero)	Villa Vicente Guerrero	San Pablo del Monte	Inundaciones y/o derrumbes

Fuente: Subsecretaría de Protección Civil del Estado de Tlaxcala, 2003.

En este caso, los derrumbes (procesos de remoción) ocurren por el aumento de la precipitación que genera un incremento en el contenido de agua en los poros, hasta que llega a un estado en el que la infiltración llega a ser nula, dando una condición de saturación que provoca que el peso de la ladera exceda al que le es posible mantener y se traduce en un movimiento (Dai, 2001). Las inundaciones, se originan por el desborde de los ríos, debido a las precipitaciones extraordinarias, ocasionando que el flujo sobrepase el canal natural para la carga. Sin embargo, hay que hacer hincapié en que no todas las inundaciones y derrumbes tienen las mismas características, ya que la cantidad de lluvia varía con la época del año.

Para el caso de los barrancos en estudio, las lluvias son una de las causas más importantes que generan e intensifican estos movimientos, especialmente durante el período más lluvioso del año que comprende de los meses de junio a septiembre, con mayor frecuencia en el mes de julio. La concentración y tipo de precipitación durante estos meses, ocasionan que las paredes pierdan estabilidad en cuanto el material está completamente humedecido dando lugar a los procesos de remoción (Figura 3.13).

3.2.2 GEOLOGÍA

Los barrancos presentan una diversidad en cuanto a longitud, amplitud y profundidad, así como respecto a la disposición geológico-petrográfica. Castro (1999), elaboró secciones estratigráficas del volcán Malinche; para el caso de los barrancos en estudio (Figura 3.14), los perfiles presentan una alternancia repetida de depósitos predominantemente volcánicos, cenizas y pómez. Además de bloques incrustados en una matriz de material fino.

Como se muestra en las secciones estratigráficas y de acuerdo con las observaciones en campo, la mayoría de los barrancos en el curso superior y bajo (excepto Briones y Xalpatlaco) los depósitos formados por cenizas finas, se compactan en estado seco, de manera que las paredes son más estables; pero hay una condición que ocasiona que se vuelva inestable, y es la precipitación, que produce el humedecimiento de las paredes durante la temporada de lluvias. Cuando la parte superior de las laderas del barranco está completamente húmeda y continúan las precipitaciones abundantes, el agua corre y desciende por la pared; en ello arrastra consigo pequeñas cantidades del material fino, de manera que va socavando y originando grietas. El agua de lluvia penetra fácilmente a lo largo de estas grietas y desprende grandes cantidades de material que se precipitan al fondo para que después el agua que corre por el barranco los reblandezca y sean arrastrados como material fino.

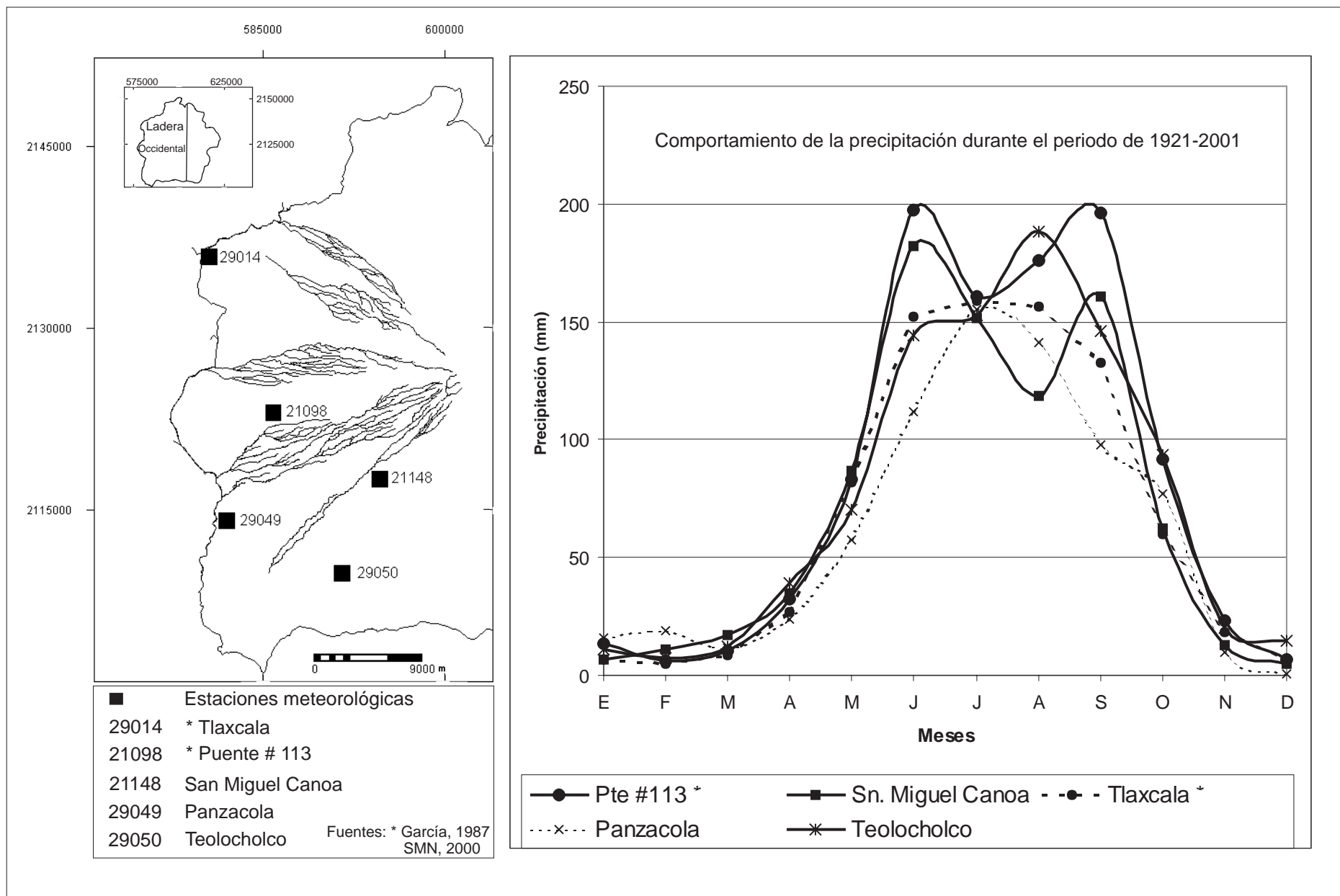


Figura 3.13 Estaciones meteorológicas y comportamiento de la precipitación en la ladera occidental del volcán Malinche.

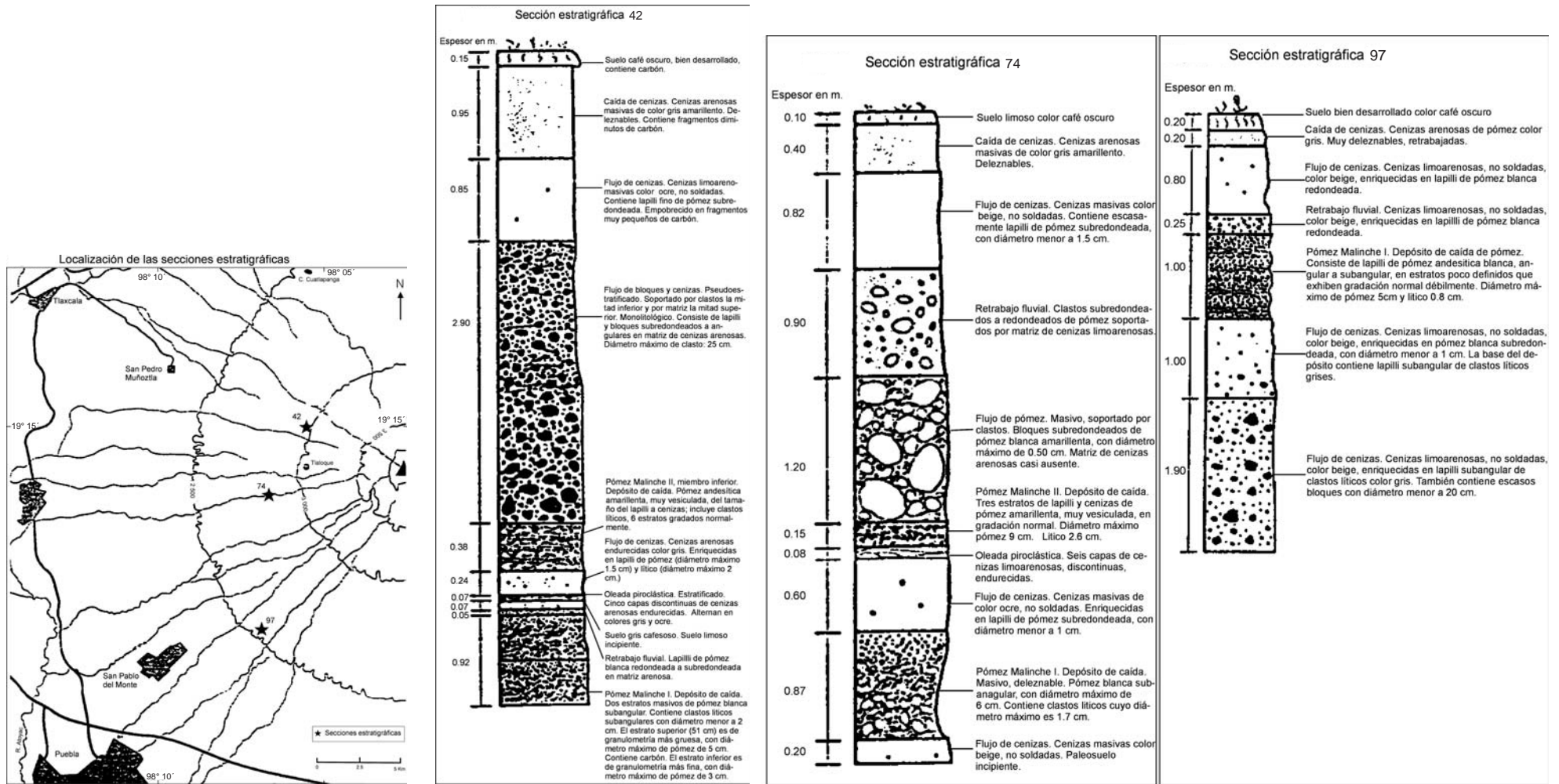


Figura 3.14 Secciones estratigráficas de la ladera occidental del volcán Malinche, según Castro, 1999.

En la mayoría de los casos en el curso medio de los barrancos en estudio, los depósitos corresponden a las cenizas arenosas y los clastos subredondeados estos materiales se caracterizan por ser deleznable, que durante la época de lluvias se caen de las laderas de los barrancos debido a que el agua de las lluvias actúa como lubricante, originando que grandes volúmenes de material se desprendan y se muevan rápida o lentamente hacia niveles más bajos.

Aunado al tipo de material, en los barrancos donde existen laderas de pendiente abrupta (sectores superiores), la roca expuesta a los cambios bruscos de temperatura y la humedad favorecen el intemperismo agrietando la roca, el agua al penetrar en las diaclasas y fracturas durante la noche se congela y en el transcurso del día hay derretimiento del agua, proceso que va ensanchando las fracturas hasta que el material se desprende. Frecuentemente el material desprendido da lugar a la formación de taludes, que posteriormente son arrasados por el agua; originando un flujo de bloques. Ya en el flujo, las rocas se rompen o desgastan por el impacto de unas con otras.

También, en el fondo del barranco (Atlapexco sector bajo) la erosión lateral produce una socavación de las paredes debido al humedecimiento continuo del río y como consecuencia el desprendimiento de las paredes. Por supuesto que durante la época de lluvias el caudal de agua es notablemente más intenso en el barranco después de las precipitaciones, de manera que los procesos de erosión se llevan a cabo más rápidamente.

Raramente se presenta la caída de material por el crecimiento de las raíces, pero, en algunos sitios (sector bajo de los barrancos Tenejac, Ramontla y Atlapitz) se observó que durante el crecimiento de los árboles, sus raíces se extienden gradualmente en las cavidades de la rocas y actúan como cuña, separando los bloques o las partes

adyacentes. Los arbustos y plantas más pequeñas introducen igualmente sus raicillas en minúsculas aberturas, alargándolas y profundizándolas.

En resumen, los procesos controlados por la geología en los barrancos en estudio; en este caso se originaron en materiales volcánicos, intemperizados, los cuales al estar saturados de los poros debido a las intensas precipitaciones y en laderas muy abruptas, ocasionan los movimientos.

3.2.3 INFLUENCIA HUMANA

El hombre es actualmente el agente más activo en la modificación del relieve. La influencia antrópica ha incrementado los cambios en el ambiente, acelerando los procesos. En este caso, uno de los cambios más recientes, pero de un fuerte impacto ecológico, económico y social se genera, básicamente, por la explotación indiscriminada y no planificada de los recursos pétreos (materiales de construcción) (Jerjes y Lujo, 2000). La explotación de arena, grava y piedra se desarrolla a cielo abierto en las laderas y lecho de los barrancos, alterando la topografía local en todos estos sitios, debido a las oquedades que se forman en las paredes que modifican la geometría de las laderas ocasionando inestabilidad.

Es importante manifestar que la extracción y venta de material es relevante en la economía local; basta apuntar su papel como fuente generadora de empleo y portadora de ingresos para la población. Sin embargo, no se excluye el impacto ambiental que ocasiona en los barrancos y que contribuye en la inestabilidad de las laderas, como a continuación se menciona:

- El impacto físico inicia a partir de la presencia e instalación del equipo que realizará la explotación.

- Pérdida o alteración de suelos fértiles y vegetación local, como consecuencia de las operaciones de excavación, construcción de accesos y acopio de materiales.
- Erosión en las márgenes por socavamiento ocasionado por el río, debido a que estas áreas están desprotegidas.
- Aprovechando el cauce natural del río, funciona como brecha por donde circulan los vehículos que transportan el material que se va extrayendo del mismo barranco, que transitan día a día como un elemento más del paisaje.
- En los lugares en donde quedaron las oquedades, se acumula el agua, se almacena basura y es un lugar de peligro porque se producen derrumbes.
- Una vez terminada la extracción del material hay abandono de terreros o derrubios en el lecho del barranco modificando el curso de la corriente de agua.
- Disminución del valor del terreno por considerarse zona de riesgo.

Ante esta situación es conveniente preguntarse si las empresas que se dedican a la explotación de este material cuentan con los permisos correspondientes y cumplen con la legislación vigente.

Por otra parte, así como hay personas que se dedican exclusivamente a la extracción de arena, hay otras que llevan a cabo la explotación forestal para la obtención de madera (morillos y vigas), recolección de leña, corteza y resina (Espejel, 1998). El hombre en su búsqueda por satisfacer sus necesidades personales o comunitarias, de forma clandestina, elimina los árboles (pino, oyamel y encino) en grandes cantidades para la obtención de madera (rollo aserrable) y para la elaboración de productos hechos de madera. Al destruir el bosque, los animales, plantas y otros organismos mueren o tienen que buscar otro habitat. Además se pierde la oportunidad de contar con un bosque con un potencial para convertirse en “captador neto” de carbono (CONANP, 2003).

Debido a la ausencia de vegetación se origina una mayor infiltración, este incremento se convierte en un factor fundamental para la ocurrencia de procesos de ladera al acrecentar la saturación y, por lo tanto, la disminución de la resistencia de los materiales que las conforman.

Otros los factores que inciden en el deterioro del bosque son: ampliación de la frontera agrícola, incendios provocados y establecimiento de asentamientos irregulares. En las laderas donde se lleva a cabo la agricultura, en primera instancia se elimina la vegetación natural del área que se va a cultivar. El posterior laboreo, los barbechos y demás prácticas propician la acción erosiva de esos terrenos. En este caso, la agricultura de temporal se encuentra principalmente en lugares con relieve abrupto, con condiciones naturales muy deterioradas por la constante explotación durante muchas generaciones y la poca capacidad técnica y económica para realizar programas de conservación. El predio campesino que depende en general de la pequeña propiedad de la tierra es una explotación basada principalmente en el trabajo de la familia campesina. La mano de obra que se utiliza es la del campesino y su familia. El producto se destina principalmente a la subsistencia de la familia y solamente parte de la producción es vendida al mercado. Se concentra casi siempre en la producción de un sólo cultivo, el maíz, complementándolo con la producción de frijol (Soto, *et al.*, 1992).

En el caso de los incendios forestales provocados por el hombre, se originan una serie de perturbaciones ecológicas en área del siniestro, algunas de carácter irreversible como la desaparición de especies (vegetales) singulares o únicas, destrucción de hábitats vitales para la fauna, muerte de especies animales, disminución de la actividad biológica del suelo debido a la muerte de organismos por la acción del calor, pérdida de materia orgánica y agotamiento de la fertilidad de los suelos. Además una vez que se ha perdido la materia orgánica, la materia sólida puede así ser eliminada del suelo por la acción erosiva del agua de lluvia o del viento (SEMARNAT, 2001).

Los efectos del fuego sobre los ecosistemas forestales son diversos, y su importancia crece con la frecuencia de los episodios incendiarios en una misma zona. Si no transcurre el tiempo necesario para que el bosque se recupere de modo natural, se produce una degradación progresiva del mismo, y con él, la de los suelos sobre el que se desarrolla.

También, la presencia de población instalada en forma irregular sobre las laderas del barranco altera las condiciones de escurrimiento e infiltración de agua, al no contar con obras de abastecimiento de agua potable y la descarga por medio de letrinas o drenajes inadecuados incrementan el contenido de humedad en el terreno. Como resultado, las laderas del barranco se vuelven áreas susceptibles a la inestabilidad ya que se modifica la estructura y drenaje del suelo, una ladera que ha sido estable bajo ciertas condiciones puede cambiar a inestable como resultado de modificaciones en los patrones de drenaje (Figura 3.15).

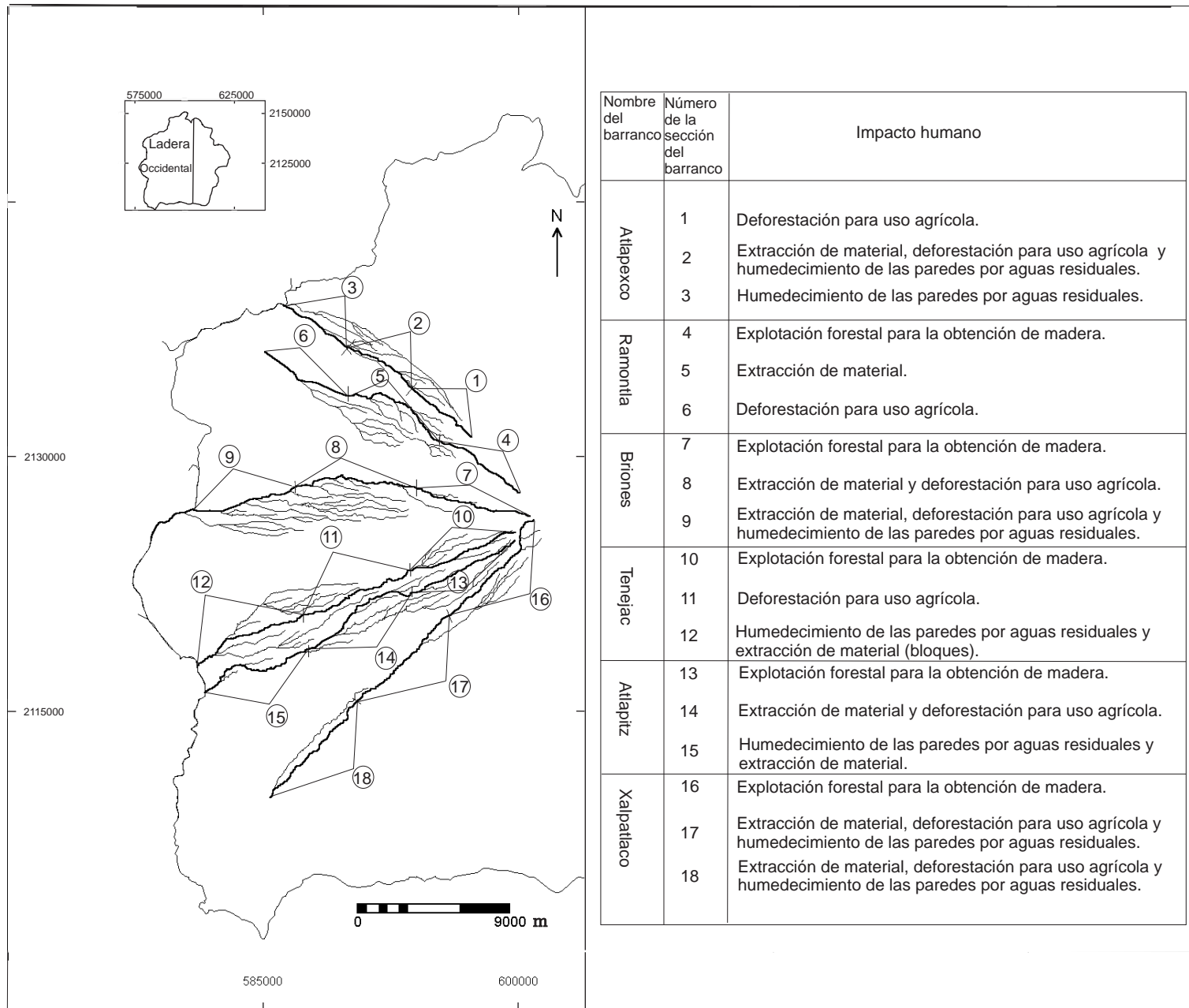


Figura 3.15 Factores antrópicos que contribuyen al proceso de inestabilidad de laderas en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el interés de tener medidas más exactas para las formas del terreno y los procesos geomorfológicos, es necesario utilizar métodos numéricos, para así encontrar respuestas con respecto a su comportamiento espacial o evolutivo. En este caso, el objetivo de aplicar este análisis es distinguir cuáles son las variables que indican una mayor influencia en los procesos de caída de derrubios y formación de taludes, y flujo de detritos y bloques; a partir de las mediciones obtenidas durante el trabajo de campo, las cuales se muestran en el capítulo dos. Para así señalar las posibles variables que controlan o que tienen los valores más representativos del conjunto de datos obtenidos. En este sentido los valores para las formas del terreno conforman una serie de variables, que contienen la medición, y/o asignación de un atributo.

Para la mayoría de las variables se calculó la media aritmética y la desviación estándar, con la finalidad de establecer la dispersión de los valores con respecto a la media (valor promedio). Una vez realizado este análisis, los argumentos numéricos que corresponden a la muestra de datos recabados en campo mostraron un comportamiento normal, así se conformaron dos matrices, en donde se muestran los valores de las variables para cada sección definida de los barrancos (Tablas 3. 9 y 3.10)

En este caso, para el Análisis de Componentes Principales (ACP) los resultados fueron definidos de acuerdo con valores mayores a 0.7 de carga estadística para explicar la mayor varianza dentro de los datos. El resultado es una matriz en la cual los eigenvectores señalan el número de factores principales constituidos por sus eigenvalores o cargas estadísticas de las variables (Dallas, 2000).

Obtenida la nueva matriz estadística se realizó el análisis *cluster* cuya finalidad es agrupar elementos (variables o casos) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre ellos.

Tabla 3.9 Matriz para el proceso de caída de derrubios y formación de taludes

Barranco	Sección	Medidas de tendencia central y dispersión	Altura de la margen derecha (m)	Altura de la margen izquierda (m)	Pendiente de la margen derecha (grados)	Pendiente de la margen izquierda (grados)	Pendiente del cauce (grados)	* Índice de sinuosidad (%)	*Materiales finos en las paredes del barranco (%)	* Materiales medios en las paredes del barranco (%)	* Materiales gruesos en las paredes del barranco (%)
Atlapexco	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	3.84 (1)	3.99 (1)	34.7 (14)	34.6 (11)	3.7 (3)	1.0	4	0	0
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	7.43 (1)	6.76 (2)	5.5 (1)	8.5 (3)	2.6 (1)	1.2	1	3	0
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	6.05 (6)	4.49 (2)	23.7 (14)	31.7 (28)	1.4 (1)	1.2	4	0	0
Atlapitz	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	8.34 (2)	9.97 (3)	27.0 (4)	31.3 (5)	14.0 (10)	1.3	4	0	0
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	2.88 (1)	4.21 (3)	7.7 (8)	9.2 (9)	2.8 (1)	1.2	2	3	2
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	6.04 (1)	4.87 (2)	13.7 (14)	8.8 (6)	1.8 (0)	2.4	3	2	1
Briones	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	5.98 (2)	6.31 (2)	43.7 (11)	41.2 (11)	9.5 (2)	1.0	0	2	3
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	7.62 (2)	8.20 (3)	19.1 (5)	18.2 (12)	1.6 (1)	1.1	3	1	0
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	5.50 (1)	6.46 (4)	9.3 (6)	9.3 (4)	1.2 (0)	1.2	3	2	0
Ramontla	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	2.46 (1)	2.39 (1)	13.7 (9)	13.1 (10)	12.3 (6)	1.1	4	0	0
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	12.91 (3)	10.04 (4)	19.6 (15)	35.1 (32)	2.1 (0)	1.1	3	1	0
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	2.70 (1)	2.59 (1)	10.2 (8)	8.3 (1)	1.6 (1)	1.0	3	1	0
Tenejac	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	7.32 (2)	9.87 (1)	31.2 (5)	35.4 (5)	10.8 (8)	1.1	4	0	0
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	12.51 (7)	13.82 (3)	47.5 (32)	41.5 (23)	4.8 (7)	1.4	3	2	2
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	5.86 (3)	6.39 (2)	19.1 (14)	35.3 (30)	1.5 (1)	1.4	4	0	0
Xalpatlaco	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	7.81 (4)	6.60 (2)	27.8 (11)	32.8 (13)	6.0 (0)	1.2	0	2	3
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	4.06 (1)	3.87 (1)	18.8 (11)	18.0 (13)	3.7 (1)	1.4	2	2	3
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	4.25 (1)	5.66 (1)	7.7 (4)	11.1 (5)	1.0 (0)	1.4	2	3	1

* Índice de sinuosidad	< 1.05 Rectilíneo 1.05 a 1.5 Sinuoso > 1.5 Meandriforme
*Material predominante en las paredes del barranco (finos, medios y gruesos)	0 Menos del 10% 1 Del 11% al 25% 2 Del 26% al 50% 3 Del 51% al 75% 4 Más del 75%

Tabla 3.10 Matriz para el proceso de flujo de detritos

Barranco	Sección	Medidas de tendencia central y dispersión	Amplitud del cauce (m)	Amplitud del talweg (m)	Altura del talweg (m)	Pendiente del cauce (grados)	Altitud (m)
Atlapexco	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	5.78 (2)	1.38 (1)	0.25 (0)	3.7 (3)	2935 (21)
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	94.50 (9)	13.64 (6)	0.46 (0)	2.6 (1)	2467 (5)
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	16.84 (9)	2.10 (2)	0.39 (0)	1.4 (1)	2315 (7)
Atlapitz	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	27.19 (8)	1.43 (1)	0.32 (0)	14.0 (10)	3332 (16)
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	28.76 (9)	5.70 (1)	0.25 (0)	2.8 (1)	2538 (4)
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	59.40 (18)	6.92 (1)	0.20 (0)	1.8 (0)	2303 (4)
Briones	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	10.04 (2)	4.40 (1)	0.85 (0)	9.5 (2)	3380 (42)
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	42.05 (10)	2.09 (1)	0.38 (0)	1.6 (1)	2690 (42)
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	58.01 (25)	4.22 (3)	2.70 (4)	1.2 (0)	2325 (7)
Ramontla	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	7.16 (2)	1.53 (1)	0.21 (0)	12.3 (6)	3410 (42)
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	88.01 (12)	5.38 (3)	0.28 (0)	2.1 (0)	2475 (7)
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	10.04 (10)	2.40 (2)	1.32 (1)	1.6 (1)	2345 (7)
Tenejac	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	20.67 (3)	1.28 (0)	0.27 (0)	10.8 (8)	3331 (14)
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	39.74 (6)	2.66 (2)	0.26 (0)	4.8 (7)	2650 (28)
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	36.80 (17)	2.40 (1)	0.69 (0)	1.5 (1)	2330 (14)
Xalpatlaco	Superior	MEDIA (DESV. ESTA.)	20.52 (6)	1.93 (1)	0.42 (0)	6.0 (0)	3266 (22)
	Media	MEDIA (DESV. ESTA.)	20.08 (7)	1.65 (1)	0.51 (0)	3.7 (1)	2660 (14)
	Baja	MEDIA (DESV. ESTA.)	44.14 (11)	2.19 (1)	0.26 (0)	1.0 (0)	2345 (7)

*Índice de sinuosidad (%)	Número de bloques de 0.50-1m	Número de bloques de 1-2m	Número de bloques de +2m	Número de saltos > a 1.50 m.	Número de bancos > a 5 m.	Número de personas que extraen de 5 a 10 camiones de material
1.0	16	7	1	2	0	0
1.2	4	23	0	0	3	19
1.2	16	0	0	0	0	0
1.3	9	4	1	2	0	0
1.2	6	31	3	0	0	22
2.4	4	26	1	0	2	11
1.0	17	28	52	0	1	0
1.1	28	3	9	0	0	31
1.2	22	0	0	0	0	3
1.1	16	0	0	1	0	0
1.1	29	9	4	0	3	26
1.0	19	0	1	1	0	0
1.1	35	0	0	0	0	0
1.4	12	61	5	0	0	0
1.4	55	5	0	0	0	4
1.2	9	25	47	0	0	0
1.4	11	15	27	0	0	24
1.4	6	25	3	0	0	13

* Índice de sinuosidad	< 1.05 Rectilíneo 1.05 a 1.5 Sinuoso > 1.5 Meandriforme
------------------------	---

Los resultados son mostrados a manera de gráfica llamada dendrograma; esta representación gráfica resulta clara para interpretar y arroja información de mucha utilidad cuando se quiere identificar diferencias o similitudes (Dallas, 2000).

3.3.1 Análisis de Componentes Principales (ACP) y *Cluster*

Caída de derrubios y formación de taludes

Mediante el análisis de componentes principales se distinguieron siete factores, cuatro de ellos en el primer componente y tres en el segundo. El primer componente refiere a la pendiente y altura de las márgenes; y explican el 35.30% de la varianza total. Mientras que en el segundo componente se encuentra el tipo de material en las paredes del barranco (finos, medios y gruesos) y explica el 28.04%; en su conjunto los siete factores explican el 63.34% de la varianza total (Tabla 3.11)

Esto indica que la pendiente y altura de las márgenes constituyen un elemento de suma importancia, por cuanto condiciona la acción de los agentes exógenos modeladores del relieve y por tanto adquiere singular importancia en la ocurrencia de procesos gravitacionales.

Es natural que las pendientes mayores estén en función del relieve ya que en las paredes escarpadas, predomina la erosión vertical; al mismo tiempo surgen escorrentías en sus laderas, lo que aunado a la socavación de la base de las laderas favorecen los procesos gravitacionales (caída) y a su vez, el desprendimiento del material deja de nuevo paredes escarpadas o verticales.

También, las unidades litológicas complementa la interpretación ya que el tipo de material (finos, medios y gruesos), así como su disposición favorece la profundidad de la disección y juega un papel preponderante como factor antecedente causante de la caída de derrubios y bloques.

El dendograma muestra la similitud y diferencias entre las unidades, formando dos grupos principales a una distancia euclidiana de 12; donde se agrupan básicamente por sección de barranco dominando las secciones superiores donde son, comúnmente, sectores de gran inestabilidad en los cuales se manifiestan mecanismos de erosión acelerada, dada la concentración de energía y carga de la corriente (Figura 3.16).

En estos sectores, el río tiene una velocidad relativamente rápida y volumen considerable, entonces enfoca mucha de su energía a aumentar la profundidad del valle, lo que se conoce como incisión o excavación. Este proceso de incisión, por lo general, produce un valle profundo con lados muy pronunciados y con forma de V en sección (Pedraza, 1996).

En resumen, la pendiente en las secciones superiores es mayor, elemento que por sí mismo, y en donde predominan los materiales no consolidados, favorecen el desarrollo de los procesos de remoción en masa.

Flujo de detritos y bloques

Durante el análisis de componentes principales se distinguieron seis factores; cuatro de ellos en el primer componente y dos en el segundo. En el primer componente, las variables explican el 35.35% de la varianza total y corresponden a la amplitud y pendiente del cauce, altitud promedio, y amplitud del talweg. Mientras que el segundo componente explica el 17.92% de la varianza y corresponde al número y tamaño de bloques con eje mayor a 1 metro.

Esto explica que los cambios de pendiente y amplitud en el barranco definen, asimismo, sectores en los cuales la erosión o acumulación adquieren importancia. Puesto que la velocidad del flujo de detritos y bloques depende de la pendiente y amplitud del cauce, los materiales disponibles y la cantidad de agua. El agua desciende a gran velocidad fuertemente cargada de sedimentos arrancados de las paredes y de su propio

Tabla 3.11 Matriz de factores, producto del análisis de componentes principales (caída de derrubios y formación de taludes)

Variable	Factores descargados (no rotados) (Matriz) Extracción: Componentes Principales (Marcar valores > 0.700000)		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Altura media de la pared derecha	0.75540852	0.14905399	0.57386795
Altura media de la pared izquierda	0.79860339	0.10718522	0.49667794
Pendiente media de la pared derecha	0.88698248	0.02461868	-0.24927754
Pendiente media de la pared izquierda	0.91051666	-0.14176356	-0.13514535
Pendiente del cauce	-0.47333596	-0.27348046	-0.49722299
Sinuosidad	0.21566550	0.27444874	0.50117966
Materiales finos en las paredes del barranco	0.10262813	-0.90156647	0.25756625
Materiales medios en las paredes del barranco	0.17353800	0.92250104	0.16605869
Materiales gruesos en las paredes del barranco	-0.20410745	0.80960675	-0.42773948
Expl.Var	3.17705429	2.52381578	1.43170564
Proporción total	0.35300603	0.28042398	0.15907840

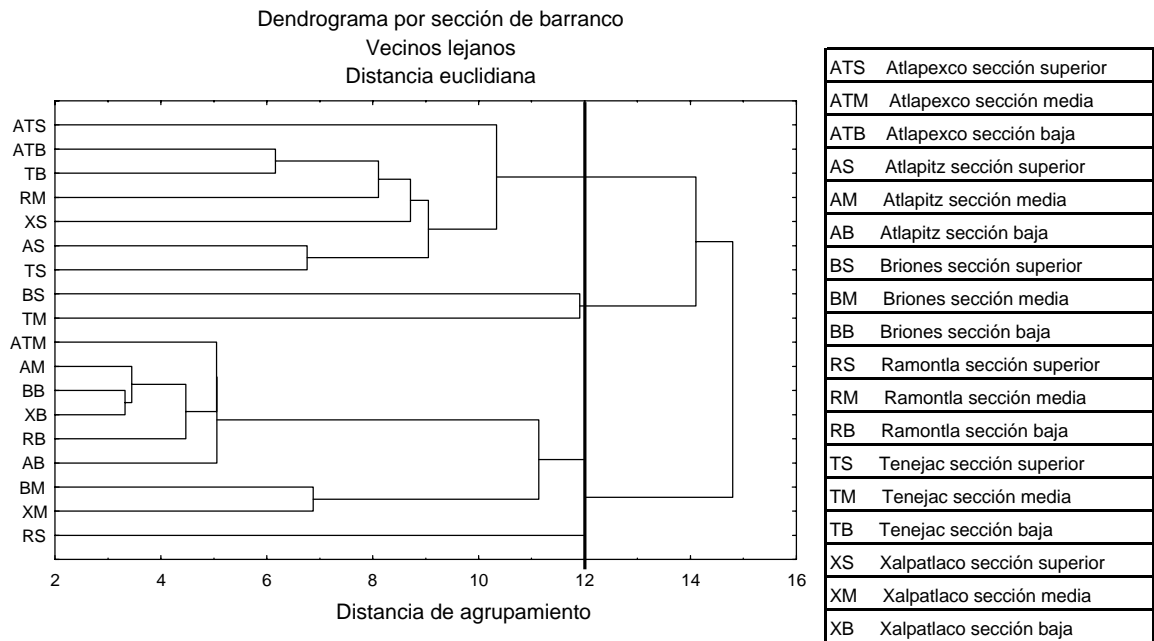


Figura 3.16 Dendrograma por sección de barranco (caída de derrubios y formación de taludes)

lecho, lo que da poder abrasivo a la corriente. El escurrimiento socava las márgenes, desequilibrando las paredes del barranco que se desploman en paquetes por la falta de soporte, también los materiales caídos conforman un talud que posteriormente son incorporados al flujo (Pedraza, 1996).

Normalmente, los flujos ocurren durante y después de lluvias extraordinarias y la competencia de la carga esta dada por la cantidad de agua y volumen de materiales que pueda transportar el río o arroyo. Con frecuencia la velocidad del flujo disminuye con el cambio de gradiente o a medida que el canal se amplía o cambia de dirección. En donde el cauce presenta una disminución de pendiente o un ensanchamiento brusco, la corriente pierde energía y deposita su carga, ésta tiende a obstaculizar a la corriente desplazándola hacia las márgenes, donde socava y se recarga de materiales arrancados de las paredes del barranco (Pedraza, 1996) (Tabla 3.12).

En el dendograma se observan tres grupos a una distancia de agrupamiento de 150; donde se agrupan por sección de barranco: superior, media y baja. En el sector superior existe un flujo extraordinario de corta duración; en donde los aportes de agua subsuperficial presentes en las laderas del barranco son notables y dan lugar, junto con el agua pluvial captada directamente en el barranco, a la formación de un flujo que recorre de manera continua todo el cauce, abarcando gran parte del lecho (Figura 3.17).

En el sector medio existen escarpes activos, coincidentes, en un buen número de casos, con curvaturas meándricas, lo que hace del mismo un área importante de producción de material de arrastre. Las porciones externas de las curvaturas son, generalmente, emisoras de grandes cantidades de sedimentos, mientras que en las porciones internas de las mismas se aprecian distintos niveles de terrazas que atestiguan tanto la acumulación de sedimentos como los diferentes procesos de incisión vertical de la corriente.

Tabla 3.12 Matriz de factores, producto del análisis de componentes principales (flujo de detritos)

Variable	Factores descargados (no rotados) (Matriz)		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Amplitud media del cauce	0.873046	-0.208961	0.190322
Amplitud media del talweg	0.709657	-0.395418	0.236504
Altura media del talweg	0.071832	0.284370	-0.516450
Pendiente media del cauce	-0.717916	-0.178180	0.469253
Número de bloques de 0.50-1m	0.419603	0.242582	-0.225714
Número de bloques de 1-2m	-0.362490	-0.770772	-0.345358
Número de bloques de +2m	-0.405979	-0.773331	-0.453234
Sinuosidad	0.438639	0.016185	0.095366
Número de saltos > ó = a 1.50 m.	-0.560236	0.275470	0.549149
Número de bancos > ó = a 5 m.	0.652608	-0.537644	0.381845
Altitud promedio	-0.805711	-0.372720	0.294414
Número de personas que extraen de 5 a 10 camiones de material	0.634787	-0.287733	0.124989
Expl.Var	4.242959	2.150528	1.513483
Proporción total	0.353580	0.179211	0.126124

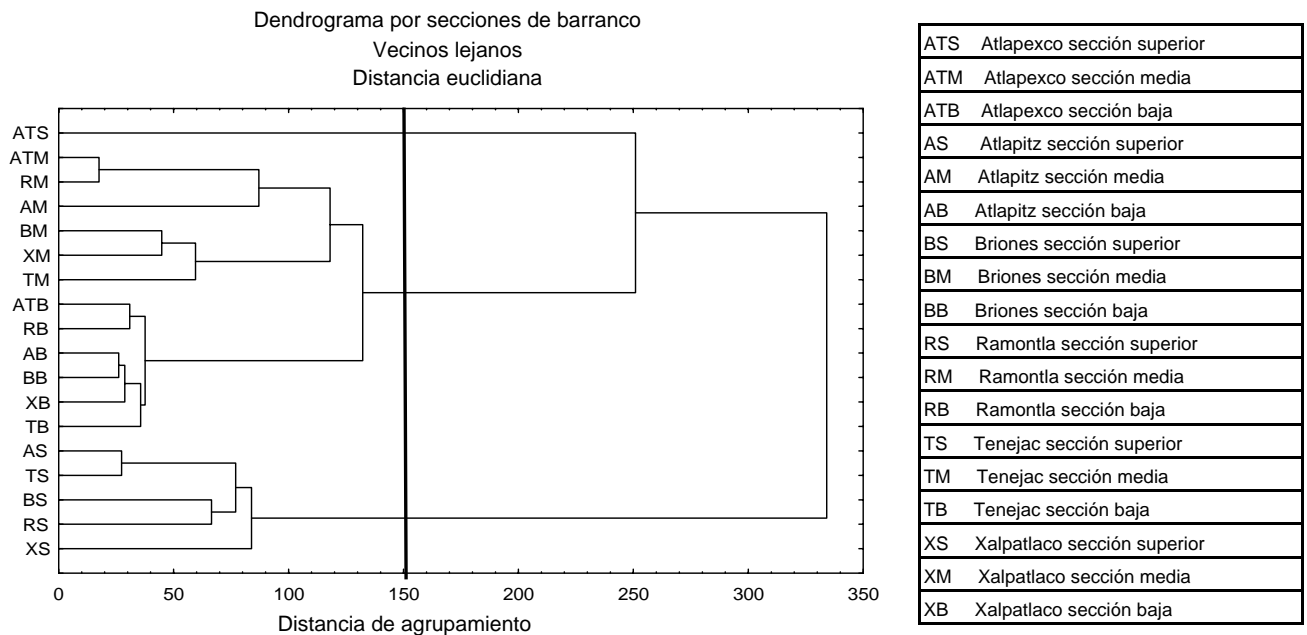


Figura 3.17 Dendrograma por sección de barranco (Flujo de detritos)

Mientras que en las porciones bajas, a medida que la competencia del río baja, los materiales se clasifican granulométricamente, de tal forma que los más grandes empiezan primero a depositarse, corriente arriba, y los sedimentos más finos se depositan más lejos, río abajo (Pedraza, 1996).

El depósito de sedimentos juega un papel clave en la formación y modelado del relieve fluvial. Las partículas más pequeñas forman el mayor volumen de total de los depósitos fluviales. En general, las partículas se hacen más pequeñas a medida que son transportadas, y el río es colmatado como resultado de la depositación de sedimentos.

3.4 ELEMENTOS DEL RIESGO

3.4.1 PELIGRO

La verdadera amenaza surge cuando de la posibilidad teórica se pasa a la probabilidad concreta, de que uno de los fenómenos de origen natural o humano, se desarrolla en un tiempo determinado y en una región que no esté adaptada para afrontar sin traumatismos ese fenómeno (Campos, 1998).

Esa falta de adaptación, fragilidad o vulnerabilidad, es precisamente la que convierte la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en una amenaza o peligro. En nuestro caso, dichos peligros se encuentran representados de manera más común por la caída de materiales por gravedad y socavación del río, flujo de detritos y bloques sobre el cauce del barranco. Por lo cual a partir de la confección de cartografía geomorfológica detallada, levantamiento de perfiles transversales y revisión de información climática, fueron detectadas áreas en donde estos procesos se llevan a cabo y áreas que, por sus condiciones generales, se encuentran exentas de peligro. Para cada uno de los procesos se seleccionaron variables que permitieran hacer un mejor análisis del peligro (Tablas 3.13 y 3.14). Aunque cabe mencionar que para la evaluación del riesgo estas dos tablas se integran en una.

Tabla 3.13 Variables para determinar el nivel de peligro por caída de derrubios y formación de taludes

*Sección	Altura media de la margen derecha (m)	Altura media de la margen izquierda (m)	Pendiente media de la margen derecha (grados)	Pendiente media de la margen izquierda (grados)	Material dominante en las paredes del barranco (más del 50%)	Precipitación (mm). Promedio total anual	Cobertura vegetal en las paredes del barranco	Socavación en las paredes
ATS	3.84	3.99	34.7	34.6	Finos	814.60	Ausencia	Ausencia
ATM	7.43	6.76	5.5	8.6	Medios	814.60	Ausencia	Ausencia
ATB	6.05	4.49	23.7	31.7	Finos	814.60	Ausencia	Presencia
AS	8.34	9.97	27.1	31.3	Finos	720.40	Presencia	Ausencia
AM	2.88	4.21	7.8	9.2	Medios	720.40	Ausencia	Ausencia
AB	6.04	4.87	13.8	8.8	Finos	720.40	Ausencia	Ausencia
BS	5.98	6.31	43.8	41.3	Gruesos	997.50	Ausencia	Presencia
BM	7.62	8.20	19.2	18.3	Finos	997.50	Ausencia	Presencia
BB	5.50	6.46	9.3	9.3	Finos	997.50	Ausencia	Ausencia
RS	2.46	2.39	13.7	13.2	Finos	814.60	Presencia	Ausencia
RM	12.91	10.04	19.7	35.1	Finos	814.60	Ausencia	Presencia
RB	2.70	2.59	10.2	8.3	Finos	814.60	Ausencia	Presencia
TS	7.32	9.87	31.3	35.4	Finos	997.50	Presencia	Ausencia
TM	12.51	13.82	47.5	41.5	Medios	997.50	Ausencia	Presencia
TB	5.86	6.39	19.1	35.3	Finos	997.50	Ausencia	Ausencia
XS	7.81	6.60	27.9	32.8	Gruesos	849.76	Ausencia	Presencia
XM	4.06	3.87	18.8	18.0	Gruesos	899.91	Ausencia	Presencia
XB	4.25	5.66	7.7	11.1	Medios	899.91	Ausencia	Presencia

Tabla 3.14 Variables para determinar el nivel de peligro por flujo de detritos

*Sección	Amplitud media del cauce (m)	Amplitud media del talweg (m)	Pendiente del cauce (Media)	Altitud promedio (m)	Material predominante en el lecho del barranco (según dimensiones)	Precipitación (mm). Promedio total anual	Banco de materiales > a 1.50 m.
ATS	5.78	1.38	3.7	2935	0.50 - 1.00 m	814.60	Ausencia
ATM	94.50	13.64	2.6	2467	1.01 - 2.00 m	814.60	Presencia
ATB	16.84	2.10	1.4	2315	0.50 - 1.00 m	814.60	Ausencia
AS	27.19	1.43	14.1	3332	0.50 - 1.00 m	720.40	Ausencia
AM	28.76	5.70	2.8	2538	1.01 - 2.00 m	720.40	Ausencia
AB	59.40	6.92	1.8	2303	1.01 - 2.00 m	720.40	Presencia
BS	10.04	4.40	9.5	3380	+ 2.00 m	997.50	Presencia
BM	42.05	2.09	1.6	2690	0.50 - 1.00 m	997.50	Presencia
BB	58.01	4.22	1.2	2325	0.50 - 1.00 m	997.50	Ausencia
RS	7.16	1.53	12.3	3410	0.50 - 1.00 m	814.60	Ausencia
RM	88.01	5.38	2.1	2475	0.50 - 1.00 m	814.60	Presencia
RB	10.04	2.40	1.6	2345	0.50 - 1.00 m	814.60	Ausencia
TS	20.67	1.28	10.9	3331	0.50 - 1.00 m	997.50	Ausencia
TM	39.74	2.66	4.8	2650	1.01 - 2.00 m	997.50	Presencia
TB	36.80	2.40	1.6	2330	0.50 - 1.00 m	997.50	Ausencia
XS	20.52	1.93	6.0	3266	+ 2.00 m	849.76	Presencia
XM	20.08	1.65	3.8	2660	+ 2.00 m	899.91	Presencia
XB	44.14	2.19	1.0	2345	1.01 - 2.00 m	899.91	Presencia

***Sección**

ATS Atlapexco sección superior	BS Briones sección superior	TS Tenejac sección superior
ATM Atlapexco sección media	BM Briones sección media	TM Tenejac sección media
ATB Atlapexco sección baja	BB Briones sección baja	TB Tenejac sección baja
AS Atlapitz sección superior	RS Ramontla sección superior	XS Xalpatlaco sección superior
AM Atlapitz sección media	RM Ramontla sección media	XM Xalpatlaco sección media
AB Atlapitz sección baja	RB Ramontla sección baja	XB Xalpatlaco sección baja

Los niveles de peligro (alto, medio y bajo) se obtuvieron a partir de una serie de condiciones establecidas previamente; cabe señalar, que para designar cada uno de los niveles de peligro por lo menos deben existir tres coincidencias en los criterios mencionados (Tablas 3.15 y 3.16).

Tabla 3.15 Niveles de peligro de los barrancos de la ladera occidental por proceso de caída de derrubios y formación de taludes

NIVEL DE PELIGRO	Bajo	Medio	Alto
CRITERIOS			
Altura de las márgenes (metros)	2.30-6.20	6.21-10.10	10.11-14.00
Pendiente de las márgenes (grados)	5.0-19.3	19.4-33.6	33.7-48.0
Porcentaje de material en las paredes del barranco (más del 50 %)	Material fino (< 2 mm)	Material medio (2 mm – 64 mm)	Material grueso (> 64 mm)
Precipitación. Promedio total anual (milímetros)	700 – 800	801-900	901 – 1000
Cobertura vegetal en las márgenes (musgo, arbustos y árboles)	Presencia	Ausencia	Ausencia
Socavación en las paredes del barranco	Ausencia	Presencia	Presencia

Tabla 3.16 Niveles de peligro de los barrancos de la ladera occidental por proceso de flujo de detritos

NIVEL DE PELIGRO	Bajo	Medio	Alto
CRITERIOS			
Amplitud del cauce (metros)	5.00-35.00	35.01-65.00	65.01-95.00
Amplitud del talweg (metros)	1.00-5.33	5.34-9.66	9.67-14.00
Pendiente del cauce (grados)	1.0-5.6	5.7-10.3	10.4-15.00
Precipitación. Promedio total anual (milímetros)	700 – 800	801-900	901 - 1000
Altitud promedio (metros)	2 300-2 673	2 674-3 046	3 047-3 420
Material predominante en el lecho del barranco según dimensiones (metros)	0.50-1.00	1.01-2.00	Más 2.00
Número de camiones que trasladan material de los barranco (al día)	0-9	10-20	21-31
Bancos de material a lo largo del cauce (> a 1.50 m.)	Ausencia	Presencia	Presencia

Peligro alto. La dinámica de los procesos geomorfológicos en estos sectores se encuentran relacionados con la topografía, las condiciones litológicas y climáticas del lugar. En primer lugar, es aquí donde las laderas poseen las pendientes más abruptas, en materiales que van del tamaño de los cantos hasta bloques en una matriz arenosa, en donde la roca expuesta a los cambios bruscos de temperatura y la humedad favorecen el intemperismo agrietando la roca, el agua al penetrar en las diaclasas y fracturas durante la noche se congela y en el transcurso del día hay derretimiento del agua, proceso que va

ensanchando las fracturas hasta que el material se desprende. Frecuentemente el material desprendido da lugar a la formación de taludes, que posteriormente son arrasados por el agua; dando lugar al flujo de bloques. Ya en el flujo, las rocas se rompen o desgastan por el impacto de unas con otras.

Durante el periodo de lluvias intensas (junio, agosto y septiembre) las corrientes torrenciales permiten la remoción de detritos y bloques de tamaño considerable (hasta 3 metros de eje mayor). A su vez, esto permite un alto poder abrasivo en los flujos de agua que socavan rápida y eficazmente las márgenes y provocan desprendimientos de material de las paredes a lo largo de los barrancos. Por lo que los flujos de detritos y bloques se van desplazando a lo largo del barranco, lo que incrementa en las secciones de la desembocadura la cantidad de detritos.

En estas áreas la vegetación se encuentra ausente en las laderas del barranco debido a los incendios y explotación forestal no regulada, acelerando la intensidad de los procesos gravitacionales, debido a que al carecer de plantas disminuye el grado de humedad de la porción superficial del suelo, con la consecuente desecación y formación de fracturas que facilitan la infiltración de agua superficial.

Peligro medio. En las laderas de estos sectores se encuentran materiales de 2 a 64 mm en una matriz fina, que se caracterizan por ser deleznable que durante la época de lluvias se caen de las laderas de los barrancos; debido a que el agua de la lluvia actúa como lubricante, originando que grandes volúmenes de material se desprendan y se muevan rápida o lentamente hacia niveles más bajos.

Aquí las formas acumulativas–aluviales poseen un amplio desarrollo y los procesos gravitacionales se encuentran relacionados con la socavación de base de las laderas llevadas a cabo por el río. Dicha socavación provoca la inestabilidad de las laderas, que se traduce en una intensa remoción de detritos y la formación de un talud

coluvial que constituye una fuente importante de sedimentos. Todo ello se ve favorecido, por la pendiente y ausencia de vegetación, dando lugar a la caída de derrubios y formación de taludes.

Por lo que se refiere al flujo de detritos, los bancos aluviales que llegan a presentarse muestran una acumulación aluvial heterométrica, resultado de la actividad torrencial del río. Así, con el aumento súbito del gasto principalmente durante los meses de mayor precipitación (junio-septiembre), los sedimentos removidos en grandes cantidades, son depositados a partir de la pérdida, también súbita, del río, una vez que cesa la crecida, con lo cual el material se acumula sin clasificarse claramente. Posteriormente estos bancos aluviales son arrastrados durante las crecidas. En las laderas del barranco, la pérdida de la cubierta forestal ocasiona que no haya retención de suelo lo que hace que sea más vulnerable a los procesos de remoción en masa.

Peligro bajo. Normalmente, en estas áreas se encuentran depósitos formados por material fino que se compactan en estado seco, de manera que las paredes son más estables; pero hay una condición que ocasiona que se vuelva inestable, y es la precipitación, que produce el humedecimiento de las paredes durante la temporada de lluvias (Heine, 1971). Cuando la parte superior de las laderas del barranco está completamente húmeda y continúan produciéndose precipitaciones abundantes, el agua fluye y desciende por la pared; en ello arrastra consigo pequeñas cantidades del material fino, de manera que va socavando y originando grietas. El agua de lluvia penetra fácilmente a lo largo de estas grietas y desprende grandes porciones de material que se precipitan al fondo para que después el agua que corre por el barranco los reblandezca y sean arrastrados como material fino.

Generalmente en estos sectores de barranco sobre una de las márgenes del río se observan depósitos aluviales, se presenta entonces una margen erosiva de ataque que

provoca inestabilidad en la ladera, dando lugar a caídas de material. Dicha actividad se traduce en la formación de conos de talud formados por detritos que son removidos por el río en posteriores crecidas. En algunas ocasiones, el exceso de material de transporte, que aquí se ha acumulado, hace que la corriente tienda al anastomosamiento en una parte del sector. En estas secciones los mecanismos de modelado no son tanto erosivos sino acumulativos. Las terrazas atestiguan las distintas etapas de acumulación.

Es importante mencionar que en algunas secciones (cabecera) del barranco la densidad y desarrollo de la vegetación (musgo, arbustos y árboles) definen en parte que los barrancos sean más estables en cuanto a los procesos de remoción (Figura 3.18).

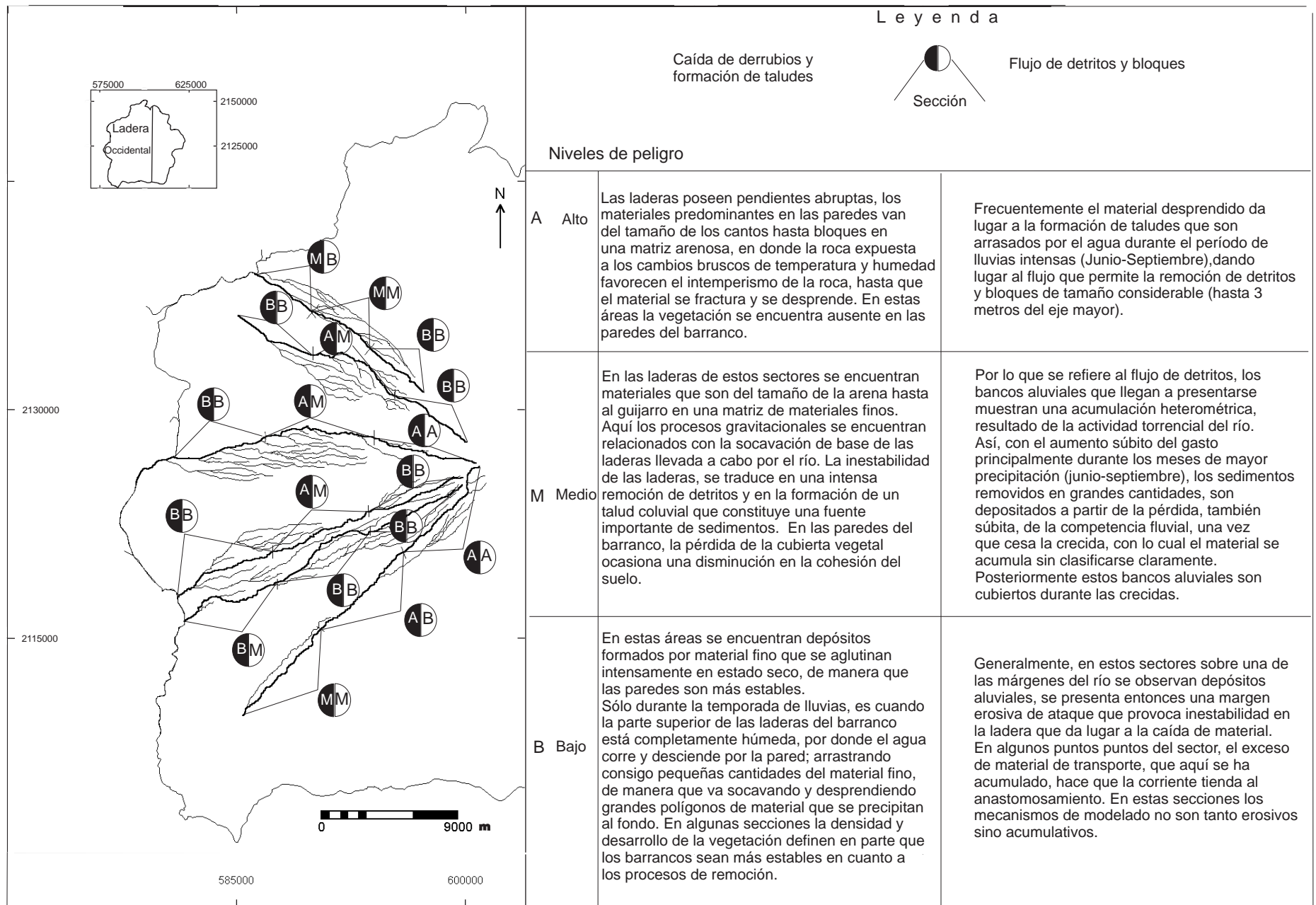


Figura 3.18 Nivel de peligro por procesos de remoción en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche

3.4.2 VULNERABILIDAD

Es la susceptibilidad o predisposición de un individuo, vivienda, población, etc., a ser afectado por un fenómeno, proceso o calamidad, así como de sufrir una pérdida (Maskrey, 1993). Por lo tanto, se entiende como la capacidad de una persona o grupo para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de un peligro. En esta investigación, para realizar la evaluación de la vulnerabilidad de la población, que servirá como elemento para identificar las zonas de riesgo, es indispensable utilizar diversos componentes y establecer el peso de cada uno de ellos, dado que cada uno influye de manera diferente, por lo que se muestra una tabla con cada una de las variables incluidas.

Para el área de estudio, los elementos que pueden ser afectados por los procesos de remoción en masa, son el contexto social y material representado por las personas y por los recursos y servicios es decir, las actividades humanas.

Las localidades representan la contraparte del medio natural, son los grupos sociales que se encuentran a merced de los peligros de su ambiente pero, al ser “entes” dinámicos también generan transformaciones al entorno, ocasionando situaciones que pueden atenuar, revertir o intensificar los efectos del peligro. A su vez el incremento demográfico, la concentración y el desarrollo industrial y tecnológico aumentan la vulnerabilidad. Aunque algunas veces con el progreso tecnológico se logra disminuir el impacto generado por un riesgo, pero en otros, este progreso ocasiona modificaciones al entorno dando por resultado el surgimiento de nuevos peligros.

La población total, es el número de personas que residen habitualmente en las localidades o AGEBS involucradas en las áreas susceptibles a ser afectadas por los procesos de remoción en masa. La cantidad de población está referida a la fecha oficial del XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001).

Las viviendas particulares habitadas, son el espacio delimitado por paredes y techos, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente. Para este estudio interesa las viviendas con techos y paredes que están construidas la mayor parte con material de desecho, lámina de cartón, tejamanil o madera; ya que son más susceptibles a sufrir pérdidas o desplome de sus casas por los procesos de remoción (caída y flujo). Además de aquellas que no cuentan con un sistema de drenaje, que no disponen de un sistema de tuberías para eliminar las aguas negras o aguas sucias ya que éstas contribuyen a la inestabilidad por el humedecimiento constante del suelo (INEGI, 2001).

También, se incluyen variables que indican las posibles pérdidas económicas en caso de sufrir un daño, como es los bienes en la vivienda que se refiere a la disponibilidad de bienes materiales e instalaciones en la vivienda que proporcionan comodidad, de acceso y que aligeran las tareas domésticas (automóvil o camioneta, calentador de agua, computadora, lavadora licuadora, radio o radiograbadora, refrigerador, teléfono, televisión y videocasetera).

Dentro de las actividades económicas que pueden ser alteradas por la caída y flujo de detritos y bloques está la agricultura de subsistencia que se caracteriza por depender de las condiciones naturales del medio, especialmente del relieve y del clima. Del relieve, porque a este tipo de agricultura se le ha destinado a lugares menos propicios tales como las laderas de barranco, con condiciones naturales muy deterioradas. Del clima porque los campesinos están sujetos a la aleatoriedad de las lluvias que, cuando se presentan tienen una marcada concentración en una sola época del año que, por lo general, corresponde al verano.

La cosecha se concentra casi siempre en la producción de maíz y frijol. Estos productos constituyen una seguridad en su alimentación y una reserva que puede ser

transformada en dinero en efectivo cuando por alguna causa, enfermedad, gastos ceremoniales, etcétera, así lo requiera el campesino.

También, en el sector campesino la ganadería es una actividad complementaria de la agricultura. Se cuenta con una ganadería semiextensiva basada en el aprovechamiento de pastos naturales en laderas y cauce de barrancos, que utiliza grandes extensiones de tierra, para la cría de becerros, vacas, ovejas y cabras para autoconsumo y la venta en pie que genera ingresos para su familia.

Industria. En la actualidad, se desarrolla una importante actividad como es la industria de la confección de ropa, a través de talleres familiares que ofrecen empleo para la población local. Son microempresas de no más de 10 trabajadores, que tienen un nivel tecnológico inferior al de una fábrica, instalados en el domicilio del dueño; se establecen en casa debido a la falta de oportunidades en el mercado de trabajo, o bien para incrementar o complementar ingresos familiares, en donde se ha destacado en particular la participación de las mujeres. Las ventajas del trabajo a domicilio otorga a las mujeres mayor flexibilidad de sus tiempos y les permite tener mayor control sobre sus vidas, así como elaborar nuevos contenidos de sus roles domésticos y productivos (Pacheco, 2000).

Otro sector de la industria que también tiene auge en el área es la industria de la construcción que a base de la explotación de arena, grava y piedra que se desarrolla en las laderas y lecho de los barrancos (Tabla 3.17). Es importante manifestar que esta actividad es relevante en la economía local; basta apuntar su papel como fuente generadora de empleo y portadora de ingresos para la población (INEGI,2003). El mercado principal está constituido por industrias dedicadas a la elaboración de materiales para la construcción y por constructoras que llevan a cabo fraccionamientos, edificios de organismos públicos y centros comerciales.

Tabla 3.17 Variables para determinar el nivel de vulnerabilidad por procesos de caída de derrubios y formación de taludes y flujo de detritos

Barranco	Sección	Número de localidades	Población total	Viviendas particulares habitadas	Promedio de ocupantes en viviendas particulares	Viviendas particulares sin drenaje	Viviendas particulares con techos de materiales ligeros, naturales y precarios	Viviendas particulares con paredes de materiales ligeros, naturales y precarios	Viviendas particulares con todos los bienes	Actividades económicas que podrían ser afectadas	
										Primarias (agricultura y ganadería)	Secundarias (industria de la construcción y/o confección)
Atlapexco	Superior	0	0	0	0	0	0	0	0	Presencia	Ausencia
	Media	4	3368	644	20.88	181	45	5	3	Presencia	Presencia
	Baja	6	26038	5052	54.99	753	1236	962	103	Presencia	Presencia
Atlapitz	Superior	0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia
	Media	1	21	7	3.00	7	5	1	0	Presencia	Ausencia
	Baja	2	10113	1893	5.29	221	21	6	13	Presencia	Presencia
Briones	Superior	1	1	*	*	*	*	*	*	Ausencia	Ausencia
	Media	5	441	74	15.82	42	4	0	1	Presencia	Presencia
	Baja	8	32537	6140	52.21	896	460	279	80	Presencia	Presencia
Ramontla	Superior	0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia
	Media	1	64	7	6.29	7	4	0	0	Presencia	Presencia
	Baja	7	6424	1274	21.22	235	121	82	26	Presencia	Presencia
Tenejac	Superior	0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia
	Media	2	14	*	*	*	*	*	*	Ausencia	Ausencia
	Baja	9	26760	5426	77.62	498	749	1085	91	Presencia	Presencia
Xalpatlaco	Superior	0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia
	Media	10	1980	337	33.78	237	110	47	0	Presencia	Presencia
	Baja	3	25271	4211	51.36	509	339	94	29	Presencia	Presencia

* Viviendas sin información de ocupantes

Las variables antes mencionadas sirvieron para establecer los niveles de vulnerabilidad en el área de estudio, por lo que cabe mencionar que se fijaron una serie de condiciones previamente planteadas en las cuales a través de una serie de rangos, se les asignó un valor y que en cuyo caso debe existir como mínimo seis coincidencias (Tabla 3.18).

Tabla 3.18 Niveles de vulnerabilidad por proceso de caída de derrubios y formación de taludes y flujo de detritos y bloques

NIVEL DE VULNERABILIDAD	Bajo	Medio	Alto
CRITERIOS			
Número de localidades	0	1 - 4	5 - 10
Población total	Menos de 14	14- 16 269	16 270 – 32 537
Viviendas particulares habitadas	0	1 – 3 073	3 074 – 6 140
Promedio de ocupantes en viviendas particulares	0	1 – 38.81	38.82 – 77.62
Viviendas particulares sin drenaje	0	1 - 451	452 – 896
Viviendas particulares con techos de materiales ligeros, naturales y precarios	0	1 – 620	621 – 1 236
Viviendas particulares con paredes de materiales ligeros, naturales y precarios	0	1 - 543	544 – 1 085
Viviendas particulares con todos los bienes	0	1 - 52	53 – 103
Actividades económicas primarias: agricultura y ganadería	Ausencia	Presencia	Presencia
Actividades económicas primarias: construcción y/o confección	Ausencia	Presencia	Presencia

Vulnerabilidad alta. Existe un mayor número de localidades y por ende la cantidad de población es mayor. Las viviendas presentan condiciones muy precarias, sin buenas bases o cimientos, de material de desecho (lámina o cartón) y que por tanto no tienen la resistencia adecuada para el efecto de la caída y flujo de materiales. Además, la mayoría

no cuentan con un sistema de drenaje, por lo que los desechos son conducidos hacia fosas, o en el peor de los casos, simplemente fuera de la vivienda, lo cual contribuye a aumentar la concentración de humedad en el subsuelo. Como la mayoría de las viviendas son susceptibles a procesos de ladera, sus bienes materiales, que proporcionan comodidad o aligeran sus tareas domésticas son vulnerables a pérdidas económicas. También, al sufrir daño en sus actividades (agricultura, ganadería e industria) les tomará años en recuperarse.

Vulnerabilidad media. Las localidades que se agrupan dentro de esta clase corresponden a aquellas que concentran una menor cantidad de población. Sin embargo, siguen existiendo viviendas construidas con materiales ligeros (lámina, madera y cartón), susceptibles a sufrir daños aún con procesos de baja magnitud. Además, cuentan con servicios e infraestructura (drenaje, agua potable y energía eléctrica) pero no en la proporción que se presentan en las grandes ciudades. Por lo que en caso de no contar con un sistema de drenaje, el escurrimiento e infiltración de agua, modifica la estructura e hidrología del suelo, contribuyendo a la inestabilidad de las laderas. En este nivel, al sufrir pérdidas económicas en sus bienes materiales y actividades económicas pone en evidencia carencias notables en la estructura social y económica para afrontar situaciones críticas, los habitantes de éstas áreas requieren de largos períodos de tiempo y ayuda para solventar sus necesidades básicas.

Vulnerabilidad baja. En este nivel no existen registros oficiales de asentamientos humanos o existe una distribución dispersa de la población. Sin embargo, la situación que guarda la población de estas áreas es que predominan viviendas mejor estructuradas que los casos anteriores. Es decir, que los elementos con los que está construida la vivienda son materiales (tabique, block, cemento o concreto, etc.) menos vulnerables al embate de la caída y flujo de materiales (Figura 3.19).

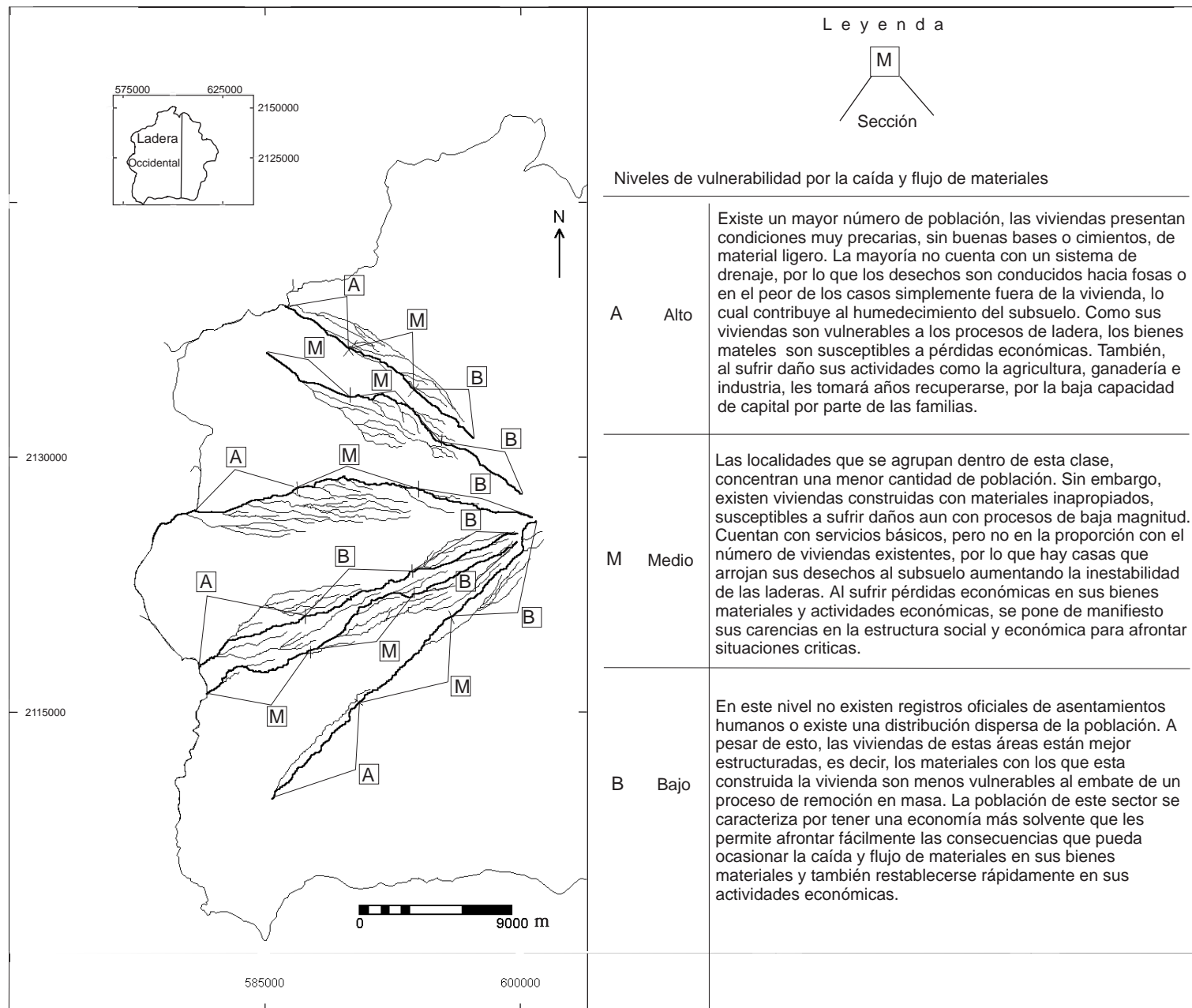


Figura 3.19 Nivel de vulnerabilidad por procesos gravitacionales en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche

La situación que guarda la población de estas áreas al tener una economía más solvente les permite afrontar de mejor forma las consecuencias que pueda ocasionar un proceso de remoción en masa en sus bienes materiales y también restablecerse más rápidamente en sus actividades económicas.

3.5 RIESGO

Las definiciones de riesgo generalmente están construidas sobre un mismo esquema lógico: la relación entre un "agresor" (fenómeno peligroso) y una "víctima" (la población afectada). De esta lógica proviene una "fórmula" en que el evento agresor es denominado amenaza o peligro (A), en tanto que la propensión o susceptibilidad de la población a sufrir su impacto es identificada con el término vulnerabilidad (V), por lo que frecuentemente se escribe.

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} + \text{Vulnerabilidad} (R = A + V) \text{ o } (R = A \times V)$$

Es importante mencionar que no hay riesgo: si hay amenaza pero la vulnerabilidad es cero, o si hay una población vulnerable pero ningún evento catastrófico. En muchos casos, lo que determina el riesgo, no es tanto el tamaño del evento físico sino la incapacidad de la comunidad afectada para absorberlo dentro de sus propiedades, ya sean construcciones o valores. Por lo tanto, cuanto mejor sea esta respuesta, menor será el riesgo (Campos, 1998). Para el área de estudio, se determinó el análisis de riesgo con variables tanto del medio físico como social, este último es expresado por medio de la vulnerabilidad de la población que ya se mostró en la Tabla 3.17 y que para determinar el nivel de riesgo se retomará; en tanto que el medio físico se expresa por medio de la información del peligro; que para el caso específico de la evaluación del riesgo, se integra en una sola tabla (Tabla 3.19); es decir la información del peligro a la caída de derrubios

Tabla 3.19 Variables para determinar el nivel de peligro a los procesos de remoción (caída y flujo de detritos)

*Sección	Altura media de las márgenes (m)	Pendiente media de las márgenes (grados)	Pendiente media del cauce (grados)	Amplitud media del cauce (m)	Amplitud media del talweg (m)	Precipitación (mm). Promedio total anual	Altitud promedio (m)	Material predominante en el lecho del barranco (según dimensiones)	Material dominante en las paredes del barranco (más del 50%)	Banco de materiales > 1.50 m.	Cobertura vegetal en las paredes del barranco	Socavación en las paredes
ATS	3.92	34.7	3.7	5.78	1.38	814.60	2935	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
ATM	7.10	7.1	2.6	94.50	13.64	814.60	2467	1.01 - 2.00 m	Medios	Presencia	Ausencia	Ausencia
ATB	5.27	27.7	1.4	16.84	2.10	814.60	2315	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Presencia
AS	9.16	29.2	14.1	27.19	1.43	720.40	3332	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Presencia	Ausencia
AM	3.55	8.5	2.8	28.76	5.70	720.40	2538	1.01 - 2.00 m	Medios	Ausencia	Ausencia	Ausencia
AB	5.45	11.3	1.8	59.40	6.92	720.40	2303	1.01 - 2.00 m	Finos	Presencia	Ausencia	Ausencia
BS	6.14	42.5	9.5	10.04	4.40	997.50	3380	+ 2.00 m	Gruesos	Presencia	Ausencia	Presencia
BM	7.91	18.7	1.6	42.05	2.09	997.50	2690	0.50 - 1.00 m	Finos	Presencia	Ausencia	Presencia
BB	5.98	9.3	1.2	58.01	4.22	997.50	2325	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
RS	2.42	13.4	12.3	7.16	1.53	814.60	3410	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Presencia	Ausencia
RM	11.47	27.4	2.1	88.01	5.38	814.60	2475	0.50 - 1.00 m	Finos	Presencia	Ausencia	Presencia
RB	2.65	9.3	1.6	10.04	2.40	814.60	2345	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Presencia
TS	8.59	33.3	10.9	20.67	1.28	997.50	3331	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Presencia	Ausencia
TM	13.17	44.5	4.8	39.74	2.66	997.50	2650	1.01 - 2.00 m	Medios	Presencia	Ausencia	Presencia
TB	6.12	27.2	1.6	36.80	2.40	997.50	2330	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
XS	7.20	30.3	6.0	20.52	1.93	849.76	3266	+ 2.00 m	Gruesos	Presencia	Ausencia	Presencia
XM	3.96	18.4	3.8	20.08	1.65	899.91	2660	+ 2.00 m	Gruesos	Presencia	Ausencia	Presencia
XB	4.96	9.4	1.0	44.14	2.19	899.91	2345	1.01 - 2.00 m	Medios	Presencia	Ausencia	Presencia

***Sección**

ATS Atlapexco sector superior	BS Briones sector superior	TS Tenejac sector superior
ATM Atlapexco sector medio	BM Briones sector medio	TM Tenejac sector medio
ATB Atlapexco sector bajo	BB Briones sector bajo	TB Tenejac sector bajo
AS Atlapitz sector superior	RS Ramontla sector superior	XS Xalpatlaco sector superior
AM Atlapitz sector medio	RM Ramontla sector medio	XM Xalpatlaco sector medio
AB Atlapitz sector bajo	RB Ramontla sector bajo	XB Xalpatlaco sector bajo

y formación de taludes y flujo de detritos. También, se establecieron una serie de criterios para fijar los grados de peligro de ambos procesos (Tabla 3.20).

Tabla 3.20 Criterios para determinar los niveles de peligros por proceso de caída de derrubios y formación de taludes y flujo de detritos

NIVEL DE PELIGRO	Bajo	Medio	Alto
CRITERIOS			
Altura de las márgenes (metros)	2.30-6.20	6.21-10.10	10.11-14.00
Pendiente de las márgenes (grados)	5.0-19.3	19.4-33.6	33.7-48.0
Pendiente del cauce (grados)	1.0-5.6	5.7-10.3	10.4-15.00
Amplitud del cauce (metros)	5.00-35.00	35.01-65.00	65.01-95.00
Amplitud del talweg (metros)	1.00-5.33	5.34-9.66	9.67-14.00
Precipitación. Promedio total anual (milímetros)	700 – 800	801-900	901 – 1000
Altitud promedio (metros)	2 300-2 673	2 674-3 046	3 047-3 420
Material predominante en el lecho del barranco según dimensiones (metros)	0.50-1.00	1.01-2.00	Más 2.00
Porcentaje de material en las paredes del barranco (más del 50 %)	Material fino (< 2 mm)	Material medio (2 mm – 64 mm)	Material grueso (> 64 mm)
Bancos de material a lo largo del cauce (> 1.50 m.)	Ausencia	Presencia	Presencia
Cobertura vegetal en las márgenes (musgo, arbustos y árboles)	Presencia	Ausencia	Ausencia
Socavación en las paredes del barranco	Ausencia	Presencia	Presencia

Para el nivel de riesgo que es considerado como una consecuencia de la interacción de la sociedad con el peligro el cual puede variar de acuerdo con la vulnerabilidad que presente la población, se elaboró una matriz integral de peligro y vulnerabilidad (Tabla 3.21) posteriormente se fijó una serie de criterios para estimar objetivamente cada uno de los elementos (Tabla 3.22).

Tabla 3.21 Matriz de evaluación de riesgo por caída de derrubios y formación de taludes y flujo de detritos y bloques

Continuación

*Sección	Altura media de las márgenes (m)	Pendiente media de las márgenes (grados)	Pendiente del cauce (Media)	Amplitud media del cauce (m)	Amplitud media del talweg (m)	Precipitación (mm). Promedio total anual	Altitud promedio (m)	Material predominante en el lecho del barranco (según dimensiones)	Material dominante en las paredes del barranco (más del 50%)	Banco de materiales > 1.50 m.	Cobertura vegetal en las paredes del barranco	Socavación en las paredes
ATS	3.92	34.7	3.7	5.78	1.38	814.60	2935	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
ATM	7.10	7.1	2.6	94.50	13.64	814.60	2467	1.01 - 2.00 m	Medios	Presencia	Ausencia	Ausencia
ATB	5.27	27.7	1.4	16.84	2.10	814.60	2315	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Presencia
AS	9.16	29.2	14.1	27.19	1.43	720.40	3332	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Presencia	Ausencia
AM	3.55	8.5	2.8	28.76	5.70	720.40	2538	1.01 - 2.00 m	Medios	Ausencia	Ausencia	Ausencia
AB	5.45	11.3	1.8	59.40	6.92	720.40	2303	1.01 - 2.00 m	Finos	Presencia	Ausencia	Ausencia
BS	6.14	42.5	9.5	10.04	4.40	997.50	3380	+ 2.00 m	Gruesos	Presencia	Ausencia	Presencia
BM	7.91	18.7	1.6	42.05	2.09	997.50	2690	0.50 - 1.00 m	Finos	Presencia	Ausencia	Presencia
BB	5.98	9.3	1.2	58.01	4.22	997.50	2325	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
RS	2.42	13.4	12.3	7.16	1.53	814.60	3410	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Presencia	Ausencia
RM	11.47	27.4	2.1	88.01	5.38	814.60	2475	0.50 - 1.00 m	Finos	Presencia	Ausencia	Presencia
RB	2.65	9.3	1.6	10.04	2.40	814.60	2345	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Presencia
TS	8.59	33.3	10.9	20.67	1.28	997.50	3331	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Presencia	Ausencia
TM	13.17	44.5	4.8	39.74	2.66	997.50	2650	1.01 - 2.00 m	Medios	Presencia	Ausencia	Presencia
TB	6.12	27.2	1.6	36.80	2.40	997.50	2330	0.50 - 1.00 m	Finos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
XS	7.20	30.3	6.0	20.52	1.93	849.76	3266	+ 2.00 m	Gruesos	Presencia	Ausencia	Presencia
XM	3.96	18.4	3.8	20.08	1.65	899.91	2660	+ 2.00 m	Gruesos	Presencia	Ausencia	Presencia
XB	4.96	9.4	1.0	44.14	2.19	899.91	2345	1.01 - 2.00 m	Medios	Presencia	Ausencia	Presencia

***Sección**

ATS Atlapexco sector superior	BS Briones sector superior	TS Tenejac sector superior
ATM Atlapexco sector medio	BM Briones sector medio	TM Tenejac sector medio
ATB Atlapexco sector bajo	BB Briones sector bajo	TB Tenejac sector bajo
AS Atlapitz sector superior	RS Ramontla sector superior	XS Xalpatlaco sector superior
AM Atlapitz sector medio	RM Ramontla sector medio	XM Xalpatlaco sector medio
AB Atlapitz sector bajo	RB Ramontla sector bajo	XB Xalpatlaco sector bajo

Continuación

Número de localidades	Población total	Viviendas particulares habitadas	Promedio de ocupantes en viviendas particulares	Viviendas particulares sin drenaje	Viviendas particulares con techos de materiales ligeros, naturales y precarios	Viviendas particulares con paredes de materiales ligeros, naturales y precarios	Viviendas particulares con todos los bienes	Actividades económicas que podrían ser afectadas		Peligro x vulnerabilidad	Nivel de riesgo
								Primarias (agricultura)	Secundarias (industria de la construcción y/o confección)		
0	0	0	0	0	0	0	0	Presencia	Ausencia	BxB	BAJO
4	3368	644	20.88	181	45	5	3	Presencia	Presencia	MxM	MEDIO
6	26038	5052	54.99	753	1236	962	103	Presencia	Presencia	BxA	MEDIO
0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia	BxB	BAJO
1	21	7	3.00	7	5	1	0	Presencia	Ausencia	BxM	BAJO
2	10113	1893	5.29	221	21	6	13	Presencia	Presencia	MxM	MEDIO
1	1	*	*	*	*	*	*	Ausencia	Ausencia	AxB	MEDIO
5	441	74	15.82	42	4	0	1	Presencia	Presencia	MxM	MEDIO
8	32537	6140	52.21	896	460	279	80	Presencia	Presencia	BxA	MEDIO
0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia	BxB	BAJO
1	64	7	6.29	7	4	0	0	Presencia	Presencia	BxM	BAJO
7	6424	1274	21.22	235	121	82	26	Presencia	Presencia	BxM	BAJO
0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia	BxB	BAJO
2	14	*	*	*	*	*	*	Ausencia	Ausencia	AxB	MEDIO
9	26760	5426	77.62	498	749	1085	91	Presencia	Presencia	BxA	MEDIO
0	0	0	0	0	0	0	0	Ausencia	Ausencia	AxB	MEDIO
10	1980	337	33.78	237	110	47	0	Presencia	Presencia	AxM	ALTO
3	25271	4211	51.36	509	339	94	29	Presencia	Presencia	MxA	ALTO

Tabla 3.22 Niveles de riesgo de acuerdo con la peligrosidad y vulnerabilidad por caída de derrubios y formación de taludes y flujo de detritos

		PELIGRO		
VULNERABILIDAD		Alto	Medio	Bajo
	Alta	A A	M A	B A
	Media	A M	M M	B M
	Baja	A B	M B	B B

Riesgo Alto:	AA	MA	AM
Riesgo Medio:	MM	BA	AB
Riesgo Bajo:	BB	BM	MB

Riesgo alto. Durante el periodo de lluvias intensas (junio-septiembre), son sectores de barranco con corrientes de alta energía, con gran capacidad de arranque y arrastre de material, llegando a mover grandes bloques (hasta 3 metros de eje mayor). El acarreo de grandes volúmenes de material, y la fuerte pendiente del lecho fluvial, socava las márgenes y provoca frecuentes desplomes de las paredes del barranco que poseen las pendientes más abruptas, en materiales deleznable que van del tamaño de los cantos hasta bloques en una matriz arenosa.

En estas áreas la vegetación se encuentra ausente por lo que la población se instala de manera irregular, por lo que al no contar con obras de drenaje, se lleva a cabo la descarga de agua directamente al suelo incrementando el contenido de humedad en el terreno. El riesgo en estas áreas es mayor porque la gente ha ido ocupando terrenos que no son aptos para vivienda, por su ubicación con respecto a la caída y flujo de materiales (Figura 3.20). Dichas localidades presentan una alta concentración de viviendas en su mayoría construidas con materiales ligeros (cartón, madera Y lámina), donde sus bienes materiales son vulnerables a ser afectados. Cuando no existen condiciones económicas que permitan satisfacer las necesidades humanas, estos grupos humanos,

económicamente se ven imposibilitados para emprender costosas obras de contención o estabilización, esto implica, que requieren ayuda externa no sólo para recuperar su situación previa a un desastre, sino para establecer condiciones que le permitan reactivar su precaria economía.



Figura 3.20 Barranco Xalpatlaco Sección Media. Según testimonios de la población local, el puente se bloquea debido a la acumulación de bloques durante las crecidas y se inundan las viviendas.

Riesgo medio. En las laderas se encuentran materiales medianos (2 a 64 mm) en una matriz arenosa, que durante la época de lluvias se desprenden de las paredes debido a que el agua de la lluvia actúa como lubricante, originando que grandes volúmenes de material se desprendan hacia niveles más bajos. Dicha actividad se traduce en la formación de conos de talud, formados por pequeños bloques y detritos menores que son removidos por el río en las posteriores crecidas, por lo que a lo largo del curso del río se encuentran una serie de bancos aluviales que durante los meses de mayor precipitación (junio-septiembre), son removidos, para posteriormente ser depositados a partir de la

pérdida también súbita, una vez que cesa la crecida, con lo cual el material se acumulan sin clasificarse claramente.

La pérdida de la cubierta forestal y la extracción de material de las paredes y cauce del río (arena y bloques) alteran la topografía local ocasionando la inestabilidad de las laderas, por lo que las hace inapropiadas para el establecimiento de población, sin embargo hay viviendas establecidas en estas áreas (Figura 3.21). En este caso, las viviendas que no cuentan con los servicios básicos ponen de manifiesto que en un alto porcentaje se ubican en puntos en que los servicios no pueden ser proporcionados por encontrarse en terrenos no regulados, o bien, las laderas no presentan condiciones aptas para establecer dichos servicios; por lo que ante la caída y flujo de material, el tiempo de recuperación mayor.



Figura 3.21 Barranco Briones Sección Baja. En las márgenes hay caída y formación de taludes, por lo que las viviendas que se encuentran sobre las paredes son vulnerables.

Riesgo bajo. En las laderas, se encuentran depósitos formados por material fino que se compactan en estado seco, de manera que las paredes son más estables; pero hay una condición que ocasiona que se vuelva inestable y da lugar a la caída de detritos, y es la precipitación, que produce el humedecimiento de las paredes durante la temporada de lluvias. Por lo que se refiere al flujo de materiales, hay sectores en donde en una de las márgenes del río se observan depósitos aluviales, mientras que en otra, una margen erosiva de ataque que provoca inestabilidad en la ladera, dando lugar a la caída de material. Aunque generalmente, los mecanismos de modelado no son tanto erosivos sino acumulativos. Las terrazas atestiguan las distintas etapas de acumulación (Figura 3.22). En estas secciones del barranco la densidad y desarrollo de la vegetación (musgo, arbustos y árboles) definen en parte que los barrancos sean más estables en cuanto a los procesos de remoción.



Figura 3.22 Barranco Ramonitla Sección Baja. En este sector los mecanismos de modelado del relieve, más que erosivos son acumulativos, además el desarrollo de vegetación define que en el barranco no sea evidente los procesos de remoción.

En este caso, existe un menor número de población, además los servicios distribuidos a viviendas son los básicos aunque en algunos casos no han sido cubiertos en su totalidad. La población, que si bien no son inmunes a grandes fenómenos peligrosos, sí pueden afrontar contrariedades, como tormentas, inundaciones y procesos de ladera, debido a que existe una mejor capacidad adquisitiva para reestablecerse y mejorar las condiciones de su vivienda en caso de afectación, en un lapso de corto a mediano plazo (Figura 3.23). En la tabla 3.23 se muestra la relación entre los niveles de riesgo, las localidades y actividades económicas que pueden ser afectados.

Tabla 3.23 Localidades y actividades económicas vulnerables a los procesos de caída y flujo de detritos y bloques.

Nivel	Barranco	Sección	*Localidades	Actividades
Alto	Xalpatlaco	Media y Baja	La Josefina, San Pablo del Monte, San Isidroso, Ahuashuame, Pipilatzi, Xahuen Vargas, Xoyacolotzi, Tetzacualco, Tlalcoxtepetl, Popozotzi, San Isidro Buensuceso, San Jose Buenavista y Pipilatzin	Agricultura e Industria textil (confección)
Medio	Briones	Superior, Media y Baja	El carmen Aztama, Xalcaltzinco, Zacatelco, Acuamanala, Cuexcuentitla, San Cosme Atlamaxac, Teolocholco, Cuauhtla, Guadalupe Hidalgo, Zapahua, Zacatepanco, Cuaxinca, Ayocalco y Cuahtenco.	Agricultura e Industria de la Construcción
	Xalpatlaco	Superior		Agricultura
	Atlapitz	Baja	Tenancingo y Tepepantlalpa	Agricultura
	Tenejac	Media y Baja	Papalotla, Xaltonac, El Piccito, Zacatecoma, Epifanio Xicohtencatl, Atlamaxac, Potrero Largo, Mazatecochco, Guadalupe Xicohtencantl y Juan Cortes	Agricultura e Industria textil (confección)
	Atlapexco	Media y Baja	Apetatitlán, Tecolotla, Contla, Atlapechco, Rancho Hueyicuentla, Amaxac, Ixtlahuaca, Santa María Aquiahuac, Barrio de La Luz, y San Felipe Cuahtenco	Agricultura
Bajo	Ramontla	Superior, Media y Baja	Chiautempan, La Presa Ixcotla, La presa de San Bartolo, Tlalcolijia, Amanalco, Tepezila, San Antoñotla, San Rafael Tepetlaxco y San Bartolomé Cuahuixmatlac	Agricultura
	Atlapexco	Superior		Agricultura
	Tenejac	Superior		Agricultura
	Atlapitz	Superior y Media	Ex-hacienda Xaltelulco	Agricultura

* Sólo se refiere a las viviendas cercanas al barranco

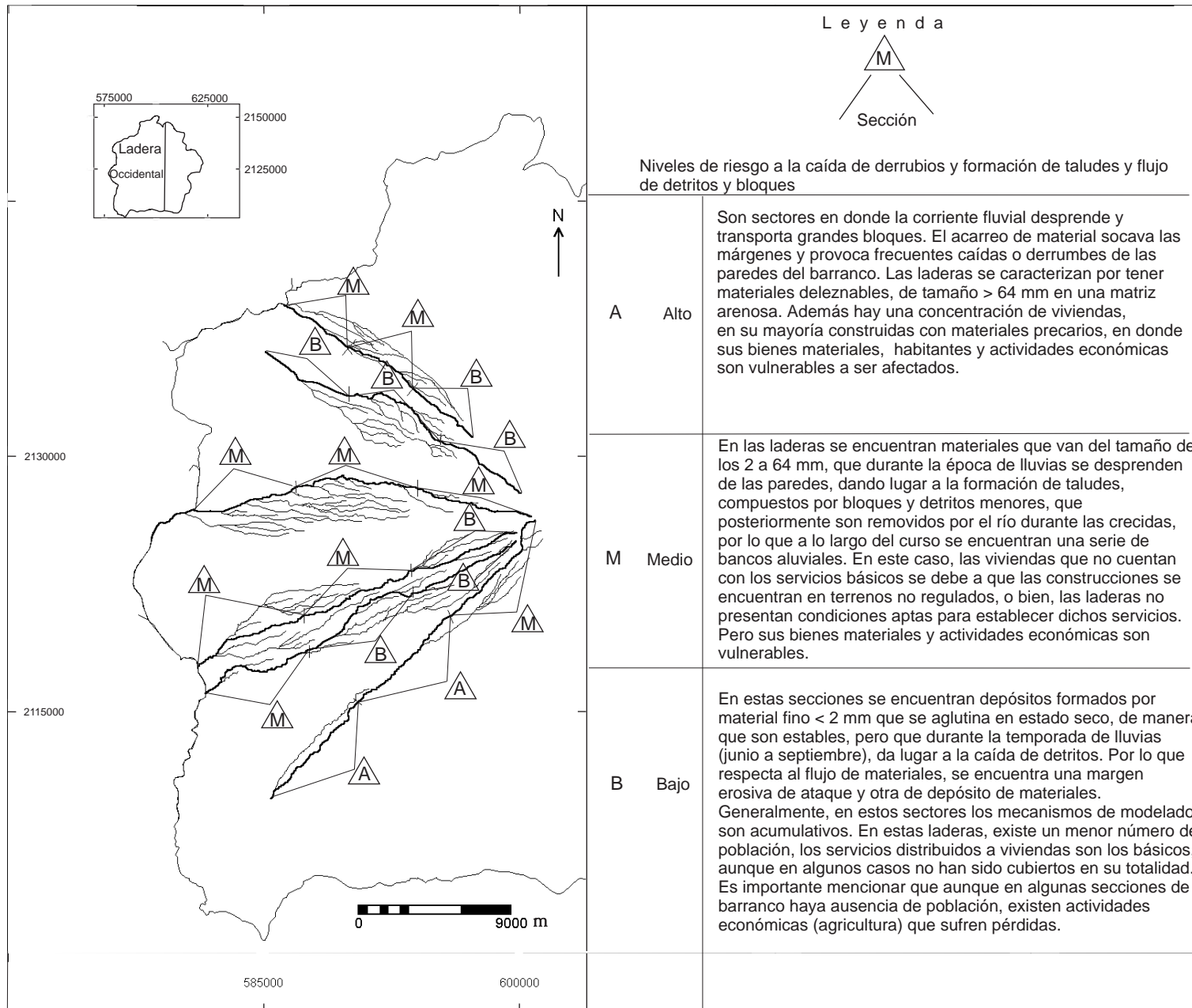


Figura 3.23 Nivel de riesgo por procesos de caída y flujo de detritos y bloques en los barrancos de la ladera occidental del volcán Malinche

CONCLUSIONES

De acuerdo con las mediciones, registro de las secciones transversales y observaciones en campo, en los barrancos Atlapexco, Atlapitz, Briones, Ramontla, Tenejac y Xalpatlaco de la ladera occidental del volcán Malinche se pueden hacer las siguientes conclusiones:

- En el curso superior de los barrancos Briones y Xalpatlaco se observa en su cabecera un frente escarpado que se extiende ladera arriba por derrumbes o caída de rocas en dirección de la divisoria. Los cauces muestran un perfil longitudinal accidentado en el que se distinguen procesos de erosión vertical y remontante, por lo que en el fondo del barranco se acumulan sedimentos coluviales y aluviales. En los barrancos Tenejac, Atlapexco, Atlapitz y Ramontla ha disminuido la erosión vertical, se ha nivelado el escarpe de la cabecera y es menor el crecimiento longitudinal del barranco. Sus flancos retroceden por procesos gravitacionales y los detritos de éstos se van cubriendo de vegetación, por lo que el perfil del fondo se hace más suave.
- En el curso medio de estos barrancos, la erosión del fondo se presenta sólo en lugares en donde el lecho no se encuentra cubierto por sedimentos. Las formas acumulativas–aluviales poseen un amplio desarrollo y los procesos gravitacionales se encuentran relacionados con la socavación de base de las laderas llevada a cabo por el río. Dicha socavación provoca la inestabilidad, que se manifiesta en caída de detritos y la formación de un talud coluvial que constituye una fuente importante de sedimentos que son removidos por las crecidas durante la temporada de lluvias de junio a septiembre.
- En el curso bajo, la erosión del fondo se sustituye por una acumulación de los sedimentos transportados por el agua. En estos sectores, los barrancos presentan un curso sinuoso, por lo que la anchura de los cauces varían, en donde se

observan una serie de terrazas. Normalmente, en estas secciones sobre una de las márgenes del río se observan depósitos aluviales, se presenta entonces una margen erosiva de ataque que provoca inestabilidad en la ladera, dando lugar a la caída de material.

- De las doce características procesadas mediante el análisis de componentes principales y *cluster*, resultó que las variables correspondientes a la pendiente, altura de las márgenes y el tipo de material en las paredes, son elementos fundamentales para que se den los procesos de caída de material. Mientras que la amplitud y pendiente del cauce definen la velocidad del flujo de detritos, ya que cuando el agua desciende a gran velocidad arrastra material de las paredes y de su propio lecho, socavando y desequilibrando las márgenes que originan la caída de material que es incorporado al flujo.
- El proceso de caída de derrubios y formación de taludes en el área de estudio, consiste en el desprendimiento de rocas, detritos o suelo en laderas de barranco debido a la pendiente y socavación del río. En el lugar de depósito se crean formas acumulativas tal como el talud de detritos y bloques caóticos, que son transportados por la corriente durante la época de lluvias; dando lugar al flujo de detritos y bloques en donde el desplazamiento del material se da a lo largo del cauce del barranco, por lo que éstos se desplazan a grandes distancias de su punto original. La velocidad está determinada por la cantidad de agua en el volumen de materiales y el depósito de los sedimentos se da en el área de desembocadura y lecho de los ríos.
- Entre los factores que desencadenan estos procesos de remoción se encuentra la cantidad de precipitación (hasta 1000 mm) tiene relación estrecha con la presencia de fenómenos meteorológicos frente a las costas de Veracruz que proveen de humedad a la ladera occidental del volcán Malinche y como resultado se propician

fuertes y prolongadas lluvias que tienen una recurrencia de carácter anual o en distintos periodos de años.

- El agua es el principal elemento en alterar la resistencia y textura de los materiales, debido a que la filtración del líquido depende de la permeabilidad de la masa involucrada. En este caso, los depósitos volcánicos de ceniza y pómez, con intemperismo, cuando tienen saturación de los poros debido a las intensas precipitaciones se desencadenan los procesos de remoción.
- La pendiente de las laderas del barranco juega un papel importante en la estabilidad, ya que determina la magnitud de la fuerza actuante debida al peso propio del terreno, la caída de material se desarrolla en paredes con pendientes > a 35°
- La deforestación también produce cambios que favorecen la erosión superficial y la filtración del agua al subsuelo. Las fuertes precipitaciones, al caer sobre el suelo desnudo provocan derrumbes y flujos.
- Otro factor que contribuye es la constante extracción de rocas y arena. La explotación se desarrolla a cielo abierto en las laderas y lecho de los barrancos, alterando la topografía local en todos estos sitios, debido a las oquedades que se realizan en las paredes modificando la geometría de las laderas dando lugar a la caída de material.
- Además, la presencia de población asentada en forma irregular sobre las laderas del barranco altera las condiciones de escurrimiento y filtración de agua, ya que al no contar con un sistema de conducción de aguas residuales, hacen la descarga directamente al suelo, incrementando el contenido de humedad en el terreno y como consecuencia las laderas del barranco se vuelven áreas susceptibles a la inestabilidad.

- Finalmente, la inestabilidad de las laderas y lecho de los barrancos, se define por la participación conjunta de los factores antes señalados y no sólo por la de uno de ellos, por lo que la caída y flujo de detritos y bloques en el área de estudio representa un riesgo de origen geológico acelerado por las actividades humanas, es decir, que se expresa a través de fenómenos que parecen ser producto de la dinámica de la naturaleza, pero que en su ocurrencia o en la agudización de sus efectos, interviene la acción humana.
- Las secciones media y baja del barranco Xalpatlaco son áreas de riesgo alto ya que son sectores con procesos de caída y flujo de bloques debido a la socavación del río en paredes con materiales deleznable. Además existe concentración de viviendas, construidas con materiales precarios en donde sus habitantes y bienes materiales son vulnerables. Mientras que algunas secciones superiores de los barrancos en estudio son áreas de riesgo bajo debido a la ausencia de población aunque la amenaza o peligro es considerable.
- Por otro lado, de acuerdo a las entrevistas realizadas, no todos los miembros de las localidades poseen la misma percepción del riesgo. Para los funcionarios de la administración municipal o para los organismos de socorro (Protección Civil), reducir el riesgo por caída o flujo de detritos y bloques puede ser una prioridad, mientras que para las familias del área, dicho riesgo pasa a un segundo plano ante la idea de quedarse sin fuentes de trabajo.
- Durante el trabajo de investigación se descubrió que en el cauce de los barrancos principalmente el Atlapitz, hay proliferación de ratas y perros como consecuencia de una gran cantidad de basura que la población local deshecha. Por lo que se sugiere llevar a cabo investigaciones de carácter académico o institucional para tener conocimiento sobre esta problemática y desarrollar medidas.

RECOMENDACIONES

La prevención del riesgo se refiere a las medidas realizadas con anticipación a fin de disminuir o evitar los daños. Para poder llevarlas a cabo es necesario que la población y las autoridades participen de manera individual y conjunta. Para contribuir con la idea anterior se dan algunas recomendaciones que pueden aplicarse para minimizar los daños y efectos de la caída y flujo de materiales en el área de estudio:

- Evitar construir, comprar o alquilar viviendas en terrenos inestables como, las laderas con fuerte inclinación y en las orillas de los ríos. En caso de habitar en uno de estos sitios, revisar continuamente las paredes, pisos y techos con la finalidad de buscar posibles grietas y/o hundimientos.
- En las localidades que cuentan con sistema de drenaje, limpiar todos aquellos elementos relacionados con él (coladeras, cunetas, canales de desagüe, etc.), para evitar que las aguas residuales se infiltren en las laderas.
- Evitar caminar en el borde de los barrancos, cerca de paredes escarpadas o laderas inclinadas.
- No utilizar el cauce de los ríos como vía para el tránsito de vehículos, ya que se altera la dinámica natural del barranco.
- Promover, por parte de las autoridades locales antes de la temporada de lluvia, actividades de limpieza para evitar que los cauces se llenen de basura, troncos y sedimentos que obstaculicen el desplazamiento adecuado de las aguas.
- Construir gabiones laterales en las curvaturas meandricas de los barrancos, para evitar la socavación de base y la desestabilización de las márgenes.
- Construir muros de contención o canalizar sectores del barranco, para controlar el desborde del río.
- Monitorear durante la época de lluvias (junio a septiembre) los niveles del agua de los ríos.

- Atender los reportes meteorológicos transmitidos por medio de la televisión, la radio o cualquier otra notificación dada por las autoridades locales, municipales y estatales en relación con la presencia de lluvias torrenciales.
- Aplicar el reglamento que controla el deterioro de la vegetación y promover actividades de reforestación del área.
- Crear y hacer cumplir leyes que regulen la extracción y comercialización de materiales de construcción que se exploten de los barrancos.

BIBLIOGRAFÍA

Abascal, R. y García C. (1975). **Sistemas de cultivo, riego y control del agua en el área de Tlaxcala**. XII mesa redonda. Arqueología I, pp.199-212

Acuña, R. (1984). **Relaciones geográficas del siglo XVI**. No. 4. Tomo 1. UNAM. México., 324 p.

Alcantara Ayala I. (1999). “¿Se cae o no se cae?. Procesos de remoción en masa, avances y perspectivas”. En: **Ciencia y Desarrollo**. No. 146. México, pp. 24-31.

----- (2000). “Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno?. Definición, clasificaciones y terminología”. En: **Investigaciones geográficas**, boletín del Instituto de Geografía UNAM. No. 41.

Alexander, D. (1993). **Natural disasters**. Department of geology and Geography. University of Massachusetts.

Allende Lastra R. (1968). **Introducción al estudio de los suelos derivados de cenizas volcánicas o de ando del volcán La Malinche**. Tesis de Lic. en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.

Anbalagan, D. (1992). **Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountains terrain**. Engineering Geology 32, pp. 269-277.

Bell, F. (1999). **Geological hazards. Their assessment, avoidance and mitigation**. Department of geology and Applied Geology. University of Natal Durban. New York. 648 p.

Bertalanfy, L. (1984). **Teoría general de los sistemas**. México, D. F.

Bitrán, D. (2000). “Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la República Mexicana, durante 1999”. En: **Cuadernos de investigación**. No. 50. CENAPRED. México. 194 p.

Blaike P. (1994) **At Risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disasters**. Routledge, London. Great Britain. 264 pp.

Bolt, B. A. (1975). **Geological hazards**. Springer-Verlag, pp. 148-197.

Brand, E. W. (1995). “Keynote paper: slope instability in tropical areas”. In: Bell, D. H. **Landslides**. Balkema, Rotterdam. pp. 2031-2051.

Brunsdon, D. (1979). **Mass movement: the research frontier and beyond, a geomorphological approach**. Geomorphology. V. 7, pp. 85-128.

----- (1984). “Mudslides”. In: Brunsdon, D y Prior D. B. (eds.). **Slope instability**. John Wiley and Sons.

----- (1993). Mass movement: the research frontier and beyond, a geomorphological approach. Geomorphology. V. 7, pp. 85-128.

- Burby, R. (1991). **Sharing environmental risks**. Westview Press. Estados Unidos.
- Burton, I. y Kates, R. (1964). "The perception of natural hazards in resource management". **Natural Resources Journal**. No. 33.
- Calvo García-Tornel, F. (1984). **La Geografía de los riesgos**. Universidad de Barcelona. Barcelona España. (54), Noviembre.
- Campos S, Armando (1998). **Educación y Prevención de desastres**. UNICEF, FLACSO y LA RED.
- Capel, H. (1973). "Percepción del medio y comportamiento geográfico". En: **Revista de Geografía**. Volumen II. Números 1-2. Enero-Diciembre. Departamento de la Universidad de Barcelona. España.
- Carrara, Alberto. (1995). **Geographical Information Systems in assessing natural hazards**. Kluwer Academic Publishers, London. 351 p.
- Castillo Rodríguez M. E. (2006). **Delimitación de unidades ambientales biofísicas en el volcán La Malinche con base en el análisis de unidades morfogenéticas**. Tesis de maestro en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.
- Castro Govea R. (1999). **Historia eruptiva reciente del volcán La Malinche**. Tesis de maestría en sismología física del interior de la Tierra. Instituto de Geofísica. UNAM.
- CENAPRED. (2001). **Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México**. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación.
- Coates, D. R. (1977). "Landslide perspectives" In: Coates, D. R. **Landslides**. Geological Society of America.
- CONANP. (2003). **Decreto de Parques Naturales**. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: www.conanp.gob.mx/anp/pn.php. Con acceso el 20 de junio de 2006.
- Costa, J. E. (1981). **Surficial geology: Building with the earth**. Wiley, New York.
- (1984). "Physical geomorphology of debris flows". In: Costa, J. E. Y Fleisher, P.J. **Developments and Applications of Geomorphology**. Springer-Verlag, pp. 238-317.
- (1986). **Landslides: causes, consequences and environment**. Croom Helm . London
- Cruden, D. y Varnes D. (1996). "Landslides types and process". In: **Landslides**. Investigation and mitigation, transportation research board. Special report (247). National Academy Press, Washington, pp. 36-75
- Dai, F. C. (2001). **Frequency-volume relation and prediction of rainfall-induced landslides**. *Engineering Geology* (59), pp. 253-266.

Dai F; and Lee, C. (2002) **Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS**, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, 42, pp. 213-228.

Dallas E. Jonson. (2000). **Métodos multivariados aplicados al análisis de datos**. International Thompson Editores. México.

Demant, A. (1978). **Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación**. Instituto de Geología. UNAM.

Dikau, R. Brunsde, D. Schorott, L. (1996). **Landslide recognition, identification, movement and causes**. John Wiley and Sons, Chichester, U.K.

DOF. (1938). **Decreto que declara Parque Nacional la Montaña La Malinche o Matlacuéyatl**. Diario Oficial de la Federación. 21 de septiembre de 1938. México. D. F.

Domínguez, R., Fuentes O., García, F. (1999). "Inundaciones". Serie **Fascículos**. No. 3. CENAPRED. México. 28 p.

Espejel, A. (1998). **La importancia y el deterioro del recurso bosque en La Malinche, estado de Tlaxcala**. Tesis. Maestría en análisis regional. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala. 194 pp.

FAO. (1998). **World Reference Base for Soil Resources**. FAO, Italia.

Fournier E. M. (1979). "Objectives of volcanic monitoring and prediction". In: **Journal of Geology Society**. Vol. 136. London, Great Britain.

García, Enriqueta. (1987). **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen**. Instituto de Geografía, UNAM. México. Cuarta Edición. 246 p.

García Ballesteros, A. (coord). (1998). "Métodos y técnicas cualitativas de investigación en Geografía Social". En: **Métodos y técnicas cualitativas en Geografía social**, Oikos-tau, Barcelona, España, pp. 13-26.

Gary, M., McAfee y Wolf C.L. (1972). **Glossary of Geology**. American Geological Institute.

Gelman, O y Macías S. (1983). **Conferencia mundial de sistemas**. Resúmenes extendidos. 11 al 15 de julio. Caracas, Venezuela.

GET. (2002). **Los municipios del estado de Tlaxcala**. Gobierno del estado de Tlaxcala Disponible en www.tlaxcala.gob.mx/portal/app/. Con acceso el 15-junio de 2006.

González M. A. (1981). **La situación social y ecológica prevaleciente en la región tlaxcalteca-poblana de La Malinche**. G.E.A., pp 93-143. México.

Hansen, M. (1984). "Strategies for classification of landslides". In: **Brunsdén, D.** Slope instability. John Wiley and Sons.

Heine Klaus. (1971). "Observaciones morfológicas acerca de las barrancas en la región de la cuenca de Puebla-Tlaxcala". En: **Comunicaciones**. Proyecto Puebla-Tlaxcala. No. 4. Fundación Alemana para la investigación Científica. México., pp 7-24. Puebla, México.

Hewitt, K, (1983) "The idea of calamity in a technocratic age". In: Hewitt, K. (ed), **Interpretation of calamity: From the view-point of ecology**. Alien and Unwin, London, pp.3-32.

INE. (2000). **Regiones terrestres prioritarias de México**. RTP-106. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.

INEGI. (1997). **Estadísticas del medio Ambiente en México**. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.

----- (2001). **CONTAR 2000**. Principales resultados por localidad. Estados Unidos Mexicanos. XII Censo general de población y vivienda (CD-ROM). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.

----- (2001a). **XII Censo General de Población y Vivienda, 2000**. Tlaxcala y Puebla. Resultados definitivos. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.

----- (2003). **Perfil sociodemográfico del Área Metropolitana de Puebla – Tlaxcala**. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. 102 p.

ITC (2004). **Integrated Land and Water Information System (ILWIS)**. User's Guide Version 3.0 Academic. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede, The Netherlands. 530 pp.

Jahns, R. H. (1978). "Geophysical predictions. Landslides Analysis and Control". In: Schuster, R. L. and Krizek, R. J. **Transportation Research Board**. Special Report 176. National Academy of Sciences. Washington, D. C., pp. 58-65.

Jerjes Pantoja Alor y Lugo Hubp, J. I. (2000) "Impacto ecológico y desarrollo catastrófico. Minas de arena en la ciudad de México". En: **La jornada**. Lunes en la Ciencia, 16 de octubre.

Lugo Hubp, J. I. (1989). **Diccionario geomorfológico**. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Luna, C. (1993). **Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénega de Tlaxcala**. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 190 p.

Marroni De Velásquez, M. (1998). "El agro tlaxcalteca: viejas estructuras nuevas coyunturas". En: **Tlaxcala en el marco de la política regional mexicana**. Universidad Autónoma de Tlaxcala. 198 p.

Maskrey Andrew (compilador). (1993). **Los desastres no son naturales**. LA RED: Red de Estudios Sociales. Colombia.

Mitchell, J. K. y Devine, N. (1989) **A contextual model of natural hazard**. Geogr. Rev., No 79, pp.391-409.

Mooser, T., Montiel, A., y Zuñiga, A. (1996). **Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla: estratigrafía, tectónica regional y aspectos geotérmicos**. Comisión Federal de Electricidad (CFE), México.

Morisawa, Marie. (1985). **Rivers**. Longman. N.Y. USA.

Moya Sánchez J. C. y Zamorano Orozco J. J. (1983). **Estudio geomorfológico del volcán La Malinche y sus zonas adyacentes**. Tesis de Lic. en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Moya Sánchez, Juan Carlos. (1987). **Análisis geomorfológico de la cuenca de oriental, estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz, México**. Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y letras. UNAM.

Olivier, M. Bell, F: G. And Jermy, C. A. (1994). **The effect of rainfall on slope failure, whit examples from the greater Durban area**. Proccedings Seventh Congress International Association Engineering Geology. Rotterdam., pp. 1629-1636.

Pacheco, Luis G. (2000). **La actividad textil de un pueblo nahuatl de La Malinche**. México: Servicio Universitario canadiense de Ultramar (CUSO).

Palacio Aponte, A. G. (1995). **Ensayo metodológico geosistémico para el estudio de los riesgos naturales**. Tesis. Maestría. Colegio de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.

Palacio Prieto, J. L. (1985). "El croquis geomorfológico: una alternativa en geomorfología aplicada". En: **Divulgación geográfica**. No. 3. Instituto de Geografía, UNAM. México., pp. 7-24.

Palm, R. I. (1990) **Natural hazards: An integrative framework for research and planning**. John Hopkins Press, Baltimore, 184 p.

Panniza, M. (1991). "Geomorphology and seismic risk". In: **Earth-Science Reviews**, 31. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.

Pedraza Gilsanz, J. (1996). **Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones**. Capítulo 6 y 9. Ed. Rueda. Madrid, España., pp. 109-258.

Petra Ileana. (1991). **Aspectos psicológicos presentes durante los desastres**. Departamento de psiquiatría y salud mental. Facultad de Medicina. UNAM. México.

Propin Frejomil, Enrique. (2003). **Teorías y métodos en Geografía Económica III.3**. Instituto de Geografía, UNAM. México. 162 p.

Rojas Bustamante, I. A. (1988). **Proposición metodológica para el análisis de la Geografía de los riesgos**. Tesis de licenciatura. UNAM. México

Rowe, W. D. (1977). **The anatomy of risk**. Wiley, New York.

SEMARNAT. (2001). **Ordenamiento ecológico del estado de Tlaxcala**. Gobierno del estado de Tlaxcala. México. 223 p.

Serrat Viñas, C. (1992). **Catástrofes naturales y antropogénicas. Búsqueda de un enfoque en geografía**. Tesis de doctorado. Facultad de Filosofía y letras. UNAM, México.

SINAPROC. (1986). **Base para el establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil**. Sistema Nacional de Protección Civil México.

SMN. (2000). **Extractor rápido de información climática**. ERIC. Servicio Meteorológico Nacional.

----- (2006). **Ciclones Tropicales**. Información histórica. Disponible en: www.Smn.cna.gob.mx.

Soto Mora, C. Fuentes Aguilar, L., y Coll-Hurtado A. (1992). **Geografía agraria de México**. Instituto de Geografía. UNAM, México.

SPCET. (2003). **Atlas de riesgo. La prevención comienza con la información**. Subsecretaría de Protección Civil del Estado de Tlaxcala. Gobierno del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala, México.

SPP. (1981). **Guías para la interpretación de cartografía**. Edafología. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.

Still Well, D. H. (1992). "Natural Hazards and Disasters in Latin America". In: **Natural Hazards**. No. 2. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Tilling, R. (1989). **Los peligros volcánicos**. Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos. Santa Fe, Nuevo México.

Werner, H. (1979). "Aplicación del Sistema de Clasificación de la FAO/UNESCO para un mapeo de suelo en escala 1: 1000000. Se ejemplifica en un mapa de suelos de la Altiplanicie Mexicana". En: **Comunicaciones** No. 17. Proyecto Puebla-Tlaxcala. Fundación Alemana para la Investigación Científica. México.

White, G. F. (1975). "La investigación de los riesgos naturales". En: **Nuevas tendencias en Geografía**. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, España.

Wong Gonzalez, Julio Cesar. (2005). **Humedad de los combustibles leñosos y su relación con variables atmosféricas**. Su importancia en los incendios forestales en el parque Nacional La Malinche, Tlaxcala. Tesis. Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.

CARTOGRAFÍA

INEGI. (1984). **Carta geológica**. Hoja Tlaxcala. Clave E14-B33. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.

----- (1985). **Carta geológica**. Hoja Puebla. Clave E14-B43. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.

----- (2002). **Cartas topográficas**. Hojas Tlaxcala y Puebla. Claves E14-B33 y E14-B43. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.

SPP. (1982). **Carta edafológica**. Hoja Tlaxcala. Clave E14-B33. Escala 1:50,000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.




----- (1983). **Carta edafológica**. Hoja Puebla. Clave E14-B43. Escala 1:50,000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

----- (1983a). **Cartas de uso de suelo y vegetación**. Hojas Tlaxcala y Puebla. Claves E14-B33 y E14-B43. Escala 1:50,000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

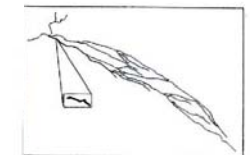
SIMBOLOGÍA

-  Talveg
-  Cauce
-  Talud
-  Terraza
-  Deposición de bloques
-  Acumulación de materiales finos
-  Socavación

Tamaño de los materiales

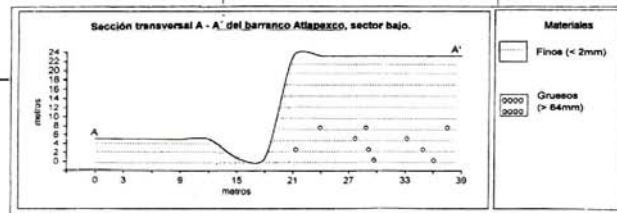
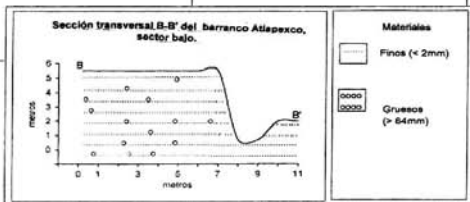
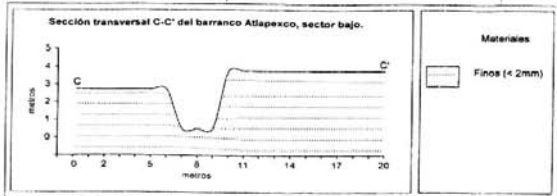
-  Finos (< 2mm)
-  Medios (2mm-64mm)
-  Gruesos (> 64mm)

-  Punto de control
-  M. D. Margén Derecha
-  M. I. Margén Izquierda
-  Valor de pendiente (grados)
Dirección de la corriente
-  Sección transversal
-  Gavión
-  Montículos de arena
-  Basura



0 25 m

Anexo A
Croquis geomorfológico de sitio
Sección baja del barranco Atlapexco
Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea



586550

586600

586650

586700

586750

586800

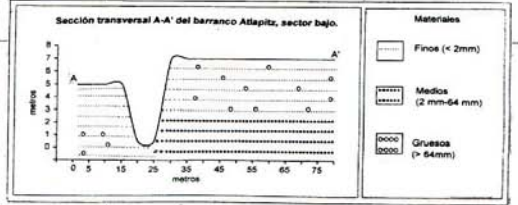
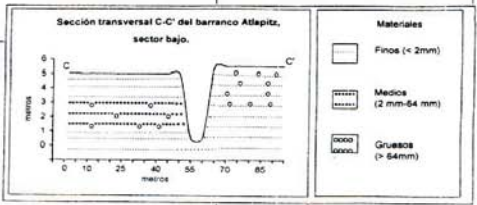
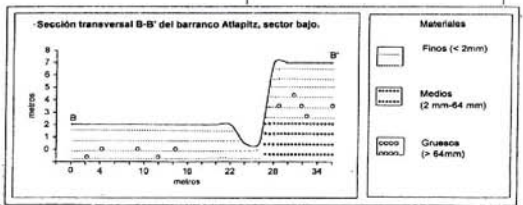
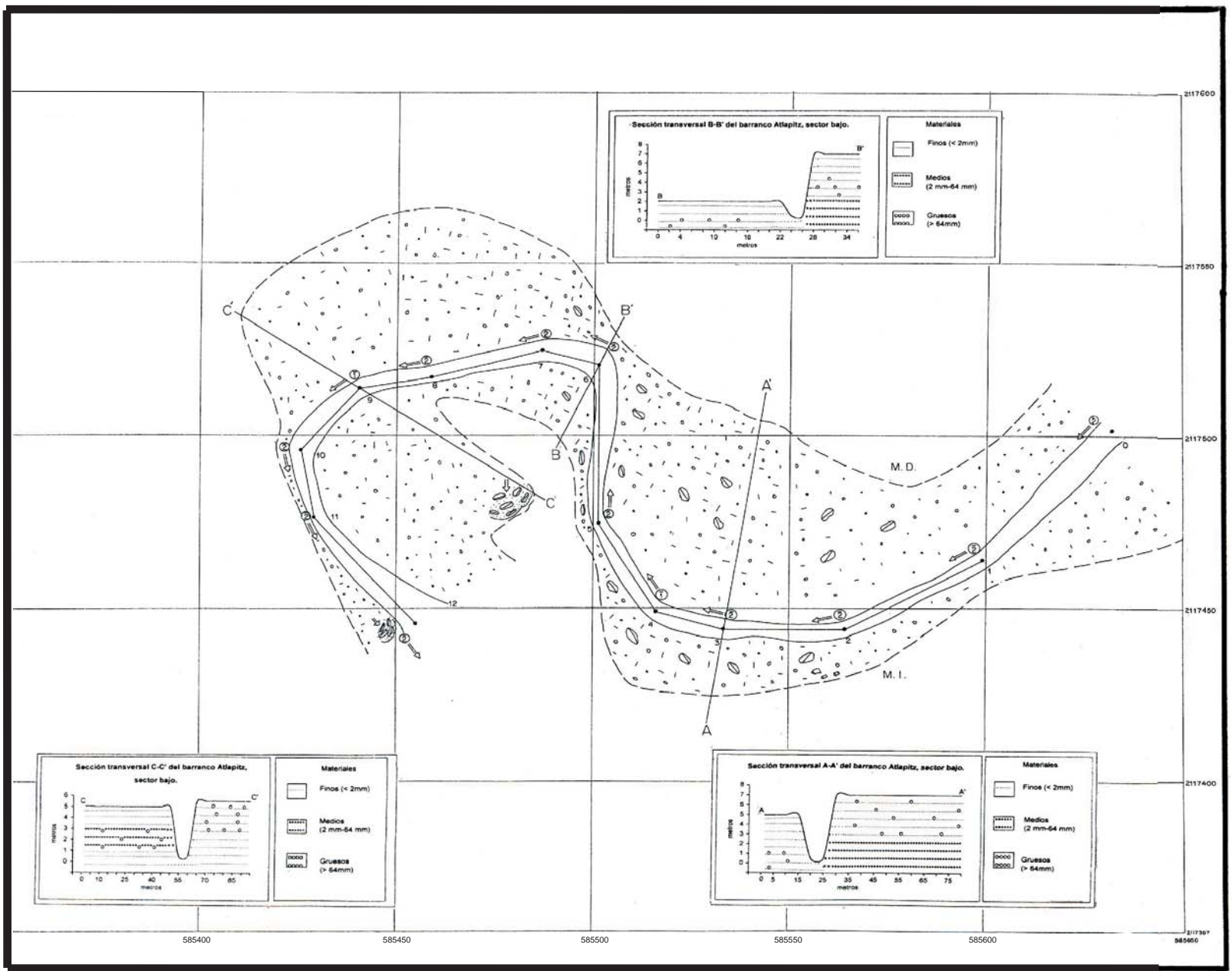
586816

2138700

2138950

2138900

2138550

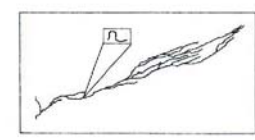


- ### SIMBOLOGÍA
- Talveg
 - Cauce
 - Talud
 - Terraza
 - Deposición de bloques

- ### Tamaño de los materiales
- Finos (< 2mm)
 - Medios (2mm-64mm)
 - Gruesos (> 64mm)

- Punto de control
- M. D. Margén Derecha
- M. I. Margén Izquierda
- Valor de pendiente (grados)
Dirección de la corriente
- Sección transversal

- Gavión
- Montículos de arena
- Basura






Anexo B
Croquis geomorfológico de sitio
Sección baja del barranco Atlapitz
Elaboró: Rosa María Vergas Venhumea

585400 585450 585500 585550 585600 2117400 2117450 2117500 2117550 2117600

SIMBOLOGÍA


-  Talveg
-  Cauce
-  Talud
-  Terraza
-  Deposición de bloques
-  Acumulación de materiales finos
-  Socavación


Tamaño de los materiales


-  Finos (< 2mm)
-  Medios (2mm-64mm)
-  Gruesos (> 64mm)

-  Punto de control

-  M. D. Margén Derecha

-  M. I. Margén Izquierda

- 

-  Sección transversal

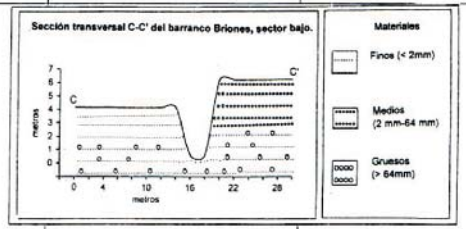
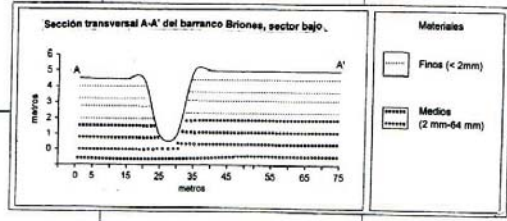
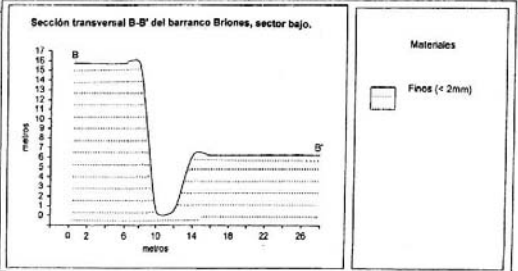
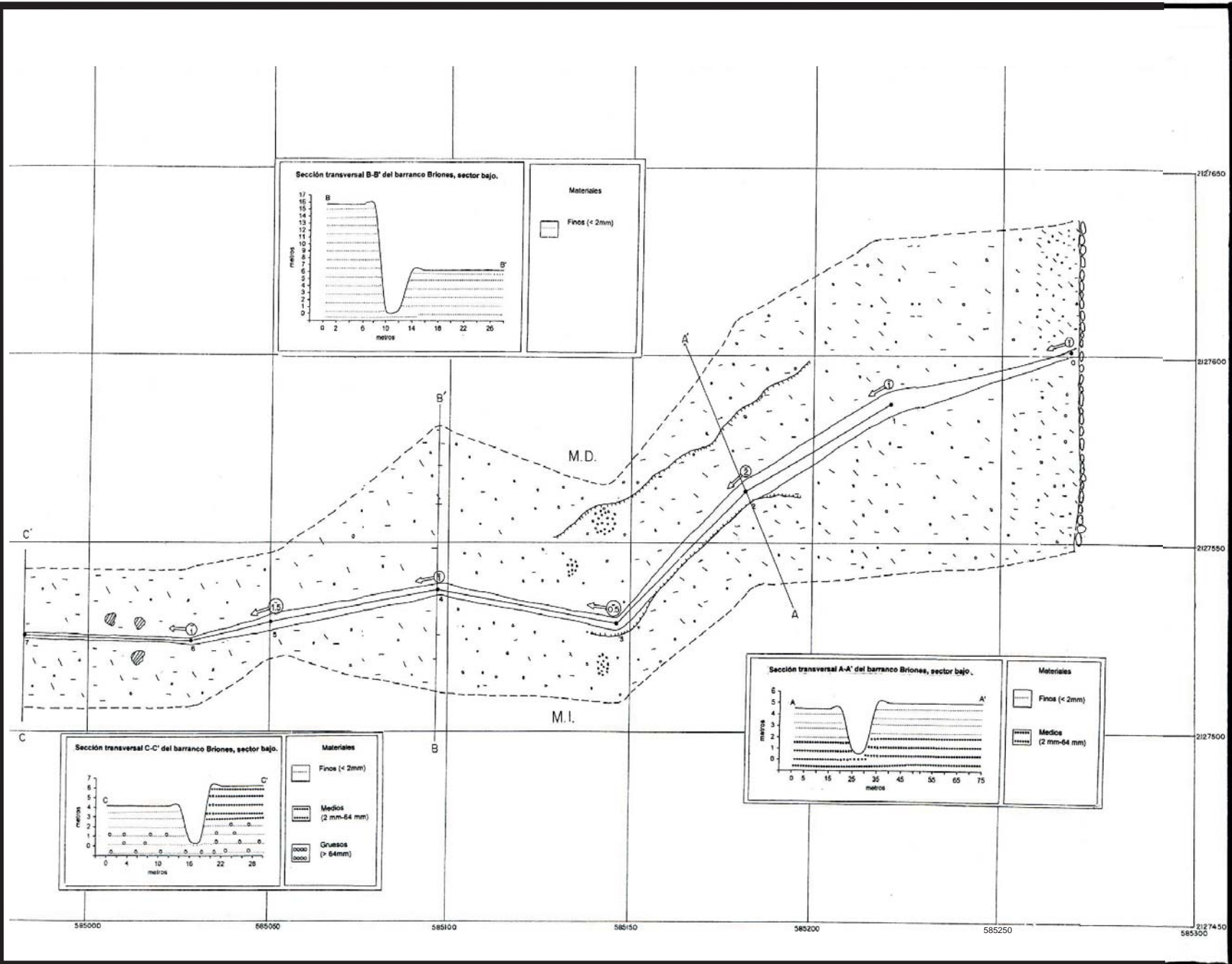
-  Gavión

-  Montículos de arena

-  Basura



Anexo C
 Croquis geomorfológico de sitio
 Sección baja del barranco Briones
 Elaboró: Rosa María Vargas Venhunes



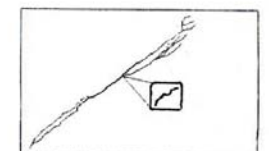
SIMBOLOGÍA

- Talveg
- Cauce
- Talud
- Terraza
- Deposition de bloques
- Acumulación de materiales finos
- Socavación

Tamaño de los materiales

- Finos (< 2mm)
- Medios (2mm-64mm)
- Gruesos (> 64mm)

- Punto de control
- M. D. Márgen Derecha
- M. I. Márgen Izquierda
- Valor de pendiente (grados)
- Dirección de la corriente
- Sección transversal
- Gavión
- Montículos de arena
- Basura



0 25 m

Anexo D
Croquis geomorfológico de sitio
Sección media del barranco Xalpatlaco
Elaboró: Rosa María Vargas Venhumea

