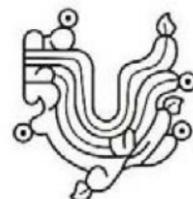


SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



Atlas de Riesgos Naturales Aculco, México 2014



6 de abril de 2015
Número de obra: 415003PP003141
Número de expediente: PP14/15003/AE/10022
Municipio Aculco, Estado de México
Edhucac A.C.
Av. Playa Langosta No. 104
Colonia Reforma Iztaccíhuatl, México D.F.
Tel (55) 43360486
edhucac1@gmail.com

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7	4.2. CARACTERÍSTICAS SOCIALES	33
1.2. ANTECEDENTES	7	4.2.1. ESCOLARIDAD	33
1.3. OBJETIVO	9	4.2.2. HACINAMIENTO Y CONDICIÓN DE LA VIVIENDA	34
OBJETIVO GENERAL	9	4.2.3. POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD	34
OBJETIVOS PARTICULARES	9	4.2.4. MARGINACIÓN Y POBREZA	36
ALCANCES	9	4.2.5. POBLACIÓN INDÍGENA	37
METODOLOGÍA GENERAL	9	4.3. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA ZONA	38
2.1. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA	12	4.3.1. ACTIVIDAD ECONÓMICA PRIMARIA	38
LOCALIZACIÓN Y LÍMITES DEL MUNICIPIO	12	4.3.2. ACTIVIDAD ECONÓMICA SECUNDARIA	40
DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	13	4.3.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA TERCIARIA	40
EL MAPA BASE	14	4.4. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA PEA	41
CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL	16	4.5. RESERVA TERRITORIAL	42
3.1 FISIOGRAFÍA	16	INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO	42
3.2. GEOMORFOLOGÍA	17	PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTE FENÓMENOS DE ORIGEN GEOLÓGICO.	48
3.3. GEOLOGÍA	18	VULNERABILIDAD	48
3.4. EDAFOLOGÍA	19	VULNERABILIDAD SOCIAL	48
3.5. HIDROLOGÍA	20	VULNERABILIDAD FÍSICA	50
3.6. CUENCAS Y SUBCUENCAS	21	PERCEPCIÓN DEL RIESGO	51
3.8. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	24	VULNERABILIDAD TOTAL	51
3.9. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	25	5.1 FENÓMENOS GEOLÓGICOS	51
4.1 ELEMENTOS DEMOGRÁFICOS	28	5.1.1. VULCANISMO O ERUPCIONES VOLCÁNICAS	51
DINÁMICA DEMOGRÁFICA (PROYECCIÓN AL 2030)	28	5.1.2 SISMOS Y/O TERREMOTOS	54
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN	28	5.1.3. TSUNAMIS	60
ESTRUCTURA POBLACIONAL	30	5.1.4. INESTABILIDAD DE LADERAS	61
MORTALIDAD	31	5.1.5. FLUJOS	68
DENSIDAD DE POBLACIÓN	32	5.1.6. CAÍDOS O DERRUMBES	74
		5.1.7. HUNDIMIENTOS	79
		5.1.8. SUBSIDENCIA	81
		5.1.9. AGRIETAMIENTOS	83
		5.2 FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS	85
		5.2.1. ONDAS CÁLIDAS Y GÉLIDAS (TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS)	85
		5.2.1.1. ONDAS CÁLIDAS	85
		5.2.1.2. ONDAS GÉLIDAS	87
		5.2.2. SEQUÍAS	90
		5.2.3. HELADAS	92
		5.2.4. TORMENTAS DE GRANIZO	95
		5.2.5 TORMENTAS DE NIEVE	98
		5.15. CICLONES TROPICALES	99
		5.2.6. TORNADOS	103

5.2.7 TORMENTAS DE POLVO	103
5.2.8 TORMENTAS ELÉCTRICAS	104
5.2.9 LLUVIAS EXTREMAS	106
5.2.10. INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES	108
ÍNDICE DE FIGURAS	124
ÍNDICE DE FOTOS	124
ÍNDICE DE GRÁFICAS	124
ÍNDICE DE MAPAS	124
ÍNDICE DE TABLAS	125

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVO



Parroquia y ex convento de San Jerónimo.

Introducción

El peligro, el grado de exposición y la vulnerabilidad de los bienes expuestos son los tres factores fundamentales que determinan el riesgo de desastres. La probabilidad de que un peligro se materialice en algún daño depende del nivel o grado de exposición de la población, sus bienes materiales, la infraestructura construida y su relación con los fenómenos perturbadores, cualquiera que éstos sean; por ello, las actuales políticas en materia de protección civil están más enfocadas a la reducción o mitigación del riesgo y de las causas que lo generan o que potencian sus efectos destructivos que al desastre en sí mismo. Este enfoque implica estimar los riesgos de desastres y por ende, evaluar qué tan expuesta está la población o sus bienes materiales; diagnosticar su vulnerabilidad e identificar las causas que la generan, con lo cual se deja atrás la política reactiva y se transita a una política integral de prevención y gestión del riesgo ante los desastres.

Debido a lo anterior, es necesario conocer las características de los eventos que pueden devenir en desastres y determinar de qué manera estos eventos inciden en los asentamientos humanos, en la infraestructura y en el entorno, lo que dio paso a la elaboración del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Aculco, Estado de México 2014, el cual pretende funcionar como una herramienta básica para el diagnóstico, ponderación y detección precisa de riesgos, peligros y vulnerabilidad. Su propósito es reducir el riesgo a través de la adecuada planeación y ordenamiento territorial, coadyuvando a la disminución de la vulnerabilidad de la población ante los efectos destructivos de los fenómenos naturales, por medio de la mejora en sistemas estructurales de mitigación y la implementación de una normatividad más adecuada de los métodos constructivos, factores integrales en los ámbitos de planeación del desarrollo socioeconómico, del ordenamiento del territorio y de la utilización sustentable de los recursos naturales, tomando en consideración la ocurrencia de afectaciones y daños de una magnitud tal que se vean afectadas la salud, las vidas y el bienestar de la población.

El Atlas de Riesgos Naturales de Aculco Estado de México 2014 está basado en los criterios señalados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y los planteamientos del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, donde se precisa como estrategia nacional “hacer de la prevención de desastres y la gestión del riesgo una política de desarrollo sustentable”. Para alcanzar esta meta, la prevención de desastres no solo busca coadyuvar al establecimiento de una política municipal de prevención de desastres vinculada a la regulación del uso y ocupación del suelo, y a la reducción de la vulnerabilidad de la población ante los efectos destructivos de los fenómenos naturales, sino que además lo hace buscando que los resultados de las investigaciones efectuadas para configurar el Atlas se integren a las redes regionales, estatales y nacionales construidas para enfrentar los riesgos de desastres. Todo ello propicia la integración de Aculco a un sistema de prevención centrado en los riesgos y a la implementación de un efectivo programa municipal de protección civil.

Asimismo, es el resultado del trabajo de campo y gabinete realizado por un equipo de especialistas en el estudio de los fenómenos naturales perturbadores y en el manejo de sistemas de información geográfica (SIG), profesionistas de áreas relativas al medio ambiente y al ordenamiento territorial (geógrafos, geólogos, geomorfólogos, hidrólogos, geomáticos, geofísicos, climatólogos, urbanistas, planificadores y sociólogos). En conjunto, el Atlas integra un esfuerzo de planeación del desarrollo social enfocado a que gobierno, instituciones y habitantes del municipio regulen coordinadamente

las acciones para responder a las contingencias de carácter natural que representen riesgos de catástrofe; donde se han identificado principalmente amenazas y peligros naturales, pero sin dejar de lado los factores de índole social agravantes del riesgo, convirtiéndolo en una herramienta rectora para definir acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial en espacios ordenados y sustentables, cuyo objetivo fundamental es el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio.

Las directrices para la elaboración del Atlas fueron establecidas a partir de las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el riesgo 2014 (BEEAR), donde están contenidos los criterios del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y los planteamientos del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

De igual forma, el Bando Municipal 2014 establece el compromiso de cooperar y participar de manera organizada en caso de riesgo, siniestro o desastre, en beneficio de la población afectada, a través del Sistema Municipal de Protección Civil, cuya unidad administrativa está a cargo de un Consejo encabezado por el Presidente Municipal y conformado por el Secretario del Ayuntamiento, el titular de la Dirección Municipal de Protección Civil, los titulares de las dependencias municipales afines a la materia, dos representantes de la sociedad civil debidamente organizados y reconocidos y las autoridades auxiliares que formen parte de las comisiones de protección civil. Entre sus atribuciones está la de promover la capacitación de la comunidad para hacer frente a las contingencias; planificar y coordinar acciones con los sectores en materia de prevención de siniestros, y constituirse en sesión permanente en caso de desastre, integrando dentro del organismo a otras autoridades, instituciones y voluntarios que coadyuven a enfrentar la contingencia (Capítulo XI del Bando Municipal 2014) cuyo fundamento legal es la Ley General de Protección Civil.

Entre otros documentos examinados se pueden mencionar el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Aculco, el Atlas de Riesgos Aculco 2009-2012 y las bitácoras de campo del Sistema Municipal de Protección Civil.

1.2. Antecedentes

La palabra Aculco significa en otomí “dos aguas”, por encontrarse en el subsuelo dos tipos de agua, la dulce y la salada. Todas las personas nacidas y radicadas por lo menos durante seis meses en el territorio municipal se consideran aculquenses.

El municipio de Aculco pertenece a la región de Jilotepec y se ubica en la parte noroccidental del Estado de México, en los límites con Querétaro. Fue declarado como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO como parte del camino real de tierra adentro y Pueblo con Encanto del Bicentenario por el Gobierno del Estado de México. Su organización territorial y administrativa está integrada por una cabecera municipal, 62 delegaciones, 43 núcleos y ranchos, así como 22 ejidos

y 2 comunidades agrarias. En su territorio se alza la sierra de San Andrés Timilpan y algunos lomeríos y cerros entre los cuales se forman pequeñas cañadas por donde corren los ríos de temporal. Sobresale entre los cerros El Ñadó con su espectacular peña. Asimismo, cuenta con áreas naturales protegidas federales y estatales, como Oso Bueno, Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango y Santuario de Agua Presa Ñadó.

En cuanto a la hidrografía, la zona del municipio pertenece a la cuenca del río Moctezuma, en la cual existen a su vez dos microcuencas (la del río Ñadó y la del río Prieto). Otra cuenca la componen los arroyos Zarco y Taxto. Cuenta con algunas presas, manantiales y pozos profundos. Cabe mencionar que existen algunas filtraciones por fisuras, al menos en la presa Los Tepozanes (o El Tepozán).

La población aculquense, como población vulnerable, está expuesta a diferentes tipos de riesgos además de los de origen natural. Uno de ellos es el catalogado como de tipo sociorganizativo. En este rubro están aquellos eventos con alta concentración de población, por ejemplo las celebraciones de fiestas cívicas y religiosas como el festival y desfile con carros alegóricos (21 de marzo); competencias deportivas, noche mexicana y baile popular (16 de septiembre); día de la fraternidad aculquense con carreras de caballos y la asistencia de personas de otras comunidades (17 de septiembre); la representación escénica de la Semana Mayor, y la verbena popular y baile por las fiestas patrias (15 de septiembre) donde el riesgo de desastre aumenta considerablemente debido al uso de juegos pirotécnicos.

Otros espacios donde se presenta alta concentración de personas son las industrias textiles (2), el mercado municipal (2), tianguis (2), restaurantes y centros nocturnos (7). En cuanto a los riesgos en carretera, aún cuando no hay alta afluencia, se han ocasionado accidentes por la ausencia de señalamientos, el trazo de las vías y el exceso de velocidad; además de existir un riesgo por remoción de masa de pequeña magnitud.

Los riesgos químicos están representados por ductos de Pémex, tres gasolineras y dos gaseras, éstas ubicadas en la localidad de Santa María Centro y en la carretera Aculco-El Rosal. En cuanto a polvorines, de acuerdo con información del Secretario del Ayuntamiento, hay dos: uno de ellos en San Lucas y otro en El Mogote. En este último ha habido dos o tres explosiones en cinco años en las cuales, de acuerdo con datos de Protección Civil, no ha habido víctimas. La casa más cercana está a unos 100 metros y las explosiones no le han ocasionado ningún tipo de afectación.

Foto 1. Polvorín de El Mogote



Foto: Eduhcac

Otro foco de alerta podrían ser las alteraciones del agua debidas a la contaminación por descargas de aguas residuales y el vaciado de suero al sistema de drenaje y alcantarillado, proveniente de la industria quesera de la región.

Los incendios forestales y de pastizales se han incrementado en las comunidades donde las precipitaciones no son frecuentes o llega a ser prolongada la época de sequía. Los incendios ocasionan pérdidas en las zonas agrícolas y se registran principalmente al norte del municipio. No se consideran de gran dimensión, ni existe riesgo de desastre por este rubro.

Las dos fallas geológicas ubicadas al sur de la cabecera municipal no representan riesgo para la comunidad debido a que se encuentran localizadas en una zona dispersa y con poca actividad humana, denominada Decandeje. El sismo de mayor intensidad data de poco más de cien años (1912) el cual provocó algunos daños en la infraestructura de la iglesia ubicada en la cabecera municipal. Estas fallas, con movimientos verticales y fracturas simples, se localizan generalmente en pendientes mayores a los 15°, por lo que en la mayoría de los casos no afectan a los pobladores, aunque es necesario regular los asentamientos futuros a fin de evitar riesgos para la población.

También se consideran asentamientos humanos en riesgo los establecidos en zonas con pendientes muy pronunciadas, en las márgenes de los ríos o al pie de laderas donde pueden ocurrir desbordamiento de ríos, trombas o deslaves en la época de lluvia, ante una derrama pluvial alta. Al respecto, de acuerdo con el recorrido de campo y las entrevistas efectuadas a las autoridades y vecinos del municipio, se pudo corroborar que prácticamente no existen asentamientos humanos de alto riesgo, aún cuando la regulación para la construcción inició en el 2005, en que fue creada la Dirección de Desarrollo Urbano.

De acuerdo con la percepción de los pobladores del municipio, las heladas, las granizadas, la sequía y los incendios forestales son los que provocan mayor afectación en la zona; sin embargo, los focos de atención en cuanto al peligro y alto nivel de exposición están dirigidos preeminentemente a la erosión del suelo y a las inundaciones por derrama pluvial.

Uno de los grandes problemas presentes en el municipio de Aculco es la erosión del suelo, ocasionada por diferentes procesos naturales o provocados por la intervención del hombre. Por ejemplo, en el año 2010, se determinó que el banco de cantera ubicado en la localidad de Gunyó Poniente, era de alto riesgo para la población que vive cerca de la zona de extracción, pues los agentes erosivos generan la aceleración de la susceptibilidad ante la caída de rocas que afecta directamente a la ladera. Asimismo, debido a la escasa vegetación, a la deforestación y a la tala de bosques para uso agrícola y su posterior transformación para uso urbano, de julio a septiembre del 2013 se presentaron procesos gravitacionales con remoción de masa en algunas localidades como Santa María Nativitas y Muyeje, sin generar impacto en la sociedad.

Se considera la conservación y restauración de la cobertura vegetal como una de las medidas prioritarias, sobre todo en pendientes pronunciadas, a fin de evitar mayores escurrimientos y desgaste del suelo.

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (1999), las lluvias torrenciales llegan a provocar trombas, granizadas e inundaciones de manera esporádica. Los poblados donde se han registrado el mayor número de inundaciones, sin que esto cobre la vida de seres humanos o daños considerables son: Arroyo Zarco, Pueblo, Santa María Nativitas, El Colorado, Gunyó, Los Cedros, La Soledad, Aculco de Espinosa, San Lucas Tercer Cuartel y San Lucas Totolmaloya. El Atlas de Inundaciones No. 15 de la Comisión de Aguas del Estado de México, refiere la afectación de ocho habitantes durante la temporada de lluvias del 2008. En el año 2011, la presa Molino Viejo llegó a su límite y se desbordó el río que atraviesa la localidad de Arroyo Zarco, generando afectaciones a los sembradíos y a las instalaciones deportivas de la preparatoria de dicha comunidad. Para el 2012 las inundaciones se presentaron en la cabecera municipal.

1.3. Objetivo

Objetivo general

Generar el Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Aculco 2014, un documento científicamente elaborado, en el que se detectan y ponderan tanto los riesgos de desastres y daños por fenómenos naturales perturbadores, como los estados y niveles de vulnerabilidad que presentan ante esos fenómenos la sociedad y la infraestructura del municipio.

Objetivos particulares

- Detectar, clasificar y ponderar los peligros y riesgos de fenómenos naturales en el territorio municipal de Aculco de acuerdo con parámetros estandarizados que permitan

homologar los criterios de calificación y cuantificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad.

- Generar una cartografía propia del Atlas en la que se incorpore la información recopilada en el levantamiento en campo y aquella otra que se ha obtenido a través de información de gabinete. Definir conceptualmente y delimitar cartográficamente las situaciones de riesgo y las posibilidades de desastres de origen natural en el territorio del municipio de Aculco.
- Señalar las medidas de mitigación de riesgos y recomendar los lineamientos para un programa de protección civil que incluya medidas sobre la prevención, mitigación y restauración de los daños que puedan generar los fenómenos naturales perturbadores a suceder en el territorio del municipio de Aculco.
- Hacer posible la consulta y análisis de la información de los diferentes peligros que afectan al municipio de Aculco, así como ubicar e identificar el tipo y grado de los riesgos existentes de acuerdo con el origen de los mismos a escala municipal y de la localidad.
- Homologar el diccionario de datos Municipal con la finalidad de obtener instrumentos confiables y capaces de integrarse a una base de datos nacional.

Alcances

- El Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Aculco 2014 se ha construido siguiendo los lineamientos generales y los tratamientos específicos que se definen en el documento normativo BEEAR de la SEDATU; en este sentido, sus contenidos tienen alcances estrictamente apegados a los señalamientos marcados en ese instrumento. Esto es aplicable tanto en el manejo instrumental de elementos cartográficos, diccionarios de datos y metadatos, así como en el manejo técnico y analítico de las descripciones y referencias que integran el documento.
- El alcance máximo del Atlas apunta a que éste y sus componentes instrumentales posibiliten una adecuada identificación de los peligros, riesgos y niveles de vulnerabilidad a los que están expuestos el municipio y sus habitantes. Este alcance se logra tras realizar el análisis y síntesis de la situación de peligros y riesgos ocasionados por eventos naturales (en conjunción con las variables de vulnerabilidad del sistema afectable); después, esta información se traduce en términos cartográficos y se cuantifica por medio de tablas y descripciones analíticas dentro del texto.

Metodología general

Para la realización del Atlas de Riesgos Naturales del municipio de Aculco 2014 se tomó como directriz el marco metodológico establecido en el documento BEEAR, así como lo señalado al respecto en los instrumentos de la legislación nacional vigente en materia de riesgos y protección civil, tales como la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, la *Ley General de*

Protección Civil y los planes de desarrollo estatal y municipal. Siguiendo estas pautas metodológicas y de ordenamiento, el Atlas permite establecer los lineamientos básicos para diagnosticar, ponderar y detectar amenazas, peligros, vulnerabilidades y estimar los riesgos en el espacio geográfico a través de criterios estandarizados, catálogos y bases de datos homologadas, compatibles y complementarias, lo cual aunado al fomento de una cultura de protección civil, facilitará la implementación de acciones en caso de algún siniestro a través de:

- a) Contar con un documento cartográfico y escrito que represente y zonifique cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
- b) Desarrollar y fundamentar una base de datos homologada para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores presentes en la localidad.
- c) Sentar las bases para definir un esquema de prevención, planeación y gestión del riesgo.

El propósito metodológico general, de acuerdo con los criterios de clasificación y los términos de referencia establecidos por el CENAPRED en materia de riesgos, es la estandarización de criterios en la elaboración del Atlas. Esta metodología se circunscribe a la unificación de cuatro elementos básicos que permitan equiparar y homologar la información del municipio en cuanto a:

- Métodos de estudio del sistema perturbador. Se refiere a los planteamientos metodológicos que existen para obtener información precisa y en diferentes escalas de trabajo acerca de los sistemas perturbadores de origen natural que pueden afectar al territorio municipal, a sus habitantes y a su infraestructura.
- Jerarquía de complejidad de métodos de estudio. Este punto observa el desarrollo jerárquico de los métodos, que se consideran desde lo más simple hasta lo más complejo desde el punto de vista de la metodología empleada. De esta forma, el "Método 1" representa el nivel más básico de estudio y obtención de información; el cual de manera progresiva aumentará la complejidad de acuerdo a las características de la zona de estudio, aumentando también la numeración del mismo; es decir, el "Método 2" será más complejo que el número 1, el 3 más que el número 2 y así sucesivamente.
- Métodos de representación cartográfica de los sistemas naturales. Se definen las escalas de representación cartográfica de acuerdo con el origen y expresión territorial de cada uno de los sistemas perturbadores de la zona de estudio.
- Especificaciones técnicas para la confección de la cartografía.

Otro instrumento empleado como referente para la metodología de análisis y descripción de los fenómenos naturales fue el *Atlas de Riesgos y Peligros del Estado de México 2009-2012* publicado por el Gobierno del Estado de México.

CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

Cascada de La Concepción



Foto: Eduhac

2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

Localización y límites del municipio

El municipio de Aculco se ubica en la parte noroeste del Estado, dentro de la Región III, Sistema Urbano Regional Atlacomulco, el cual se integra por 16 municipios. Las colindancias del municipio son: al norte con el Estado de Querétaro y el municipio de Polotitlán; al sur con las municipalidades de Acambay y Timilpan; al este con el municipio de Jilotepec; y al oeste con el Estado de Querétaro.

Figura 1. Localización del municipio



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos, INEGI

La superficie que ocupa el municipio es de 453.26 kilómetros cuadrados que representa el 2.18% del total del territorio estatal (45,326 hectáreas) de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo 2013 – 2015 y conforme a los cálculos con base en la cartografía trabajada del INEGI, la superficie corresponde a 41,886 hectáreas. La altitud de la cabecera municipal alcanza 2,450 metros sobre el nivel del mar. (H. Ayuntamiento de Aculco 2013). Sus coordenadas geográficas extremas son:

Latitud norte máxima:	20° 16' 20"
Latitud norte mínima:	19° 59' 53"
Longitud oeste máxima:	99° 59' 10"
Longitud oeste mínima:	99° 39' 08"

El municipio cuenta con accesos carreteros a cada una de las comunidades y a la cabecera municipal con un total de 157.31 km. La comunicación con el resto del Estado y con el Estado de

Querétaro es a través de la autopista México – Querétaro que pasa al oriente del municipio y la carretera Panamericana a 5.5 Kilómetros del lado poniente de la cabecera y es la principal vía Toluca – Querétaro.

De acuerdo con las Bases para la Estandarización y la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014, en el Atlas de Riesgos de Aculco se han definido los niveles de análisis enfocados en los ámbitos municipal y urbano como se aprecia en la tabla siguiente.

TABLA 1 Niveles de tratamiento de la información geológica e hidrometeorológica

Origen	Fenómenos de estudio	Nivel de análisis	Escala de análisis
Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen geológico	Vulcanismo	1	Regional
	Sismicidad	2	Regional
	Tsunamis	1	Regional
	Inestabilidad de laderas	2	Municipal
	Flujos	2	Municipal
	Caídos y derrumbes	2	Municipal
	Hundimientos	1	Municipal
	Subsidencia	1	Municipal
Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen hidrometeorológico	Agrietamientos	1	Municipal
	Ondas cálidas y gélidas	2	Regional
	Sequías	1	Municipal
	Heladas	3	Municipal
	Tormentas de granizo	2	Municipal
Tormentas de nieve	1	Municipal	
Ciclones tropicales,	1	Regional	

Origen	Fenómenos de estudio	Nivel de análisis	Escala de análisis
	Huracanes		
	Tornados	1	Municipal
	Tormentas eléctricas	2	Municipal-Urbano
	Tormentas eléctricas	2	Municipal-Urbano
	Lluvias extremas	2	Regional
	Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	2	Municipal-Urbano

Fuente: Elaboración propia con información de gabinete

Para la calificación y cuantificación de amenazas, peligros, riesgos y vulnerabilidad, se ha llevado a cabo trabajo de gabinete por parte de especialistas expertos en el ámbito de los peligros naturales el cual, en un segundo momento, será ratificado y/o rectificado por el levantamiento en campo de información referente a los fenómenos perturbadores de origen natural a través de la aplicación de entrevistas dirigidas. A partir de esta recopilación, su análisis y sistematización, se elaboró la cartografía con base a SIG y se propusieron obras o acciones de mitigación.

Determinación de la Zona de Estudio

Para la elaboración del Atlas Municipal de Riesgos Naturales de Aculco se consideró estudiar toda el área que ocupa el municipio para lo cual se requiere usar una escala de 1:130,000 con una proyección UTM Universal Transversa de Mercator.

A nivel de las localidades se trabaja a otra escala también en la proyección UTM, en las que se consideran las dos localidades urbanas dentro del municipio: Aculco de Espinosa y San Lucas Totolmaloya.

Para una mejor presentación del análisis de riesgo y de vulnerabilidad, se utilizan las áreas geoestadísticas básicas (AGEBs) que tiene estructuradas el INEGI, con las cuales se puede representar la vulnerabilidad a nivel de manzana, así como algunas variables sociales que sean de interés para el municipio.

La representación se hace considerando los criterios que se establecen en el Bando Municipal de Aculco, que para su organización territorial y administrativa, está integrado por la Cabecera

Municipal que es Aculco de Espinosa, así como por las siguientes Delegaciones, Núcleos Agrarios, comunidades agrarias y Ranchos:

DELEGACIONES:			
1. Arroyo Zarco Ejido.	22. Fondó	43. San Jerónimo Barrio.	
2. Arroyo Zarco Pueblo.	23. Gunyó Centro	44. San Jerónimo Ejido.	
3. Bañe Centro.	24. Gunyó Oriente.	45. Bimbo	
4. Bañe Primera Manzana	25. Gunyó Poniente.	46. San Joaquín Coscomatepec.	
5. Barrancas.	26. Higuierillas B.	47. San Lucas Segundo Cuartel.	
6. Barrio de Totolopán.	27. Higuierillas C.	48. San Lucas Tercer Cuartel.	
7. Cofradía Grande.	28. Jurica.	49. San Lucas Totolmaloya.	
8. Decandaje Ejido	29. La Concepción Ejido.	50. San Martín Ejido.	
9. Decandaje Pueblo	30. La Concepción Pueblo.	51. San Pedro Denxhi Centro	
10. El Bonxhí.	31. La Estancia.	52. San Pedro Denxhi Primer Cuartel	
11. El Azafrán Centro.	32. La Soledad Barrio.	53. San Pedro Denxhi Segundo Cuartel.	
12. El Azafrán Segunda Manzana.	33. La Soledad Ejido.	54. Santa Ana Matlavat Centro	
13. El Azafrán Tercera Manzana.	34. Las Lajas.	55. Santa Ana Matlavat Primera Manzana	
14. El Colorado	35. Loma Alta Cabresteros.	56. Santa Ana Matlavat Segunda Manzana	
15. El Mogote.	36. Los Ailes.	57. Santa Ana OxtocToxhie.	
16. El Tepozán.	37. Los Gavilanes.	58. Santa María Ejido.	
17. El Tixhiñú.	38. Nádó Buenavista.	59. Santa María Nativitas.	
18. El Zethe.	39. San Antonio Arroyo Zarco.	60. Santa María Nativitas Segundo Cuartel.	
19. El Zethe el Llano	40. San Antonio el Zethe.	61. Los Cedros	
20. Encinillas Ejido.	41. San Antonio Pueblo.	62. Santiago OxtocToxhie.	
21. La Esperanza.	42. San Francisquito.		

CABECERA MUNICIPAL:

Aculco de Espinosa

RANCHOS:

1. Avalitos	15. El Maná	29. La Esperanza
2. Ávalos	16. El Molino	30. La Mangana
3. Chápala	17. El Molino Viejo	31. La Pera
4. Cofradía	18. El Palmar	32. La Purísima
5. Cofradía Grande	19. El Reencuentro	33. La Teja
6. El Bosque	20. El Refugio	34. Las Animas
7. El Capulín.	21. El Rincón	35. Las 3 A
8. El Cerrito	22. El Suspiro	36. Las Vegas
9. El Durazno	23. El Tarahumara	37. Loma Alta
10. El Fresno	24. Equus	38. Los Ramírez
11. El Hiuzache	25. Guadalupe	39. Nado
12. El Jacal	26. La Estancia	40. Rancho Viejo
13. El Jardín	27. La Canterá	41. San José
14. El Judío	28. La Concepción	42. San José del Serrotito
		43. Santa Rosa

NÚCLEOS AGRARIOS:

EJIDOS

1. Arroyo Zarco	9. Jurica	17. San Pedro Denxhi
2. Bañé	10. La Concepción	18. Santa Ana Matlavat
3. Barrancas	11. La Soledad	19. Santa María
4. Decandaje	12. Las Ánimas	20. Santiago OxtocToxhié
5. El Tixhiñú	13. Los Ailes	21. San Martín
6. El Zethe	14. San Jerónimo	22. La Loma Santa María
7. Fondó	15. San Joaquín	
	Coscomatepec	
8. Gunyó	16. San Lucas	

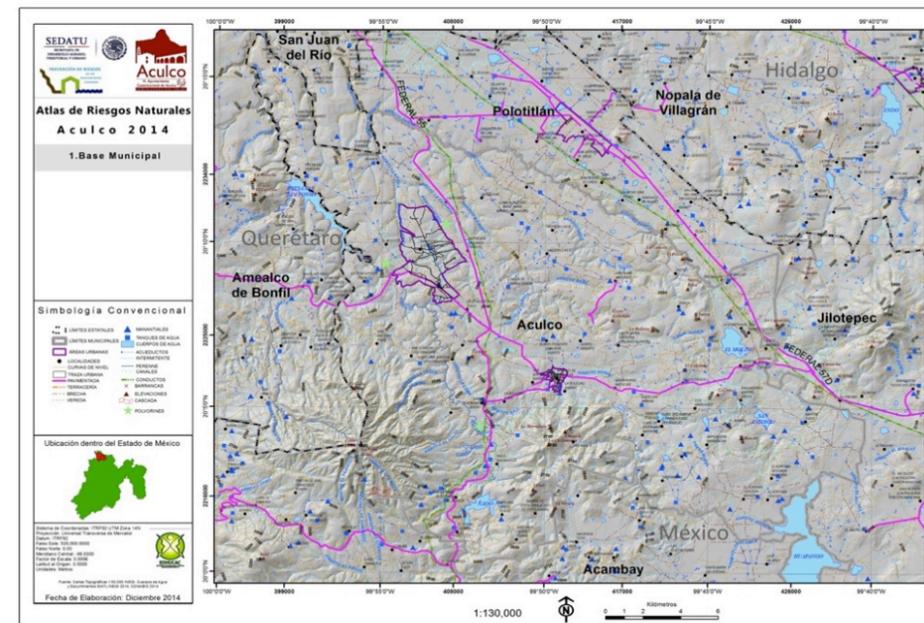
COMUNIDADES AGRARIAS

- 1. Bienes Comunales Gunyó
- 2. Bienes Comunales Santiago Oxtoc Toxhié

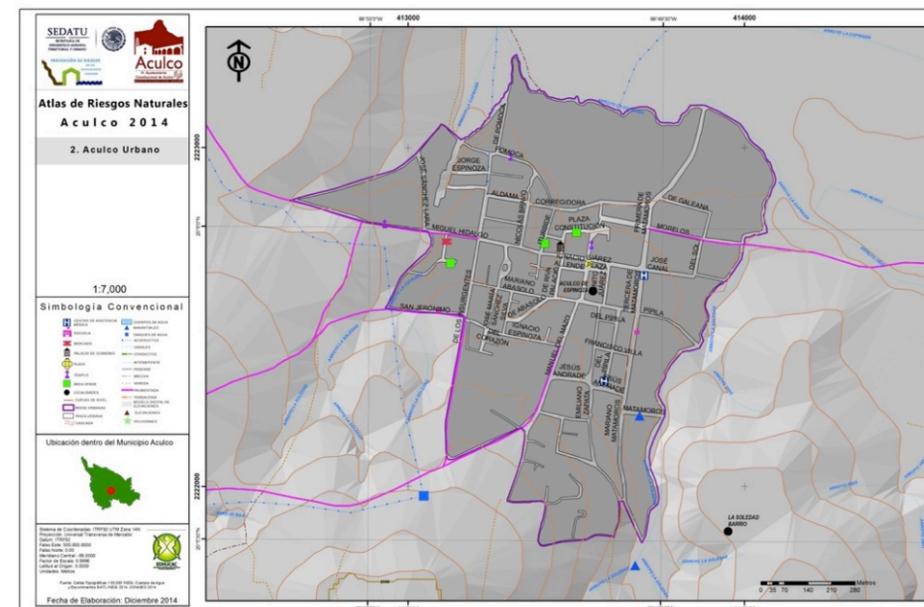
El mapa base

El mapa base que se utiliza en los trabajos de representación cartográfica se encuentra a continuación. Los mapas temáticos cubrirán todo el territorio del municipio de Aculco. También se presenta el mapa base de Aculco de Espinosa como cabecera municipal que tendrá un análisis territorial de los aspectos sociales y de los peligros.

MAPA 1 Mapa base de Aculco



MAPA 2 Mapa base de la localidad Aculco de Espinosa



CAPÍTULO III CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL



Foto: Edhucac

MAPA 3 Fisiografía del municipio de Aculco

Caracterización de los elementos del medio natural

El objetivo de la caracterización del sistema natural es establecer las condiciones medioambientales que prevalecen en un espacio determinado; en este caso, el municipio de Aculco, Estado de México. Una vez caracterizadas dichas condiciones se logrará una primera aproximación a las causas naturales que generan fenómenos potencialmente peligrosos.

3.1 Fisiografía

En las ciencias de la tierra, una región se considera provincia o región fisiográfica cuando presenta un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área, así como una morfología y litología propias y distintivas. Estas unidades a su vez pueden ser divididas en una serie de subprovincias fisiográficas que pueden presentar elementos discordantes conocidos como discontinuidades fisiográficas.

El municipio de Aculco se encuentra asentado en la Provincia del Eje Neovolcánico integrado por los volcanes de Colima, Tancítaro, Zinatlécatl (Nevado de Toluca), Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Matlacuéyatl (Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba), que casi en línea recta atraviesan el país, más o menos sobre el paralelo 19. Esta provincia, que se caracteriza por tener grandes sierras volcánicas, enormes coladas lávicas, conos cineríticos y depósitos de arena y cenizas, comprende a las subprovincias Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, que es una zona de terrenos accidentados en la que dominan los sistemas de topoformas, pequeña sierra compleja y lomerío de colinas redondeadas, constituidos principalmente por rocas basálticas y a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, con un sistema fisiográfico de topoformas caracterizado por lomerío de basalto, vaso lacustre de piso rocoso o cementado, sierra volcánica con extracto de volcanes, llanura aluvial, escudo de volcanes con meseta y lomerío de basalto con cañadas (Tabla siguiente).

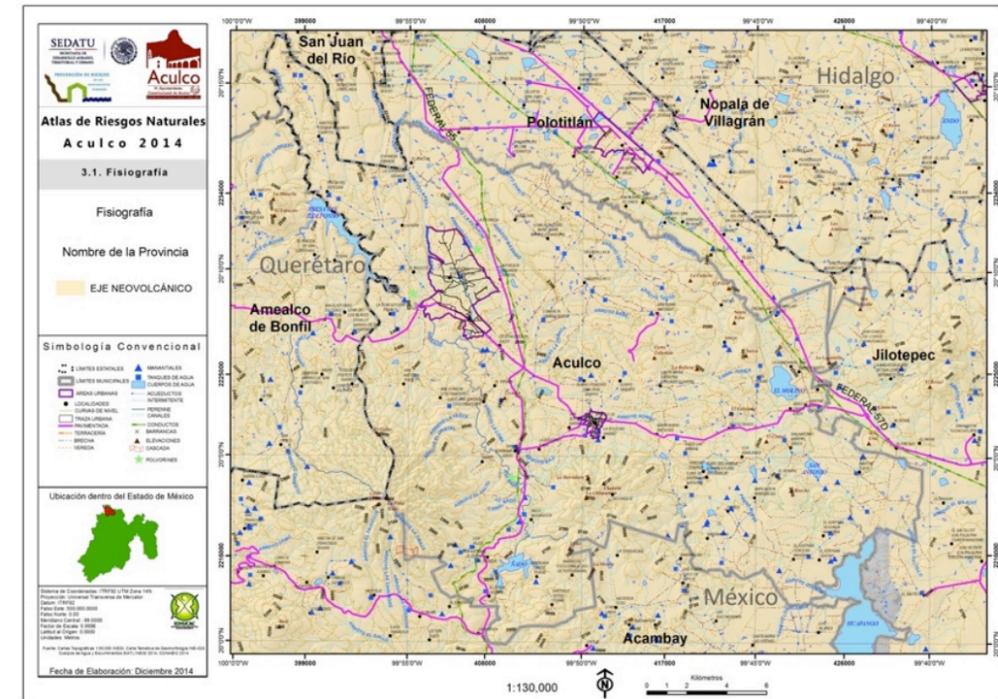
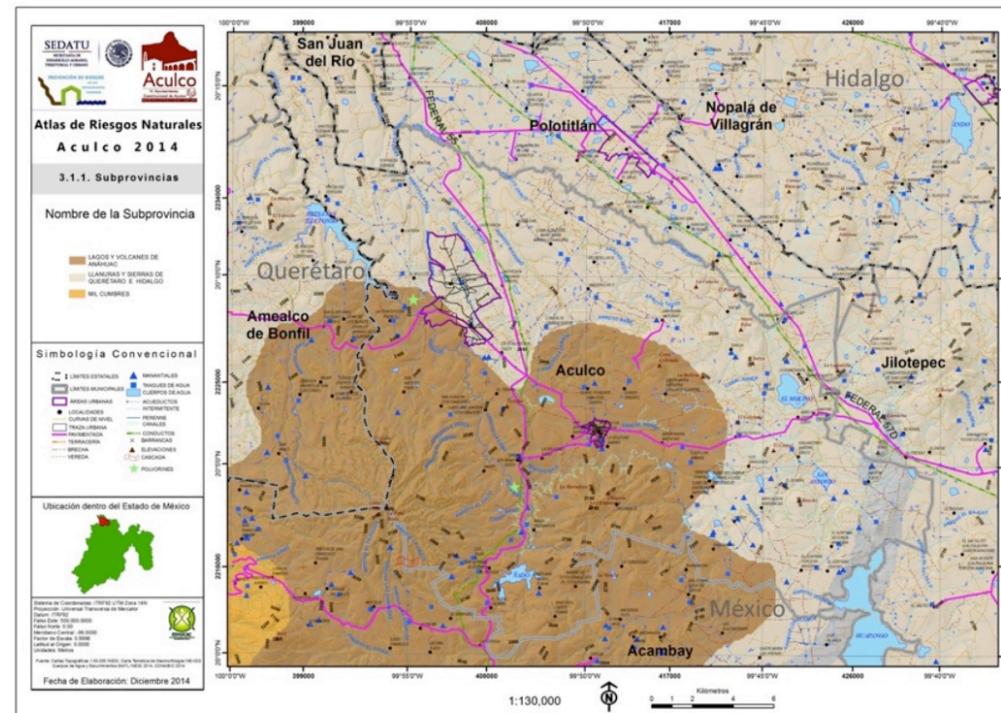


TABLA 2 Porcentajes de la fisiografía del municipio de Aculco.

Fisiografía	Superficie(ha)	Porcentaje (%)
Eje Neovolcánico	41,885.90	100
Subprovincias		
Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo	33,182.00	79.22
Lagos y Volcanes de Anáhuac	8,703.90	20.78

Fuente: Elaboración propia con base en datos de las cartas temáticas de las provincias fisiográficas y subprovincias fisiográficas de INEGI.

MAPA 4 Subprovincias fisiográficas del municipio de Aculco



3.2. Geomorfología

La geomorfología es la ciencia que permite explicar el origen, estructura y disposición de los materiales formadores del relieve, es decir, define las formas del territorio.

La descripción geomorfológica de un espacio geográfico, permite interpretar de manera integral y homogénea su territorio, abordando su complejidad estructura- funcional a partir de la identificación de distintas geoformas.

Estas unidades sirven para comprender los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren dentro del paisaje. Las formas del terreno determinan el flujo de agua superficial, transporte de sedimentos y contaminantes, clima a escala regional y/o local, naturaleza y distribución de los hábitats para especies de plantas y animales. Es también una expresión de los procesos geológicos y de intemperización que han contribuido a su formación. El conocimiento de las formas del terreno es indispensable para un adecuado manejo de los recursos naturales.

Descripción de las Geoformas identificadas para el municipio

Sierra Volcánica.- Corresponde a todos los centros eruptivos, derrames y superficies cubiertas de material volcanoclástico asociado, las cuales se distinguen por ser un relieve de edad geológica reciente, que conserva las formas originales o estructuras primarias del mismo y de las rocas, con escasas e incipientes formas de erosión, ya que los agentes de denudación apenas han retocado dicho relieve. Cuenta con una superficie de 2,433.8 hectáreas, lo que representa un 5.82% del total del municipio.

Montaña de Plegamiento.- Es una elevación, más o menos grande del terreno producida por el hundimiento o plegamiento (elevación) de bloques de la corteza terrestre como consecuencia del movimiento de las placas tectónicas. Cuenta con una superficie de 4,736.2 hectáreas, lo que representa un 11.30% del total del municipio.

Lomerío de basalto.- Unidad de terreno localizada en las partes bajas de la montaña, que constituye la zona de transición y se caracteriza por tener laderas de pendientes suaves a intermedias. Cuenta con una superficie de 9,724.8 ha, lo que representa el 23.22% del municipio.

Valle Intermontano.- Unidad de terreno localizada en las partes bajas de la montaña; se caracterizan por tener laderas de pendientes suaves a intermedias. Cuenta con una superficie de 306.6 hectáreas, lo que representa un 0.73% del total del municipio.

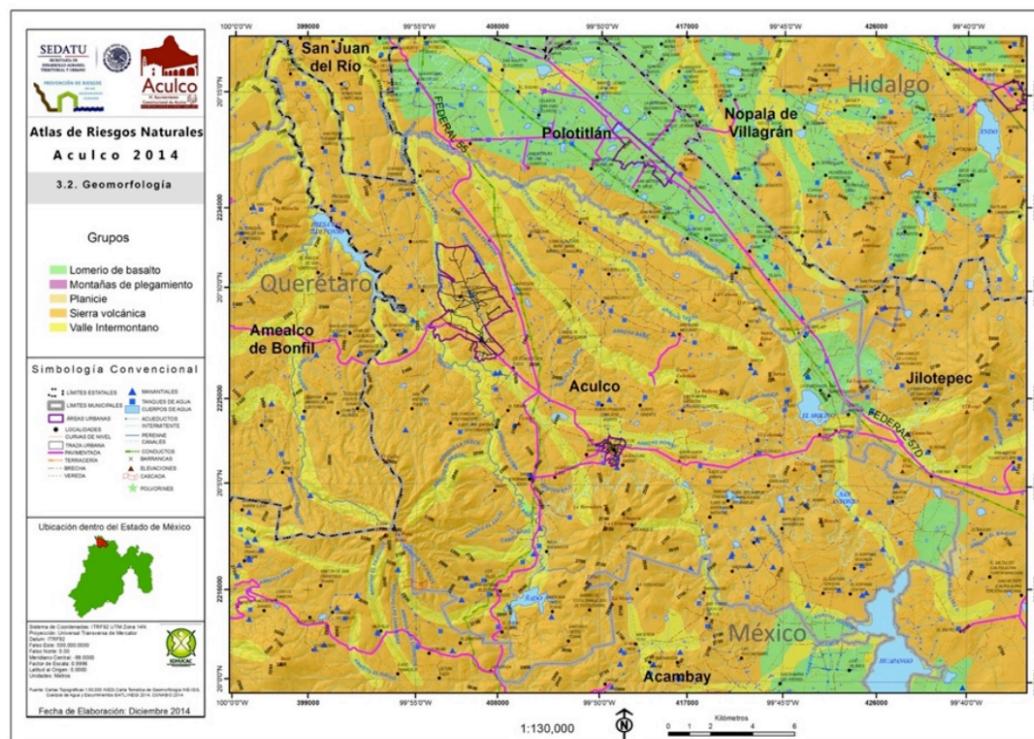
Planicie.- Unidad de terreno localizada en las llanuras del municipio con una gran extensión de tierra, plana o ligeramente ondulada, a poca altura sobre el nivel del mar. Está formada por la erosión de los terrenos más elevados. Cuenta con una superficie de 24,684.5 hectáreas, lo que representa un 58.93% del total del municipio.

TABLA 3 Porcentajes de las Geoformas del municipio de Aculco

Sierra Volcánica	2,433.80	5.82
Montaña de Plegamiento	4,736.20	11.30
Lomerío de Basalto	9,724.80	23.22
Valle Intermontano	306.60	0.73
Planicie	24,684.50	58.93
Total	41,885.90	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Geomorfología de INEGI.

MAPA 5 Geomorfología del municipio Aculco



3.3. Geología

El factor geológico y su interdependencia socio-ambiental representan la base a partir de la cual se han desarrollado los paisajes. La coherencia y los lugares de contacto de las rocas, la heterogeneidad en edades, el origen y los tipos de unidades litológicas determinan la edafogénesis, la composición fisicoquímica del suelo, la formación del relieve, la localización de los recursos hidráulicos subterráneos, así como la ubicación de los depósitos minerales y materiales de construcción, además de mantener una estrecha relación con otros elementos, como son la vegetación y la fauna.

En el municipio se encuentran eventos geológicos volcánicos de tipo extrusivos y sedimentarios, pertenecientes al periodo Neógeno y Cuaternario. Ambos de la era geológica cenozoica.

Las unidades litológicas que componen cada formación del municipio se describen a continuación y se resumen en la Tabla 4.

Aluvial (al).- Suelo del Cuaternario y una unidad que consiste de una mezcla de materiales granulares no consolidados de arrastre, conformados principalmente por gravas, arenas, limos y

arcillas. Cuenta con una superficie de 804.1 hectáreas, lo que representa apenas un 1.92 % del territorio.

Andesita(A).- Es el tipo de roca volcánica de plagioclasa sódica que se encuentra en el municipio, cubre aproximadamente 12.95% de la superficie municipal con 5,425.2 hectáreas, está localizada principalmente al suroeste del municipio. Este tipo de roca es característica de zonas montañosas y boscosas.

Basalto (B).- Roca volcánica del Cuaternario, se genera a través de la expulsión de lava volcánica, de color oscuro, pesado, completo y resistente, de grano fino generalmente. Por sus características hidráulicas, son rocas de permeabilidad secundaria, por lo que favorecen tanto el escurrimiento como la recarga de acuíferos. Cubre una extensión de solo 7,388.6 hectáreas, lo que representa el 17.64% del municipio.

Brecha Volcánica (Bvb).- Roca de origen volcánico formada por materiales fragmentados expulsados por conductos volcánicos proyectados al aire y depositados en la superficie. Comprende fragmentos de diferentes tamaños. Cuenta con una superficie de 612.5 hectáreas, lo que representa apenas un 1.46 % del territorio.

Toba básica (Tb).- Roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca basáltica. Cuenta con una superficie de 25,353.3 hectáreas, lo que representa apenas un 60.52% del municipio.

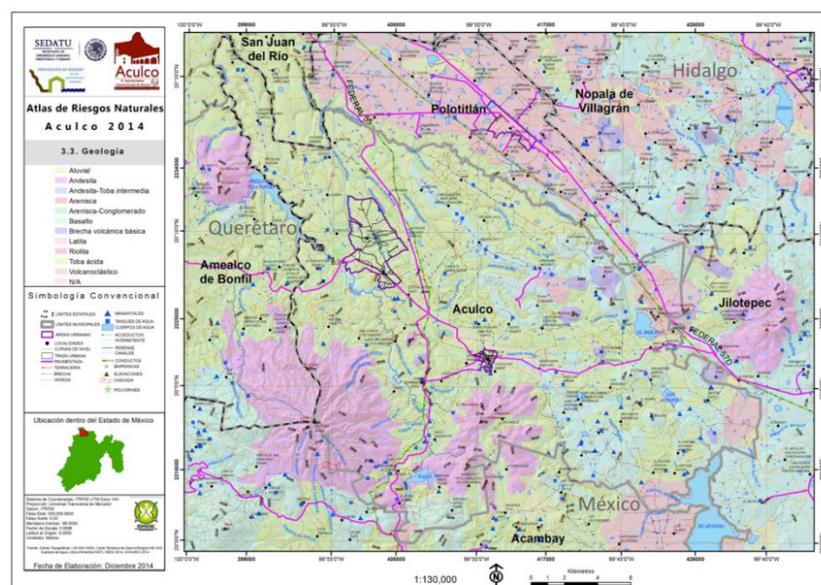
Volcanoclástico (Vc).- Roca constituida de fragmentos derivados por cualquier mecanismo y origen depositado en ambientes continentales y marinos. Su clasificación se basa en la combinación de la textura y estructura de rocas piroclásticas y sedimentarias. Cuenta con una superficie de 1,813.7 hectáreas, lo que representa un 4.33 % del municipio; se localiza en una franja horizontal del mismo.

TABLA 4 Porcentajes de las Unidades Litológicas del municipio de Aculco

Unidades Litológicas	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Aluvial	804.1	1.92
Andesita	5,425.2	12.95
Basalto	7,388.6	17.64
Brecha volcánica básica	612.5	1.46
Toba básica	25,353.3	60.53
Volcanoclástico	1,813.7	4.33
Cuerpos de Agua	488.5	0.99
Total	41,885.9	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Geología de INEGI

MAPA 6 Geología del municipio de Aculco



3.4. Edafología

El suelo es la capa superficial de material mineral no consolidado que cubre las zonas terrestres, que además de servir como medio de crecimiento para diversos organismos, mantiene complejas interacciones con la atmósfera y los estratos que se encuentran por debajo de él, permitiendo el mantenimiento de los servicios ambientales de los ecosistemas e influyendo en el clima y en el ciclo hidrológico (Doran, 1996).

El suelo como componente del medio ambiente es un recurso vivo y dinámico que se renueva muy lentamente, por lo que la capacidad del suelo para cumplir con sus funciones es un indicador de salud ambiental, y por ende, de salud humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. (Castillo, 2004).

De acuerdo a la carta edafológica de INEGI, en el municipio de Aculco existen cinco unidades de suelo, sobresaliendo en orden ascendente los Feozem, Vertisoles, Planosol, Luvisol y Litosol (Ver Tabla 5).

Feozem.- Se considera que este tipo de suelo presenta igual o mayor fertilidad que los vertisoles, son suelos ricos en materia orgánica, textura media, buen drenaje y ventilación, en general presentan profundidad media, casi siempre pedregosos y muy inestables, restringiendo por ello su uso en la agricultura permanente, pudiéndose utilizar en el cultivo de pastos, aunque se recomienda mantenerlos con vegetación permanente. Cubre una extensión de 15,758.0 hectáreas, lo que representa el 37.60% del municipio.

Vertisol.- Suelo que se caracteriza por las grietas anchas y profundas que se presentan en época de sequía. Son suelos arcillosos de color café rojizo y pegajoso cuando están húmedos, y muy duros cuando están secos. Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva; son generalmente muy fértiles, pero presentan problemas en su manejo debido a su dureza, y con frecuencia ocasionan problemas de inundación y drenaje. Se encuentra distribuido principalmente en algunos valles o cañadas. Se distribuye con una superficie de 12,577.9 hectáreas y un 30.05% en el municipio.

Planosol.- Muestran una capa superficial con alto contenido de materia orgánica; tienen un drenaje deficiente debido a una capa en el subsuelo de muy baja permeabilidad; son moderadamente aptos para la agricultura, se localizan principalmente en zonas bajas y son fáciles de erosionar. Cuenta con una superficie de 8,953.8 hectáreas, lo que representa un 21.38% del municipio.

Luvisol.- Son suelos típicos donde la precipitación es alta; presentan acumulación de arcilla o sesquióxidos; presentan coloración rojiza, parda o gris; su vocación natural es la forestal y su rendimiento en la agricultura es bajo; son susceptibles a la erosión en todos sus grados. Cubren una extensión de solo 3,727.8 hectáreas, lo que representa el 8.90% del municipio.

Litosol.- Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre, como bosques y selvas, su uso es forestal. Cubre una extensión de sólo 473.3 hectáreas, lo que representa el 1.13% del municipio.

TABLA 5 Porcentajes de las unidades edafológicas del municipio de Aculco

Unidades de suelo	Superficie (Ha)	Porcentaje %
Feozem	15,758.00	37.60
Litosol	473.30	1.13
Luvisol	3,727.80	8.90
Planosol	8,953.80	21.38
Vertisol	12,577.90	30.05
Cuerpos de agua	393.70	0.94
Total	41,885.90	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Edafología de INEGI.

MAPA 7 Edafología del municipio de Aculco

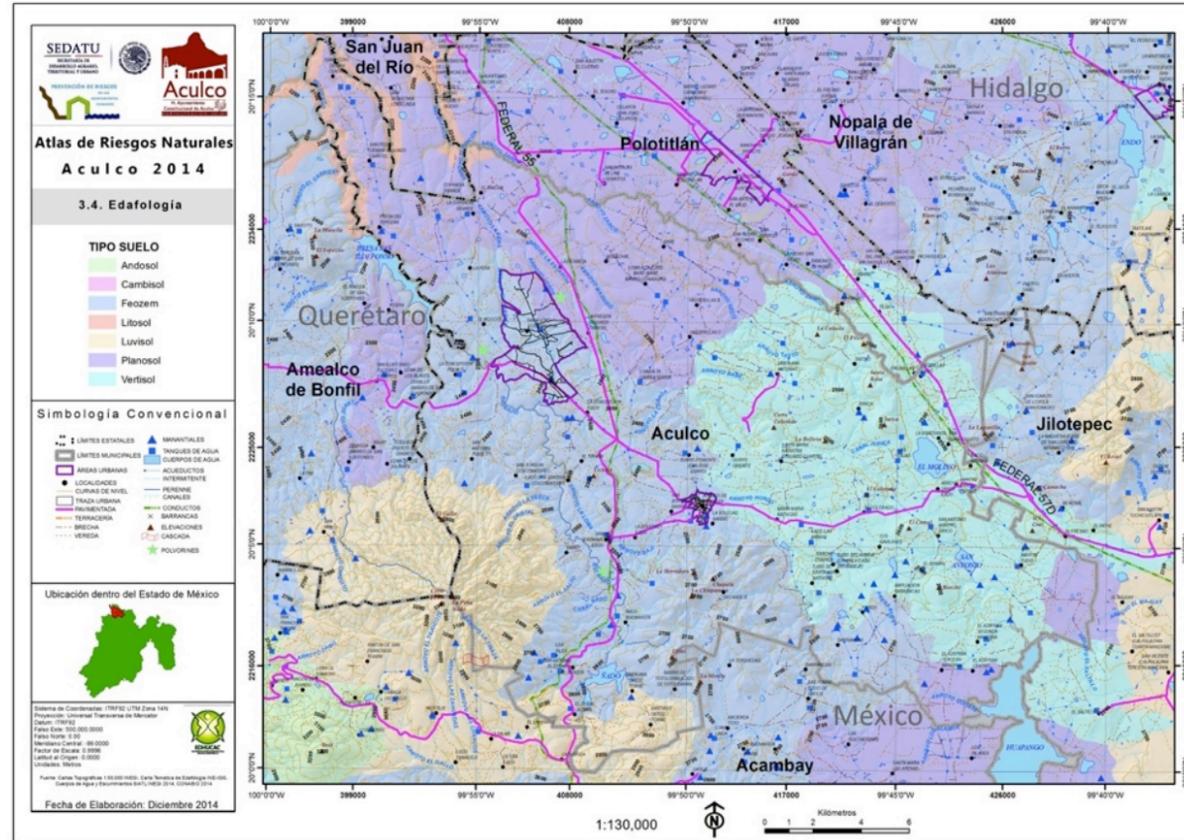


TABLA 6 Balance hídrico de aguas subterráneas del municipio de Aculco

Balance Hidrológico de aguas subterráneas mm ³ /a			
Región	Recarga	Extracción	Balance
Pánuco	371.7	1,114.9	-743.2

Fuente: CAEM (2004)

Los principales afluentes del municipio son el río Nádó que nace en la presa del mismo nombre y atraviesa por las localidades de San Jerónimo Ejido, el Tixhiñu, San Joaquín Coscomatepec y La Concepción Pueblo, desembocando en la Presa del Tepozán, en donde adquiere el nombre de Río Prieto hasta alcanzar el estado de Querétaro, en las inmediaciones de San Pedro Denzhi; y dos arroyos discontinuos: Arroyo Zarco, que atraviesa desde Encinillas y Bañé, hasta internarse en el municipio de Polotitlán, (el Taxtho), atraviesa por Jurica, Santa Ana Matlavat y Bañé; y el otro es Maxhidó, que desde el Colorado atraviesa Loma Alta para unirse al Arroyo Zarco; posteriormente recibe el nombre de Río Blanco en el estado de Querétaro.

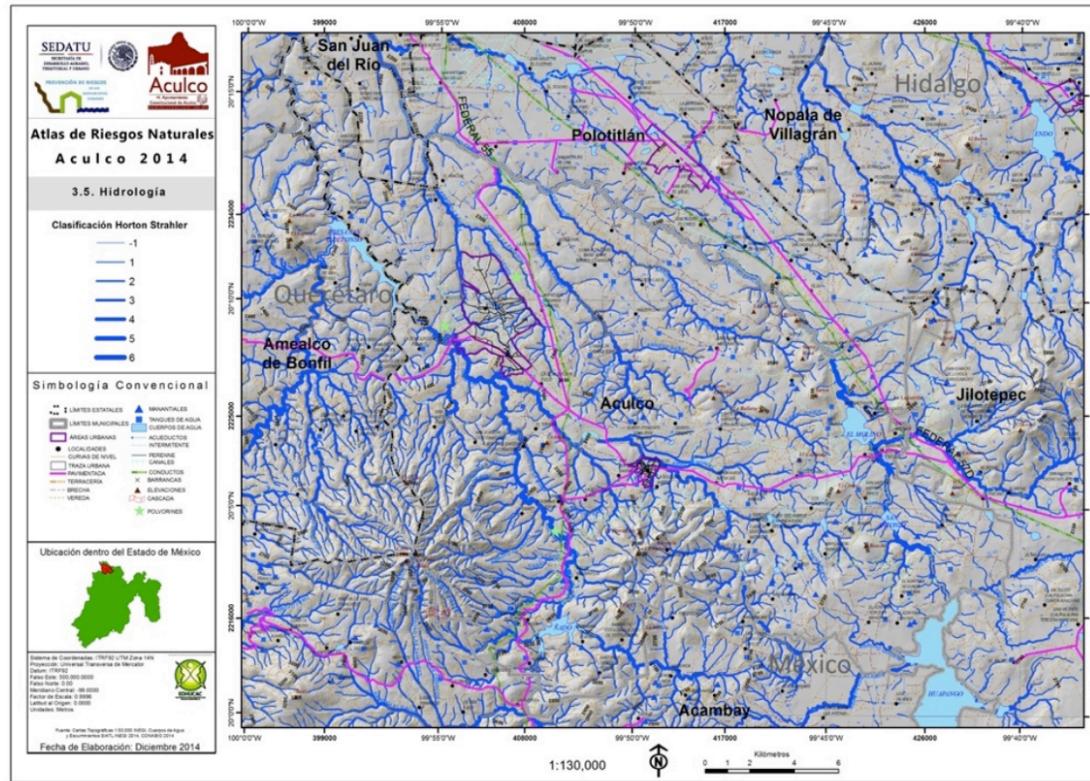
Aculco cuenta con 29 manantiales, 2 ríos, 54 arroyos, 8 presas, 420 bordos y 2 acueductos. No obstante, es conveniente hacer notar que el número de bordos aumentó considerablemente en los últimos años, sobre todo en los abrevaderos y fuentes de riego.

3.5. Hidrología

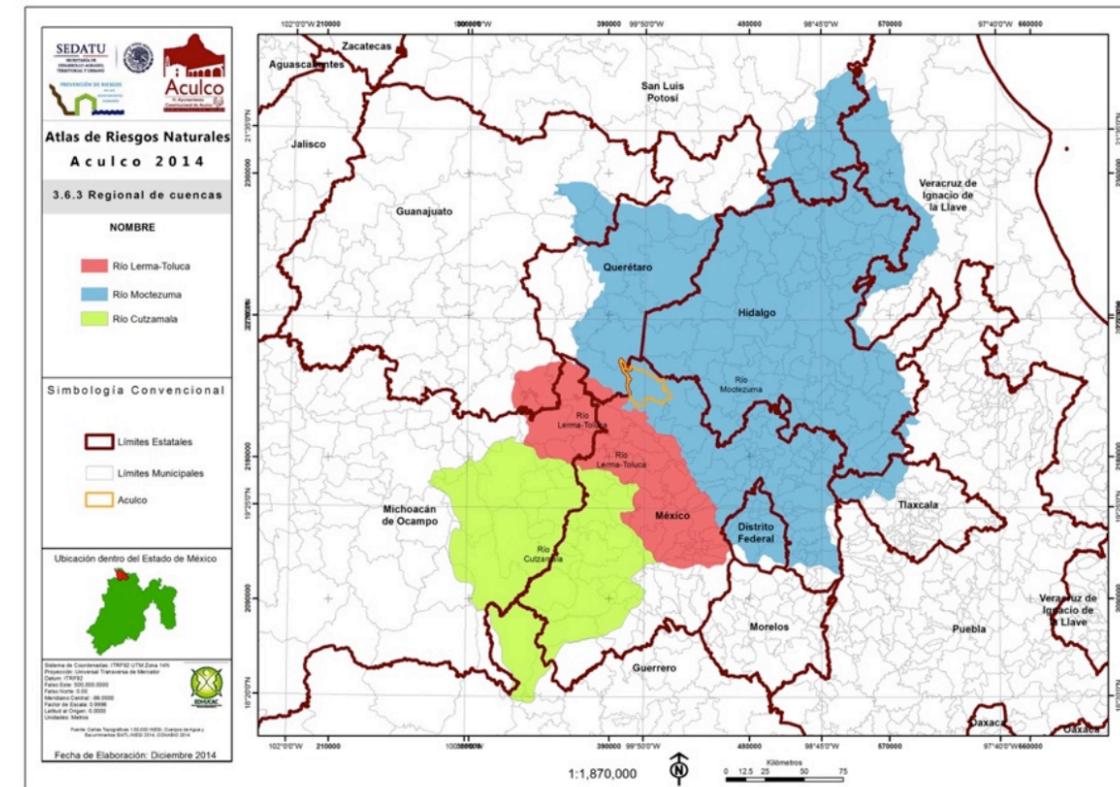
El municipio forma parte de la región hidrológica Pánuco, Cuenca río Moctezuma y Subcuencas: Aculco, Arroyo Zarco, Huapango, Presa el Molino, San Ildefonso, así como 13 microcuencas.

Respecto del balance hidrológico de aguas subterráneas, se estima que existe una recarga de 371.7 mm³ y una extracción de 1,114.9 mm³ por lo que el balance es negativo, es decir se extrae más de lo que se ingresa. Esto representa un serio problema de sobreexplotación de los acuíferos.

MAPA 8 Hidrología del municipio de Aculco



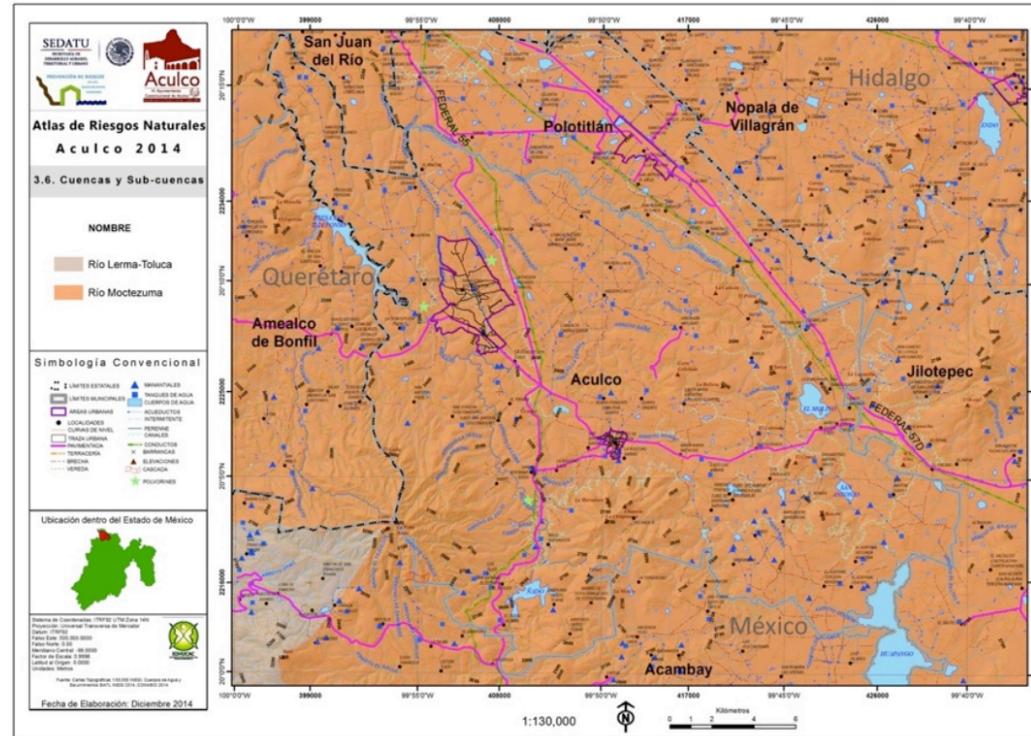
MAPA 9 Regional de Cuencas



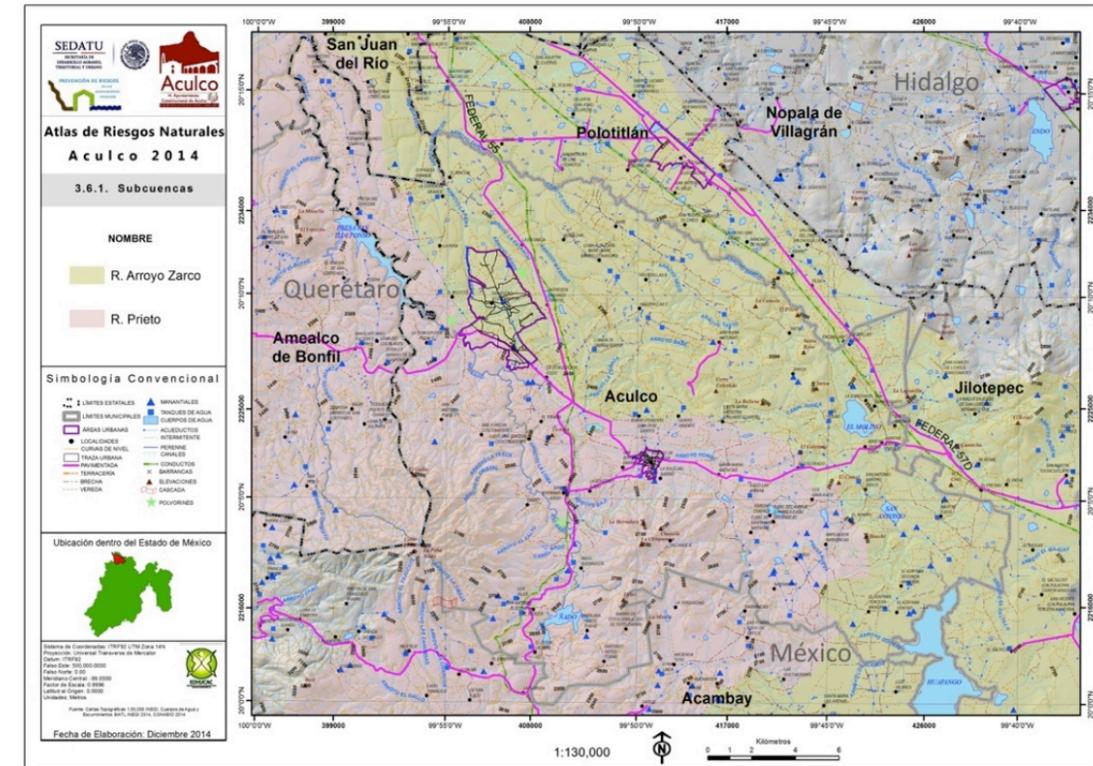
3.6. Cuencas y Subcuencas

Un enfoque de cuenca hidrográfica nos permite entender las interrelaciones de los recursos naturales (clima-relieve-suelo-vegetación), así como la forma en que se organiza la población para apropiarse de ellos y su impacto en la cantidad, calidad y temporalidad del agua. Este enfoque brinda la posibilidad de evaluar y de explicar las externalidades resultantes de los diferentes usos del suelo. Por esta razón se considera que las cuencas hidrográficas constituyen un marco apropiado para el análisis de los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos suelo, agua y vegetación. (Cotler, 2004).

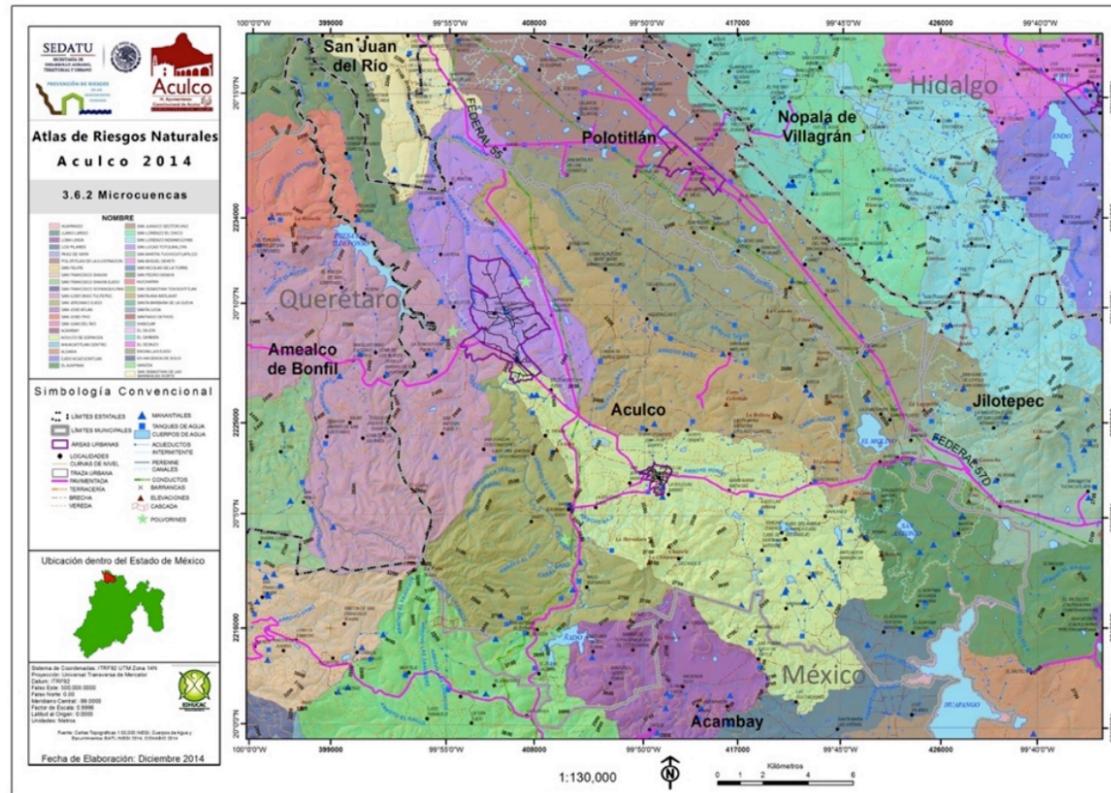
MAPA 10 Cuencas hidrológicas



MAPA 11 Subcuencas hidrológicas



MAPA 12 Microcuencas hidrológicas



El clima de una región está determinado principalmente por la interacción de factores como la temperatura, humedad, evaporación y la dirección de los vientos; también los pisos térmicos determinan el carácter de la vegetación, tanto en su estado natural, como en cultivos. Asimismo, el clima condiciona las actividades productivas que pueden llevarse a cabo.

En el municipio de Aculco, las características climáticas son las siguientes:

Templado. Dada la ubicación geográfica del municipio el clima dominante es templado, sin embargo las variaciones del relieve originan diversidad de climas, de tal suerte que existen los templados moderados en los valles elevados. (mapa y tabla de climas). Tomando en cuenta el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, la entidad presenta los siguientes tipos de clima:

Templado subhúmedo C (w).- Presenta verano fresco y largo, lluvia invernal inferior a 5% de la anual, con oscilación térmica de 5-7°C. Los subtipos de clima presentan las características y simbología siguientes: alta humedad C(w2)(w)b(i)g, humedad moderada C(w1)(w)b(i)g y baja humedad C(w0)(w)b(i)g. Está presente en gran parte de las regiones Pánuco y Lerma.

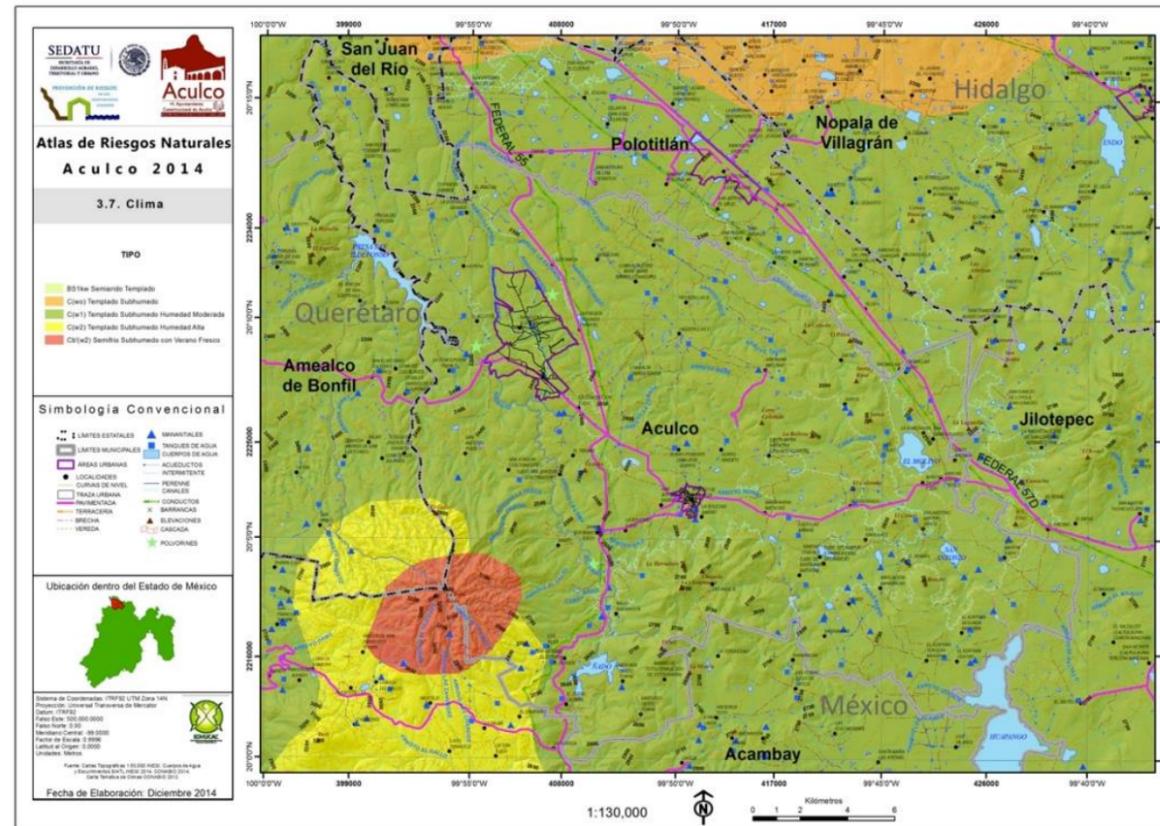
Semifrío C (E).- Se presentan dos subtipos: el primero, C(E)(W2)(w)b(i)g, clima semifrío, subhúmedo, con porcentaje de precipitación invernal menor a 5%, el verano es largo, isotermal y con la temperatura más elevada antes del solsticio de verano, es característico de aquellas zonas con altitud considerable, como el Nevado de Toluca. El segundo subtipo, el C(E)(m)(w)b(i)g, clima semifrío, húmedo, con verano largo isotermal, la lluvia de invierno es menor a 5% y la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano

TABLA 7 Porcentajes de los Tipos de Clima del municipio de Aculco

Tipo de Clima	Superficie(Ha)	Porcentaje (%)
Templado subhúmedo C(w1) Con Humedad Moderada	4,0312.50	96.24
Templado subhúmedo C(w2) Con Alta Humedad	675.90	1.60
Semifrío subhúmedo con verano fresco largo Cb'(w2)	897.50	2.15
Total	41,885.90	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Climas de INEGI

MAPA 13 Climas del municipio Aculco



- **Temperatura.**

Templado subhúmedo C (w2).- temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.

Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo Cb' (w2).- temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.

- **Precipitación.**

Templado subhúmedo C (w2).- Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. Con una precipitación media anual de 800 mm a 900 mm.

Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo Cb' (w2).- Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual y una precipitación media anual de 1000 mm.

3.8. Uso de Suelo y Vegetación

El término uso del suelo se refiere a las actividades humanas que se desarrollan en un territorio, resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores socioeconómicos y culturales. Se encuentra representado por las formas de ocupación, las prácticas específicas de manejo, y las fuerzas sociales, políticas y económicas que determinan el uso del territorio (Mendley et al., 1995; Rossete et al., 2009).

Desde el punto de vista ambiental, el uso del suelo está muy relacionado con el tema de la sostenibilidad ya que la forma en que cambia la cubierta vegetal determina la persistencia de bosques, selvas y suelos en el futuro, así como de los recursos que éstos proporcionan. Asimismo, tiene una serie de implicaciones ecológicas como por ejemplo: la alteración de los ciclos biogeoquímicos, la pérdida de recarga de mantos acuíferos, alteraciones en el microclima, pérdida del hábitat y por consiguiente de biodiversidad.

La cartografía de uso del suelo y vegetación de un área es necesaria para tener una visión sinóptica y cuantitativa de la condición de los recursos naturales y su dinámica espacio-temporal, así como sus procesos de degradación, constituyendo una herramienta importante como apoyo a las tareas vinculadas con la instrumentación de políticas ambientales y eventualmente la base para los planes de uso y conservación del territorio.

Los usos del suelo en el municipio de Aculco (mapa y tabla de uso de suelo y vegetación) están conformados en forma ascendente por:

Bosque de Encino.- Con una superficie de 4,868.5, que representan un 11.62 % del municipio. Los encinares, ocupan zonas templadas, áridas y tropicales. Las principales especies de encino en este tipo de bosque son Q. macrophylla, Quercus rugosa, Q. crassipes, Q. elliptica Q. acutifolia y Q. castanea.

Bosque de Pino-Encino.- Presenta una superficie de 44.3 hectáreas que cubren el 0.11% del municipio; comprende las comunidades mezcladas de diversas especies de pino, encino en proporción diversa, siendo difícil separar una especie de otra, debido a la heterogeneidad con que se presentan. Las asociaciones más frecuentes son pino-encino. Las especies dominantes en este tipo de vegetación pertenecen a los géneros Pinus y Quercus.

Matorral Crasicaule.- Comunidades vegetales dominadas por arbustos de altura inferior a 4 m. Son propias de climas secos con lluvias escasas y zonas frágiles que favorecen la desertificación. En realidad son el grupo más diverso de las comunidades vegetales. La composición de especies cambia con la región. Existen variantes de matorrales dependiendo del grupo de especies más abundante. En algunos predominan plantas suculentas y con hojas gruesas, en otros las plantas tienen hojas muy pequeñas o las pierden, o tienen espinas, lo cual les da un aspecto diferente; predominan las cactáceas, como los nopales (Opuntia sp.), chollas o cardones (Cilindropuntia),

acompañados por cenicilla (*Zaluzania augusta*), uña de gato (*Mimosa biuncifera*), izotes (*Yucca filifera*), sangre de drago (*Jathropha dioica*) y algunos magueyes (*Agave spp.*). Se localiza en municipios como Tultitlán, Ecatepec de Morelos y Hueyoptla.

Agricultura de Temporal.- Comprende 13,775.0 hectáreas y el 66.22% de la superficie total. Se consideran todas las áreas destinadas al cultivo de temporal.

Agricultura de Riego.- Cubre una extensión de solo 11,594.6 hectáreas, lo que representa el 27.68% del municipio.

Pastizal inducido.- La presencia de este tipo de vegetación implica la degradación o eliminación de la vegetación original por desmonte o bien producto de áreas incendiadas. Esta comunidad es dominada con 11,139.3 hectáreas de pastos y zacates (*Gramineae*) y la presencia de árboles es muy esporádica. Los pastizales en el municipio se encuentran en parches aislados conformando grandes manchones, principalmente caracterizados por ser áreas de agostadero.

Cuerpos de agua.- Ocupan 392.4 has. que representan el 0.94% de los usos del suelo.

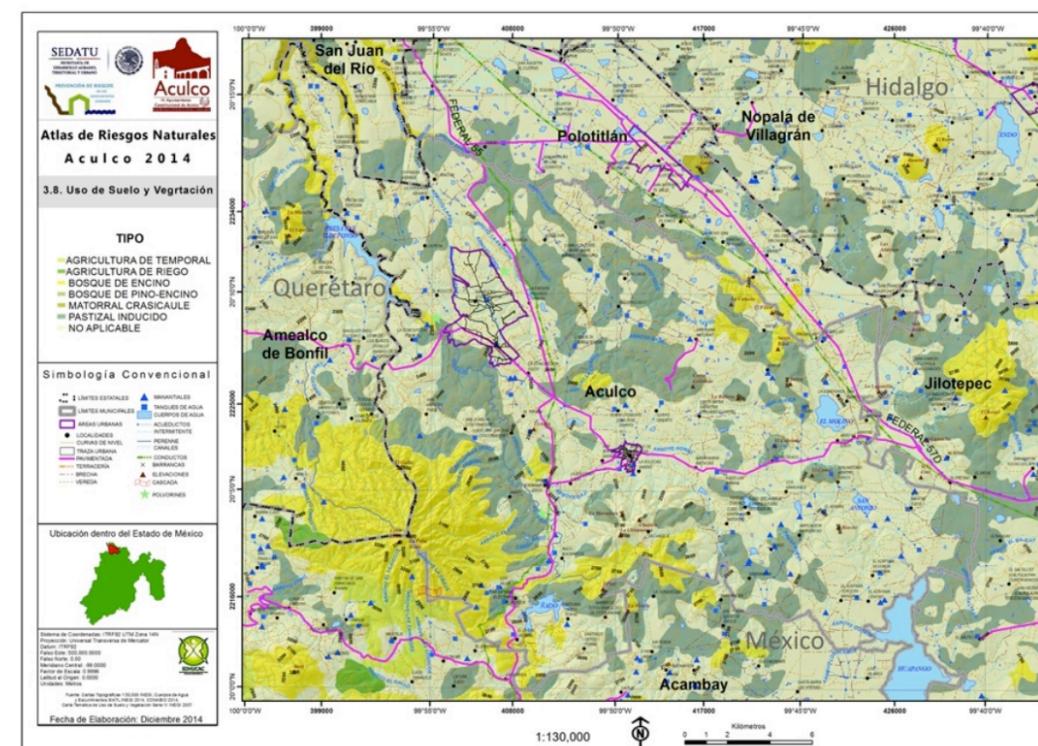
Asentamientos humanos (Zona Urbana).- Incluye las viviendas tanto urbanas como rurales, los caseríos, y las instalaciones de equipamiento (escuelas, iglesias, edificios, canchas, bodegas, granjas, etc.), que se encuentren comprendidos dentro del municipio. Los asentamientos humanos ocupan 42.5 hectáreas en total, que representan el 0.10% de la superficie municipal.

TABLA 8 Porcentajes del uso de suelo y vegetación del municipio de Aculco.

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Bosque de Encino	4,868.6	11.62
Bosque de Pino - Encino	44.3	0.11
Matorral Crasicaule	29.2	0.07
Agricultura de Temporal	13,775.0	32.89
Agricultura de Riego	11,594.6	27.68
Pastizal Inducido	11,139.3	26.59
Cuerpos de Agua	392.4	0.94
Zona Urbana	42.5	0.10
Total	41,885.9	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Uso de Suelo y Vegetación serie IV de INEGI

MAPA 14 Uso del suelo y vegetación en el municipio de Aculco



3.9. Áreas Naturales Protegidas

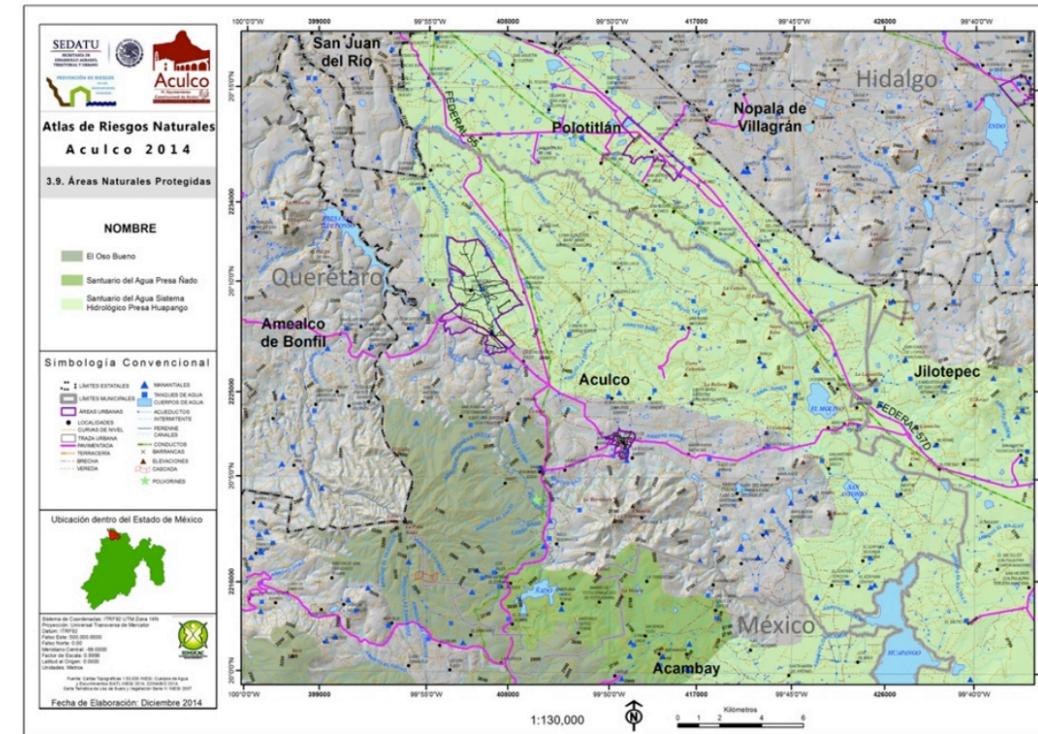
El Parque Estatal Oso Bueno decretado como reserva natural en el año de 1977, ocupa parte de los municipios de Aculco y Acambay. El parque tiene una superficie de 15,256 has. y en el municipio cubre un 13.55%; Asimismo, se encuentra el Santuario de Agua de la Presa Ñado, con una superficie de 4.09 % del Municipio.

El Santuario del Agua sistema hidrológico presa Huapango rodea al municipio por las partes sur, este y norte, con una superficie de 1,970.39 hectáreas y un 47.04 % del municipio; colinda también con el municipio de Acambay. (tabla y mapa de Áreas naturales protegidas)

TABLA 9 Áreas naturales protegidas del municipio de Aculco

Áreas Naturales Protegidas	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango	1,970.39	47.04
Santuario del Agua Presa Ñado	171.34	4.09
El Oso Bueno	567.37	13.55

MAPA 15 Áreas naturales protegidas del municipio de Aculco



CAPÍTULO IV CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS

Calle Hidalgo en Aculco de Espinosa



Foto: Edhucac

4.1 Elementos demográficos

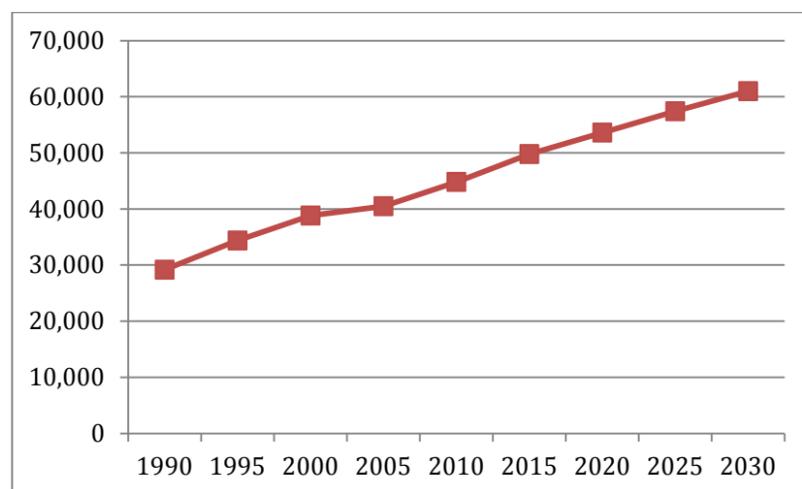
Dinámica demográfica (Proyección al 2030)

De acuerdo con el censo realizado por el INEGI en 2010, el municipio cuenta con 44,823 habitantes distribuidos en 66 localidades. De ellas, 12 contaban con más de mil habitantes, el resto tenía entre uno y 998 habitantes.

Entre las localidades con más habitantes sólo una podía ser considerada urbana por tener más de 2,500, en ella habita el 8% del total de la población, mientras el 92% restante se considera población rural.

Pese a la poca cantidad de población, ésta ha aumentado constantemente en las últimas décadas, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.7%. En la gráfica siguiente se observa que entre 1990 y 2010 la población creció poco más del 50 por ciento.

Grafica 1. Evolución de la población y proyecciones en el municipio Aculco 1990-2030



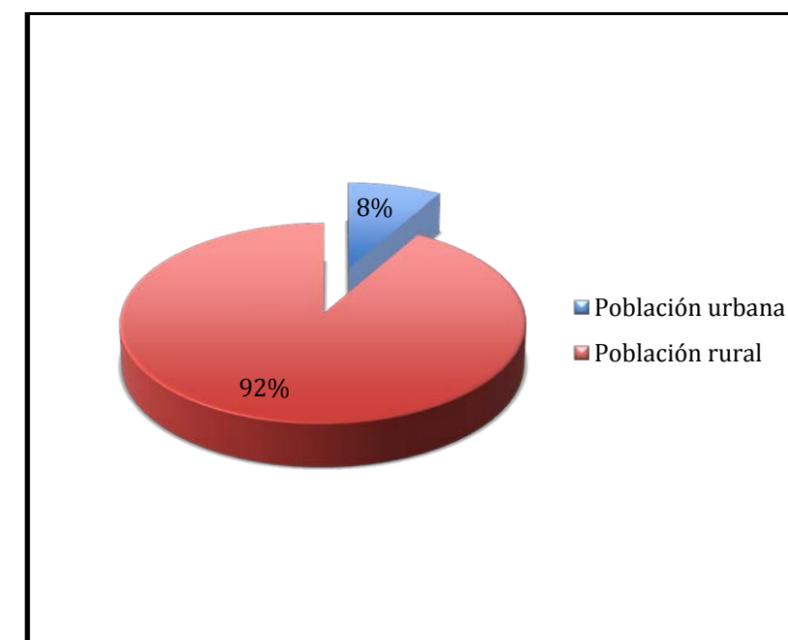
Fuente: Elaboración propia con los censos de población de 2000 y 2010 y los conteos de 1995 y 2005 del INEGI y Proyecciones de la población por municipios y localidades 2010-2030 de CONAPO

Por su parte, las proyecciones elaboradas por CONAPO indican que el crecimiento continuará un desarrollo estable como el que se ha mantenido hasta ahora. Se estima que para 2030 el municipio cuente con 60,999 habitantes, de los cuales 30,149 serán hombres y 30,849 mujeres.

Distribución de la población

La localidad San Lucas Totolmaloya es la única que se considera urbana pues en ella habitan 3,770 personas, lo cual representa el 8% del total de habitantes; mientras que las 65 localidades restantes son rurales, -incluyendo la cabecera municipal Aculco de Espinosa con el 4% de habitantes-, concentran a 42,053 habitantes. Por lo anterior se considera un municipio eminentemente rural. En la siguiente gráfica podemos observar la distribución de la población de acuerdo al tipo de localidad en la que habitan.

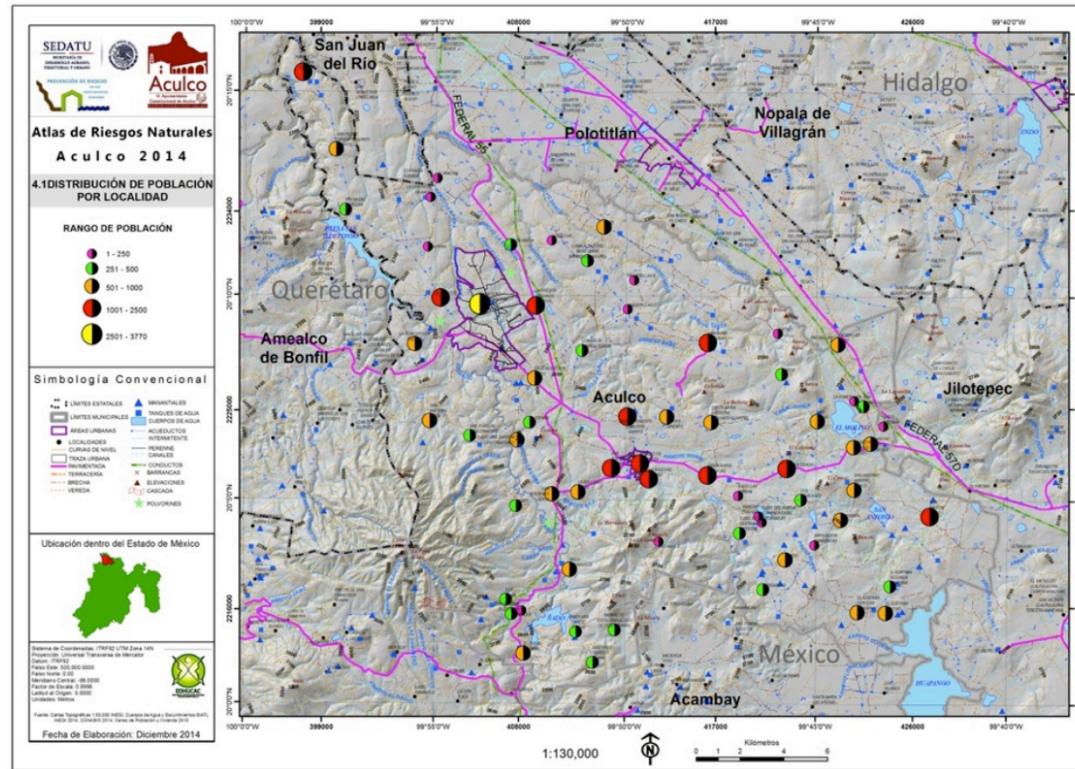
Grafica 2. Distribución de la población municipal



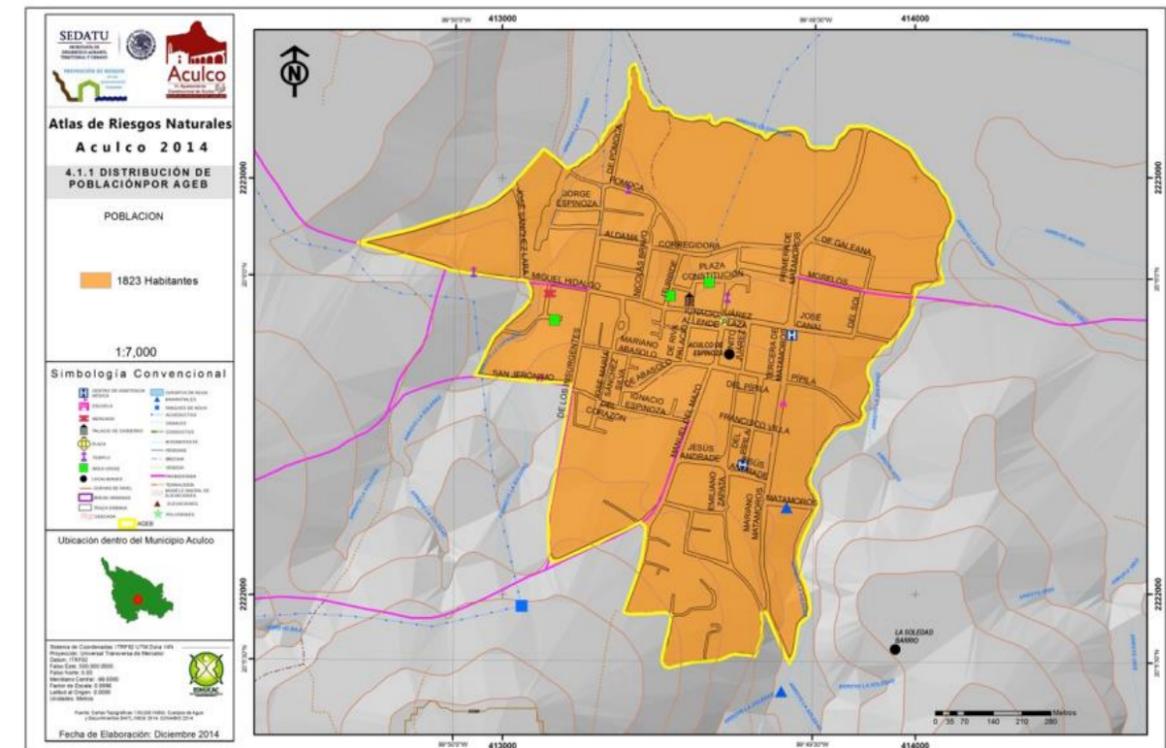
Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda, 2010, INEGI

En cuanto al tamaño de la población de las localidades que integran el municipio, se realiza una clasificación según rangos. En los mapas siguientes puede observarse gráficamente dicha distribución por localidad y por AGEB.

MAPA 16 Distribución de la población



MAPA 17 Distribución de la población por AGEB

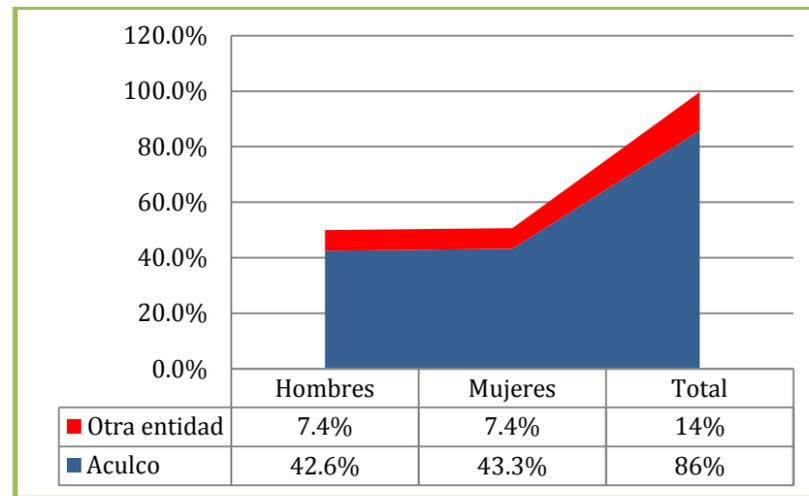


La población de las localidades es principalmente nacida en el municipio. Sin embargo la presencia de población nacida en otra entidad es relativamente alta. Ello se debe al desarrollo del sector servicios que requiere de población joven, característica común en las personas que migran.

En la siguiente gráfica se muestra en color rojo la población que vive en Aculco pero nació en otra entidad (14%) y en azul la población nativa (86%). Se observa que la población femenina y masculina es muy similar en ambos casos, pero su diferencia con la población masculina inmigrante es menor que con la población de origen.

Los lugares de origen más importantes de la población nacida en otra entidad que llegan al municipio son: Distrito Federal, Querétaro, Hidalgo y Estados Unidos, pues según el INEGI cinco años antes del levantamiento del censo las personas provenientes de esas entidades no habían migrado.

Grafica 3. Porcentaje de población por localidad de origen

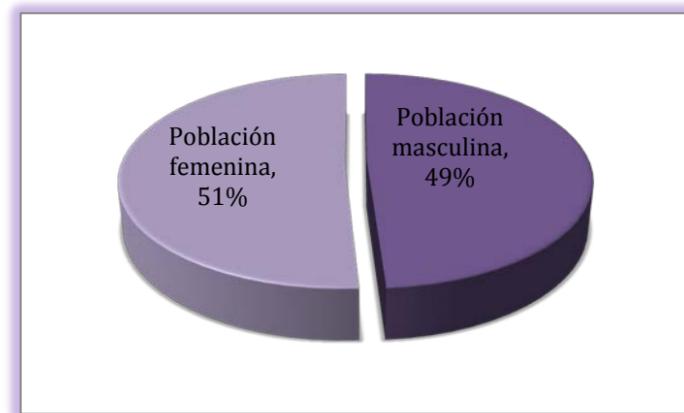


Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

Estructura poblacional

El 51% de la población en el municipio son mujeres y 49% son hombres, lo que resulta en una relación hombre-mujer de 95. Dicha relación es consecuente con las proporciones estatales y nacionales, por lo que se considera normal. (Ver Gráfica 4)

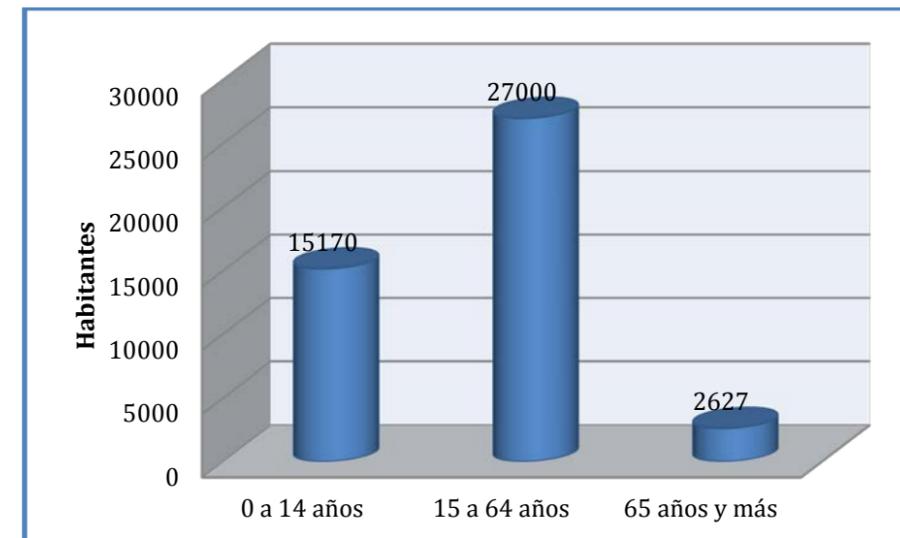
Grafica 4. Distribución de la población por sexo, Aculco



Fuente: Elaboración propia con información del XIII Censo Nacional de Población y Vivienda, INEGI 2010

En las localidades las proporciones son similares a las generales. Sin embargo destaca la de Ejido Las Águilas por tener la proporción masculina más reducida (43.2%); en cambio por tener una mayor proporción de hombres sobresalen: Taxtho (72.7%), Ampliación Barrancas (60%) y El Bosque (55.6%), todas ellas tienen entre 11 y 35 habitantes, por lo cual no logran afectar al promedio municipal.

Grafica 5. Distribución de población por grupos de edad en el municipio de Aculco

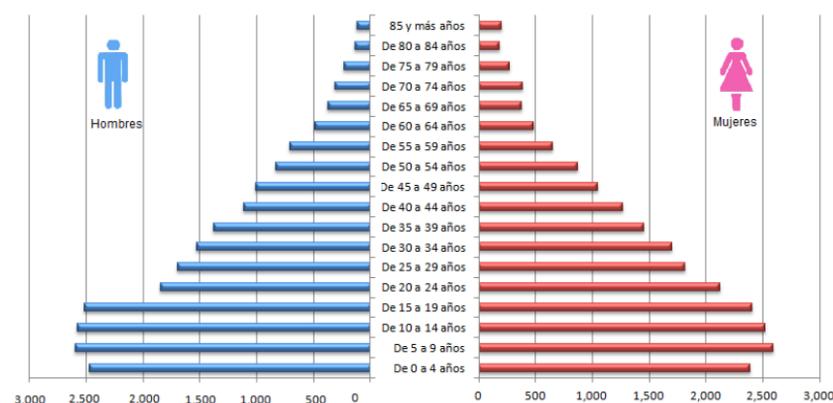


Fuente: Elaboración propia con información del XIII Censo Nacional de Población y Vivienda, INEGI 2010

Respecto a las edades, según el censo de 2010 (INEGI), del total de personas que habitan el municipio, 27,000 (60.3%) tienen entre 15 y 64 años, es decir, se encuentran en edad productiva; 15,170 (33.9%) son niños entre 0 y 14 años y solamente 2,627 (5.9%) tienen 65 años o más, es decir, su edad productiva se considera estadísticamente terminada. En la gráfica 5 se observa dicha distribución de la población, donde se demuestra que la población en edad de mayor productividad económica domina y por lo tanto es un momento propicio para el desarrollo económico del municipio.

Al realizar la observación por quinquenios de edad y sexo (pirámide poblacional), en la gráfica 6, puede observarse que el grupo de menor edad (0 a 4 años) es más reducido que el siguiente (5 a 9 años), lo cual nos indicaría, si se genera una tendencia de disminución en los siguientes años, que la población está pasando por una transición demográfica. Si es el caso, dicha transición apenas comienza y los indicadores sólo nos permiten observar que el municipio en algunas décadas tendrá un crecimiento poblacional más lento debido a una menor cantidad de nacimientos cada año. Actualmente (mientras el presente Atlas sea vigente), esta situación demográfica no debe constituir ningún tipo de alarma.

Grafica 6. Pirámide de población por sexo en el municipio de Aculco



Fuente: Elaboración propia con datos de CID (Consulta Interactiva de Datos) del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

Mortalidad

En el 2012 las cifras sobre mortalidad del INEGI registran 191 decesos en el municipio. Las principales causas de muerte son: enfermedades cerebrovasculares (16.2%), enfermedades del aparato digestivo (15.2%) y enfermedades hipertensivas, del corazón y de circulación pulmonar (14.7%).

Las enfermedades y padecimientos causantes de muerte son similares en hombres y mujeres, sin embargo destaca en el caso femenino, una mayor propensión a padecer enfermedades cerebrovasculares.

En los hombres las enfermedades del aparato digestivo se presentan más frecuentemente. Los fallecimientos por desastres naturales no aparecen entre las principales causas de muerte (ver tabla correspondiente), porque dicho tipo de eventos ocurridos en el municipio, no han tenido un nivel tan elevado de gravedad.

TABLA 10 Principales causas de muerte según sexo en Aculco, 2012

Causa de muerte	Hombre	Mujer	Total
Tumores malignos	9	8	17
Tumores de comportamiento incierto o desconocido		1	1
Enfermedades de la sangre o que afectan el sistema inmunológico	1		1
Enfermedades endocrinas y metabólicas	13	11	24
Deficiencias nutricionales	2	1	3
Trastornos mentales	1		1
Enfermedades del sistema nervioso		1	1
Enfermedades hipertensivas, del corazón y de circulación pulmonar	14	14	28
Enfermedades cerebrovasculares	12	19	31
Enfermedades del aparato respiratorio	9	10	19
Enfermedades del aparato digestivo	22	7	29
Enfermedades del aparato urinario u órganos genitales	1	1	2
Afecciones originadas en el período perinatal		2	2
Malformaciones y deformidades	2		2
Accidentes de transporte	9	5	14
Otros accidentes	7	1	8
Lesiones autoinflingidas intencionalmente	1	1	2
Agresión o violencia	3	1	4
Otras no especificadas	2		2
Total	108	83	191

Fuente: Consulta interactiva de datos, estadísticas de mortalidad, INEGI 2012.

Densidad de población

La densidad poblacional es de 98.5 habitantes por km², la cual equivale a 1 habitante por hectárea, casi la séptima parte de la densidad del Estado de México donde viven 679 hab/km². Para tener un comparativo del indicador, en la tabla que se muestra a continuación, se enlistan las densidades en otras unidades territoriales, de acuerdo con la información del INEGI. Densidad poblacional de diferentes unidades territoriales.

TABLA 11 Densidad poblacional de diferentes unidades territoriales

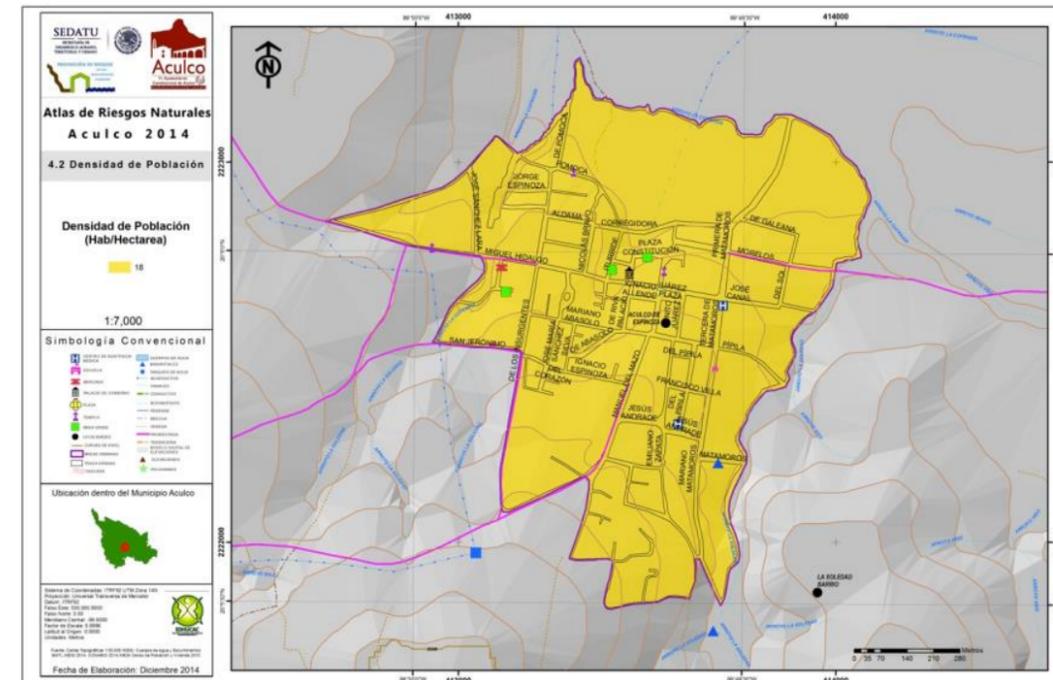
Unidad territorial	Densidad promedio (hab por km ²)
Aculco	98.5
Edo. De México	679.00
Distrito Federal	5,920.00
México	57.00

Fuente: Cédulas de información municipal de SEDESOL

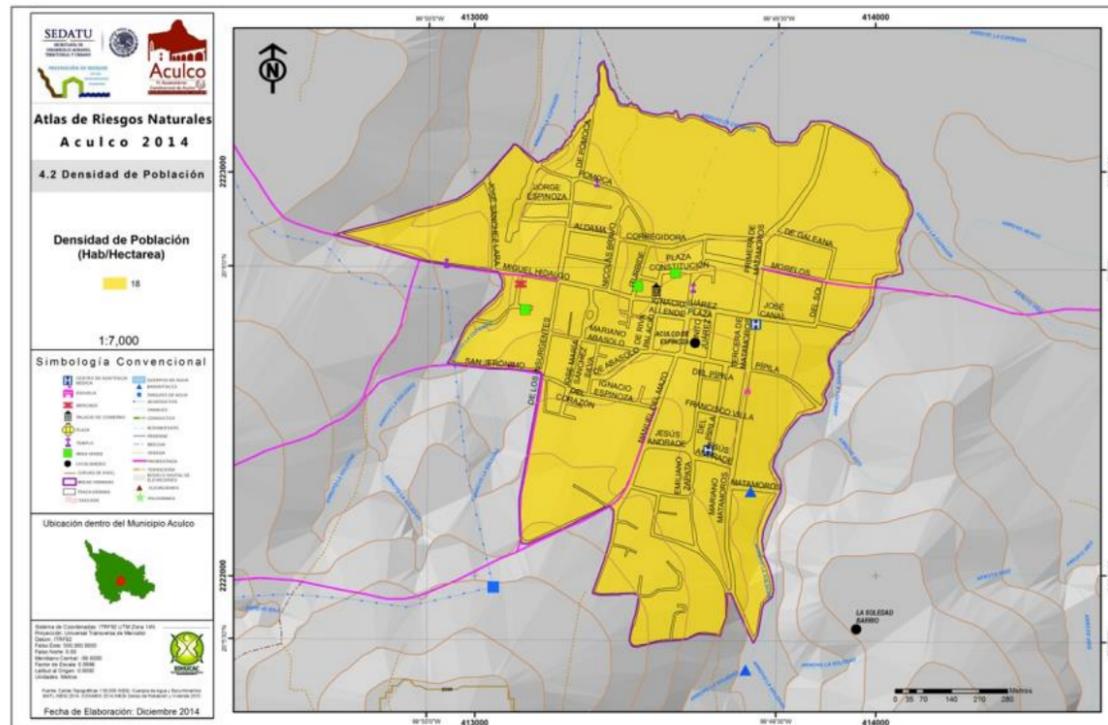
Al presentar una baja densidad poblacional, la localidad urbana no enfrenta un peligro alto en caso de desastre para evacuar adecuadamente las zonas de riesgo.

A continuación se presentan los mapas que contienen la densidad de Aculco de Espinosa como localidad y en este caso, es únicamente una AGEB, sin embargo se muestran ambos mapas para enfatizar ese hecho.

MAPA 18 Densidad de población en Aculco de Espinosa



MAPA 19 Densidad de población en Aculco de Espinosa



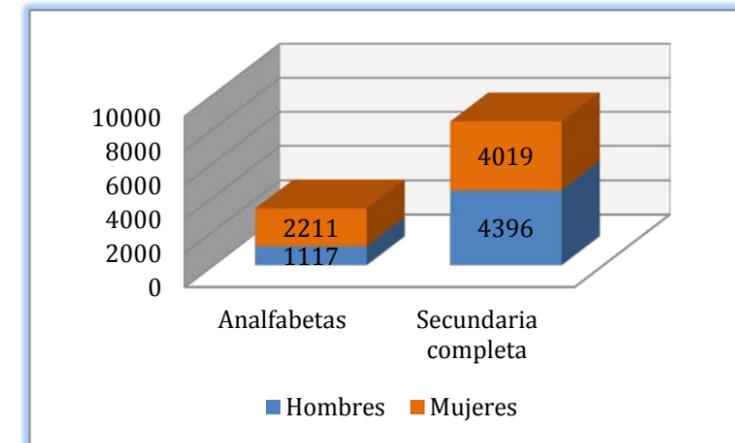
4.2. Características sociales

4.2.1. Escolaridad

La importancia de conocer el nivel educativo de un municipio o localidad radica en la posibilidad en que ésta facilita la comunicación y mejora la respuesta de la población en un caso de emergencia. Para el municipio de Aculco el grado promedio de escolaridad en el municipio es de 6.7 años, lo cual es equivalente a haber ingresado a secundaria sin haber logrado terminar el primer año. Existe un menor nivel educativo en las mujeres en relación con los hombres, ya que ellas acuden en promedio 6.5 años a la escuela y ellos 6.9 años. La localidad con mayor nivel educativo es la cabecera municipal, Aculco de Espinosa, en ella el grado promedio de escolaridad general es de 10.2, para las mujeres, que equivale a 9.9 y para los hombres a 10.6. La localidad con mayor rezago es Taxtho, donde el promedio general corresponde a 3.4 años; en este caso las mujeres cuentan con 3 años en promedio y los hombres estudian 3.6 años.

En este sentido, la población de 15 años y más con secundaria terminada es considerablemente mayor, principalmente para los hombres, que la población analfabeta, como se aprecia en la Gráfica 7. El mayor rezago educativo femenino está presente en ambos casos: existen más mujeres analfabetas y menos mujeres con secundaria terminada.

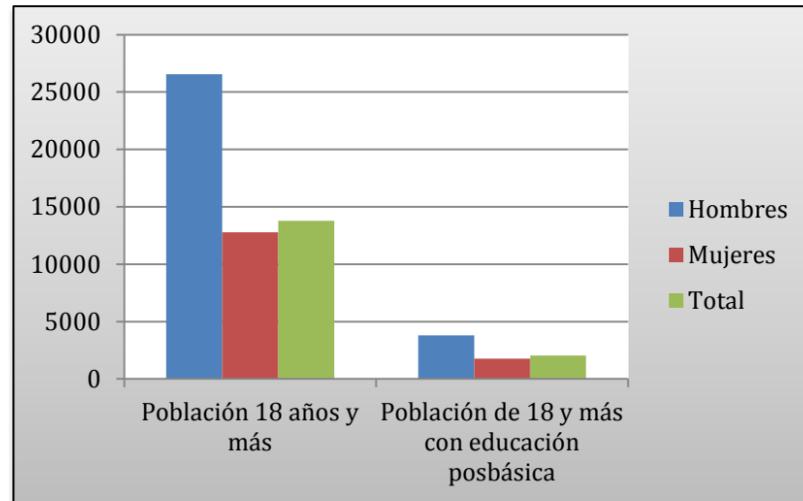
Gráfica 7. -Población de 15 años y más. Comparativo analfabetas y con secundaria terminada por sexo.



Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

La población con educación posterior a la secundaria y que por lo tanto sería la mejor preparada para enfrentarse a un caso de desastre, es una minoría en el municipio. Del total de mayores de 18 años sólo el 14.8% cuenta con este nivel de estudios. De ellos el 68% son hombres y 32% son mujeres, por lo tanto podemos afirmar, considerando el grado promedio de escolaridad por sexo, que las mujeres que estudian tienen menos probabilidades de obtener grados educativos más altos (ver gráfica siguiente).

Grafica 8. Población de 18 años y más total y la que tiene algún grado pos-básico (nivel medio o superior) de estudios.



Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

4.2.2. Hacinamiento y condición de la vivienda

El hacinamiento en el municipio es ligeramente más elevado que en el resto de la entidad. En cada vivienda en promedio habitan entre 4 y 5 personas y por habitación hay entre una y dos. El 45.55 por ciento de las viviendas, según CONAPO, tiene algún nivel de hacinamiento.

El promedio de habitantes por vivienda más alto del municipio se registra en la localidad Colonia San Lucas Totolmaloya, con 5.17 hab/viv; el número promedio de ocupantes por cuarto es de 1.76, lo que la mantiene en un rango cercano al promedio municipal. La localidad con menor población por vivienda es Taxtho, con 1.83 habitantes por vivienda, mientras que el promedio de habitantes por cuarto es de 0.79.

En el municipio 22% de los jefes de familia son mujeres, en concordancia con el 23% de jefatura femenina en hogares a nivel estatal y el 25% a nivel nacional. Las localidades con mayor proporción de jefatura femenina son: La Soledad Ejido, donde 38% de los hogares pertenecen a dicha categoría; Ejido las Ánimas con 35% y Ejido de Santa María Nativitas con 33%. El Bosque y Taxtho tienen porcentajes muy altos de jefatura femenina, sin embargo por el tamaño de su población, no es significativo el cálculo para el conjunto del municipio.

Es importante considerar esta circunstancia debido a que frecuentemente los hogares con jefatura femenina son monoparentales y las dificultades para poner a la familia a salvo aumentan.

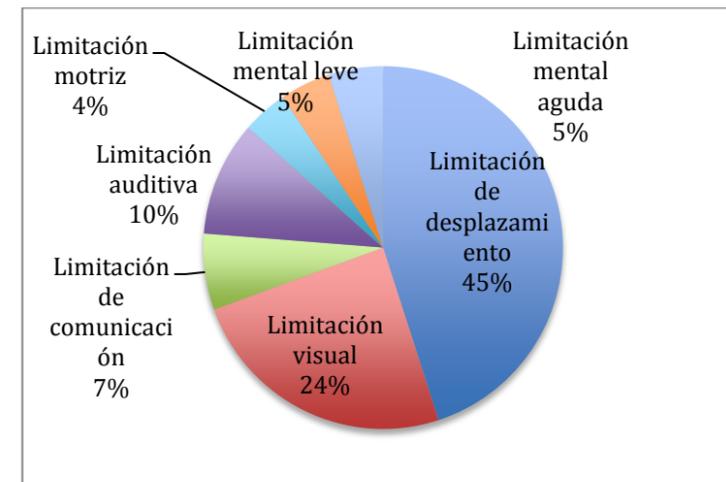
En lo que respecta a las condiciones de las viviendas particulares habitadas en Aculco, destaca que el 44.7% de ellas no cuenta con los tres servicios básicos dentro del terreno –luz eléctrica, agua entubada y drenaje–, éstas se encuentran principalmente en las localidades rurales del municipio. El 55.3% de las viviendas restantes cuenta con los tres servicios.

En el caso de la cabecera municipal, se observa una cobertura de los servicios básicos del 99% de las viviendas, sin embargo en San Lucas Totolmaloya, que tiene una mayor cantidad de habitantes, se satisface a sólo el 30% de las viviendas con los tres servicios.

4.2.3. Población con discapacidad

En el municipio habitan 2,553 personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana, lo que equivale al 5.7% de la población. Las principales limitaciones o discapacidades son las relacionadas con el desplazamiento, facultades visuales y auditivas, todas ellas pueden potencialmente aumentar la vulnerabilidad de la población que las padece, en caso de desastre. En la siguiente gráfica se muestran todas las limitaciones contabilizadas y la incidencia con que se presentan, véase a continuación la tabla que muestra la descripción de cada limitación.

Grafica 9. Incidencia y tipo de discapacidad en Aculco, 2010



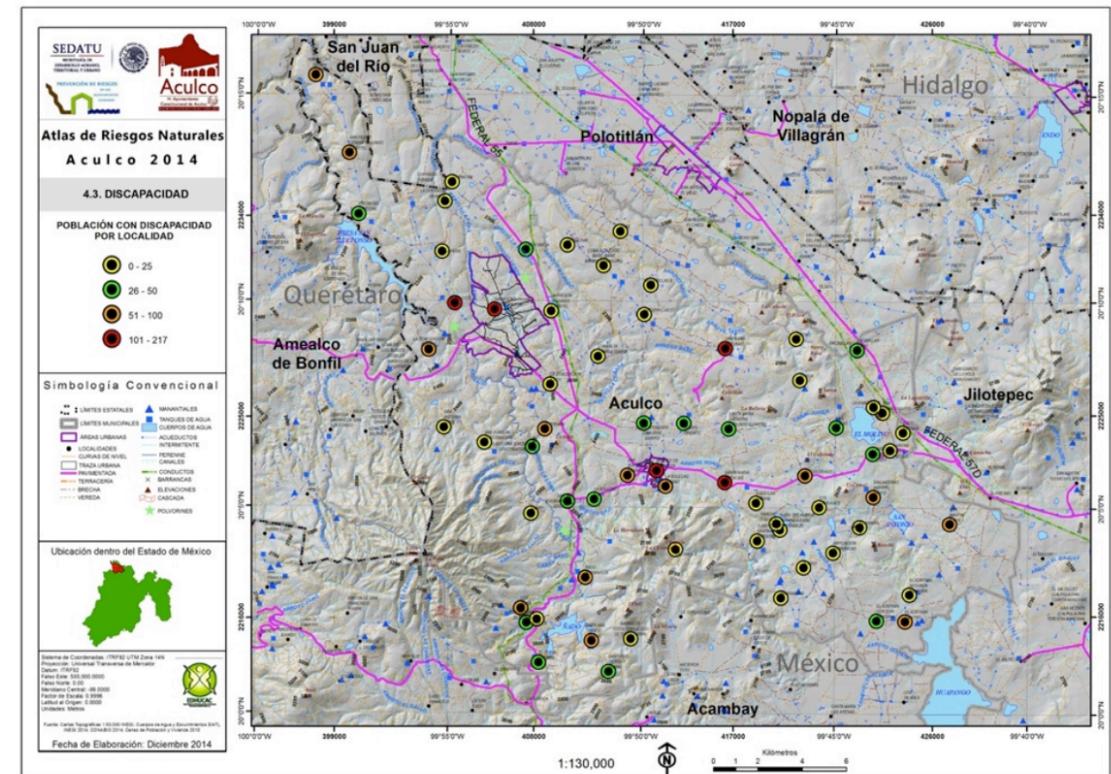
Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

TABLA 12 Detalle del tipo de discapacidad

Limitación de desplazamiento	Personas con dificultad para caminar o moverse, subir o bajar.
Limitación visual	Personas con dificultad para ver, aun cuando usen lentes.
Limitación de comunicación	Personas con dificultad para comunicarse con los demás o que tienen limitaciones para la recepción y producción de mensajes para hacerse entender a través del lenguaje, signos y símbolos.
Limitación auditiva	Personas con dificultad para escuchar, aun usando aparato auditivo.
Limitación motriz	Personas con dificultad para bañarse, vestirse y/o comer.
Limitación mental leve	Personas con dificultad para mantener un nivel de atención en cosas sencillas.
Limitación mental aguda	Personas con dificultad o con alguna limitación mental.

Fuente: INEGI

MAPA 20 Población con discapacidad



La localidad con mayor número de discapacitados es la cabecera municipal con 117, debido a que tiene el mayor número de habitantes. Destacan, por el contrario, Ejido Mataxhi, Ampliación Barrancas y La Pera, donde no se reportó un solo caso de limitación; Taxtho e Higuierillas B registraron una y dos personas con limitación respectivamente. Observamos que las localidades con mayor porcentaje de habitantes con limitaciones, y por lo tanto, donde será necesaria ayuda focalizada en una situación de desastre son: El Bosque (22.2%), El Tixhiñu (17.4%), Presa del Tepozán (15.7%) y Santa Ana Oxtoc Toxhié (15.4%), todas ellas con menos de 2,500 habitantes. En la localidad considerada urbana, el porcentaje es de 2.8 por ciento; el promedio general del municipio es de 6.3 por ciento.

En el mapa que se muestra a continuación se representan las localidades que tienen personas con una o más limitaciones. El círculo color amarillo presenta las localidades con 0 a 25 habitantes discapacitados; el verde representa a las localidades que tienen entre 26 y 50; el anaranjado a las que tienen entre 51 y 100; y el rojo a la que tiene entre 101 y 217 (cabecera municipal). Observamos que la mayoría de las localidades cuentan con entre 0 y 25 habitantes

con alguna limitación, la cual es una cantidad aceptable al considerar la proporción que representan respecto al resto de la población. Se muestra también en el mapa de la cabecera, la población con discapacidad por AGEB.

MAPA 21 Población con discapacidad por AGEB

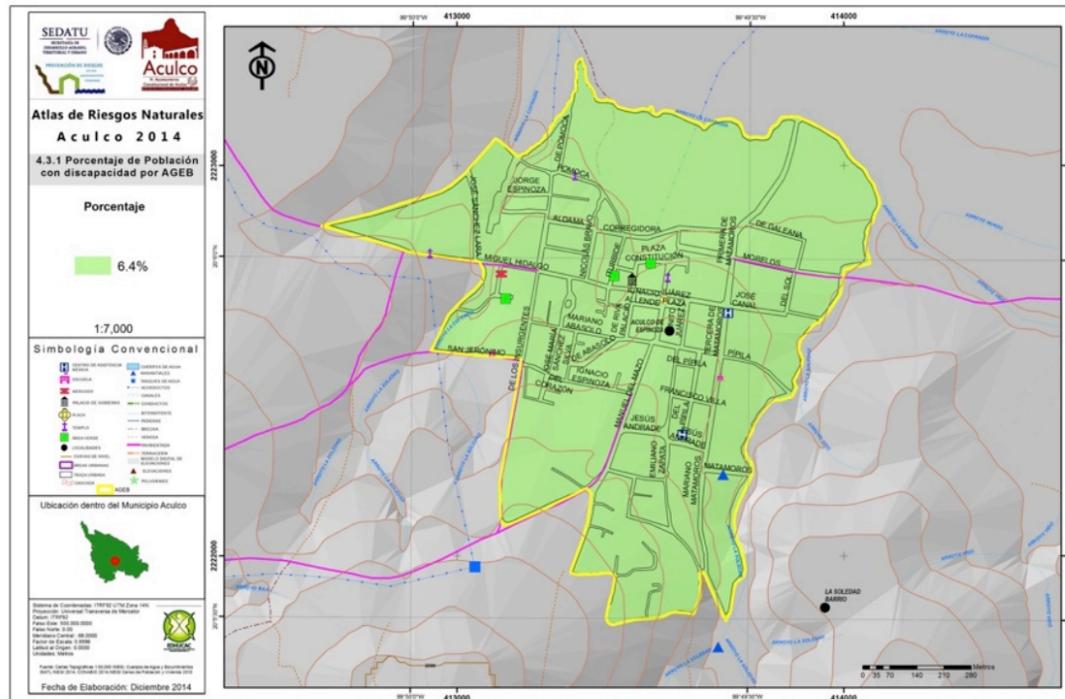


TABLA 13 Indicadores de marginación para el municipio de Aculco

Indicador	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice de marginación escala 0 a 100	Lugar que ocupa en el contexto estatal	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Resultado	0.23760	Medio	30.357	16	975

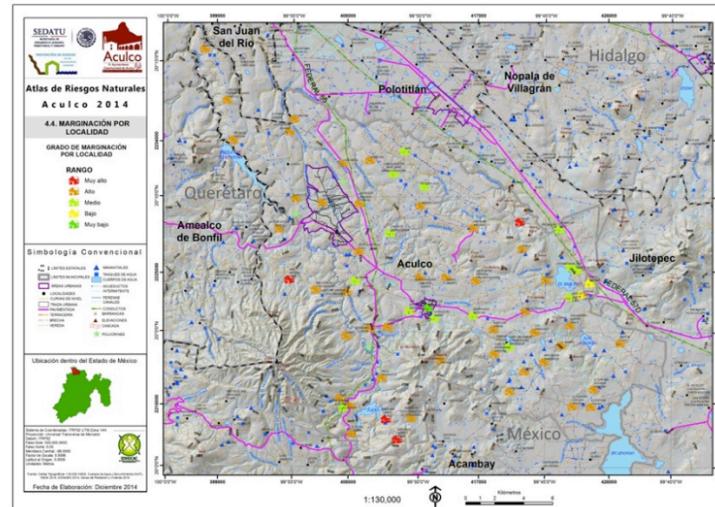
Fuente: Índice de marginación por entidad federativa y municipio de CONAPO

A continuación el mapa presenta los niveles de marginación de las localidades según su tamaño. La cabecera municipal es la localidad con mejor condición del municipio, al tener un grado de marginación muy bajo; la localidad urbana de San Lucas Totolmaloya presenta un alto nivel de marginación a pesar de ser urbana, pues obtuvo un índice de 0.2059. Por su parte, Santiago Oxtoc Toxhié, San Antonio Pueblo, Santa Ana Oxtoc Toxhié y Taxtho presentan también un grado muy alto de marginación.

4.2.4. Marginación y pobreza

El grado de marginación del municipio es medio y ocupa el lugar 16 en el contexto estatal (ver la tabla siguiente). Para entender dicho resultado es importante destacar que 30.5 por ciento de la población mayor de 15 años no estudió la primaria completa, que 49.8% de las viviendas tienen algún nivel de hacinamiento y que el 57.89% de la población ocupada tiene ingresos de hasta dos salarios mínimos.

MAPA 22 Niveles de marginación por localidad



Respecto a la relación de la pobreza con el nivel de riesgo, es necesario saber que es una situación que limita las capacidades de desarrollo y acción en diversos aspectos de quienes las padecen. En el mismo sentido, la vulnerabilidad social producida por la pobreza incrementa también la vulnerabilidad frente a un desastre natural. Si la población no puede cubrir ciertas necesidades en condiciones normales, las dificultades para satisfacerlas en caso de emergencia disminuirán aún más. En respuesta a ello, la población en condiciones de pobreza debe ser prioridad para otorgarles ayuda.

En el caso particular de Aculco el índice de rezago social es calificado como medio (CONEVAL). Sin embargo, los niveles de pobreza son elevados en comparación con otros municipios, el porcentaje de personas según el tipo de pobreza en el municipio se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 14 Comparativo de niveles de pobreza en Aculco, Estado de México y otros municipios

Indicador	Pobreza alimentaria	Pobreza de capacidades	Pobreza de patrimonio
Estado de México	14.3	22.4	49.9
Aculco	31.7	41.2	65.6
Benito Juárez, D. F.	0.5	1.2	6.4
San Juan Tepeuxila, Oaxaca	46.2	57.4	80.8

Fuente: CONEVAL, 2010

La pobreza en el municipio es más elevada que a nivel estatal. El porcentaje con mayor diferencia es el de pobreza de capacidades (35.8% de los habitantes del municipio no pueden cubrir consumos básicos de alimentación, salud y educación), 18.8 puntos porcentuales por encima del estatal. La pobreza alimentaria es 17.4 puntos más elevada en el municipio en relación con el Estado de México, (en Aculco el 31.7% se considera en dicho rango por no poder costear una Canasta básica aunque destinaran el total de sus ingresos para ese fin). La pobreza de patrimonio se encuentra presente en el 65.6% de los habitantes y significa que sus ingresos no son suficientes para cubrir los costos de una canasta alimentaria, salud, vestido, vivienda, transporte y educación. A nivel nacional el 47% de la población se encuentra en esta situación.

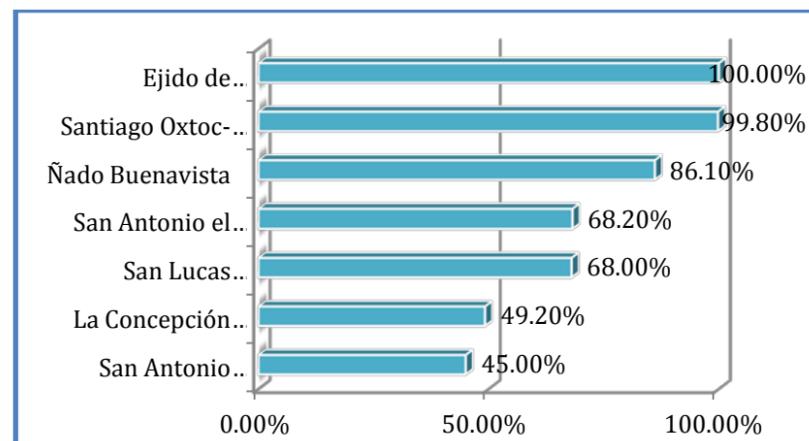
4.2.5. Población indígena

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), pregunta si el habitante habla una lengua indígena para considerarlo o no, indígena, en los censos y conteos de población y vivienda. En consecuencia con lo anterior y para el presente atlas se considerarán como indígenas quienes hayan sido contabilizados en el último censo como hablantes de alguna de dichas lenguas, aunque además, hablen español.

Por su parte, el CONAPO hace una proyección de la población indígena considerando que no todos ellos aceptan que conocen alguna lengua en los censos o incluso que son indígenas pero no hablan una lengua. Este instituto calculó para 2005, la cifra más reciente de 6,499 personas indígenas en el municipio, lo cual representa el 16.1% de la población total.

En siete localidades dicha población supera al 40% del total de los habitantes (ver gráfica 10). La localidad urbana de San Lucas Totolamaya tiene 68% de habitantes considerados indígenas, mientras que la cabecera municipal sólo cuenta con el 0.8%.

Grafica 10. Principales localidades con población indígena en el municipio de Aculco 2005



Fuente: Elaboración propia con datos de las proyecciones de hogares indígenas de México y las entidades federativas de CONAPO para 2005

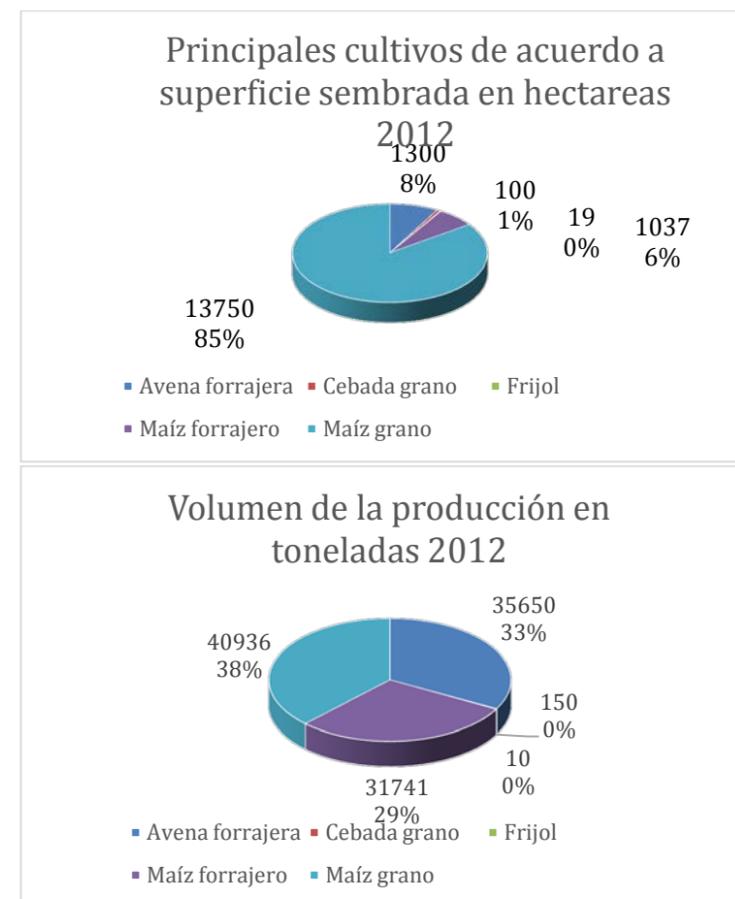
De las localidades presentadas en la tabla, San Antonio el Zethe tiene un grado de marginación medio, San Antonio Pueblo muy alto y el resto alto. Lo anterior nos habla de una mayor vulnerabilidad social de estas localidades frente a cualquier tipo de eventualidad, especialmente en riesgos de desastres.

4.3. Principales actividades económicas en la zona

4.3.1. Actividad económica primaria

Con base en la información obtenida del Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGCEM), Aculco emplea un 34.7% de su superficie total en actividades agrícolas, con un total de 16,205 hectáreas sembradas en el 2012; su principal cultivo es el Maíz con una superficie sembrada de 13,750 Ha, y una producción en toneladas de 40,936, como podemos observar a continuación en las gráficas 11.

Grafica 11. Producción Agrícola del Municipio



Fuente Elaboración propia con datos de IGCEM Estadística Básica Municipal

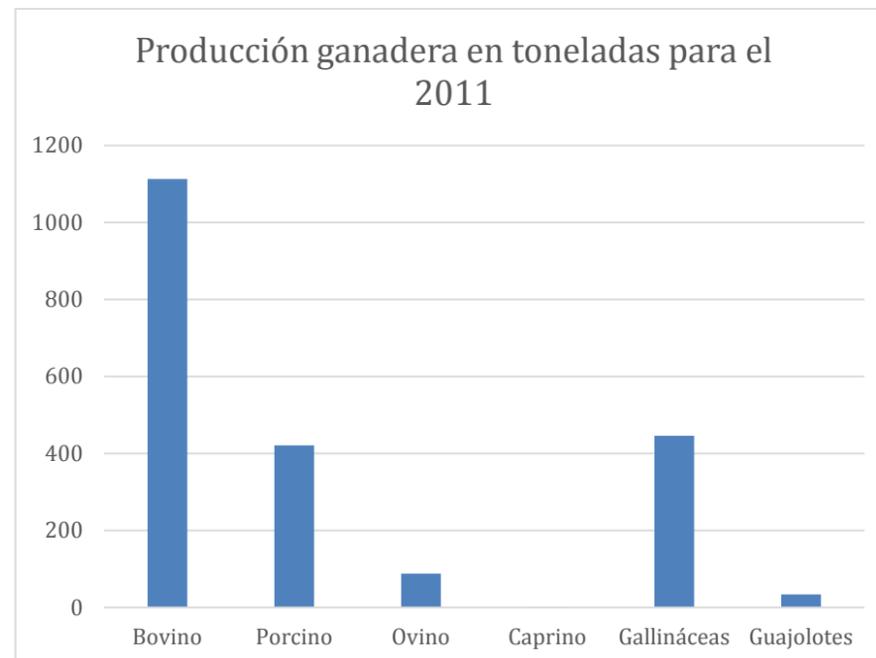
Con base en el plan de desarrollo municipal 2006-2009, el municipio contaba con una superficie destinada a la actividad agrícola, de 21,327 hectáreas, que representaban el 45.8% de la superficie total del mismo, la cual se ha visto reducida con el paso de los años al 34.7% según datos del 2012.

Cabe destacar que el 70.5% de la actividad agrícola que se desarrolla en Aculco es de temporal, con una superficie de 5,122 has. de riego y una importante superficie mecanizada que abarca al 81% de las hectáreas sembradas de acuerdo con las cifras del último censo del INEGI 2010. Otros de los cultivos que se producen en Aculco son la alfalfa verde, avena forrajera y distintos cultivos nacionales.

Para el año 2011 el valor total de la producción agrícola fue de 137,085 mil pesos, lo cual representa sólo el 0.01% del valor de la producción del Estado de México para ese año.

En cuanto a la actividad ganadera los principales productos son: carne en canal de bovino, porcino, gallináceo y ovino. De acuerdo con información del INEGI se produjeron 16,543 litros de leche de bovino y 418 toneladas de huevo durante el 2011; así como 760 metros cúbicos rollo de producción forestal maderera.

Grafica 12. Producción ganadera en 2011



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI 2011

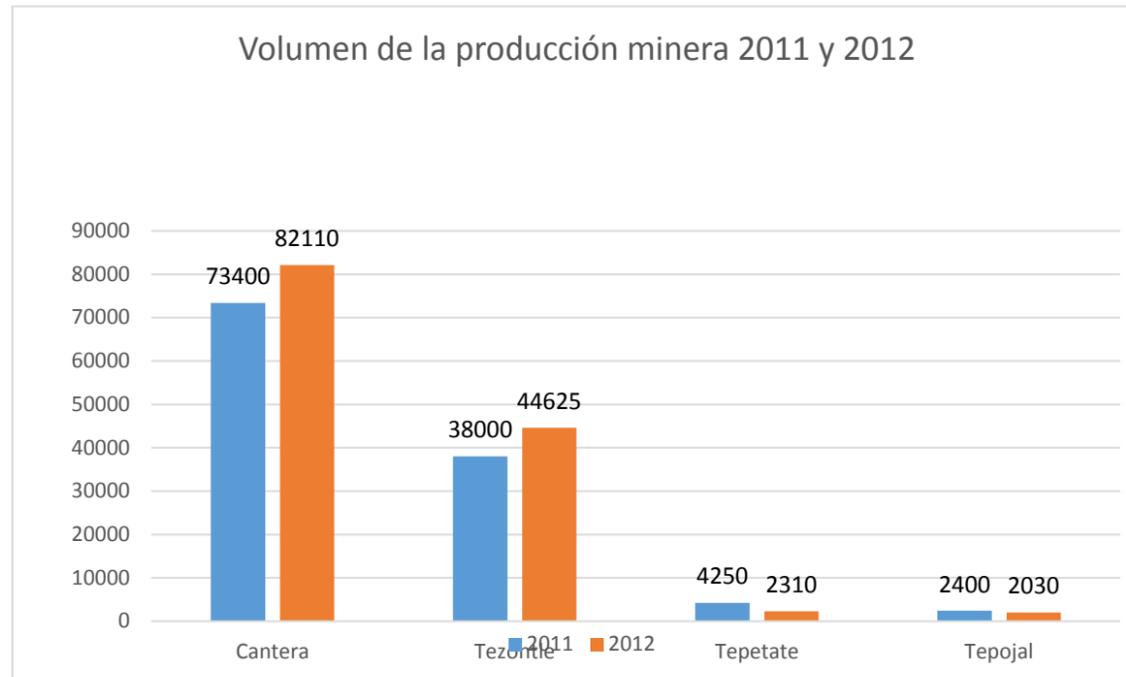
TABLA 15 Producción ganadera del municipio de Aculco en 2001

Ganado y derivados	Producción (tons)
Bovino	1,113
Porcino	421
Ovino	88
Caprino	1
Gallináceas	446
Guajolotes	34
Huevo para plato	418

Fuente: INEGI, 2011

Las cifras preliminares del 2012 respecto a la actividad minera arrojan un volumen de la producción de 131,075 metros cúbicos en productos no metálicos tales como la cantera, tezontle, tepetate y tepojal. El valor total de la producción asciende a 28,595,000. (Gráfica 13)

Grafica 13. . Volúmen de la producción minera



Fuente: Elaboración propia con información del IGECEM

4.3.2. Actividad económica secundaria

La actividad industrial en el municipio de Aculco de Espinosa es escasa, con sólo dos empresas con más de 250 empleados en el sector maquilador, la actividad industrial se concentra en microindustrias dirigidas a la producción de tortilla, pan, chorizo, quesos, crema y demás derivados de la leche de vaca y de cabra.

Destacan además, las empresas dedicadas a los materiales de construcción y estructuras metálicas, así como los talleres que realizan artesanías en cantera y muebles rústicos.

4.3.3. Actividad económica terciaria

En lo concerniente a la actividad comercial la demanda local de productos básicos se satisface a través de la operación del mercado público Miguel Hidalgo, que cuenta con 222 locales comerciales alberga carnicerías, tortillerías, misceláneas y recauderías, además de cuatro tianguis municipales.

En cuanto a los servicios, de acuerdo con datos del INEGI, Aculco posee 17 oficinas postales; una sucursal de la banca de desarrollo y un parque vehicular privado que asciende a las 6,495 unidades en circulación, excluyendo motocicletas, de los cuales 3,872 son automóviles; 2,622 corresponden a camiones y camionetas para carga y un camión de pasajeros.

Para el año 2010 de acuerdo con el censo del INEGI la longitud de la red carretera era de 302 km. con 6 km. de carretera federal de cuota.

A pesar de contar con un importante acervo turístico tanto natural como histórico en la región, la capacidad de alojamiento en Aculco, consta de 77 habitaciones distribuidas en tres hoteles de dos estrellas además de quince restaurantes o fondas, una oficina de información turística y un balneario, lo cual resulta insuficiente para sustentar un proceso de desarrollo turístico más dinámico.

Foto 2. Imágenes de actividades terciarias en Aculco



La inversión pública ejercida en 2010 se aprecia en la tabla siguiente:

TABLA 16 inversión pública ejercida en 2010

Inversión pública ejercida (Miles de pesos), 2010	69,805
Inversión pública ejercida en desarrollo económico (Miles de pesos), 2010	10,783
Inversión pública ejercida en urbanización y medio ambiente (Miles de pesos), 2010	18,158

Fuente INEGI censo de Población y vivienda 2010

TABLA 17 presupuesto de ingresos y egresos del municipio de Aculco

Finanzas públicas	Aculco	México
Ingresos brutos de los municipios (Miles de pesos), 2012	163,814	42,913,574
Egresos brutos de los municipios (Miles de pesos), 2012	163,814	2,913,574

Fuente INEGI 2012

4.4. Características de la población económicamente activa PEA

Con un salario mínimo de \$63.77 pesos, correspondiente al área geográfica B, de acuerdo con lo publicado por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos en el 2014 y de acuerdo con los datos arrojados en el último censo nacional, Aculco registró más de 15,000 personas como población económicamente activa (PEA) con una tasa de desempleo de poco más del 6%.

TABLA 18 Población económicamente activa del municipio de Aculco

Población (PEA)(1)	económicamente activa		Población no económicamente activa (2)
	Ocupada	Desocupada	
Total			
			1

15,592	14,594	998	6,948
---------------	--------	-----	-------

Notas: (1) Personas de 12 años y más, que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.
 (2) Personas de 12 años y más, pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que les impide trabajar

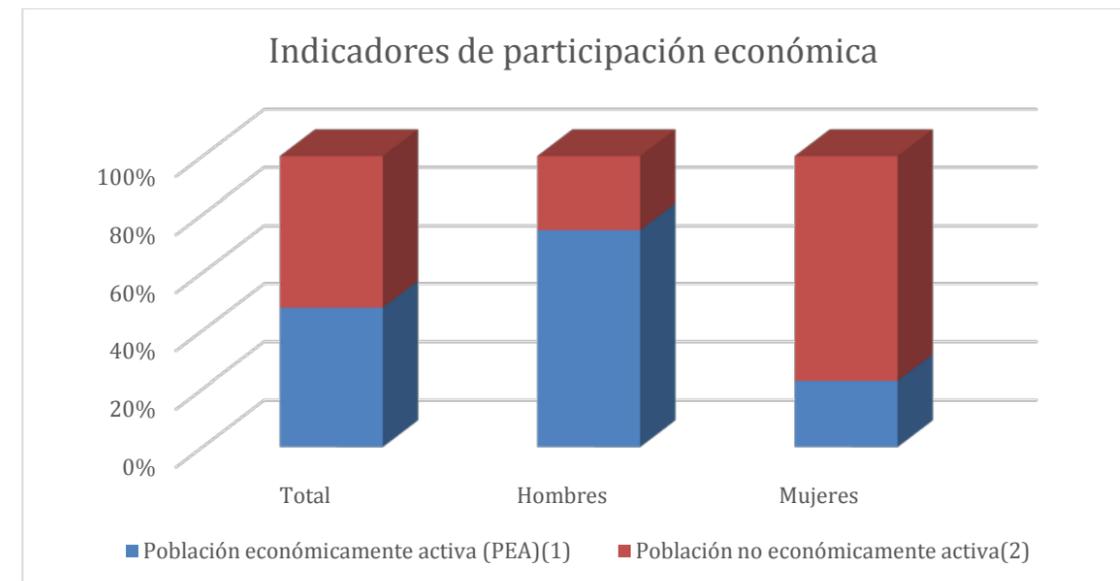
Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

TABLA 19 Tasa de participación económica por sexo del municipio de Aculco

Tasa de participación económica, 2010		
Total	Hombres	Mujeres
47.74	74.23	22.6

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Grafica 14. porcentaje de la participación por sexo de la población económicamente activa y no activa del municipio de Aculco



Fuente Elaboración propia con datos de IGCEM Estadística Básica Municipal

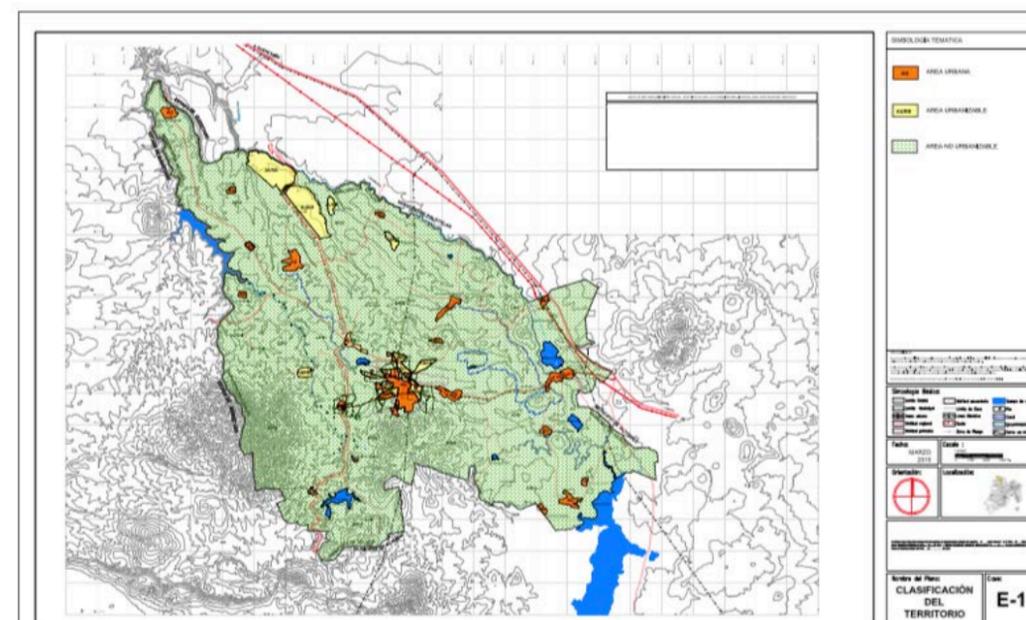
En el rubro de participación por actividad económica en la localidad de Aculco de Espinosa, los tres sectores presentan porcentajes similares, siendo un poco mayor el del sector primario. Su diferencia con los otros dos es de apenas el 7% en tanto el ramo servicios como la actividad transformadora industrial, tiene prácticamente la misma participación en porcentaje, como se puede apreciar en la siguiente gráfica.

Grafica 15. Participación de la población económicamente activa por actividad económica del municipio de Aculco



Fuente Elaboración propia con datos de IGCEM Estadística Básica Municipal

Figura 2. Áreas urbanizables consideradas en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2010



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2010

4.5. Reserva Territorial

En el municipio destacan algunos lomeríos y cerros, entre los cuales están: “Ñado”, “el Picacho” y “el Pelón”; este tipo de elevaciones cuentan con una altura promedio de 3,420 msnm (metros sobre el nivel del mar).

La cabecera municipal se encuentra a una altura de 2,450 msnm el resto de las elevaciones alcanzan en promedio 2,160 msnm, con un relieve demasiado accidentado.

A pesar de que la mayoría de las localidades se asientan sobre una cota superior a los 2,300 msnm, la orografía presenta posibilidades para el crecimiento urbano, principalmente en la parte central del municipio, ya que sus pendientes no exceden el 20%. Dadas las características que presenta el municipio en lo referente a la altitud y las pendientes, se puede tener una clara idea de que la posibilidad de dotar de infraestructura y consecuentemente de servicios es buena, aunado a que los mantos acuíferos son aptos para la dotación de agua potable ya que se encuentran a no más de 50 metros, mientras que los manantiales brotan por sí solos, sólo por mencionar algún tipo de servicio.

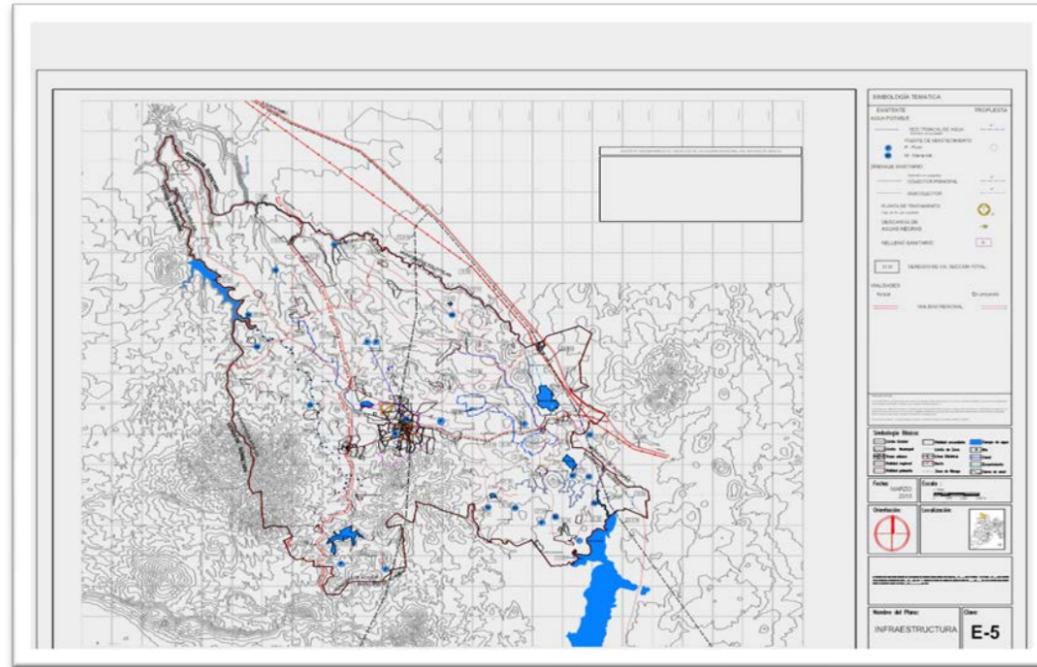
En el municipio la densidad promedio es de 98.5 habitantes por kilómetro cuadrado y considerando que la proyección de la población para el año 2030 es de 61,000 habitantes, el área necesaria para ese crecimiento poblacional es de 164.23 km².

Infraestructura y equipamiento

En el municipio de Aculco la prestación del servicio de agua potable se realiza a través de varios sistemas de redes hidráulicas integradas por nueve pozos, dos cárcamos de bombeo y manantiales.

El 79% de las localidades no cuenta con infraestructura sanitaria. Los arroyos son puntos de descarga con impactos negativos en el medio físico natural al contaminar el agua limpia que también corre en estos arroyos y provocar infecciones en la piel, enfermedades gastrointestinales y en algunos casos la muerte de especies pequeñas, disminuyendo la probabilidad de que esta agua sea aprovechada por la población para su consumo.

Figura 3. Infraestructura del municipio de Aculco



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2010

En equipamiento educativo y cultural el municipio tiene un total de 168 escuelas de los diferentes niveles, sin tomar una casa de la cultura. Los planteles se encuentran distribuidos en las diferentes localidades. En La Soledad Ejido se ubica un Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México CECyTEM con 14 aulas.

TABLA 20 Equipamiento para la educación

Tipo de plantel	Cantidad
Preescolar	65
Primaria	54
Secundaria	8
Secundaria Técnica	4

Tipo de plantel	Cantidad
Telesecundaria	17
Preparatoria	2
Bachillerato	3
Escuela para personas con capacidades diferentes	1
Escuela para adultos	13
Universidad	1
Total	168

En el rubro de Salud y Asistencia la cabecera municipal cuenta con cinco centros de salud: el IMSS en la calle Epifanio Sánchez Ruiz, ISSEMYM el cual se encuentra en la calle Manuel del Mazo, ISEM, ubicado en la calle Fernando Altamirano esquina con Jesús Andrade. Hospital de Asistencia privada "Concepción Martínez" en Mariano Matamoros esquina con José Canal y una clínica privada, en Fernando Altamirano esquina con Jesús Andrade.

De acuerdo al nivel de atención, el equipamiento de salud se distribuye de acuerdo a lo que muestra la siguiente tabla:

TABLA 21 Equipamiento para la salud del municipio de Aculco

Cantidad	Tipo	Ubicación
2	Clínica	Aculco de Espinosa
18	Centro de salud	Aculco de Espinosa, Arroyo Zarco, Bañe, Ejido el Azafrán, Ejido San Martín, El Mogote, Fondó, Jazmín, Jurica, La Concepción, San Jerónimo Ejido, San Joaquín Coscomatepec, San Lucas Totolmaloya, San Pedro Denxhi, Santa Ana Matlavat, Santa María Nativitas y Santiago Oxtoc Toxhie.

Fuente: Protección Civil Municipal

Respecto al equipamiento para el comercio, se cuenta con el mercado público Miguel Hidalgo en

la calle Miguel Hidalgo esquina con la calle José Sánchez Lara, que cuenta con 222 locales, una Administración y una capilla; tiene una cobertura municipal. Existen también cuatro tianguis municipales para el consumo interno de las comunidades.

En cuanto al equipamiento recreativo y deportivo, actualmente en la cabecera municipal existe un parque infantil ubicado en las calles Pomoca esquina con Alfonso Díaz de la Vega, el cual se utiliza para realizar actividades deportivas familiares y de índole individual, así como la constante enseñanza de deportes sobre piso, con base en el sistema de la unidad deportiva en la cabecera municipal, una cancha de usos múltiples, una unidad deportiva (cancha de fútbol) y 7 lienzos charros. Adicionalmente se tienen auditorios en las localidades Jurica, Los Ailes, San Joaquín Coscomatepec, Bañé, Santa María Nativitas, El Mogote, Cabecera Municipal, El Azafrán Centro, San Jerónimo Ejido y Decandaje Ejido.

Todos estos elementos juegan un papel de importancia en el municipio, ya que tanto el equipamiento educativo como el de recreación y deporte, pueden ser utilizados como albergues en caso de que se presente alguna emergencia. En el caso de las instalaciones de salud, es necesario tener su ubicación y nivel de atención para poder canalizar a la población que lo requiera, en caso de alguna contingencia.

El transporte al interior del municipio es deficiente. La cabecera municipal cuenta con una terminal de autobuses foráneos y dos bases de microbuses; no obstante, en el resto del municipio, el sistema de transporte se limita a líneas de camiones foráneos que cruzan sobre la carretera, haciendo estaciones en los entronques de sus delegaciones y de la cabecera municipal. Actualmente existen 10 bases de taxis y nueve derroteros de microbuses, los cuales se ubican en diferentes puntos estratégicos del municipio.

Por otra parte, el municipio mantiene una comunicación recíproca con el estado de Querétaro a través de la autopista México-Querétaro, y con las ciudades de México y Toluca a través de la carretera Panamericana.

En el municipio de Aculco se toman como equipamiento especial, el Santuario del Sr. Nenthé ubicado en la calle Pomoca, la Plaza de la Constitución y la Plazoleta de Miguel Hidalgo del siglo XVI. En cuanto a los refugios temporales con que cuenta el municipio, se tiene el siguiente listado:

TABLA 22 Ubicación de refugios temporales

Refugio	Dirección	Uso del Inmueble	Capacidad	
			Personas	Familias
Auditorio Municipal	Unidad Jorge Jiménez Cantú	eventos masivos	3000	750

Refugio	Dirección	Uso del Inmueble	Capacidad	
			Personas	Familias
Casa de Cultura	Av. Manuel del Mazo	talleres	500	125
Esc. Primaria Lic. Isidro Fábela	Calle Mariano Matamoros #2	escuela	2000	500
Esc. Secundaria "Alfredo del Mazo Velez"	Calle Prolongación Insurgentes S/N.	escuela	3500	875
Casas sociales	Calles Pomoca y José Canal de cab.mpal.	casas sociales	500 por los dos inmuebles	125
Auditorio, Casa Social y Albergue	Comunidad de San Lucas Totolmaloya	auditorio, casa social, albergue	1000 por los tres inmuebles	250
Albergue y casa social	Comunidad de Santiago Oxtoc Toxhie	albergue y casa social	600	150
Auditorio y casa social	Comunidad del Azafrán Centro	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	comunidad de San Martín Ejido	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad Encinillas Ejido	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad Jurica	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad Santa Ana Matlavat Centro	auditorio y casa social	500	125

Refugio	Dirección	Uso del Inmueble	Capacidad	
			Personas	Familias
Auditorio y casa social	Comunidad Bañe Centro	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad el Mogote	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad San Pedro Denxhí Centro	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad la Concepción Pueblo	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad San Joaquín Coscomatepec	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad San Jerónimo Ejido	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad la Soledad Barrio	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad la Soledad Ejido	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad Gunyo Centro	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad los Ailes	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad San Antonio el Zethe	auditorio y casa social	500	125
Auditorio y casa social	Comunidad el Colorado	auditorio y casa social	500	125

Fuente: protección Civil Municipal

prestado por el H. Ayuntamiento con 2 camiones compactadores en dos turnos, los 365 días del año con servicio a todas las comunidades. La disposición final es en un relleno sanitario en la comunidad de Gunyó Poniente. Con esto se beneficia el 90 % de la población total del municipio. Es necesario adoptar medidas adecuadas para evitar la contaminación y daños a la salud de la población.

La ubicación de los diferentes equipamientos se encuentra en el mapa base.

En el municipio se generan 10,000 kg/día de residuos sólidos. El servicio de recolección es

CAPÍTULO V
IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS, PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS
PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL



Peligro, vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos de origen geológico.

El presente apartado contiene información bibliográfica y de campo que da forma y esencia a este documento, incluye el análisis de registros de cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural, identificando las zonas de peligro o amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

El riesgo es la probabilidad de que ocurra un daño por un fenómeno perturbador. Se presenta como el resultado de la coexistencia del peligro, la amenaza (factor externo) y la vulnerabilidad (factor interno) en un momento dado y en un espacio determinado. Por ello se dice que el riesgo está en función del peligro y la vulnerabilidad.

El riesgo es una condición latente, que implica una situación de crisis potencial. Cuando se manifiesta –en caso de ocurrencia de un desastre- lo hace bajo la forma de daños y pérdidas de tipo económico, social y ecológico. El riesgo es imputable, dado que es posible identificar sus causas, factores y agentes. Existe una valoración individual y social del riesgo, que depende de las percepciones, motivaciones y actitudes individuales y colectivas, no necesariamente coincide con la visión científico-técnica. Dicha valoración varía en tiempo, de un lugar a otro y de una cultura a otra. Es fundamental tenerla en cuenta para la gestión del riesgo.

Para su análisis, fue dividido en erupciones volcánicas, sismos, tsunamis o maremotos, inestabilidad de laderas, flujos, caídos o derrumbes, hundimientos, subsidencia y agrietamientos. En el municipio de Aculco, se identificaron las fallas, deslizamientos y derrumbes como los fenómenos perturbadores causantes de peligro.

Para la elaboración del presente Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Aculco Estado de México 2014 se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos por el CENAPRED en la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas de Riesgos Estatales y Municipales”. La estructura del documento y la metodología utilizada es la que establecen las “Bases para la Estandarización en la Elaboración del Atlas de Riesgo y Catálogos de Datos Geográficos para Representar el Riesgo (SEDESOL)”.

El presente documento se conformará por tres elementos sustantivos:

- I. Búsqueda de evidencias que se puedan encontrar al realizar el estudio de los sistemas perturbadores en campo y/o en documentos escritos o cartográficos, así como trabajo de campo que requirió recorridos, encuestas y levantamiento de datos.
- II. Indicadores de vulnerabilidad (grupo de evidencias físicas o documentales que se relacionan con la ocurrencia de los procesos naturales que se relacionan a su vez con la ocurrencia de sistemas perturbadores de origen natural).
- III. Zonificación cartográfica de peligros, vulnerabilidad y riesgos a través de un sistema SIG digital (vectorial) e impresa, en la que se determinan las zonas de riesgo ante los diferentes tipos de fenómenos perturbadores.

En el desarrollo de cada fenómeno geológico perturbador se incluyó la metodología, la memoria de cálculo, resultado, mapa y ficha técnica.

Vulnerabilidad

Para los fines de este estudio, Atlas de Riesgos, entenderemos la vulnerabilidad como la posibilidad o susceptibilidad de afectación por un fenómeno natural.

De forma general, la vulnerabilidad tiene diversas determinantes que actúan simultánea y sistemáticamente e influyen en las afectaciones que sufre o puede sufrir la población por factores sociales que pueden ser de índole política, demográfica, social, cultural, ideológica, educacional, institucional, económica, técnica, física o ambiental (Wilches-Chaux, 1993; Cardona, 2003).

En consecuencia, la ausencia o presencia de vulnerabilidad sintetiza el desarrollo alcanzado por un país, un municipio o una ciudad.

En este contexto, es necesario remarcar que la dimensión de la vulnerabilidad analizada para la construcción de este Atlas de riesgo para el municipio de Aculco se centra en los aspectos físicos y sociales ante fenómenos hidrometeorológicos, entendida como el conjunto de características físicas y socioeconómicas de la población que limitan su capacidad de desarrollo, de adaptación y mitigación de las amenazas y de reponerse de los daños provocados por un fenómeno natural extremo (CEPAL, CELADE, 2002; García, 2006).

Se tomaron en cuenta tres tipos de factores para la determinación de una vulnerabilidad que abarque varios aspectos, a saber:

- ✓ Vulnerabilidad social
- ✓ Vulnerabilidad física y
- ✓ Percepción que la población tiene del peligro

Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, del incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación. Como la define CENAPRED (2006), es “El conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad”.

La vulnerabilidad es un concepto ampliamente utilizado en la evaluación y gestión de riesgos naturales, ya que tiene un efecto directo sobre la resiliencia y capacidad de respuesta de la población ante una amenaza dada.

La vulnerabilidad condiciona a reconocer la dinámica de los factores de peligro que existen en el entorno y su relación geoespacial con la población, permitiendo estimar el nivel de exposición, con base a la proximidad al sitio donde se presenta el evento o las zonas afectables. Lleva a analizar las condiciones de sensibilidad de individuos, grupos o sectores a partir de la caracterización del objeto de análisis, así como las relaciones que guardan con el peligro.

El enfoque de la vulnerabilidad cualitativo es inductivo y se sustenta en la expansión de los datos o de la información con procesos de investigación interpretativos, que parten de observaciones abiertas a la subjetividad, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusiones de grupos o evaluación de experiencias.

Para la medición de la vulnerabilidad social vs. los peligros geológicos e hidrometeorológicos presentes en este Atlas, se propuso hacerla en función de cinco variables cuantitativas y una cualitativa (encuestas directas realizadas en el municipio) en cuanto a la percepción del peligro.

Las variables en consideración a nivel manzana son:

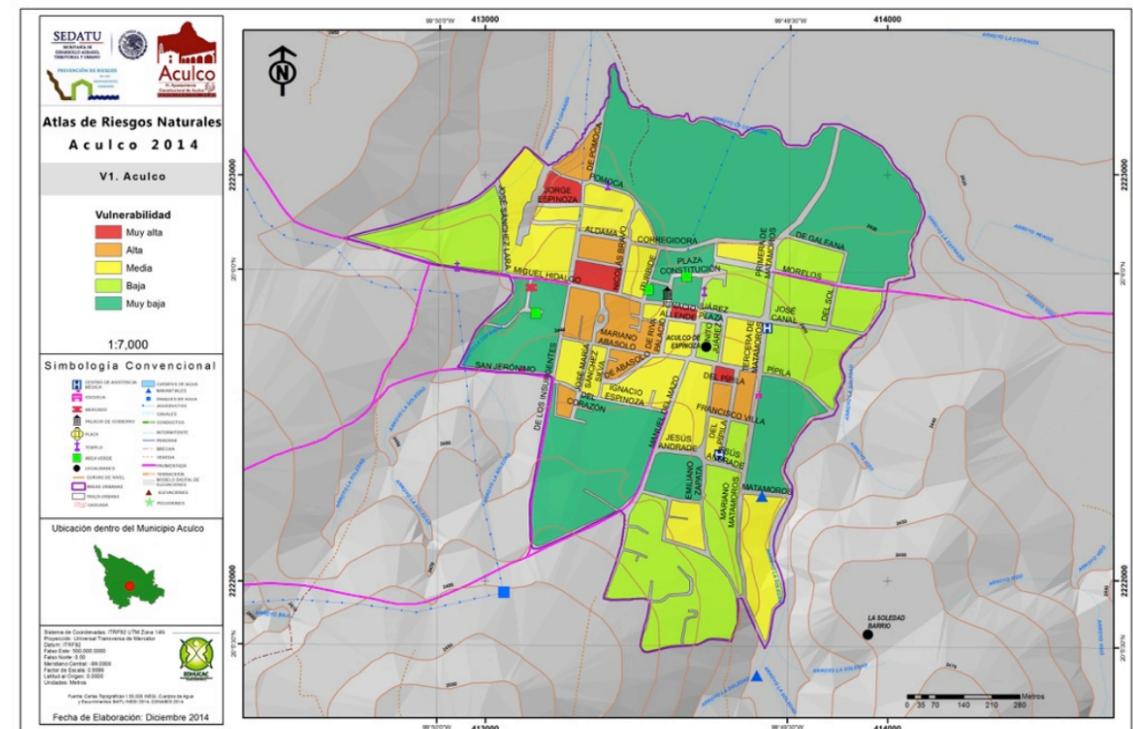
Población total
Población de 65 años ó más
Población con algún tipo de discapacidad
Hacinamiento
Percepción del peligro

Se estimó el promedio ponderado los indicadores seleccionados, dando prioridad o mayor importancia a la población total. Después, en igual grado de importancia, a la población de 65 años y más y a la población con algún tipo de discapacidad. Posteriormente al hacinamiento y por último a la percepción del peligro a través de encuestas aplicadas directamente en el municipio. El índice de vulnerabilidad se estableció como a continuación se indica:

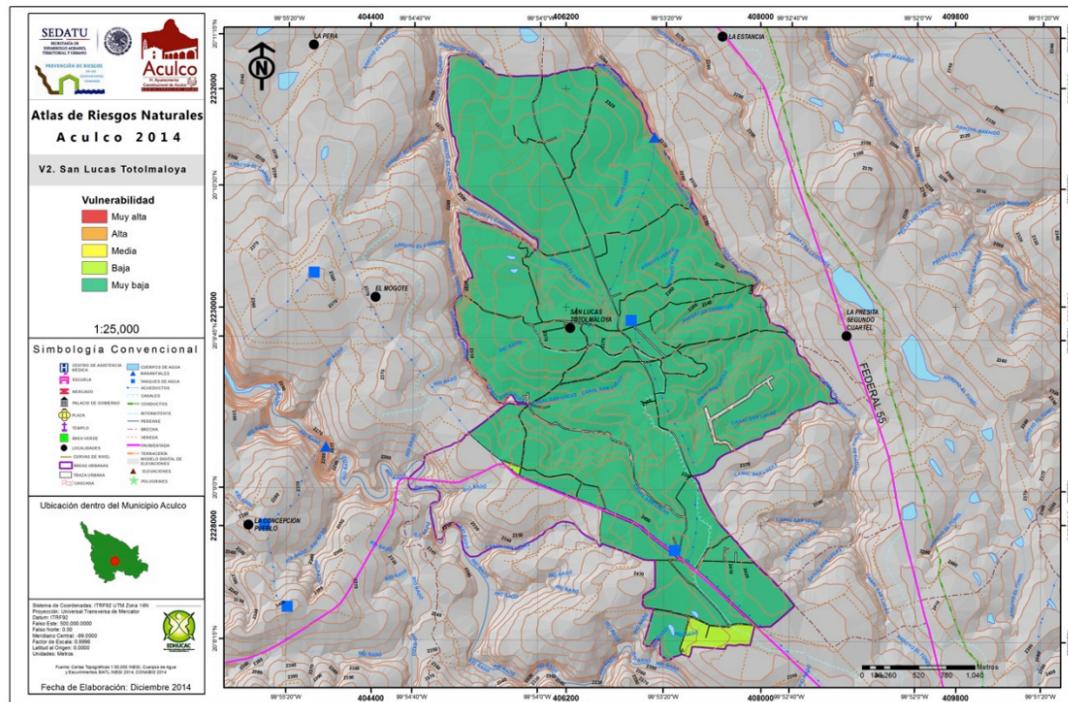
$$\text{Índice de vulnerabilidad} = 0.4 * \text{Densidad de Población} + 0.25 * \text{Densidad de Población de 65 y más} + 0.25 * \text{Densidad de población con discapacidad} + 0.09 * \text{Densidad de Población en Hacinamiento} + 0.01 * \text{Percepción del peligro}$$

Finalmente, se clasificó de acuerdo a las bases del ejecutor y se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

MAPA 23 Vulnerabilidad social del municipio de Aculco



MAPA 24 Vulnerabilidad social San Lucas Totolmaloya



Vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física o de la infraestructura está asociada a la respuesta y resistencia que ofrece una estructura física ante los eventos potencialmente destructivos; por ejemplo cómo se comporta una vivienda o edificio ante un evento hidrometeorológico.

La vulnerabilidad física, asociada a los peligros geológicos e hidrometeorológicos expuestos en este Atlas, se plantea en función de variables referidas a las características de las viviendas, de acuerdo a la clasificación de INEGI, señaladas en el documento de CENAPRED (2006):

- | Características de la vivienda | |
|--------------------------------|--|
| 1. | Muros de mampostería con techos rígidos. |
| 2. | Muros de mampostería con techos flexibles. |
| 3. | Muros de adobe con techo rígidos. |
| 4. | Muros de adobe con techos flexibles. |
| 5. | Muros de materiales débiles con techos flexibles |

También se considera si cuentan con agua o piso de tierra, debido a que los materiales y servicios de la vivienda indican la precariedad o no de la misma. Al igual que el acceso al agua,

reflejan las condiciones del contexto de la localidad, así como un cierto nivel que diferencia a la población según las posibilidades de enfrentar, reaccionar, recuperarse y prevenir un desastre.

Por lo anterior para la estimación del índice de riesgo por vulnerabilidad física se retoma la propuesta del documento de CENAPRED (2006). Éste integra las características físicas de la vivienda que la hacen susceptible al daño y el nivel de peligro asociado a sismo o viento:

$$I_{vf} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$$

Donde:

- I_{vf} = índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda;
 - V_i = calificación según el tipo de vivienda de acuerdo con la tabla anterior.
 - V_p = la vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (ver tabla anterior)
 - P_i = nivel de peligro por fenómenos geológicos o hidrometeorológicos .
 - P_M = nivel de peligro máximo por fenómenos geológicos o hidrometeorológicos.
- Para las dos últimas variables, los niveles de peligro son los siguientes:

- ✓ 1.00, para el peligro Alto,
- ✓ 0.70, para el peligro Medio,
- ✓ 0.40, para el peligro Bajo.

En las siguientes fotografías, obtenidas del trabajo en campo, se pueden observar algunas viviendas en el municipio con mayor vulnerabilidad frente a los fenómenos más comunes en el municipio.

Foto 3. Tipos de vivienda en Aculco



Percepción del Riesgo

Para este estudio se propone la definición del grado de riesgo como una función del peligro o amenaza físico y la vulnerabilidad existente/prevaleciente. Para su medición se valoran los índices generales: el grado de peligro y el grado de vulnerabilidad.

Con el fin de identificar los riesgos a los que está expuesto el municipio se realizó trabajo de campo, el cual consistió en un recorrido a las comunidades y zonas donde se identificaron peligros con niveles altos a inundaciones.

Se aplicaron entrevistas abiertas basadas en un guion de trabajo, las cuales se realizaron con la población y con algunas autoridades locales.

Las entrevistas se aplicaron básicamente en zonas donde la población ha sido afectada por algún peligro y/o está propensa a sufrir alguna afectación.

Para la interpretación del grado de la vulnerabilidad derivada de la información recabada en las entrevistas semiestructuradas se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico, que es una teoría general sobre juicios y valoraciones que, basada en escalas de razón, permite combinar lo científico y racional con lo intangible para ayudar a sintetizar la naturaleza humana con lo concreto de nuestras experiencias capturadas a través de la ciencia. Proporciona escalas capaces de capturar la realidad percibida, y es diferente de una asignación y normalización arbitraria de números.

Para valorar el grado de riesgo percibido, en promedio, por los entrevistados, se empleó una escala de valores entre 0 y 1, que indica el nivel o grado de riesgo y vulnerabilidad para el municipio.

Así se tiene la escala:

Muy Bajo	de 0 a 0.2;
Bajo	de 0.2 a 0.4;
Medio	de 0.4 a 0.6;
Alto	de 0.6 a 0.8
Muy Alto	≥ 1.

Vulnerabilidad Total

Finalizando el cálculo del índice por medio de componentes principales planteados para las localidades del municipio de Aculco, se clasificó la información en cinco estratos en la forma más homogénea posible.

La información tiene un carácter ordinal, es decir, sabemos en donde se encuentra el mayor valor. Por ello se realizó la estratificación del índice de vulnerabilidad global estableciendo 5 diferentes niveles de vulnerabilidad, a saber: Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo.

Así pues, encontramos que a través de los años, en la zona donde se ubica el municipio de Aculco, es clara la manifestación de fenómenos hidrometeorológicos. Pero su impacto en las poblaciones depende de diversos factores sociales y económicos (es decir la vulnerabilidad social y física).

En el municipio se tiene una capacidad diferenciada de acceso a los recursos y servicios; las condiciones en que viven las personas al no tener acceso inmediato a estos en general, contribuyen a una situación de vulnerabilidad, lo que hace necesario la implementación de ciertos mecanismos de ayuda, que por supuesto dependerá de las características de la región, sus comunidades y su nivel organizativo.

La construcción del índice de vulnerabilidad social y física, a partir de los procesos espaciales que conforman la región, permite y hace visible la existencia de índices diferenciados de riesgo en función de la marginación o accesibilidad a los servicios públicos elementales y a las condiciones económicas de la población. En conclusión: a mayor grado de marginación, mayor riesgo.

El planteamiento complementario de esa declaración constituye un objetivo para las políticas de gestión del riesgo y prevención de desastres: abatir el rezago y la marginación.

5.1 Fenómenos geológicos

5.1.1. Vulcanismo o erupciones volcánicas

Peligro

El vulcanismo es la actividad interna de los mantos de la corteza terrestre, representada por el ascenso de material magmático (roca fundida en el interior de la tierra), que usa los puntos más débiles existentes en la corteza como las fracturas y grietas que permiten la salida de roca fundida, así como emisiones de gases a la atmosfera.

Las zonas de debilidad de la corteza terrestre se localizan a lo largo de los límites de las placas tectónicas. Cuando el magma y los gases alcanzan la superficie a través de chimeneas, grietas o fisuras forman estructuras geológicas llamadas volcanes. En México gran parte del vulcanismo está relacionado con la zona de subducción comprendida entre las zonas de contacto de las placas Rivera y Cocos, en conjunto con la placa Norteamericana, que tiene su expresión volcánica en la Faja del Eje Neovolcánico Transversal; la orientación de sus elevaciones va en sentido Este-Oeste, (Espíndola, 1999). Los volcanes se forman por sucesivas erupciones de lava (es la roca fundida que alcanza la superficie terrestre), y material piroclástico.

En la cima de los volcanes, por lo regular, hay una depresión de paredes empinadas llamada cráter el cual es un rasgo estructural que se construye paulatinamente a medida que los fragmentos expulsados se acumulan alrededor de la chimenea formando una estructura cónica.

Las amenazas volcánicas derivan de dos clases de erupciones:

- ✓ Erupciones explosivas: se originan por la rápida disolución y expansión del gas desprendido por las rocas fundidas al aproximarse éstas a la superficie terrestre. Las explosiones imponen una amenaza al desparramar bloques y fragmentos de rocas y lava, a distancias variantes del origen.
- ✓ Erupciones efusivas: la mayor amenaza impuesta por éstas es el flujo de materiales, y no las explosiones en sí. Los flujos varían en naturaleza (fango, ceniza, lava) y cantidad, y su origen puede provenir de diferentes fuentes. Su acción está determinada por la gravedad, la topografía que los rodea y la viscosidad del material.

Metodología

El criterio utilizado para elaborar el presente apartado fue la ubicación de cuerpos volcánicos a menos de 100 km de la localidad de estudio, en específico fueron desarrollados los activos, considerando la información proporcionada de volcanes activos por el CENAPRED. Se analizó el cuerpo volcánico más cercano por su posible área de influencia por cenizas y flujo de materiales.

Resultado

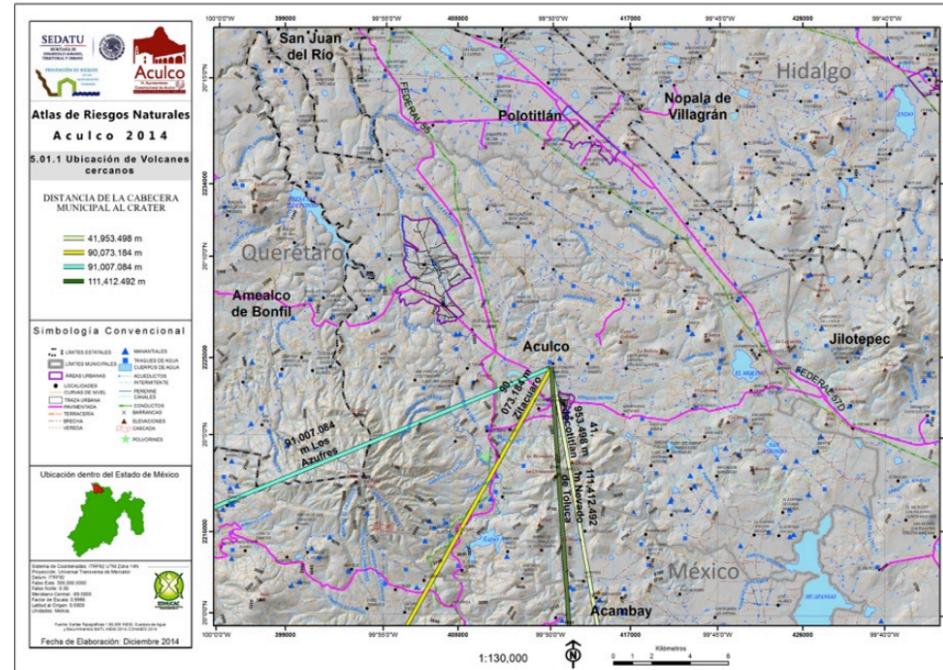
A partir del análisis de distancia del municipio a los edificios volcánicos con mayor potencial de afectación, se determinó que de acuerdo a su nivel de cercanía (menores a 100 km), los volcanes que tienen mayor incidencia sobre el Municipio de Aculco son cuatro. El primero y

más cercano es el de Jocotitlán a 41.95 Km, seguido por Zitácuaro ubicado a 90 Km y finalmente el más alejado es los azufres ubicado a 91 Km de distancia del municipio. Por su relevancia se contempló el Nevado de Toluca, el cual se encuentra a 111.41 m. (ver mapa de "Ubicación de volcanes cercanos al municipio de Aculco"). Sin embargo, para este Municipio no se tiene un registro de fenómenos de este tipo a lo largo de su historia. En la Tabla que se muestra a continuación se describen las principales características de los cuatro aparatos volcánicos.

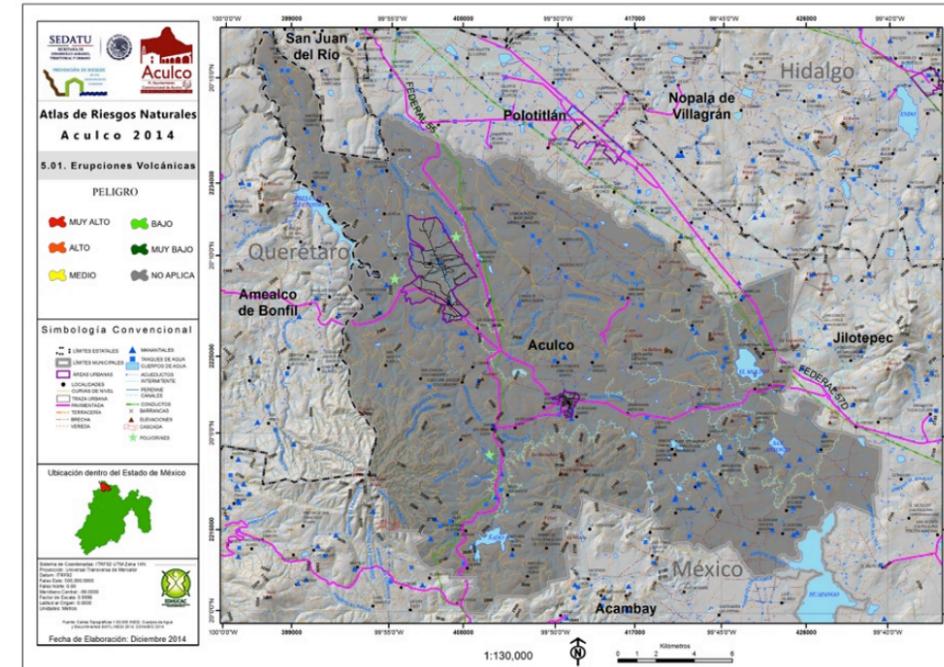
TABLA 23 Descripción de aparatos volcánicos cercanos al municipio de Aculco de Espinosa, Estado de México.

CATEGORÍA	NOMBRE	ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD	ELEVACIÓN	TIPO	ACTIVIDAD	ESTADO LOCALIZACIÓN	TIPO DE ERUPCIÓN	PRODUCTO	COMPOSICIÓN
4	Los Azufres	Sin dato	3400	Caldera	Pleistoceno	Michoacán		Flujos de lava	Dacítica-riolítica
4	Zitacuaro	Sin dato	3500	Caldera	Pleistoceno	Michoacán		Flujos de lava, flujos piroclásticos	Dacítica
2	Jocotitlan	3	3900	Estrato volcán	Pleistoceno-Holoceno	Estado de México	Pliniana	Flujos de piroclastos, flujos de lava, lahares	Andesítica a dacítica
3	Nevado de Toluca	4	4680	Estrato volcán	Pleistoceno-Holoceno	Estado de México	Explosiva	Flujos piroclásticos, lahares	Andesítica a dacítica

MAPA 25 Ubicación de volcanes cercanos al municipio de Aculco

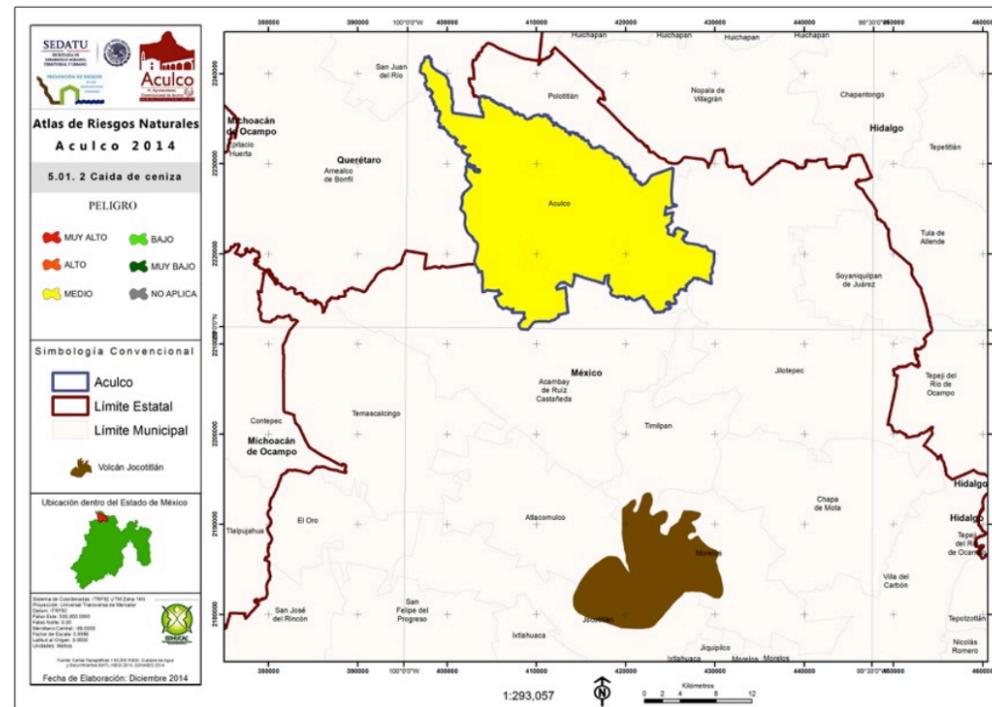


MAPA 26 Peligro por erupciones volcánicas en el municipio de Aculco



Por su cercanía al municipio, el volcán Jocotitlán (41.95 km) fue analizado de manera individual, considerando el área de influencia de los flujos de materiales (Ver los dos mapas a continuación). Dicho análisis arrojó que no existe peligro por los materiales que pudiera arrojar el volcán hacia el municipio de Aculco. En este sentido al realizar la visita se pudo verificar que la información obtenida bibliográficamente, y la del análisis de peligro es la misma, de donde se desprende que el municipio no se encuentra en peligro por este fenómeno.

MAPA 27 Peligro por caída de ceniza.



5.1.2 Sismos y/o terremotos

Peligro

Los sismos se identifican como energía ondulatoria transmitida a partir del foco o punto de liberación en todas direcciones perdiendo energía gradualmente, a través de las capas de la tierra, que tiende a desplazarse por el fallamiento de la corteza. Es uno de los fenómenos que se derivan de la dinámica interna de la Tierra, y por sus características y naturaleza se relaciona con las zonas de subducción, donde se presenta el choque de placas y tierras emergidas. Las placas están en un constante movimiento, pero cuando existe un proceso de fricción se acumula energía, que al momento de liberarse genera los movimientos que conocemos como sismos o temblores.

Los sismos se originan por la repentina liberación de la energía de tensión lentamente acumulada en la falla de la corteza terrestre. Los terremotos en particular, presentan una seria amenaza debido a la irregularidad en los intervalos de tiempo entre eventos y a la falta de sistemas adecuados de pronóstico.

Metodología

Para el desarrollo del presente fenómeno se tomó en cuenta la información existente de regionalización sísmica de CFE, la de intensidad de Mercalli del CENAPRED y los datos históricos del Servicio Sismológico Nacional, UNAM. Para los periodos de retorno se utilizó la información generada por CENAPRED, realizando la clasificación municipal correspondiente. En los periodos de retorno para las aceleraciones de 15% de g o mayores también se utilizó la información generada por el CENAPRED, el Instituto de Ingeniería, UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Comisión Federal de Electricidad a través del programa sísmico en México. Los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Resultado

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la República Mexicana se dividió para fines de diseño sísmico en cuatro zonas la A, B, C, y D, donde la Zona A es la de menor intensidad sísmica, al contrario de la D donde se registra la mayor intensidad sísmica. Con base en dicha información tenemos que el municipio de Aculco, como se aprecia en el siguiente mapa, se ubica dentro de la zona B, donde la sismicidad es intermedia y las aceleraciones esperadas no son superiores a 0.7g (CENAPRED, 2001).

MAPA 28 Regionalización Sísmica (CFE)

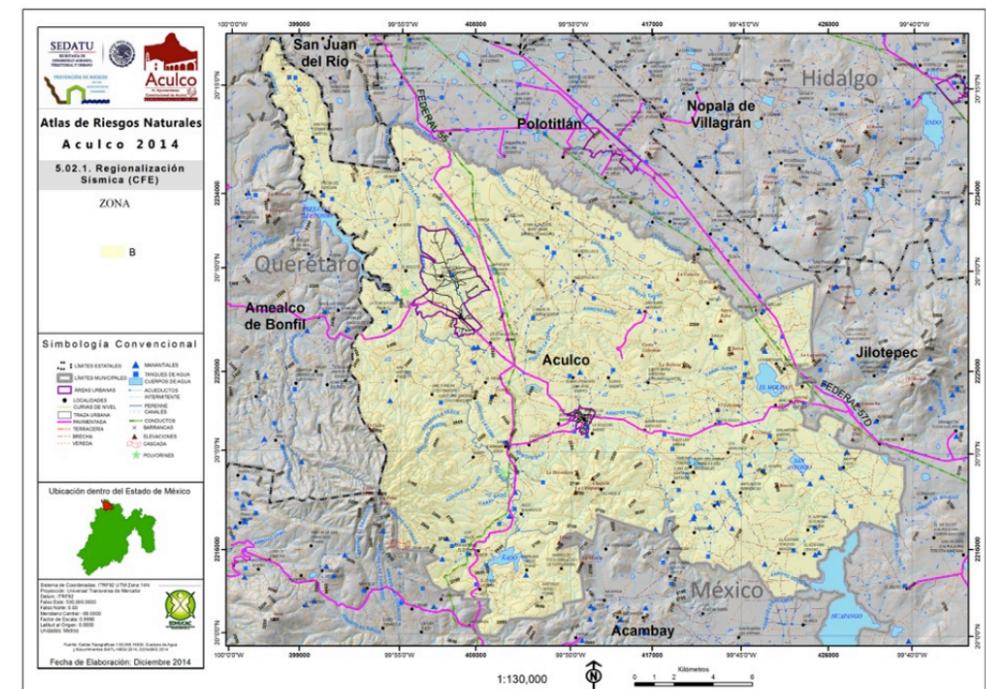
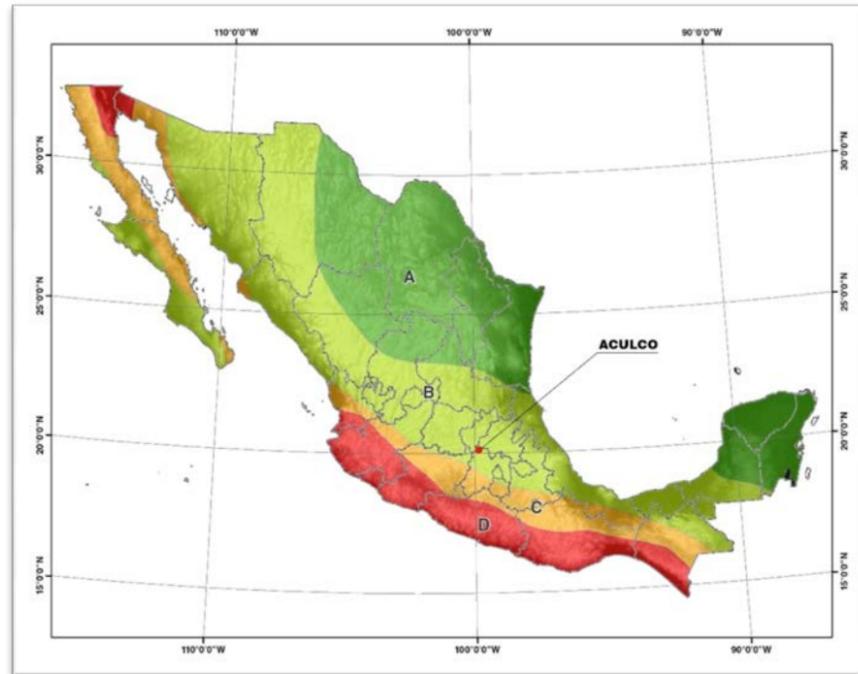
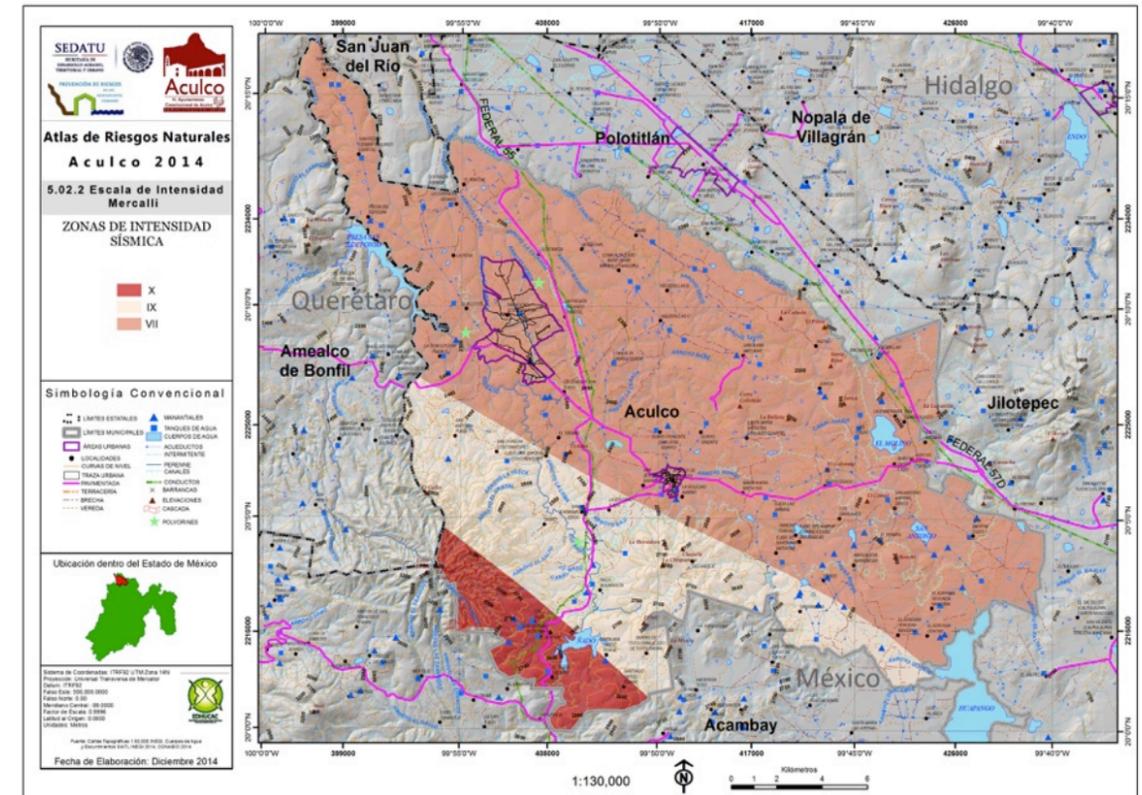


Figura 4. Ubicación del municipio de Aculco en el contexto nacional de la Regionalización Sisma de CFE



MAPA 29 Escala de intensidad Mercalli del municipio.



La escala de Intensidad Mercalli (CENAPRED), se refiere a la intensidad o fuerza con la que se siente un terremoto en un punto de la superficie de la Tierra. Es una medida indirecta y subjetiva basada en los efectos que ocasiona en las construcciones y en las personas, en función de la magnitud, la distancia al epicentro y las características del terreno. Un mismo terremoto produce distintos grados de intensidad dependiendo del lugar en que se sienta.

El municipio de Aculco se localiza en las zonas VIII y IX, como se muestra en el mapa a continuación, donde corresponde para el caso VIII a un daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles. Para zona IX el daño sería considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas (Bolt, 1978).

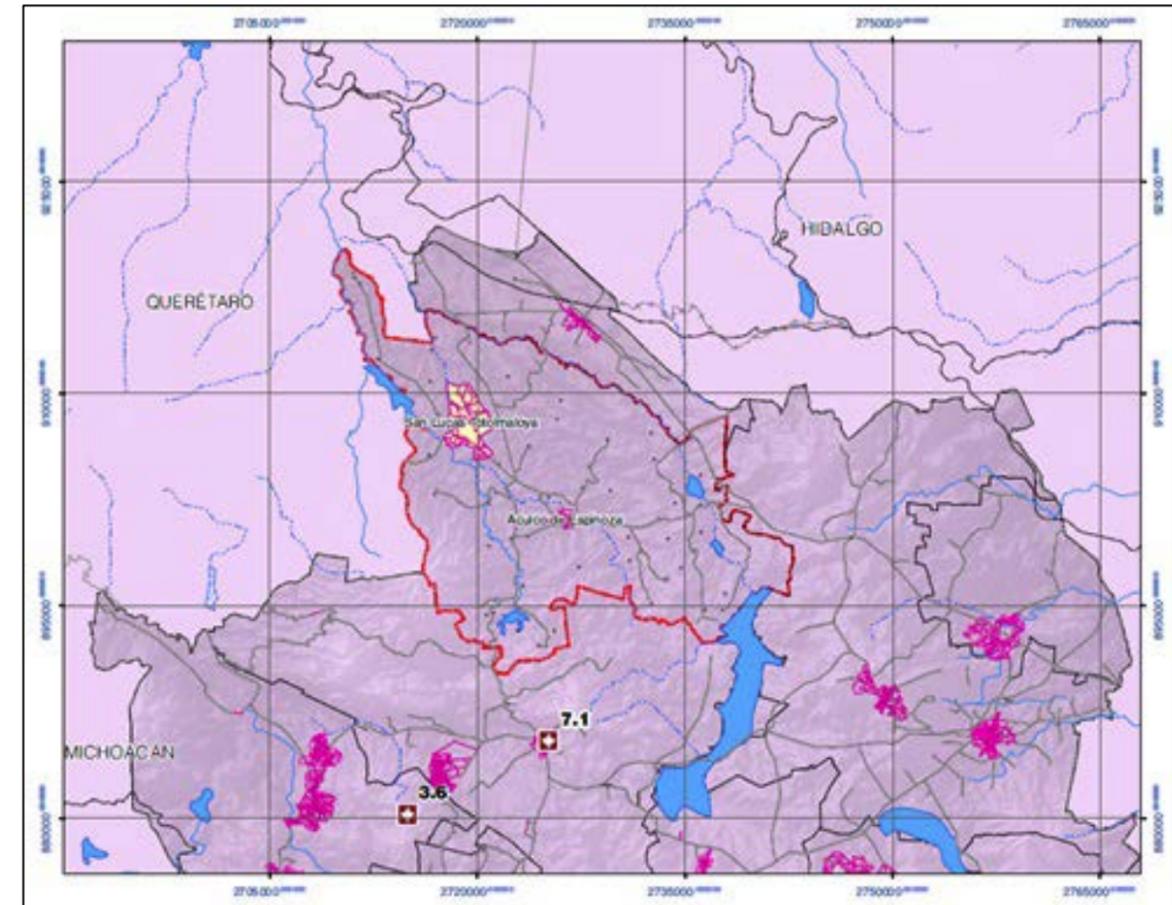
En la figura siguiente se muestran los sismos con epicentros registrados por el Servicio Sismológico Nacional en zonas aledañas al municipio de Aculco. Es importante resaltar que se tienen 123 registros de epicentros de sismos registrados a una distancia máxima de 160 km al municipio, pero de ellos ninguno está dentro de los límites del municipio, y no existe reporte de afectación, en la tabla que se anexa a continuación se muestran los epicentros registrados a menos de 160 km del municipio.

Fecha	Latitud	Longitud	Prof_km	Mag
19/11/1912	19.955	-99.8417	S/d	7.1
04/09/2013	19.36	-99.03	5	3.2
23/09/2013	19.92	-99.09	3	3.4
24/12/2013	19.14	-98.74	2	3.7
24/12/2013	19.19	-98.72	2	3.4
21/01/2014	19.08	-98.64	1	3.9
03/03/2014	19.08	-98.63	3	3.3
02/09/2014	19.11	-98.83	12	3
04/09/2014	19	-98.62	2	3.3
24/01/2006	20.3	-99.2	5	3.7
23/11/2008	20.11	-98.69	20	3.6
12/12/2008	19.68	-98.68	2	3.2
31/12/2008	20.36	-99.16	16	3.6
17/01/2009	20.39	-99.06	10	3.5
06/05/2009	20.34	-99.11	10	3.5
30/06/2009	20.91	-99.34	13	3.6
03/08/2009	20.07	-99.11	5	3.4
20/08/2009	20.08	-99.22	14	3.2
09/02/2010	19.7	-98.62	4	2.9
23/03/2010	20.49	-99.11	5	3.1
25/03/2010	20.46	-99.04	5	3.4
07/04/2010	20.55	-99.11	5	3.8
17/04/2010	20.38	-98.96	2	4.1
17/04/2010	20.4	-99.12	2	3.3
27/04/2010	20.46	-98.99	5	3.5
18/05/2010	20.27	-99.04	3	4.3
18/05/2010	20.35	-98.92	5	3.6
18/05/2010	20.38	-98.96	5	3.3
18/05/2010	20.34	-98.88	5	3.2
18/05/2010	20.35	-98.89	5	3.2
20/05/2010	20.47	-99.01	4	3.1
20/05/2010	20.33	-99.21	2	3
20/05/2010	20.35	-98.9	2	3.9
21/05/2010	20.35	-98.91	2	3.3
21/05/2010	20.44	-98.94	2	3.2
21/05/2010	20.41	-98.9	2	3.1
23/05/2010	20.33	-98.96	3	3.7
04/06/2010	20.39	-98.88	2	3.3
11/07/2010	20.4	-98.94	10	3.4
14/12/2010	19.73	-98.58	1	3.8
08/02/2011	20.53	-99.1	3	3.4
08/02/2011	20.91	-99.4	5	3.5
29/06/2011	21.2	-99.5	30	3.8
09/11/2012	20.38	-98.96	20	3.1

Fecha	Latitud	Longitud	Prof_km	Mag
17/09/2013	20.29	-99.12	1	3.8
17/09/2013	20.22	-99.25	1	3.7
17/09/2013	20.26	-98.9	5	3.5
17/09/2013	20.31	-99.15	1	3.7
17/09/2013	20.27	-99.16	1	3.7
17/09/2013	20.29	-99.15	2	3.4
17/09/2013	20.29	-99.12	1	3.8
17/09/2013	20.32	-99.24	2	3.4
18/09/2013	20.31	-99.21	3	3.4
18/09/2013	20.4	-99.2	7	3.3
23/09/2013	20.34	-99.21	5	4
08/10/2013	20.3	-99.05	3	1.6
06/11/2013	20.38	-98.96	5	2.5
12/11/2013	20.41	-98.96	1	3.2
15/11/2013	20.38	-98.96	10	2.8
15/11/2013	20.38	-98.96	20	2.2
19/11/2013	20.38	-98.96	20	3
26/11/2013	20.24	-98.99	20	3.9
05/12/2013	20.38	-98.96	1	2.7
02/02/2006	19.25	-98.94	14	3.5
11/02/2006	19.32	-98.95	5	3.5
06/02/2008	19.7	-100.16	16	3.7
03/05/2009	19.28	-98.82	17	3.2
14/07/2009	19.83	-99.14	13	3.6
01/11/2009	18.98	-98.77	10	3.7
05/03/2010	19.18	-98.89	5	3
28/06/2010	19.44	-98.82	14	3.5
05/07/2010	19.2	-98.94	10	3.7
05/07/2010	19.27	-98.88	9	3.2
11/07/2010	19.91	-99.94	16	3.6
05/09/2011	19.18	-98.75	16	3.1
19/09/2011	19.17	-98.62	2	3.7
10/12/2011	19.08	-98.79	9	3.2
31/12/2011	19.36	-98.77	4	3.1
05/01/2012	19.09	-98.71	1	3.2
14/04/2012	19.07	-98.68	2	3.6
17/04/2012	19.39	-99.28	7	2.4
25/06/2012	19.4	-99.03	3	3.4
08/07/2012	19.25	-98.82	14	3.4
08/07/2012	19.32	-98.96	2	3.5
09/07/2012	19.23	-98.93	5	3.5
14/07/2012	19.27	-98.86	6	3.5
14/07/2012	19.28	-98.89	3	3.4
15/07/2012	19.23	-98.86	2	3.4
10/01/2013	19.11	-98.73	4	3.9

Fecha	Latitud	Longitud	Prof_km	Mag
03/02/2013	19.04	-98.7	5	3.2
25/03/2013	19	-98.67	7	3.8
06/05/2013	19.01	-98.61	3	3.4
23/06/2013	19.46	-98.89	5	3.4
25/06/2013	19	-98.65	1	3.6
11/08/2013	19.78	-98.94	10	3.1
25/08/2013	19.34	-99.02	5	3.1
25/08/2013	19.41	-99.04	5	3
04/09/2013	19.43	-98.87	5	3.1
02/02/2006	19.25	-98.94	14	3.5
05/12/2013	20.32	-98.89	20	2.6
10/12/2013	20.41	-99.05	1	3.6
10/12/2013	20.45	-99.14	1	2.5
10/12/2013	20.46	-99.12	1	3
10/12/2013	20.44	-99.16	1	3.2
07/05/2014	20.46	-99.01	3	3
24/06/2014	19.919	-98.893	5	3.6
20/08/2014	20.36	-98.93	5	2.8
02/09/2014	20.37	-98.95	20	3.1
02/09/2014	20.37	-98.95	20	2.7
01/03/2006	19.62	-100.91	10	3.6
20/07/2007	19.47	-100.37	6	3.9
17/10/2007	19.65	-101.03	5	3.8
17/10/2007	19.72	-101.15	1	3.6
17/10/2007	19.71	-101.17	5	3.5
17/10/2007	19.67	-101.27	6	3.5
01/03/2008	19.44	-100.41	19	3.9
28/05/2008	19.5	-100.33	5	3.7
20/07/2008	19.54	-100.36	58	3.6
04/02/2009	19.66	-100.2	4	3.6
03/05/2009	19.31	-100.32	4	3.5
26/07/2009	19.92	-100.95	10	3.8
07/02/2013	20.07	-100.52	6	3.8
15/03/2013	20.08	-100.3	10	3.7
01/02/2014	19.4	-100.4	27	3.8
19/02/2014	19.73	-100.27	28	3.5

Figura 5. Sismos registrados con epicentros ubicados en cercanía del municipio



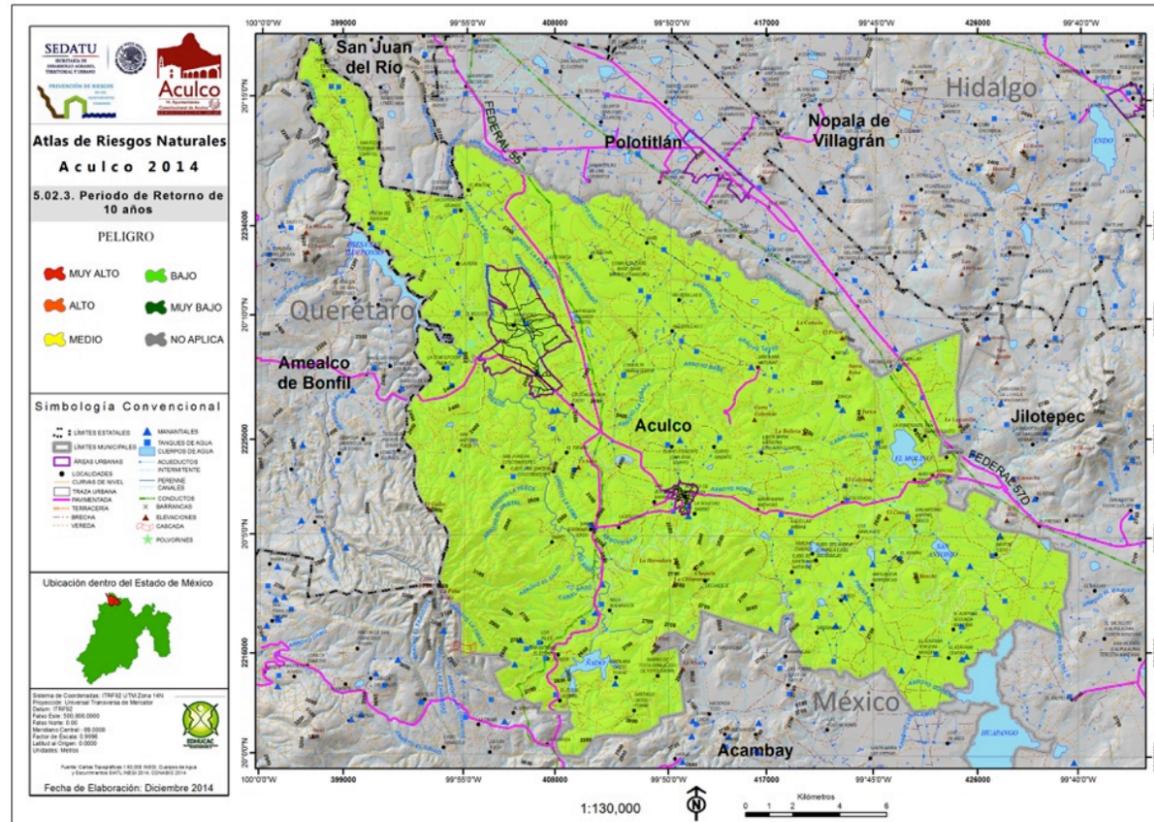
Fuente: Sismológico Nacional UNAM

Los periodos de retorno son una manera cuantitativa de representar un peligro por grandes sismos, es el cálculo de aceleraciones máximas posibles del terreno. Para el caso de México, se ha observado que aquellas aceleraciones que rebasan el 15% del valor de la aceleración de la gravedad (g), producen daños y efectos de consideración, sobre todo para los tipos constructivos que predominan en México (CENAPRED, 2001).

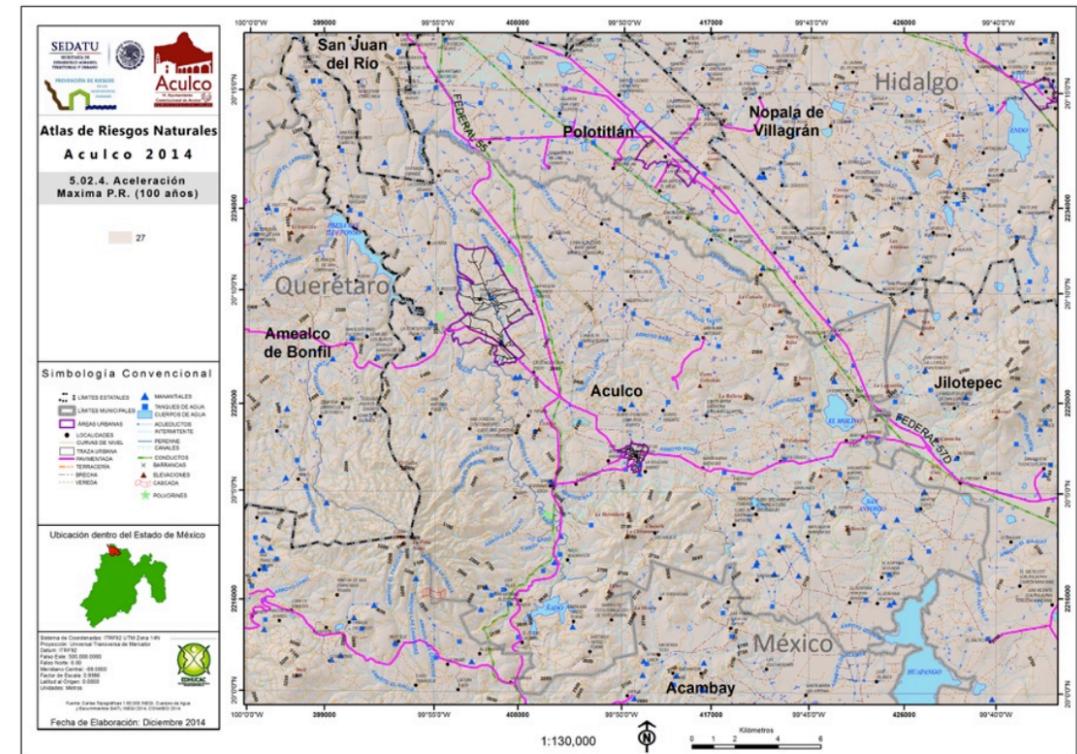
Debido a que no existe registro sísmico dentro del municipio, el cálculo del periodo de retorno no sería representativo, por lo que se hizo uso de los mapas de aceleración para 10, 100 y 500 años generados por el instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas, la Comisión Federal de Electricidad y el CENAPRED, a través del programa sísmico en México (PSM, 1996).

Para el municipio de Aculco los rangos para la aceleración máxima en un periodo de retorno de 10 años son de 11 cm/s², para el periodo de 100 años son 27 cm/s² y para el periodo de retorno de 500 años el municipio queda dividido en dos, la parte noroeste tiene un valor de 45 cm/s², mientras que la parte sur presenta 135 cm/s². (Ver mapas correspondientes a continuación).

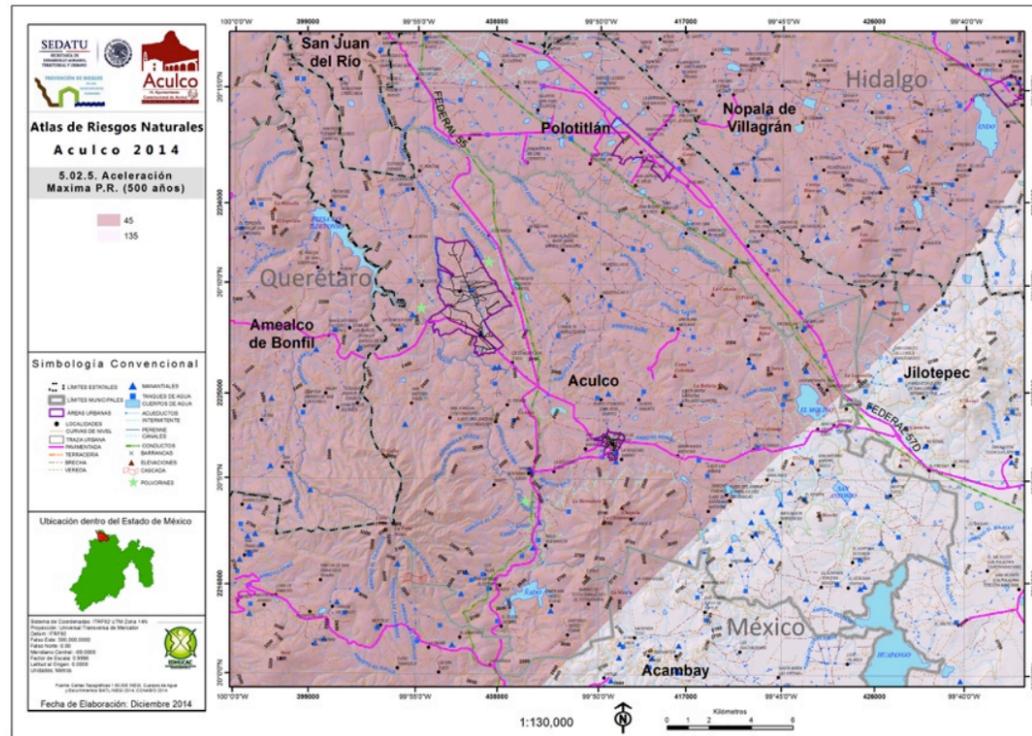
MAPA 30 Peligro en periodo de retorno de 10 años



MAPA 31 Aceleraciones con PR de 100 años

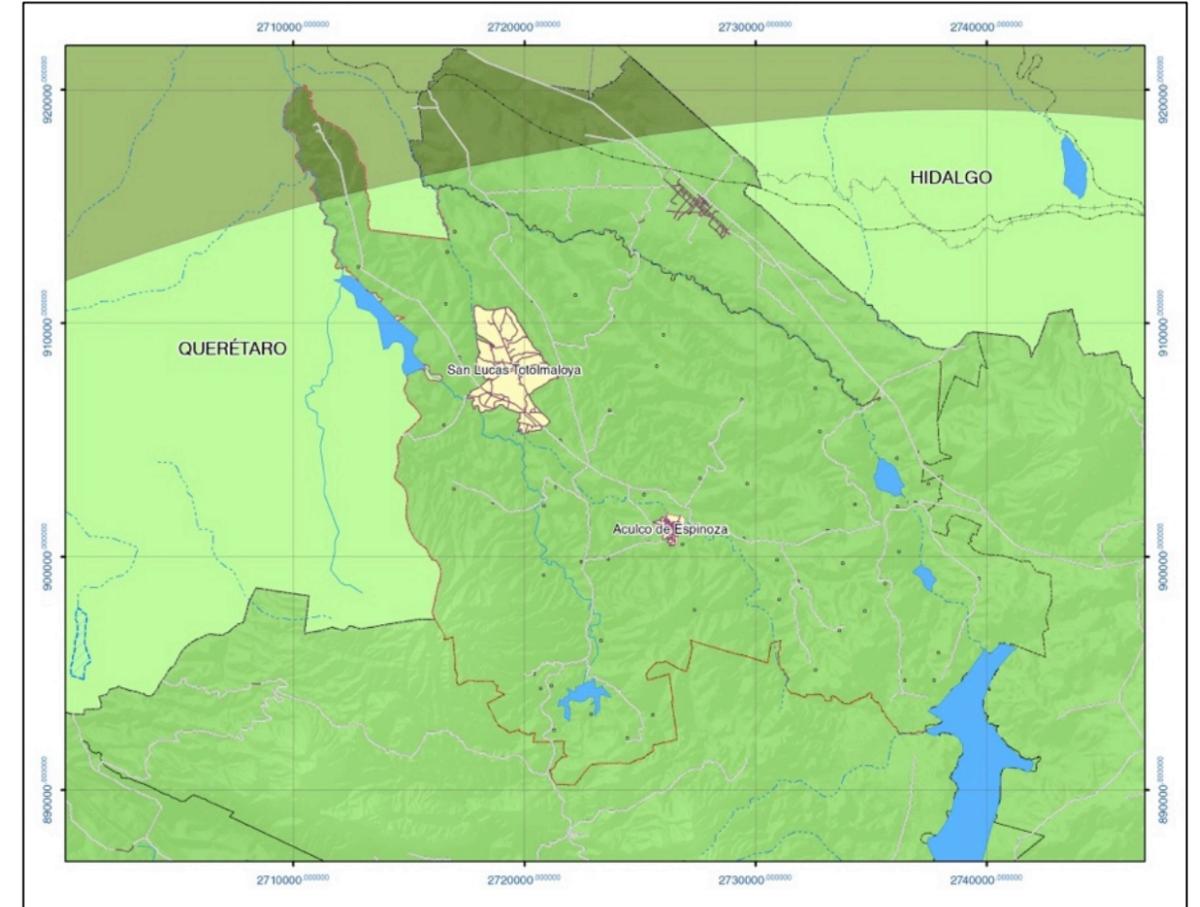


MAPA 32 Aceleraciones con PR de 500 años



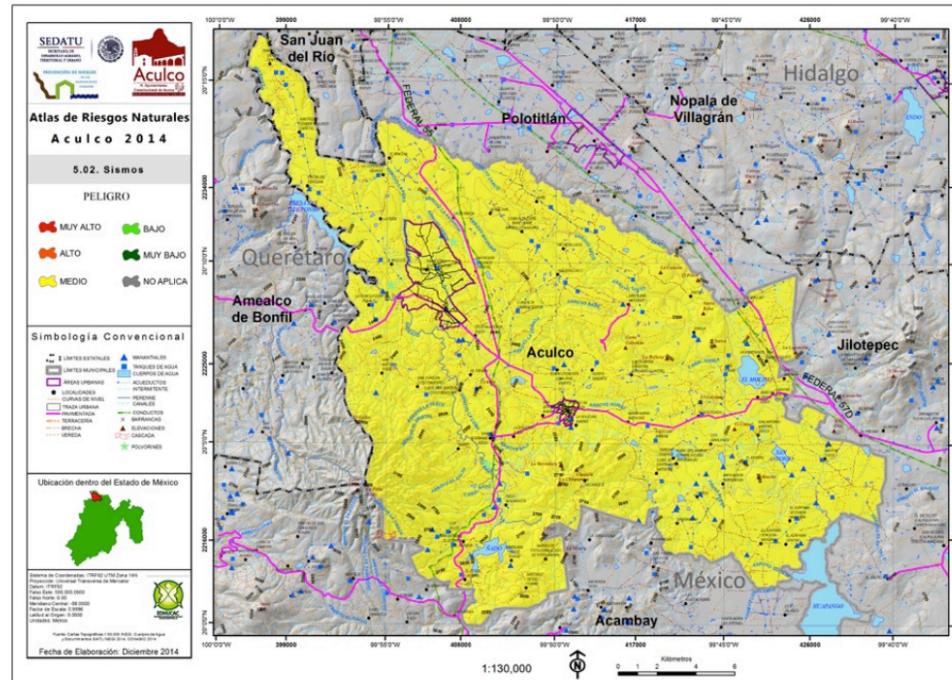
El mapa de aceleraciones de gravedad mayores al 15%, representa de manera cuantitativa los peligros, donde se considera que se produce el fenómeno en años, dicho análisis nos arrojó un intervalo de 1,000 a 2,500 años para la una parte de la zona norte, mientras que en la parte sur el periodo de retorno es de 2,500 a 3,500 años.

Figura 6. Periodos de retorno para aceleraciones mayores al 15% del valor de la aceleración de la gravedad del Municipio de Aculco, Estado de México



De acuerdo con el resultado del análisis de peligro, la información bibliográfica existente y la visita a campo, se ubica al municipio Aculco en el polígono de peligro medio para el fenómeno de sismos o terremotos representado en el siguiente mapa.

MAPA 33 Peligro al fenómeno sísmico en el municipio de Aculco



5.1.3. Tsunamis

Peligro

Los tsunamis se definen como una ola de gran tamaño o subida repentina del mar en las costas, se producen por un violento sismo en el mar que genera su levantamiento o hundimiento repentino, lo que produce desplazamientos bruscos de un gran volumen de agua en el océano, alterando su nivel normal en una gran extensión de su superficie.

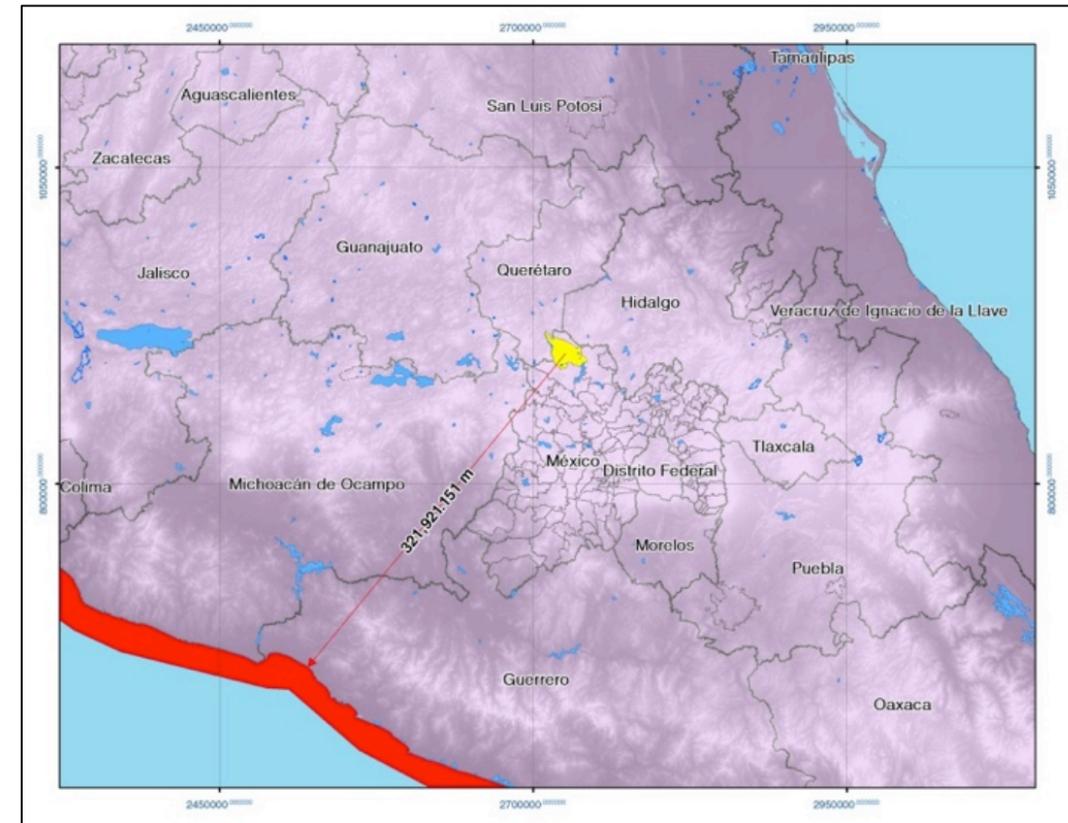
Metodología

Para la elaboración de dicho apartado fueron utilizados los criterios y la información existente generada por el CENAPRED de *Diagnósticos de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México* (2001) y el catálogo de Tsunamis ocurridos en México a partir del siglo XVIII. El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación.

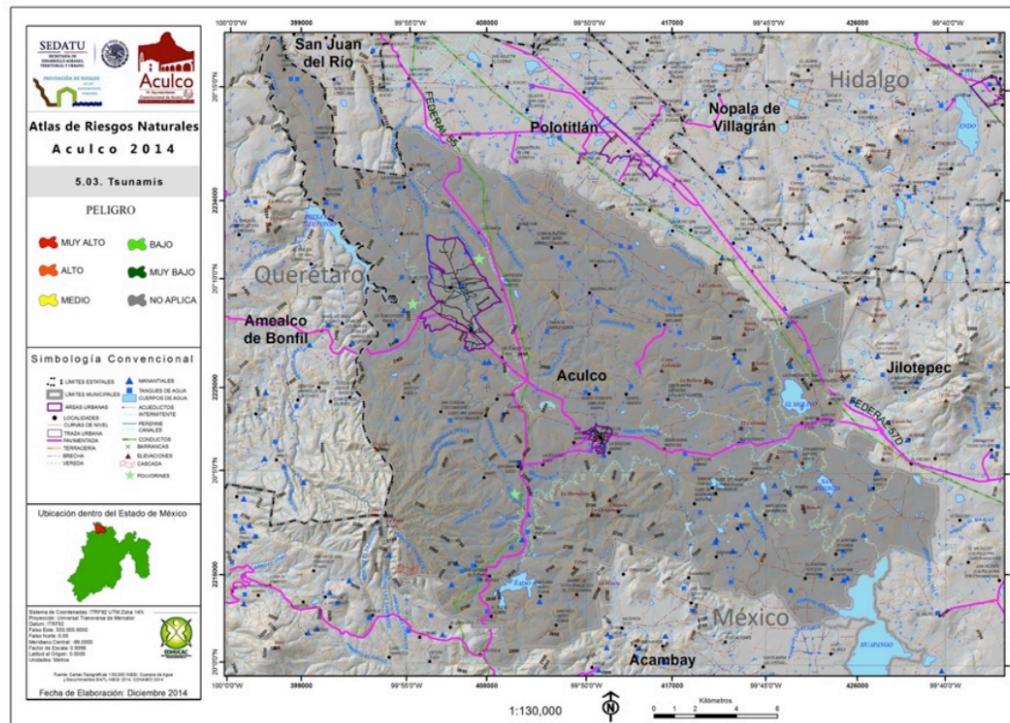
Resultado

Debido a la localización geográfica, de Aculco, a 321.42 km de la costa más cercana, a una altitud promedio de 2,300 msnm, el Municipio no se encuentra en peligro por el fenómeno de tsunamis o maremotos (Ver figura siguiente).

Figura 7. Ubicación del municipio en referencia a la zona de tsunamis mas cercana



MAPA 34 Peligro por tsunamis en el municipio de Aculco



5.1.4. Inestabilidad de laderas

Susceptibilidad a los movimientos de masa

Para el desarrollo del apartado se utilizaron datos de edafología, litología, uso de suelo, escurrimientos, tipo de relieve, pendiente y precipitación. La memoria de cálculo se presenta a continuación:

TABLA 24 Valoración y características del factor edafológico

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Planosol	Suelos por lo general desarrollados en partes planas o depresiones. Mal drenados	1	Muy Bajo
Vertisol	Suelos denominado de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina, con propiedades expansivas. Formados comunmente en zonas planas y de pendiente suave	1	
Feozem	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociado a zona planas	2	Bajo
Litosol	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	3	Moderado
Luvisol	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión en pendientes fuertes aunque la 61 onside está en pendientes suaves	4	Alto
Andosol	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de 61 onside o mas fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	5	Muy Alto

TABLA 25 Valoración y características del factor geológico/litológico

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Esquistos	Roca metamórfica, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia alta al corte	1	Muy bajo
Ignea extrusiva ácida	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con resistencia alta al corte	2	Bajo
Ignea extrusiva intermedia	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia alta al corte	3	Moderado
Ignea extrusiva básica	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	4	Alto

Vulcanoclásticos	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	5	Muy alto
-------------------------	---	----------	----------

TABLA 26 Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación

Entidad	Tipo	Categoría
Bosque	Bosque de Encino	2
	Bosque de Pino-Encino	
Pastizal	Pastizal Inducido	3
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
Área 62onsider – pastizal	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	4
	Agricultura de Temporal	
Área agrícola	Agricultura de Riego	5
	Agricultura de Riego Eventual	
Área urbana	Área urbana	5

TABLA 27 Valoración y características del factor escurrimientos

Oden del curso de agua	Distancia considerada	Peso relativo
1 ro	50 m	1
2 do	100 m	2
3 ro	200 m	3
4 to	400 m	4
5 to	800 m	5
6 to	1200 m	6

TABLA 28 Valoración de la Pendiente

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
Muy bajo	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan 62onsid síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento

Bajo	15 a 30 % (8.5 – 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
Medio	30 a 50 % (16.7 – 26.6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Alto	50 a 100 % (26.6 – 45 grados)	Laderas que tienen zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Muy alto	Más del 100 % (más de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

TABLA 29 Tabla Valoración y características del Relieve relativo

Rango	Categoría
0 - 2,100 m	1
2,100 - 2,450 m	2
2,450 - 2,800 m	3
2,800 - 3,150 m	4
3,150 - 3,500 m	5

TABLA 30 Valoración de Precipitación media anual

Rango	Categoría
De 600 a 800	1
De 800 a 1000	2
De 1000 a 1200	3
De 1200 a 1500	4
De 1500 a 1800	5

TABLA 31 Valoración de fallas y racturas

Distancia 63onsiderada	Peso relativo
- 50 m	5
100 m	4
150 m	3
200 m	2
250 m	1

La ponderación fue de la siguiente manera:

	Uso de Suelo	Pendientes	Relieve Relativo	Escurrimientos	Rocas	Fallas y Fracturas
Valor de Ponderación	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.129

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de Ponderación	0.70	0.3

La susceptibilidad, generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir las amenazas. El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van desde "muy alto" hasta "muy bajo". El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir las amenazas de riesgo. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

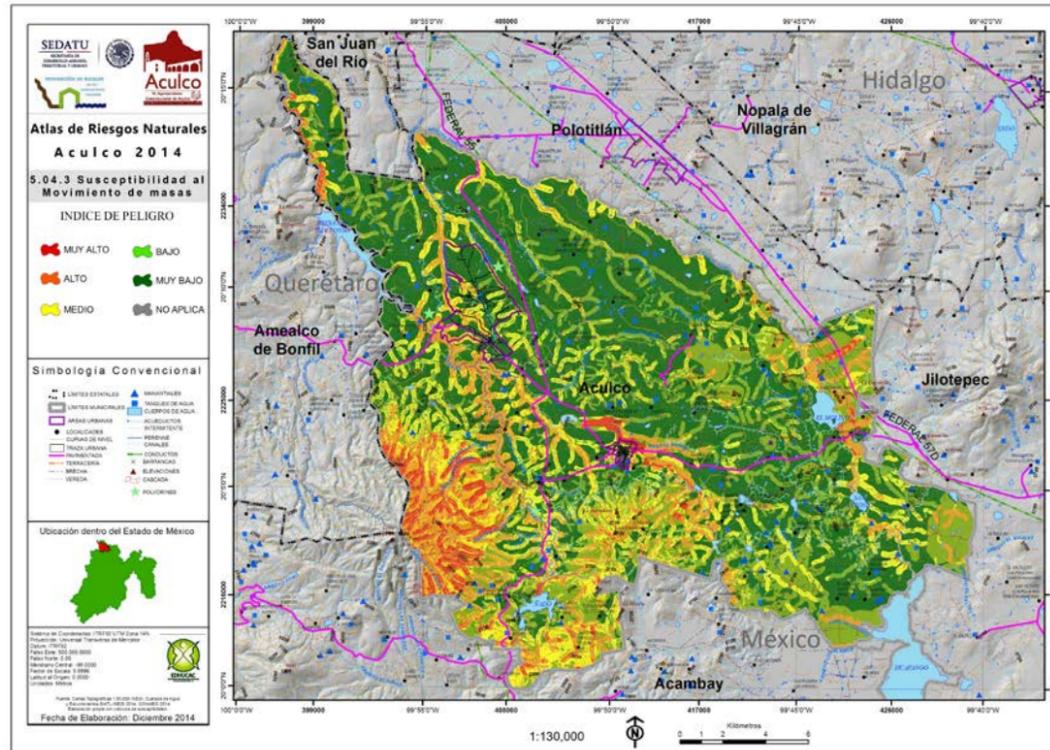
Las cartas de INEGI, SEMARNAT y CENAPRED permitieron incluir todas las variables intrínsecas de riesgos geológicos y una desencadenante (precipitación) del municipio de Aculco que presentan algún tipo de riesgo.

TABLA 32 Criterios utilizados en mapa de susceptibilidad

Susceptibilidad	Criterio
Muy Baja	Zonas llanas de < 5 %, laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento.
Baja	Pendientes suaves (5 - 15 %), laderas con algunas fisura materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, superficies que por la combinación de factores es poco probable que influyan negativamente en la estabilidad de laderas. No existen indicios que permitan predecir deslizamientos o derrumbes.
Moderada	Pendientes moderadas (15 - 30 %), laderas con algunas zonas de fallas, erosiones intensas o materiales parcialmente saturados, superficies que por la combinación de factores es menos probable que afecten negativamente la estabilidad, pero no existe completa seguridad de que no ocurra
Alta	Pendientes fuertes (30 - 50 %), laderas con zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables. Áreas que por la combinación de factores influyen negativamente a la estabilidad del terreno donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurra.
Muy Alta	Pendientes muy fuertes (50- 70 %), laderas con zonas cercanas a fallas y escarpes, suelos altamente meteorizados y saturados y discontinuidades desfavorables, áreas de terreno que por las condiciones existentes han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.

En el mapa de susceptibilidad al movimiento de masas se muestran las zonas susceptibles que incluyen todas las variables intrínsecas de riesgos geológicos y una desencadenante (precipitación) del municipio de Aculco, Estado de México. Las que están asentadas dentro del polígono de muy alta susceptibilidad son el Barrio de Totolopan, Ejido de Totolopan, El Ejido de San Joaquín Coscomatepec y Buena Vista.

MAPA 35 Susceptibilidad al movimiento de masas del municipio de Aculco



Peligro

Las laderas generalmente son de materiales consolidados y cohesivos y están afectadas por planos de fisibilidad, que debilitan las rocas y favorecen la fragmentación y caída de éstas y desplazamiento del suelo; están compuestas por dos tipos de materiales: roca y suelos, y cada uno tiene propiedades mecánicas diferentes y evoluciona de distinta manera.

Los suelos son materiales no consolidados y de débil resistencia mecánica y de menor cohesión (mayor porosidad). Dado lo anterior, las laderas presentan inestabilidad dependiendo del material del que estén formadas, no obstante, otros factores influyen para que se generen procesos gravitacionales o de remoción de masa.

Metodología

Para el desarrollo del presente apartado se utilizó un análisis multicriterio utilizando los siguientes factores: la edafología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, pendiente y precipitación media anual, a través de la información existente en INEGI y SEMARNAT. La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Memoria de Cálculo

TABLA 33 Valoración y características del factor edafológico

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Planosol	Suelos por lo general desarrollados en partes planas o depresiones. Mal drenados	1	Muy Bajo
Vertisol	Suelos denominado de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina , con propiedades expansivas. Formados comunmente en zonas planas y de pendiente suave	1	
Feozem	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociado a zona planas	2	Bajo
Litosol	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	3	Moderado
Luisol	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión en pendientes fuertes aunque la mayoría está en pendientes suaves	4	Alto
Andosol	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajón o mas fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	5	Muy Alto

TABLA 34 Valoración y características del factor geológico/litológico

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Esquisto	Roca metamórfica, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia alta al corte	1	Muy bajo
Ignea extrusiva ácida	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con resistencia alta al corte	2	Bajo
Ignea extrusiva intermedia	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia alta al corte	3	Moderado
Ignea extrusiva básica	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	4	Alto
Vulcanoclásticos	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	5	Muy alto

TABLA 35 Valoración y características del relieve relativo

Rango	Categoría
0 - 2,100 m	1
2,100 - 2,450 m	2
2,450 - 2,800 m	3
2,800 - 3,150 m	4
3,150 - 3,500 m	5

El relieve relativo es la diferencia entre los valores de elevación máxima y mínima registrados en el área.

TABLA 36 Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación

Entidad	Tipo	Categoría
Bosque	Bosque de Encino	2
	Bosque de Pino-Encino	
Pastizal	Pastizal Inducido	3
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
Área agrícola - pastizal	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	4
	Agricultura de Temporal	
Área agrícola	Agricultura de Riego	5
	Agricultura de Riego Eventual	
Área urbana	Área urbana	

TABLA 37 Valoración de la Pendiente

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
Muy bajo	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningun síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
Bajo	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
Medio	30 a 50 % (16.7 - 26.6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosion intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe complata seguridad de que no ocurran.
Alto	50 a 100 % (26.6 - 45 grados)	Laderas que tienen zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Muy alto	Mas del 100 % (más de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

TABLA 38 Valoración de precipitación media anual

Rango	Categoría
De 600 a 800	1
De 800 a 1000	2
De 1000 a 1200	3
De 1200 a 1500	4
De 1500 a 1800	5

El mapa de peligro de inestabilidad de laderas se consigue del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, pendiente y uso de suelo y vegetación) y detonantes (precipitación media anual), que se obtienen al hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinaron pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno. Finalmente se sumaron las resultantes, en la tabla de ponderaciones siguientes:

La ponderación fue de la siguiente manera:

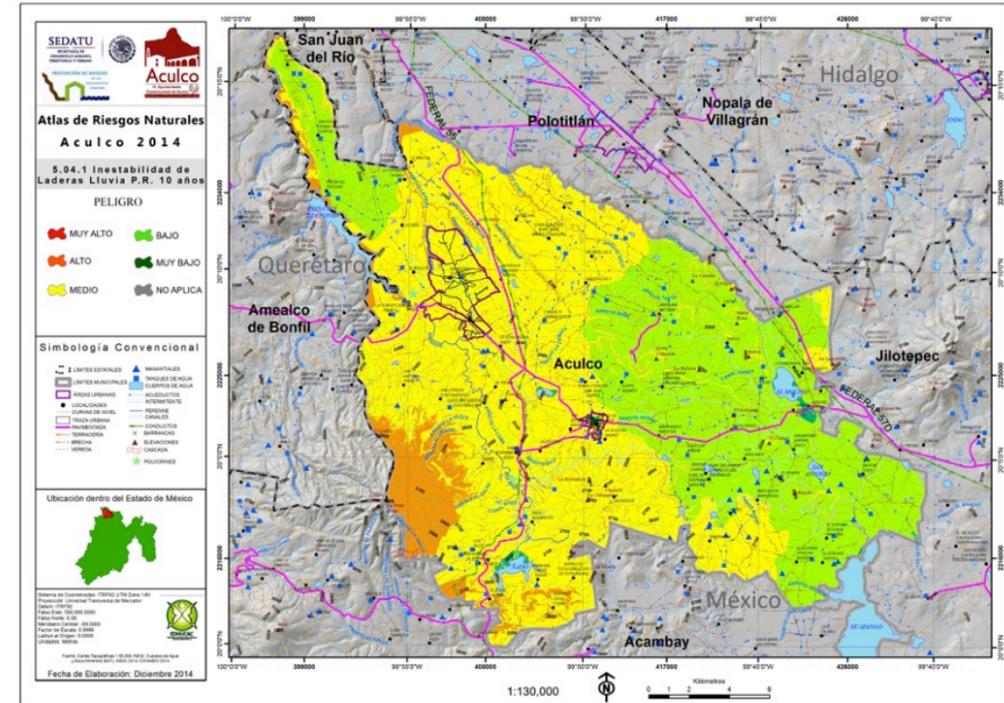
	Uso de Suelo	Pendientes	Relieve Relativo	Escurrimientos	Rocas	Fallas y Fracturas
Valor de Ponderación	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.129

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de Ponderación	0.70	0.3

Los valores que se obtuvieron de la suma ponderada se clasificaron en cinco, donde el valor de 1 hace referencia a la menor posibilidad de que ocurra un evento de inestabilidad de laderas e inversamente el 5 es el de mayor probabilidad de ocurrencia (ver metodología susceptibilidad).

Adicionalmente se calcularon dos escenarios con el cruce de información de las isoyetas para periodos de retorno diversos; calculados para un tiempo de 30 minutos de precipitación, así el resultado se muestra seccionado en tres mapas, el primero calculado para la precipitación media anual y los dos restantes para los periodos de retorno antes mencionados.

MAPA 36 Peligro por inestabilidad de laderas. Periodo de retorno de 10 años (cruce con isoyetas)



MAPA 37 Peligro por inestabilidad de laderas. Periodo de retorno de 50 años (cruce con isoyetas)

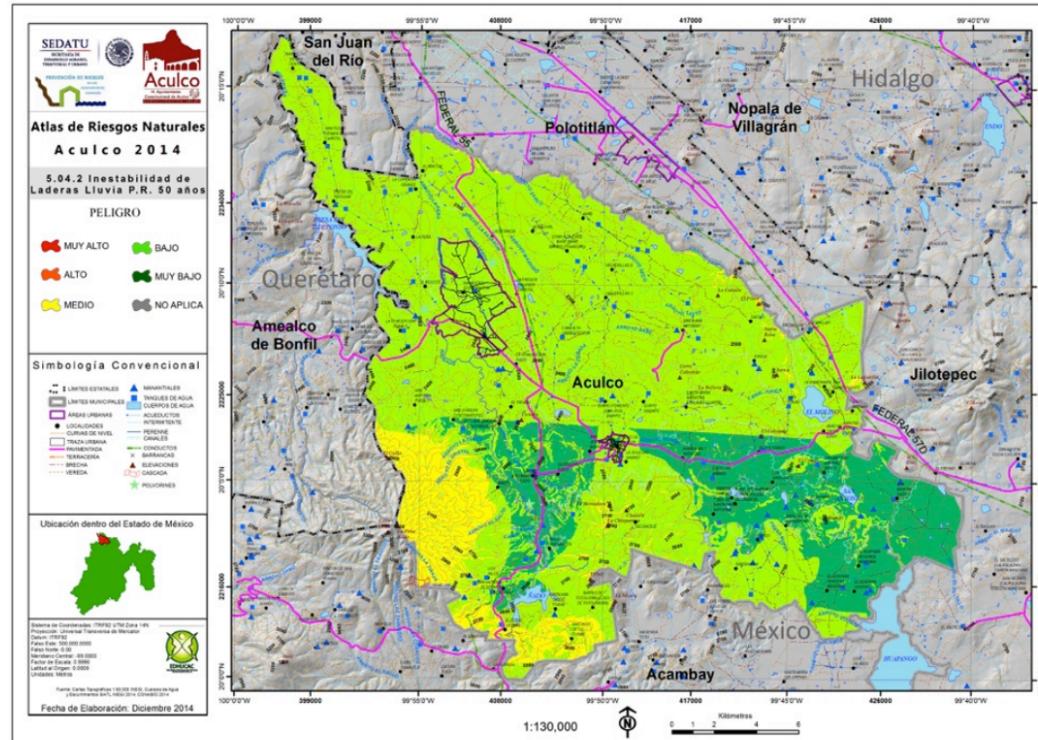


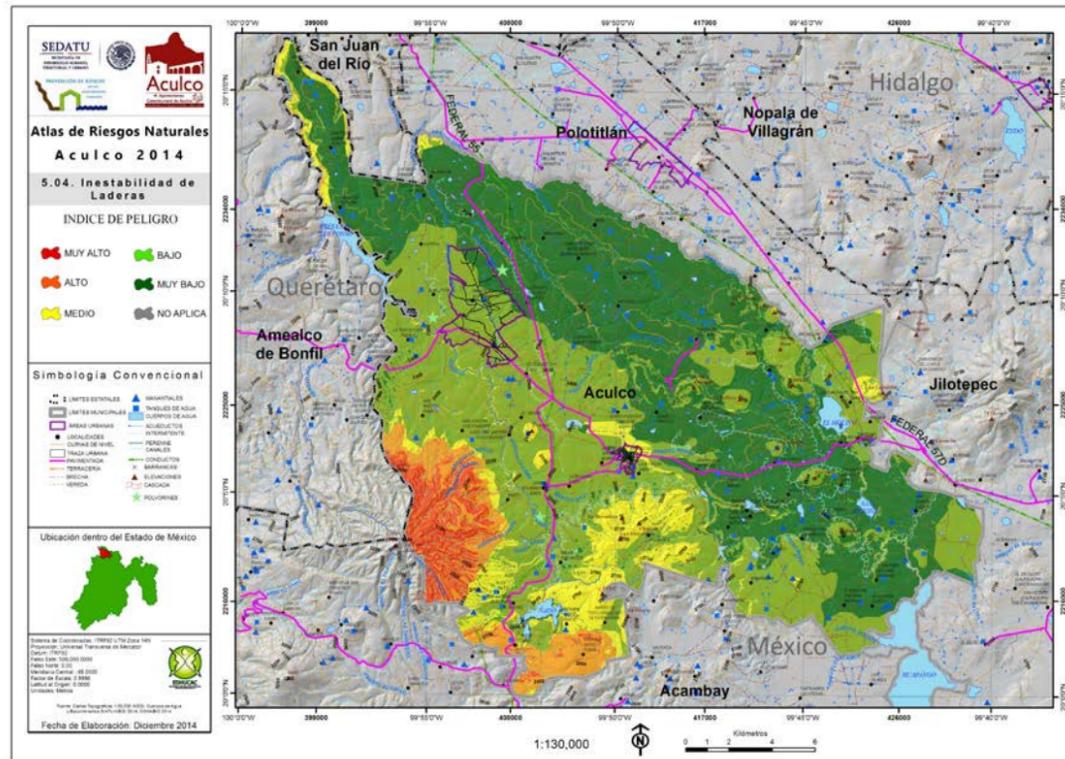
TABLA 39 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de inestabilidad de laderas del Municipio de Aculco

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Medio a Alto	Aculco de Espinoza San Lucas Totolmaloya	Santiago Oxtoc Toxhié El Zethe (Jazmín) Barrio de Totolopan (Ejido de Totolopan) Santa Ana Oxtoc Toxhié San Antonio el Zethe Los Ailes Ñado Buenavista Decandaje La Soledad Barrio Ejido San Joaquín Coscomatepec San Joaquín Coscomatepec La Concepción Pueblo La Cofradía Grande El Rincón

Resultado

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo, se pudo determinar que el municipio presenta algunas zonas con peligro al fenómeno de inestabilidad, como se puede apreciar en el mapa y la tabla correspondiente, donde se describen y localizan dichas zonas para el municipio.

MAPA 38 Peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas



De acuerdo con la información proporcionada en la porción suroeste del municipio predominan las areniscas, constituidas por granos de arena unidos por un cementante (carbonato de calcio, sílice y arcilla), las posibilidades para uso urbano son de altas a moderadas, dadas sus características mecánicas y el alto grado de dureza; este tipo de rocas es muy común en las zonas con pendientes fuertes. El uso económico que se le puede dar es de relleno y de ellas se puede obtener arena.

Para el municipio de Aculco no se tiene registro de fenómenos de este tipo, aunque en las colonias Gunyo y Santa María pueden presentarse por estar ubicadas cerca de laderas o cerros. El evento más cercano y que sí se tiene documentado, pero que no generó afectaciones directas a los pobladores del municipio, aunque sí afectó la infraestructura carretera, fue un deslizamiento sobre la carretera federal No. 55 Aculco–Acambay el día 17 de agosto de 2013 (Quadro Informativo-Facebook).

En la visita realizada se localizaron puntos inestables de laderas en los taludes de la infraestructura carretera Acambay-Aculco (Fotografía 3).

Foto 4. Puntos inestables de laderas en la carretera Acambay-Aculco



5.1.5. Flujos

Peligro

Los flujos son procesos que se generan principalmente por los elementos del clima, particularmente la precipitación y la temperatura, sin embargo la relación que existe es compleja debido a los mecanismos de rotura de la roca. En todos los lugares montañosos ocurren esta clase de procesos, y no sólo el clima es un factor para que se generen, ya que el tipo de material, la pendiente, el agua y la vegetación influyen de manera directa. Numerosos procesos se originan durante o después de periodos de lluvia, de este modo las áreas donde se registra mayor precipitación son las que presentan mayores problemas de inestabilidad.

El flujo de escombros consiste en un suelo o suelo-roca moviéndose como un flujo viscoso, desplazándose usualmente hasta distancias mucho mayores de la falla. Generalmente originado por el exceso de presiones de poros. Este tipo de flujo es similar a las avalanchas, excepto que la cantidad de agua es mayor, por ello la masa fluye como lodo. La principal causa es el aporte de abundante agua por fuertes lluvias aunado al material suelto en la superficie.

Cuando se supera el límite líquido de los suelos cohesivos y cuando la presión de poros del agua intersticial supera la fricción interna del material, el suelo adquiere todas las características del líquido. En este estado los movimientos en masa ocurren como flujos viscosos pendiente abajo. En los suelos cohesivos los flujos generalmente lentos, entre pocos milímetros y varios centímetros por segundo. En arenas, en cambio, los colapsos suelen ser

desencadenados por vibraciones naturales o artificiales que licuan el terreno en forma instantánea y producen altas velocidades y efectos catastróficos. En todos los casos el movimiento continúa hasta que la masa pierde suficiente agua como para volver al estado sólido.

Los flujos de barro se pueden producir en esteros y quebradas de cauces estrechos y de fuerte pendiente, rellenos de material fragmentado (normalmente secos y efímeros). También se pueden producir en laderas de valles, donde la acción combinada de fuerte pendiente y acentuada disgregación del material superficial, crean taludes inestables, susceptibles a experimentar una caída, cuando factores externos (sismos, precipitaciones, deshielos, entre otros) modifican su precaria condición de equilibrio natural.

Los flujos de barro ocurren en zonas montañosas donde se acumula gran cantidad de sedimentos en los lechos de pendientes pronunciadas de más de 25°, comienza a disminuir su velocidad en los tramos del lecho con pendiente de 10° y prácticamente se detiene en los tramos de 3-4° de inclinación.

Estos fenómenos se manifiestan por violentas “corrientes de material fino (barro)” en esteros y quebradas, que provocan cuantiosos daños en obras civiles, instalaciones mineras, obras de riego, telecomunicaciones entre otros, acompañados frecuentemente por la pérdida de vidas humanas.

Metodología

Para el desarrollo del presente apartado se realizó un análisis multicriterio considerando los siguientes factores: edafología, geología, relieve relativo, uso actual de suelo, vegetación, pendiente, litología, cálculo de corrientes (a partir de MDE con resolución de 15 metros por celda) y precipitación media anual, a través de la información existente en la cartografía temática de INEGI y SEMARNAT.

Se realizó un análisis de escorrentías superficiales, ya que este fenómeno sigue la geomorfología del terreno pendiente abajo avanzando principalmente por las escorrentías. Empleando el método de Strahler se obtuvieron los órdenes de las corrientes, este método asigna un orden 1 a todas las corrientes sin afluentes y se les denomina de primer orden; La clasificación de las corrientes aumenta cuando los afluentes del mismo orden intersecan, por lo tanto, la intersección de dos corrientes de primer orden creará una corriente de segundo orden, la intersección de dos corrientes de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos corrientes de distintos órdenes no aumentará el orden.

De este proceso se obtienen N números de corrientes, a los cuales se les asignó un área de influencia, misma que se incrementa de acuerdo al número de orden, considerando la cantidad de agua que se desplaza río abajo y que incrementa su caudal con cada intersección de los afluentes y por ende incrementa el peligro por la ocurrencia y velocidad con la que pueden depositarse los materiales.

La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Memoria de cálculo

TABLA 40 Valoración y características del factor edafológico

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Planosol	Suelos por lo general desarrollados en partes planas o depresiones. Mal drenados	1	Muy Bajo
Vertisol	Suelos denominado de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina , con propiedades expansivas. Formados conmunnete en zonas planas y de pendiente suave	1	
Feozem	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociado a zona planas	2	Bajo
Litosol	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	3	Moderado
Luvisol	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión en pendientes fuertes aunque la mayoría está en pendientes suaves	4	Alto
Andosol	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajon o mas fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	5	Muy Alto

TABLA 41 Valoración y características del factor geológico/litológico

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Esquistos	Roca metamórfica, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia alta al corte	1	Muy bajo
Ignea extrusiva ácida	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con	2	Bajo

	resistencia alta al corte		
Ignea extrusiva intermedia	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia alta al corte	3	Moderado
Ignea extrusiva básica	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	4	Alto
Vulcanoclásticos	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	5	Muy alto

TABLA 42

TABLA 43 Valoración y características del Relieve relativo

Rango	Categoría
0 - 2,100 m	1
2,100 - 2,450 m	2
2,450 - 2,800 m	3
2,800 - 3,150 m	4
3,150 - 3,500 m	5

El relieve relativo es la diferencia entre los valores de elevación máxima y mínima registrados en el área.

TABLA 44 Valoración y características del factor uso de suelo y vegetación

Entidad	Tipo	Categoría
Bosque	Bosque de Encino	2
	Bosque de Pino-Encino	
Pastizal	Pastizal Inducido	3
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
Área agrícola - pastizal	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	4
	Agricultura de Temporal	
Área agrícola	Agricultura de Riego	4
	Agricultura de Riego Eventual	
Área urbana	Área urbana	5

TABLA 45 Valoración de la Pendiente

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
Muy bajo	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningun síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
Bajo	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
Medio	30 a 50 % (16.7 - 26.6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosion intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe complata seguridad de que no ocurran.
Alto	50 a 100 % (26.6 - 45 grados)	Laderas que tienen zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Muy alto	Mas del 100 % (más de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

TABLA 46 Valoración de precipitación media anual

Rango	Categoría
De 600 a 800	1
De 800 a 1000	2
De 1000 a 1200	3
De 1200 a 1500	4
De 1500 a 1800	5

El mapa de peligro por flujo se consigue del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, pendiente y uso de suelo y vegetación) y detonantes (precipitación media anual), que se obtienen al hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinaron pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores,

dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno. Finalmente se sumaron las resultantes, en la tabla de ponderaciones siguientes:

Ponderación de factores condicionantes

	Uso de Suelo	Pendientes	Relieve Relativo	Escurrimientos	Rocas	Fallas y Fracturas
Valor de ponderación	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.129

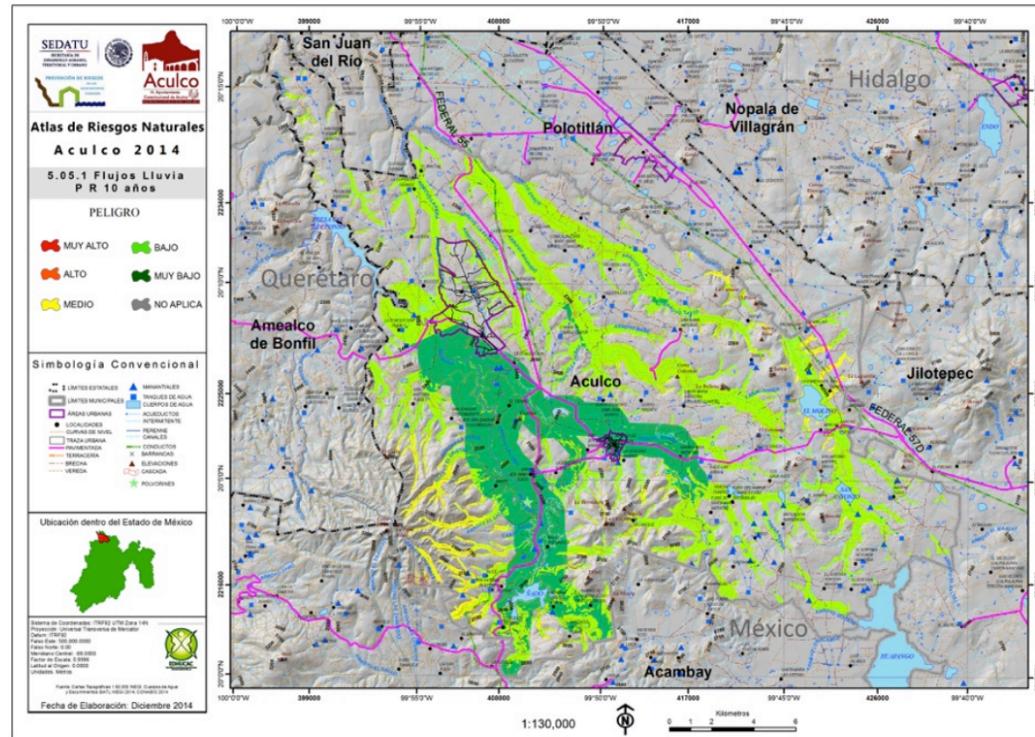
Ponderación por factores

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de ponderación	0.70	0.3

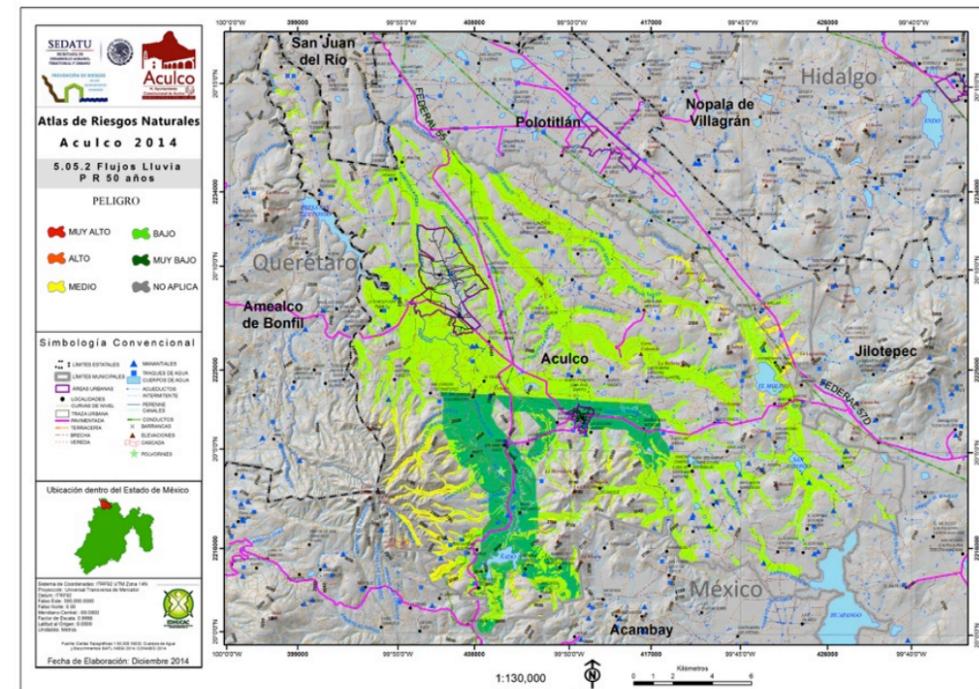
Los valores que se obtuvieron de la suma ponderada se clasificaron en cinco, donde el valor de 1 hace referencia a la menor posibilidad de que ocurra un evento de inestabilidad de laderas e inversamente el 5 es el de mayor probabilidad de ocurrencia (ver metodología susceptibilidad).

Adicionalmente se calcularon dos escenarios con el cruce de información de las isoyetas disponibles en la página de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) para los periodos de retorno de 10 y 50 años, ambos periodos de retorno calculado para un tiempo de 30 minutos de precipitación, así el resultado se muestra seccionado en tres mapas, el primero calculado para la precipitación media anual y los dos restantes para los periodos de retorno antes mencionados.

MAPA 39 Peligro por flujos Periodo de retorno 10 años



MAPA 40 Peligro por flujos Periodo de retorno 50 años



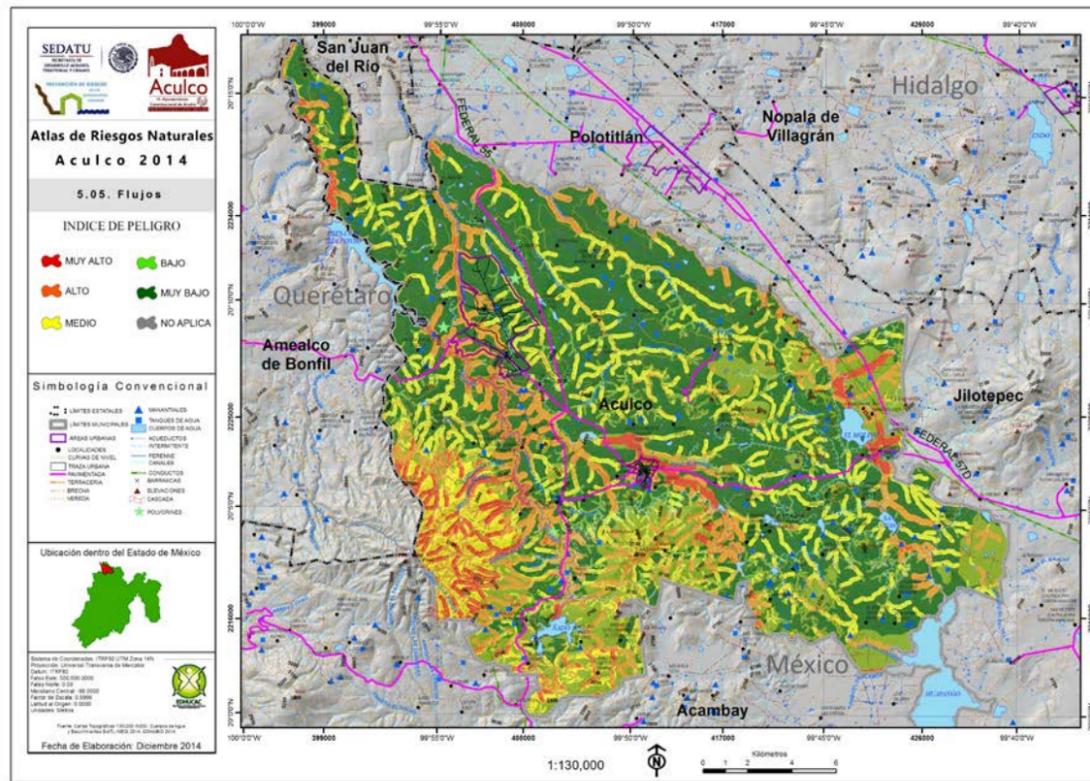
Resultado

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el Municipio presenta algunas zonas con peligro al fenómeno de flujos, como se puede apreciar en el mapa *Peligro por el fenómeno de flujos* y en la tabla donde se describen y localizan dichas zonas para el Municipio.

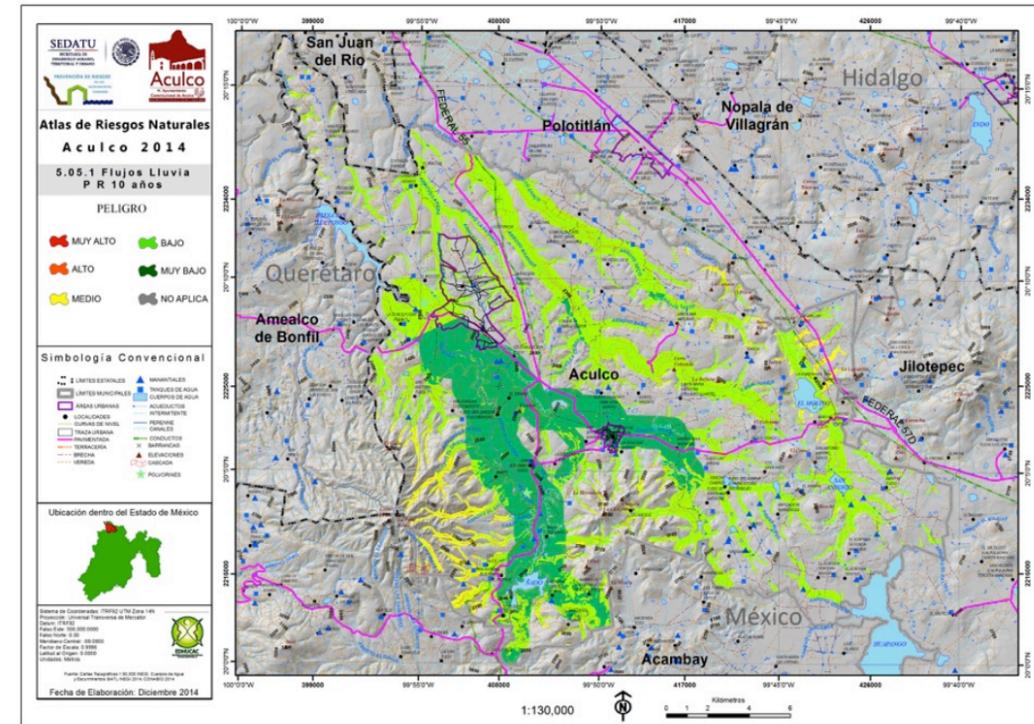
TABLA 47 . Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de flujos del municipio de Aculco, Estado de México.

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Distancia a 500m	Aculco de Espinosa San Lucas Totolmaloya	Santiago Oxtoc Toxhié Santa Ana Oxtoc Toxhié San Antonio el Zethe Los Ailes Decandeje Rancho Chapala La Soledad Barrio Arroyo Zarco Ejido Las Lajas La Esperanza San Francisquito Santa Ana Matlavat Encinillas Ejido Taxtho La Estancia

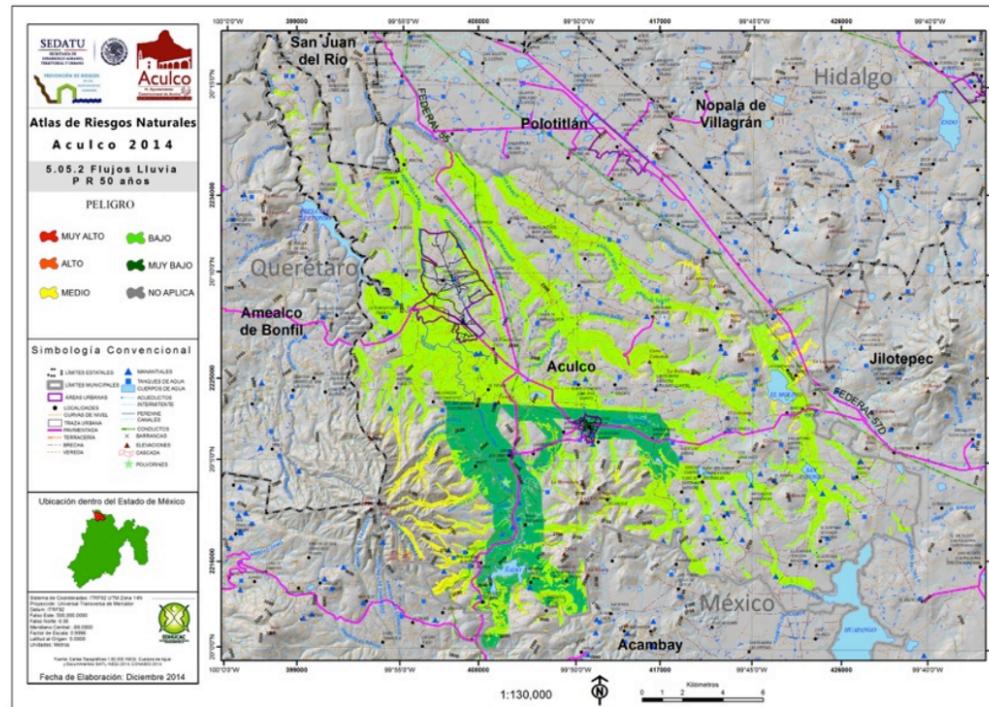
MAPA 41 Peligro por el fenómeno de flujos



MAPA 42 Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 10 años con 30 minutos de precipitación en el municipio de Aculco.



MAPA 43 Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 50 años con 30 minutos de precipitación en el municipio de Aculco



5.1.6. Caídos o Derrumbes

Peligro

Este tipo de fenómenos presentan un desprendimiento brusco y la caída más o menos libre y a gran velocidad de un bloque o masa rocosa “en seco”. Gran parte del transporte de dicho bloque es aéreo, aunque dependiendo de la pendiente de la ladera de origen tendrá también un componente de salto y rodamiento. La zona de origen corresponde prioritariamente a acantilados rocosos o laderas de fuerte pendiente donde la roca está fracturada y alterada.

Son caídas bruscas de fragmentos de roca o suelo, que permanecían en estabilidad precaria en el talud y se desprenden del mismo por acción de la gravedad. Cada fragmento se mueve hacia abajo en forma independiente, salvo cuando se producen condiciones extremas en avalanchas o aludes. Los derrumbes ocurren con mucha mayor frecuencia en taludes de roca que en suelos, por lo común en pendientes cercanas a la vertical. Sin embargo se conocen casos de derrumbes de grandes dimensiones en taludes de regolito (roca muy alterada) con solamente 40° de inclinación. Derrumbes pequeños de rocas y tierra se encuentran asociados frecuentemente a los deslizamientos importantes. Ocasionalmente ocurren desprendimientos y caídas de bloques aislados.

Metodología

Para el desarrollo del presente al igual que los anteriores se realizó un análisis multicriterio aplicando a nuestro caso específico y por las características naturales del territorio los siguientes factores: edafología, geología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, pendiente, litología y precipitación media anual, a través de la información existente en la cartografía temática de INEGI y SEMARNAT. La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Memoria de cálculo

TABLA 48 Valoración y características del factor edafológico

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Planosol	Suelos por lo general desarrollados en partes planas o depresiones. Mal drenados	1	Muy Bajo

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Vertisol	Suelos denominado de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina, con propiedades expansivas. Formados comúnmente en zonas planas y de pendiente suave	1	
Feozem	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociado a zona planas	2	Bajo
Litosol	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	3	Moderado
Luvisol	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión en pendientes fuertes aunque la mayoría está en pendientes suaves	4	Alto
Andosol	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajón o mas fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	5	Muy Alto

TABLA 49 Valoración y características del factor geológico/litológico

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Esquisto	Roca metamórfica, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia alta al corte	1	Muy bajo
Ignea extrusiva ácida	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con resistencia alta al corte	2	Bajo
Ignea extrusiva intermedia	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia alta al corte	3	Moderado
Ignea extrusiva básica	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	4	Alto
Vulcanoclásticos	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	5	Muy alto

TABLA 50 Valoración y características del Relieve relativo

Rango	Categoría
0 - 2,100 m	1
2,100 - 2,450 m	2
2,450 - 2,800 m	3
2,800 - 3,150 m	4
3,150 - 3,500 m	5

El relieve relativo es la diferencia entre los valores de elevación máxima y mínima registrados en el área.

TABLA 51 Valoración y características del factor uso de suelo y vegetación

Entidad	Tipo	Categoría
Bosque	Bosque de Encino	2
	Bosque de Pino-Encino	
Pastizal	Pastizal Inducido	3
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
Área agrícola - pastizal	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	4
	Agricultura de Temporal	
Área agrícola	Agricultura de Riego	5
	Agricultura de Riego Eventual	
Área urbana	Área urbana	5

TABLA 52 Valoración de la Pendiente

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
Muy bajo	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presenten ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
Bajo	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
Medio	30 a 50 % (16.7 - 26.6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Alto	50 a 100 % (26.6 - 45 grados)	Laderas que tienen zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Muy alto	Más del 100 % (más de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

TABLA 53 Valoración de Precipitación media anual

Rango	Categoría
De 600 a 800	1
De 800 a 1000	2
De 1000 a 1200	3
De 1200 a 1500	4
De 1500 a 1800	5

El mapa de peligro por derrumbes se consigue del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, pendiente y uso de suelo y vegetación) y detonantes (precipitación media anual), que se obtienen al hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinaron pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno. Finalmente se sumaron los resultantes, en la tabla de ponderaciones siguientes:

Ponderación de factores condicionantes

	Uso de Suelo	Pendientes	Relieve Relativo	Escurrimientos	Rocas	Fallas y Fracturas
Valor de ponderación	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.129

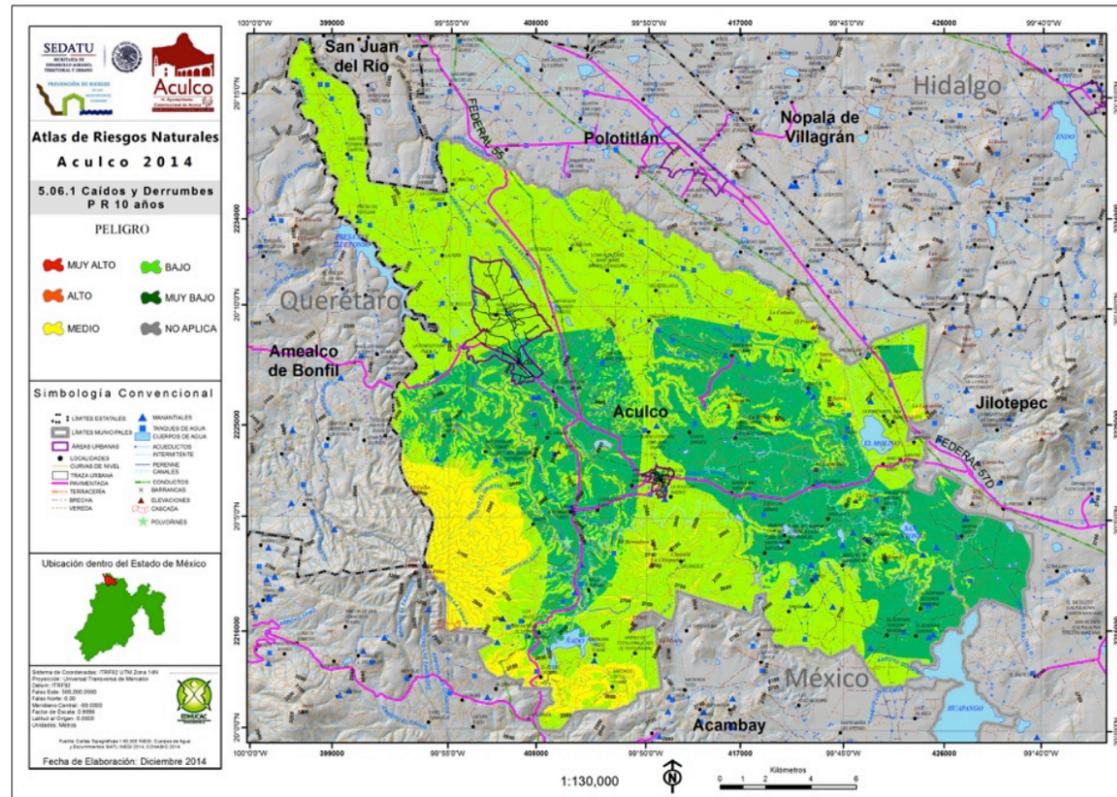
Ponderación por factores

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de ponderación	0.70	0.3

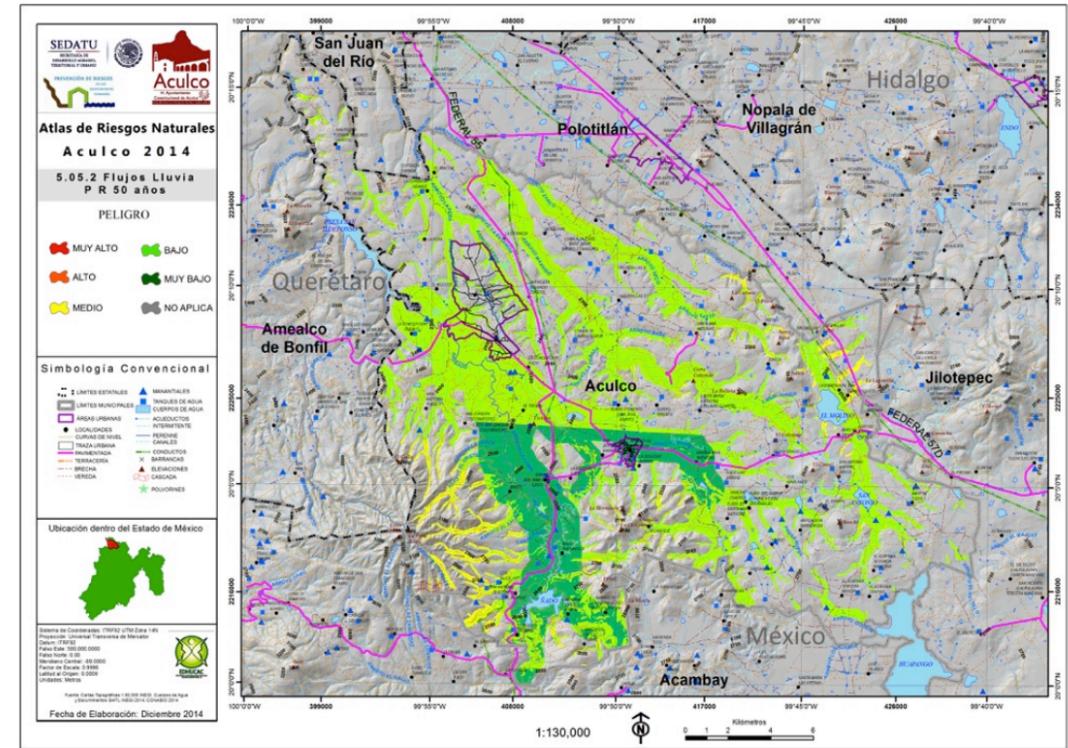
Los valores que se obtuvieron de la suma ponderada se clasificaron en cinco, donde el valor de 1 hace referencia a la menor posibilidad de que ocurra un evento de inestabilidad de laderas e inversamente el 5 es el de mayor probabilidad de ocurrencia (ver metodología susceptibilidad).

Adicionalmente se calcularon dos escenarios con el cruce de información de las isoyetas disponibles en la página de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para los periodos de retorno de 10 y 50 años, ambos periodos de retorno calculado para un tiempo de 30 minutos de precipitación, así el resultado se muestra seccionado en tres mapas, el primero calculado para la precipitación media anual y los dos restantes para los periodos de retorno antes mencionados.

MAPA 44 Peligro de caídos y derrumbes. Periodo de retorno 10 años



MAPA 45 Peligro de caídos y derrumbes. Periodo de retorno 50 años



Resultado

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el Municipio presenta algunas zonas con peligro al fenómeno de caídos y derrumbes, como se puede apreciar en el mapa y tabla respectivos donde se describen y localizan dichas zonas.

TABLA 54 . Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de caídos o derrumbes

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Medio a Alto	San Lucas Totolmaloya	Santiago Oxtoc Toxhié El Zethe (Jazmín) Barrio de Totolopan (Ejido de Totolopan) Santa Ana Oxtoc Toxhié San Antonio el Zethe Los Ailes Decandeje

MAPA 46 Peligro por el fenómeno de caídos o derrumbes

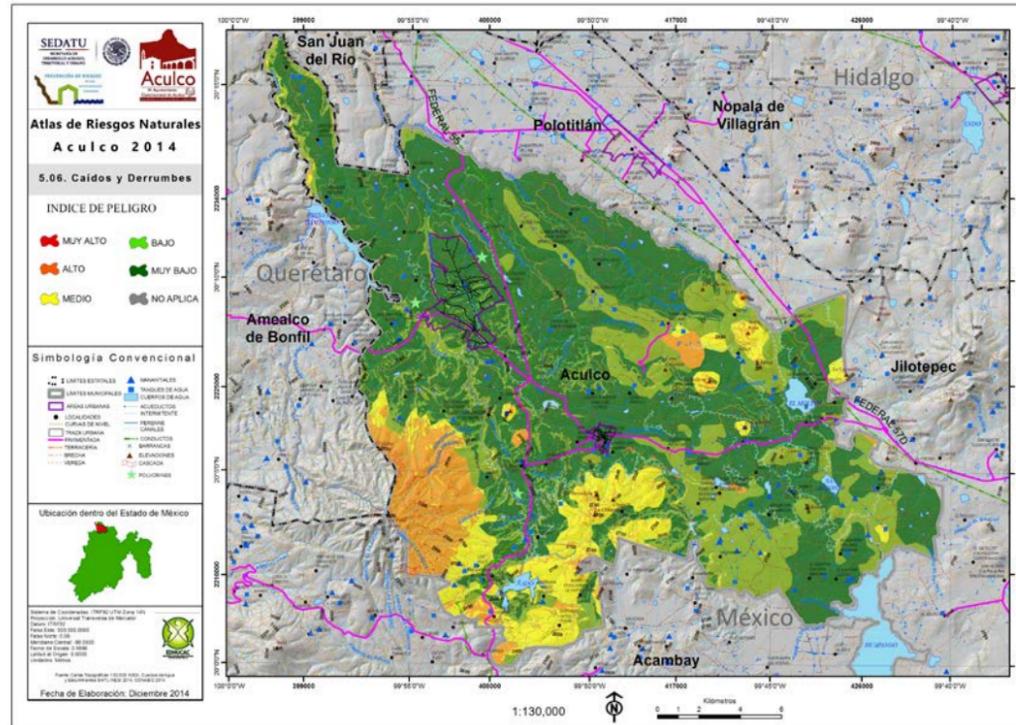


Foto 5. Sitio con peligro a derrumbes en la carretera Acambay-Aculco.



Para el municipio de Aculco no se tiene registro de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Aunque es importante resaltar que no se debe descartar la posibilidad de mantener una alerta en los poblados ubicados en las laderas de toda la cordillera montañosa que tiene el Municipio.

En la visita realizada se localizaron puntos en la infraestructura carretera Acambay - Aculco que pueden presentar peligro por este tipo de fenómenos (Fotografía 5).

5.1.7. Hundimientos

Los hundimientos son colapsos producidos por el aplastamiento o remoción del material subyacente. En condiciones naturales las rocas calcáreas y el yeso se van disolviendo lentamente, formando cavernas que al degradarse demasiado pierden estabilidad y se produce el colapso del techo, hundiendo el terreno situado encima. En la superficie se forman depresiones cerradas de forma irregular o circular. Son fenómenos que afectan a veces áreas de miles de metros cuadrados. La mayor parte de los hundimientos de rocas de origen artificial son provocados por la actividad minera, como resultado de la excavación de galerías y cámaras de exploración. Con frecuencia estos colapsos tienen efectos catastróficos en áreas pobladas (Iriondo, 2007).

Este fenómeno es un paulatino o súbito descenso de la superficie del terreno en una determinada área o región. Se tienen identificados procesos por diferentes factores, como la extracción de agua (Ver subsidencia)

Metodología

De la revisión bibliográfica y visitas a campo no se registraron hundimientos. Por lo que el criterio utilizado para la elaboración de este apartado fueron los criterios y la información existente en la cartografía temática generada sobre hundimientos regionales y agrietamientos por sobre explotación de acuíferos del CENAPRED (2001). El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación.

Resultado

De acuerdo con el análisis de peligro y la información disponible se pudo determinar que el Municipio presenta zonas con peligro al fenómeno de hundimientos, como se puede apreciar en el mapa respectivo y en la tabla siguiente donde se describen y localizan dichas zonas.

TABLA 55 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de hundimiento del municipio de Aculco, Estado de México

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Medio	Aculco de Espinosa San Lucas Totolmaloya	Santiago Oxtoc Toxhié El Zethe (Jazmín) Barrio de Totolopan (Ejido de Totolopan) Santa Ana Oxtoc Toxhié San Antonio el Zethe El Bosque Los Ailes Barrancas Nado Buenavista Decandeje Ejido de Santa María Nativitas Bimbo

San Jerónimo Ejido
La Soledad Ejido
La Soledad Barrio
San Jerónimo Barrio
Ejido San Joaquín Coscomatepec
San Joaquín Coscomatepec
Gunyo Poniente (San José Gunyo)
San Antonio Pueblo
El Tixhiñu
La Concepción Ejido
La Concepción Pueblo
El Mogote
La Pera
Presa del Tepozán
La Cofradía Grande
El Rincón
San Pedro Denxhi Segundo Cuartel
San Pedro Denxhi Centro

MAPA 47 Peligro por el fenómeno de hundimientos en el municipio de Aculco

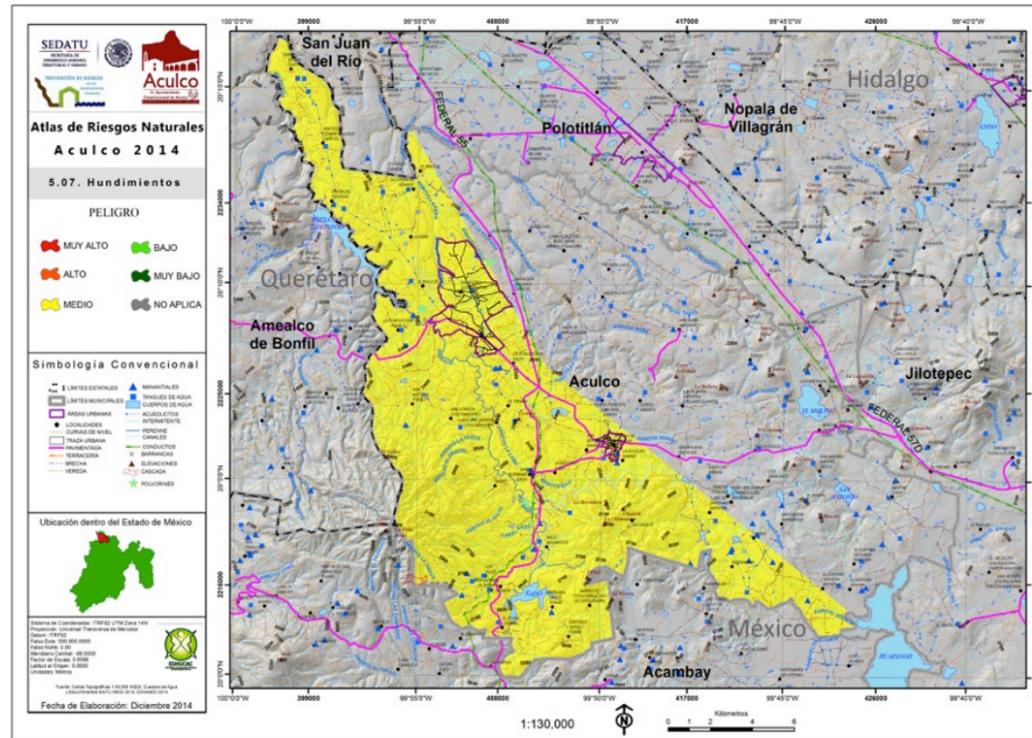


Foto 6. Daños en el drenaje en Hidalgo y José Sánchez



En la visita de campo se reportó una zona de hundimiento en la cabecera municipal en la calle Hidalgo esquina José Sánchez, sin embargo este hundimientos no es debido a factores geológicos, se debe a daños en el drenaje y al no estar canalizada el agua está provocando socavamiento, como se aprecia en las siguientes fotos.

5.1.8. Subsistencia

Peligro

El término de subsidencia se refiere al hundimiento paulatino de la corteza terrestre, continental o submarina. La subsidencia terrestre, en la cual se centra el presente trabajo, es un fenómeno que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa debido a varios factores, que pueden ser naturales o causados por el impacto de una gran variedad de actividades humanas (Corapcioglu, 1984).

La subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos. Es de gran importancia en zonas urbanas, suponiendo un riesgo importante para edificaciones, canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma. *La subsidencia del terreno* es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación.

Para este Atlas se empleará la clasificación de Prokopovich (1979), que define desde un punto de vista genético dos tipos de subsidencia: endógena y exógena.

- I. *La subsidencia endógena* hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc.
- II. *La subsidencia exógena* se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

La subsidencia puede también clasificarse en función de los mecanismos que la desencadenan, por ejemplo la subsidencia por disolución de rocas carbonáticas, yeso o sal, minería, por erosión, por flujo lateral en materiales salinos y arcillas plásticas, por carga, por vibraciones, por extracción de agua, por hidrocompactación y tectónica. Por ejemplo se tienen las actividades extractivas de mineral en galerías subterráneas, la construcción de túneles, la extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, los procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos, son algunas de las causas de los procesos de subsidencia.

Metodología

Para el cálculo de la subsidencia se realizó un análisis multicriterio abarcando tres variables: edafología, minas y aguas subterráneas presentes en el Municipio, se tiene que la edafología está dividida en cinco categorías, donde 1 es valor de menor susceptibilidad y 5 el de mayor, al no haber una metodología que indique puntos estratégicos para este cálculo, se infirió que los puntos donde se intersecten las variables se podría suscitar un fenómeno de subsidencia.

Memoria de cálculo

TABLA 56 Valoración y características del factor edafológico

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Planosol	Suelos por lo general desarrollados en partes planas o depresiones. Mal drenados	1	Muy Bajo
Vertisol	Suelos denominado de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina , con propiedades expansivas. Formados conmmnete en zonas planas y de pendiente suave	1	
Feozem	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociado a zona planas	2	Bajo
Litosol	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	3	Moderado
Luvisol	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión en pendientes fuertes aunque la mayoría está en pendientes suaves	4	Alto
Andosol	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajon o mas fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	5	Muy Alto

A partir de lo anterior, se obtuvieron 7 puntos donde se puede suscitar este fenómeno, en la siguiente tabla se muestra la distribución de los 7 sitios localizados, se anexan coordenadas en CCL.

de los puntos. En la tabla que se muestra a continuación se enlistan las poblaciones peligro del municipio.

TABLA 57 Distribución de sitios de peligro por subsidencia

X	Y	ENTIDAD	TIPO
2736443.348	897988.033	APARATO VOLCÁNICO	Inactivo
2735227.131	900524.973	APARATO VOLCÁNICO	Inactivo
2734051.441	904688.008	APARATO VOLCÁNICO	Inactivo
2729008.691	904296.348	APARATO VOLCÁNICO	Inactivo
2731175.737	907884.756	APARATO VOLCÁNICO	Inactivo
2726297.843	897618.967	APARATO VOLCÁNICO	Inactivo
2734169.061	895646.669	APARATO VOLCÁNICO	Inactivo

TABLA 58 . Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de subsidencia

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Muy bajo a bajo		Fondo Decandaje El Bonxhi San Antonio Arroyo Zarco Santa María Nativitas Segundo Cuartel Jurica

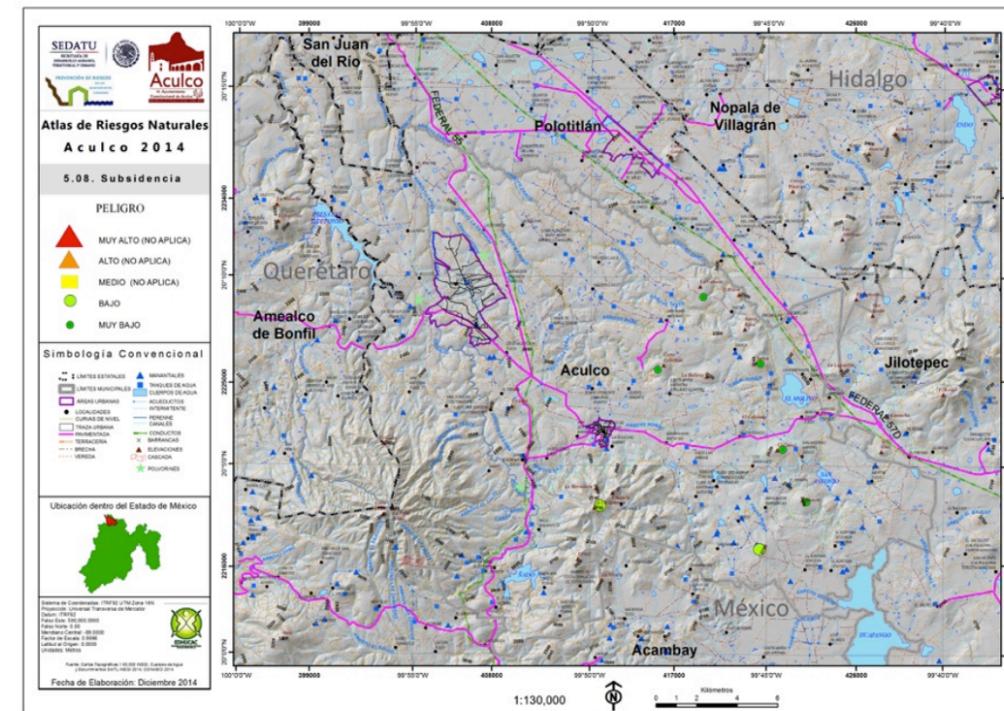
Resultado

A través de la Comisión del Agua del Estado de México se localizaron pozos profundos de donde se extrae agua para el consumo humano, sin embargo, ni uno de ellos se encuentra dentro del municipio, los más cercanos son Temascalcingo y Soyaniquilpan, estos suministran agua potable de manera local por lo que no influyen en procesos de subsidencia en el municipio.

En el municipio se localizaron por medio de la cartografía de aguas subterráneas de INEGI 4 puntos de interés, de los cuales no se tienen reportes de los gastos de extracción, en la tabla siguiente se muestra la información existente para estos puntos de interés.

X_CCL	Y_CCL	OBRA	FECHA	CALIDAD	USO
2726090	901700.9	POZO	09/02/1982	C1-S1	DOMESTICO
2722260	899241.3	POZO	09/02/1982	C2-S1	DOMESTICO Y PECUARIO
2735530	899047.2	MANANTIAL	09/02/1982	C1-S1	DOMESTICO
2722980	896819.3	MANANTIAL	09/02/1982	C1-S1	DOMESTICO

MAPA 48 Peligro por el fenómeno de subsidencia en el municipio de Aculco



De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el municipio presenta zonas con peligro al fenómeno de subsidencia, como se puede apreciar en el mapa correspondiente. Se obtuvieron 7 puntos donde la ocurrencia del fenómeno es de muy bajo a bajo, ya que se encuentran las localidades a 1.5 km de distancia

5.1.9. Agrietamientos

Peligro

El agrietamiento de la superficie del terreno es una manifestación de una serie de desplazamientos verticales y horizontales del subsuelo en un área amplia que resulta del problema de hundimiento regional, por la extracción excesiva mediante bombeo profundo de agua subterránea, normalmente con fines de abastecimiento para uso agrícola, urbano o industrial, en zonas del país donde este recurso natural es escaso.

Los agrietamientos son un tipo de *diaclasas*. Las diaclasas o juntas son fracturas en las rocas que no presentan desplazamiento transversal que sea detectable, sólo manifiestan un poco de movimiento extensional. Por su origen se dividen en:

- ✓ *Fisuras de enfriamiento*, las que se originan durante el enfriamiento de la roca magmática.
- ✓ *Grietas de desecación*, que se forman durante la desecación del barro o lodo bajo condiciones atmosféricas determinadas.

Existe otro tipo de grietas a las que se denomina agrietamiento que resultan de actividades antrópicas. Se presentan en la superficie del terreno en lugares donde la extracción de agua sobrepasa la reserva natural de los acuíferos, así como a los diferentes tipos de materiales y al régimen hidrológico de cada zona. En México, la mayor parte de las ciudades que sufren el fenómeno de agrietamiento y subsidencia del terreno, se encuentran localizadas en la zona norte de la provincia geológica conocida como Cinturón Volcánico Transmexicano y en algunos estados del altiplano central como el Distrito Federal, Estado de México y algunas regiones de Puebla e Hidalgo.

En algunos municipios del Estado de México se ha reportado desde hace aproximadamente dos décadas, la aparición continua de fracturas (“grietas”) tanto en terrenos de uso agrícola como en terrenos de zonas urbanas.

La hipótesis sobre el origen de estas fracturas es muy similar a la establecida para otras urbes del centro del país, tal es el caso de las ciudades de Querétaro, Celaya, Aguascalientes, Morelia, San Luis Potosí y Distrito Federal, en las cuales el crecimiento de la población ha ido en aumento en las últimas dos décadas.

Este crecimiento acelerado de la población ha propiciado la extracción desmedida del agua del subsuelo a fin de satisfacer las necesidades, generando problemas serios geológico-ambientales tales como degradación y deshidratación del suelo y por consecuencia su hundimiento diferencial y fracturamiento del terreno.

Este último fenómeno geológico ha ocasionado severos problemas tales como el “rompimiento” progresivo de terrenos de cultivo, pavimento, aceras de calle, tuberías de drenaje y agua potable, así como una serie de daños en casas habitación y en algunos edificios públicos.

Metodología

El criterio utilizado para la elaboración de dicho apartado fueron los criterios y la información existente de INEGI sobre fallas y fracturas registradas en la República Mexicana y el Plan Estatal de Desarrollo, donde el municipio cuenta con fallas cercanas. El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación:

Memoria de Cálculo

TABLA 59 Valoración de Fallas y Fracturas

Distancia considerada	Peso relativo
50 m	5
100 m	4
150 m	3
200 m	2
250 m	1

Con base en la información anterior el presente apartado fue abordado tomando en cuenta la información de fallas y fracturas existentes para el municipio.

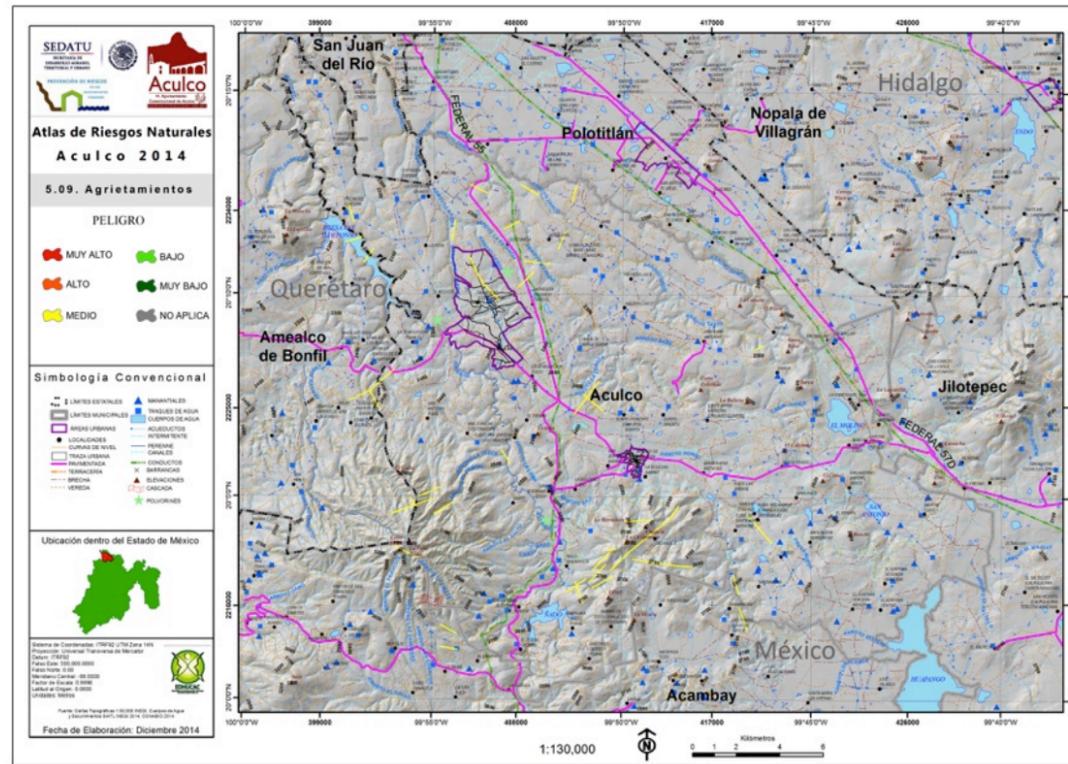
Fallas o fracturas.

Con base en la información existente en INEGI y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano Estatal, se tienen identificadas para el Municipio de Aculco de Espinosa varias fracturas y fallas, dentro de las más sobresalientes tenemos una falla (1) y tres fracturas (2-4) geológicas que afectan el territorio municipal (Ver tabla y mapas correspondientes a continuación)

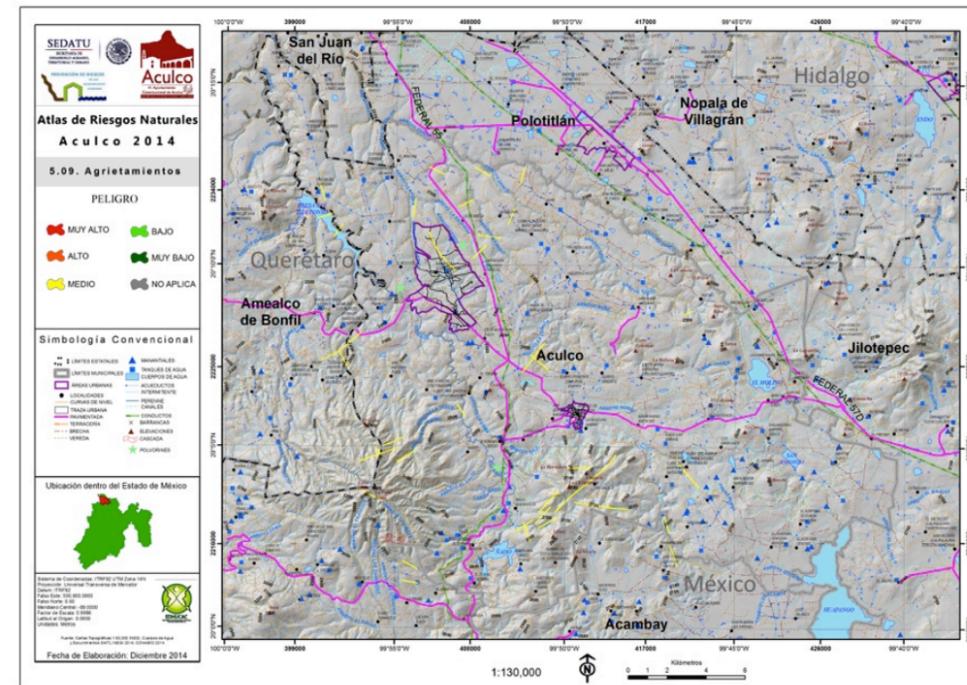
TABLA 24 Se muestran las fallas localizadas en el municipio de Aculco de Espinosa

FALLA	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
1	4237	A 270 m de la comunidad de Decandaje
FRACTURA	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
2	1668	A 260 m de la comunidad rural de Rancho Chalapa y Ejido de Decandaje Chalapa-Ejido de Desencaje.
3	2449	Cruza la población de San Lucas Totolmaya en dirección sureste.
4	899	A 260 m de la localidad rural de Presa del Tepozán

MAPA 49 Ubicación del sistema de fallas y fracturas del municipio de Aculco



MAPA 50 Peligro por agrietamientos



Resultado

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo, se pudo determinar que el municipio presenta zonas con peligro al fenómeno de fallas y fracturas, como se puede apreciar en el mapa y en la tabla siguiente donde se describen y localizan dichas zonas.

TABLA 25 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de fallas y fracturas del Municipio de Aculco, Estado de México.

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
A 500 m de distancia	San Lucas Totolmaloya	Decandeje Ejido Decandeje (Chapala Ejido Decandeje) Rancho Chapala Presa del Tepozán Los Sauces Dateje San Agustín la Loma Conejeras Muyteje Loma de Enmedio La Terquedad

5.2 FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

5.2.1. Ondas cálidas y gélidas (Temperaturas máximas y mínimas)

5.2.1.1. Ondas cálidas

Se llama onda cálida a la parte frontal de una masa de aire tibio que avanza para remplazar a una masa de aire frío que retrocede. Generalmente, con el paso del frente cálido la temperatura y la humedad aumentan, la presión sube y aunque el viento cambia no es tan pronunciado como cuando pasa un frente frío. La precipitación en forma de lluvia, nieve o llovizna se encuentra generalmente al inicio de un frente superficial, así como las lluvias convectivas y las tormentas. La neblina es común en el aire frío que antecede a este tipo de frente. A pesar que casi siempre aclara una vez pasado el frente, algunas veces puede originarse neblina en el aire cálido.

La temperatura máxima extrema “Es la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en un día (máxima diaria), en un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual)”. También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta). En condiciones normales, y sin tener en cuenta otros elementos del clima, las temperaturas máximas diarias se alcanzan en las primeras horas de la tarde; las máximas anuales suelen alcanzarse durante julio o agosto en la zona templada del hemisferio norte y en enero o febrero en el hemisferio sur.

Las máximas absolutas dependen de muchos factores, sobre todo de la insolación, de la continentalidad, de la mayor o menor humedad, de los vientos y de otros. Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar disturbios fisiológicos y daños a diferentes órganos provocando enfermedad o la muerte en los seres humanos. Una de las consecuencias más seguras y directas del cambio climático es un aumento en la morbilidad y la mortalidad humanas en períodos de clima extremos como son las olas de calor.

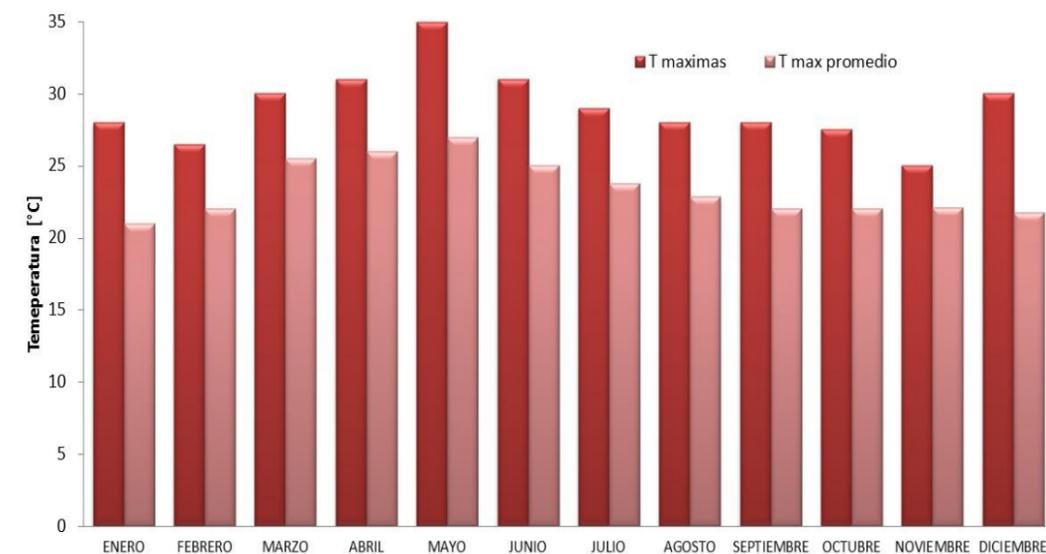
La letalidad de una ola de este tipo aumenta si ocurre al principio del verano (cuando la población todavía no ha podido aclimatarse al calor), si es de larga duración y si hay temperaturas nocturnas elevadas. Estos efectos son peores en las ciudades debido al “efecto de isla de calor urbano” que involucra la liberación nocturna del calor almacenado durante el día en el cemento y los materiales metálicos urbanos.

Las personas mayores con problemas cardiacos o respiratorios son particularmente vulnerables porque el calor extremo puede exacerbar estas condiciones preexistentes. La falta de acceso a sistemas de aire acondicionado aumenta también el riesgo de muerte por calor lo que introduce un factor socio-económico.

Situación local de las ondas cálidas

Acúlco puede clasificarse como un municipio con temperaturas promedio anuales bajas, el promedio es de 13.29°C, sin embargo la ocurrencia de temperaturas altas no puede descartarse completamente. La temperatura máxima registrada en la estación climatológica 15002 es de 35 °C, que se presentó en mayo de 1961, mes en el que se alcanzan las mayores temperaturas anuales, se utilizó esta estación ya que por su localización geográfica es la de mayor influencia en el Municipio.

Grafica 16. Temperaturas máximas mensuales históricas y máximas promedio.



Fuente: Registros en la estación climatológica 15002

Metodología para la determinación del peligro por altas temperaturas.

Se integró una base de datos de temperaturas máximas diarias de las estaciones de la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que inciden o que se encuentran cercanas al Municipio. En la tabla siguiente se muestran las estaciones climatológicas.

Nivel de peligro por temperaturas máximas de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

PR 10 años



PR 10 años



PR 25 años



TABLA 26 Estaciones climatológicas para temperaturas máximas que tienen influencia en el municipio de Aculco

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15002	Aculco	1961-2011	15190	Presa San Ildefonso	1951-2008
15069	Polotitlán	1961-2008	15192	Taxhie	1974-2008
15185	Presa El Molino	1973-2008	15260	San Lucas Totolmaloya	1979-2008
15187	Presa Huapango	1973-2009	15261	El Jazmín	1978-2008
15189	La Concepción	1973-2008			

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las estaciones climatológicas

Figura 8. Localización de las estaciones climatológicas para el municipio de Aculco.



Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan los días con granizo anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de días con tormenta de granizo asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isotermas para el Municipio.

Memoria de cálculo

Para poder determinar las temperaturas máximas asociadas a los periodos de retorno, (5, 10, 25 y 50 años), se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida. Estas funciones fueron, Normal, Log Normal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado es la que se utilizó para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

En la siguiente tabla se muestran las temperaturas máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

TABLA 27

TABLA 28 Temperaturas máximas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C]

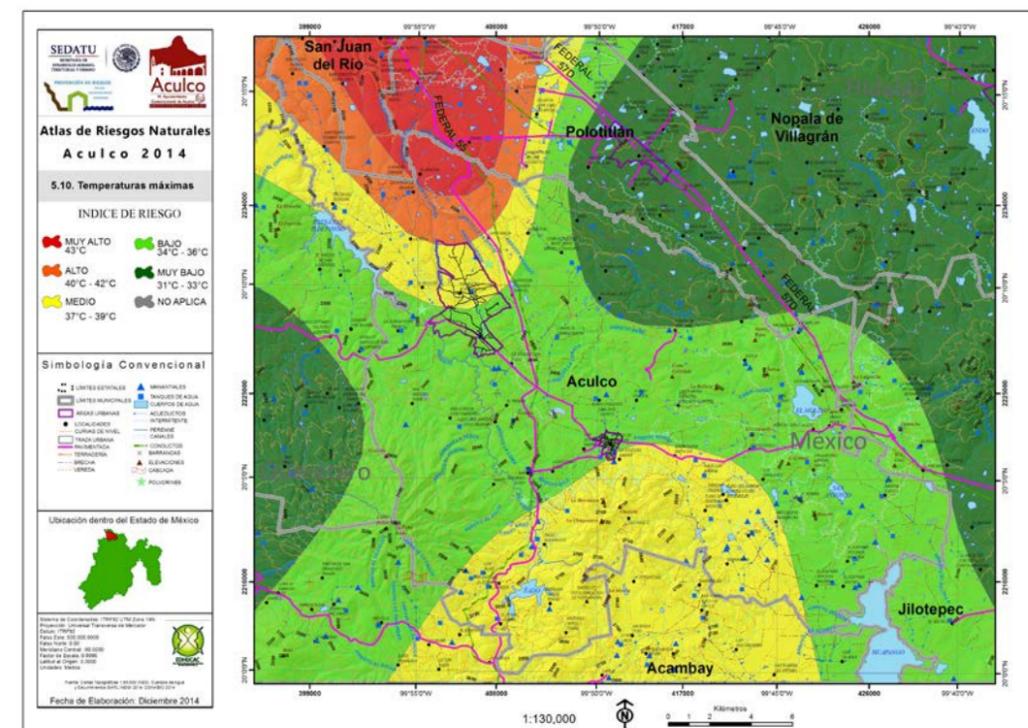
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15189	30.54	31.49	32.40	33.57
15187	29.07	30.16	31.20	32.56
15185	29.35	30.54	31.68	33.17
15260	29.96	31.02	32.03	33.00
15190	32.42	33.24	34.03	35.00
15192	35.50	37.33	39.00	42.00
15261	31.18	32.94	34.64	36.00
15002	29.57	31.12	32.60	34.51
15069	32.26	33.10	33.00	34.67

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Resultados

En el siguiente mapa se presenta la distribución del índice de riesgos para ondas cálidas para un periodo de retorno de 50 años, para representar la situación más desfavorable para este municipio.

MAPA 51 Ondas cálidas en el municipio de Aculco



5.2.1.2. Ondas gélidas

Las ondas gélidas, como su nombre lo indica, son ondas de frío intenso que provocan daños en la población y en sectores productivos como la agricultura. En el municipio razón del presente análisis, se registran de manera recurrente ondas gélidas derivadas de frentes fríos que afectan a la región en general. Los frentes fríos corresponden a la porción delantera de una masa polar, transportan aire frío, que en su avance hacia el sur interacciona con aire caliente, se caracterizan por fuertes vientos, nublados y precipitaciones si la humedad es suficiente.

La frecuencia de los frentes es muy variable y depende de su origen, la mayoría viene del océano Pacífico (origen marítimo polar), algunos vienen del norte (polar continental) y otros tienen origen ártico continental.

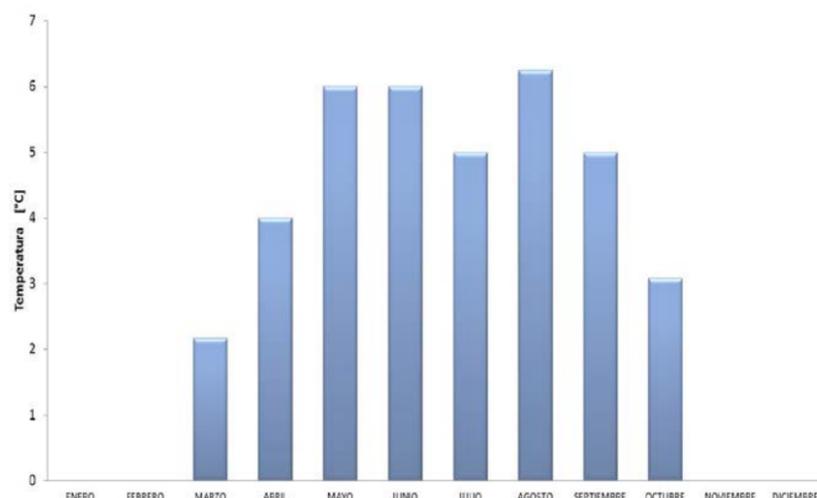
Situación local ondas gélidas

En el municipio de Aculco, todos los años se han registrado temperaturas bajo cero, que van de noviembre a febrero y muy comúnmente en octubre y marzo, lo que indica que la mitad del año presenta en algún momento temperaturas bajas.

En la siguiente gráfica se muestran las temperaturas mínimas medias mensuales en la estación climatológica 15002. Se utilizó esta estación ya que por su localización geográfica es la de mayor influencia en el Municipio.

Grafica 17.

Grafica 18. Temperaturas mínimas medias mensuales en la estación 15002



Fuente: Registros en la estación climatológica 15002

Metodología

Se integró una base de datos de temperaturas mínimas diarias de las estaciones de la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que inciden o que se encuentran cercanas al Municipio. En la Tabla siguiente se muestran las estaciones climatológicas.

TABLA 29 Estaciones climatológicas para temperaturas mínimas que tienen influencia en el municipio de Aculco

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15002	Aculco	1961-2011	15190	Presa San Ildefonso	1951-2008
15069	Polotitlán	1961-2008	15192	Taxhie	1974-2008
15185	Presa El Molino	1973-2008	15260	San Lucas Totolmaloya	1979-2008
15187	Presa Huapango	1973-2009	15261	El Jazmín	1978-2008
15189	La Concepción	1973-2008			

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan las temperaturas mínimas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de temperaturas mínimas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar la isoterma para el Municipio.

Memoria de cálculo

Para poder determinar las temperaturas mínimas asociadas a los periodos de retorno, (5, 10, 25 y 50 años), se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida. Estas funciones fueron: Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado es la que se utilizó para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

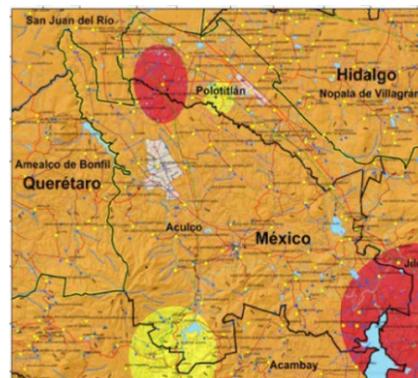
Nivel de peligro por temperaturas mínimas de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

PR 5 años

PR 10 años



PR 25 años



En la siguiente tabla se muestran las temperaturas mínimas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

Grafica 19. Temperaturas mínimas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C]

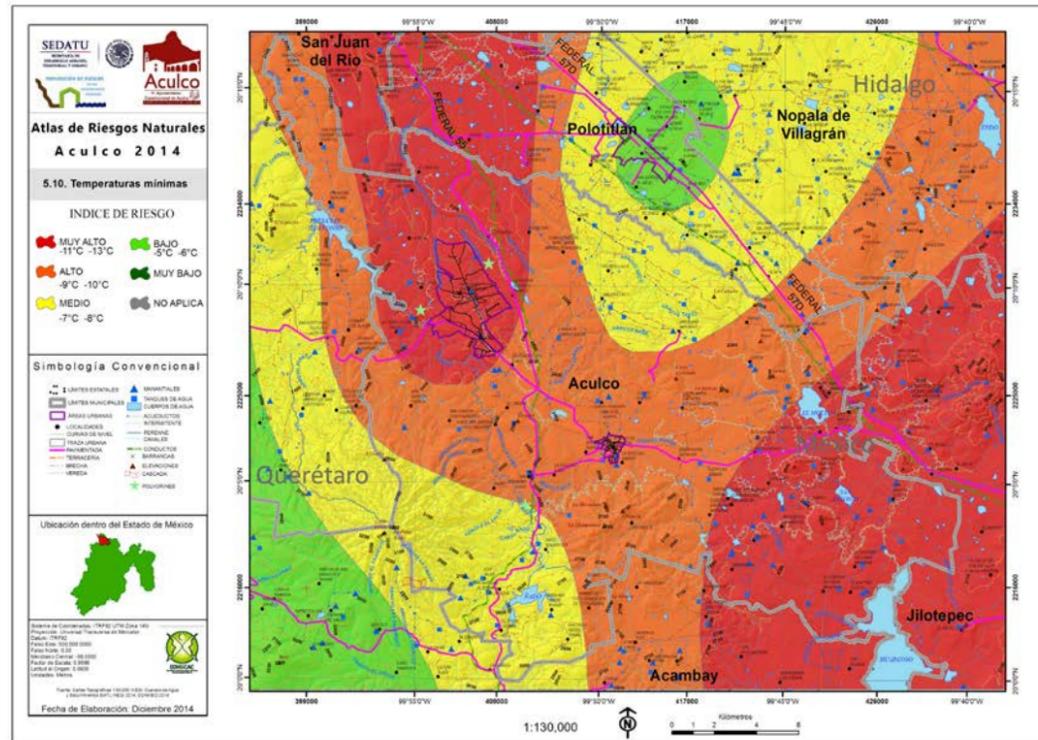
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15189	-6.64	-7.70	-8.00	-10.01
15187	-7.52	8.00	-10.32	-12.10
15185	-5.30	-6.45	-7.55	-8.98
15260	-3.37	-4.00	-5.55	-6.94
15190	-4.00	-5.25	-6.23	-7.51
15192	-6.34	-8.27	-10.00	-12.52
15261	-2.64	-3.70	-4.72	-6.03
15002	-3.91	-5.17	-6.37	-7.93
15069	-3.34	-4.51	-5.35	-6.33

FUENTE: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Resultados

En el siguiente mapa se presenta la distribución del índice de riesgos por ondas gélidas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio.

MAPA 52 Índice de riesgos por ondas gélidas para el municipio de Aculco.



5.2.2. Sequías

La sequía, como fenómeno natural asociado al ciclo hidrológico, ha sido poco estudiada y no precisamente por carecer de importancia, sino por lo complicado que resulta analizarla debido a los múltiples factores que son causa y efecto de la misma. De hecho, el reconocimiento de la sequía como fenómeno hidrológico extremo, dista mucho de tener las características de otros como son las grandes avenidas. Por ello, se ha llegado a mencionar que la sequía es un «no evento», debido a que su ocurrencia, sobre todo en su inicio, no es fácilmente detectable como tal, sino que se le reconoce por los efectos que causa después de un cierto tiempo.

Para la caracterización de la sequía es muy importante determinar su duración, su intensidad o valor promedio del déficit de humedad y la severidad en términos del valor acumulado del déficit, de tal manera que estos parámetros ayudan en la difícil tarea de su catalogación. La distribución temporal y espacial de la precipitación (en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, granizo, etc.) determina si se presenta o no la sequía en una región. La severidad de la sequía radica en que es variable en el espacio ya que puede abarcar grandes extensiones de territorio, además de durar meses o años, por lo que sus efectos pueden ser catastróficos en comunidades que no se encuentran suficientemente preparados para afrontarlas.

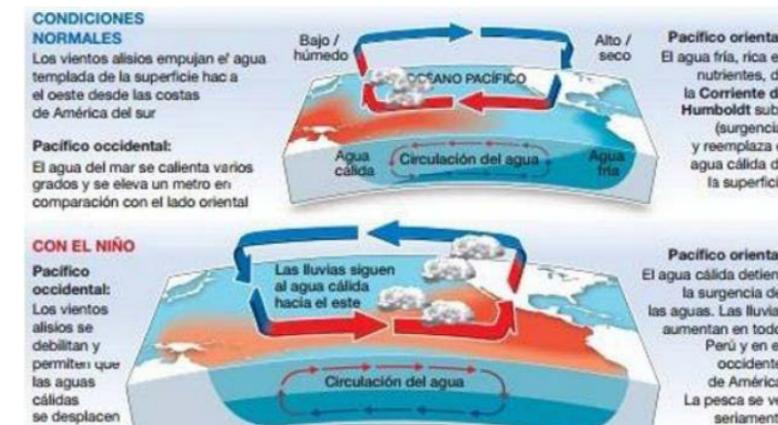
Causas de las sequías

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios en las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera (variaciones de los vientos a escala planetaria), así como modificaciones en la cantidad de luz solar reflejada en la superficie de la Tierra, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera, que a su vez ocasionan variaciones espacio - temporales de las precipitaciones.

Fenómeno de “El Niño”

Una de las causas de las sequías se atribuye a los cambios en la circulación general atmosférica que son provocados por el fenómeno de “El Niño”. Básicamente, este fenómeno consiste en un incremento de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial que provoca una disminución en el ascenso de aguas frías frente a las costas de Perú (sustento de una gran diversidad biológica) y que origina grandes cambios en los vientos y el transporte de humedad (figura 6). La aparición de estas aguas cálidas fue identificada por los pescadores del Perú, quienes observaron una disminución en la cantidad de peces capturados y le dieron el nombre de “El Niño”, porque se presentaba a finales de diciembre, coincidiendo con la temporada de Navidad.

Figura 9. Condiciones normales del Pacífico tropical y Condiciones del Pacífico tropical durante “El Niño”



Fuente: Anastasia Gubin - La Gran Época

“El Niño” está relacionado con la Oscilación del Sur, esta última es una disminución de la presión atmosférica entre el Pacífico tropical oriental y occidental y que trae aparejadas variaciones climáticas a escala global. El acoplamiento entre ambos se conoce con el nombre de “El Niño-Oscilación del Sur” (ENSO). El ciclo del ENSO es irregular y genera perturbaciones atmosféricas que resultan en impactos climáticos a escala regional y global tales como sequías, lluvias intensas, períodos de calor y frío. Se pueden mencionar las grandes sequías que han afectado a países como Australia, Indonesia, noreste de Brasil y sur de África a causa de El Niño. Existen lapsos durante los cuales las aguas marinas superficiales del Pacífico ecuatorial,

en lugar de calentarse se enfrían por abajo de cierta temperatura que también tiene consecuencias en el clima, a este fenómeno se le conoce como “La Niña”, por contraponerse a las condiciones del fenómeno de “El Niño”.

En los últimos años, la sequía ha adquirido una gran relevancia por los daños que ocasiona, que con frecuencia superan en magnitud a los que producen otros fenómenos hidrometeorológicos, y se torna más amenazador por el calentamiento atmosférico asociado al cambio global, entre cuyas secuelas el aumento en la frecuencia de sequías en determinadas zonas del planeta, es uno de los más serios problemas que enfrentará la humanidad, en especial los países ubicados en las zonas subtropicales, donde los altos niveles de radiación solar y evaporación se combinan con escasas precipitaciones y favorecen la recurrencia de periodos prolongados de sequía en áreas extensas (Salati y Nobre, 1991).

Metodología

Tomando como base los registros de precipitación históricos en las estaciones climatológicas 15002, 15069, 15185, 15187, 15189, 15190, 15192, 15260 y 15261, se calculó el índice de severidad para cada año de lluvia, respecto de la media histórica en cada estación de medición climatológica.

El índice de índices de aridez de acuerdo al método utilizado por María Engracia Hernández, se describe a continuación, donde:

$$IS = \frac{\sum Y - \sum X}{\sum X}$$

Y= Precipitación mensual registrada

X= Precipitación mensual histórica

Calculados los índices de severidad para cada año de la muestra (1981-2008), se tipifican de acuerdo a la clasificación propuesta a continuación:

El índice de severidad de la sequía meteorológica se clasificó en siete grados (Sancho y Cervera, et al., 1980):

- Extremadamente severo (mayor de 0.8)
- Muy severo (0.6 a 0.8)
- Severo (0.5 a 0.6)
- Muy fuerte (0.4 a 0.5)
- Fuerte (0.35 a 0.4)
- Leve (0.2 a 0.35)

Ausente (<0.2)

Memoria de cálculo

De cada una de las estaciones climatológicas se obtuvieron la precipitación mensual normal de acuerdo al periodo particular de cada una de las estaciones y por medio de la ecuación antes mencionada se fue calculando el índice de severidad en cada uno de los años de registro. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos en cada una de las estaciones.

TABLA 30 Índice de Severidad.

ID ESTACIÓN	ÍNDICE SEVERIDAD
15002	0.28
15069	0.22
15185	0.27
15187	0.25
15189	0.21
15190	0.2
15192	0.3
15260	0.21
15261	0.22

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Resultados

En la siguiente tabla se muestra la clasificación del índice de severidad de la sequía meteorológica obtenido en cada una de las estaciones climatológicas.

TABLA 31 Clasificación del Índice de Severidad

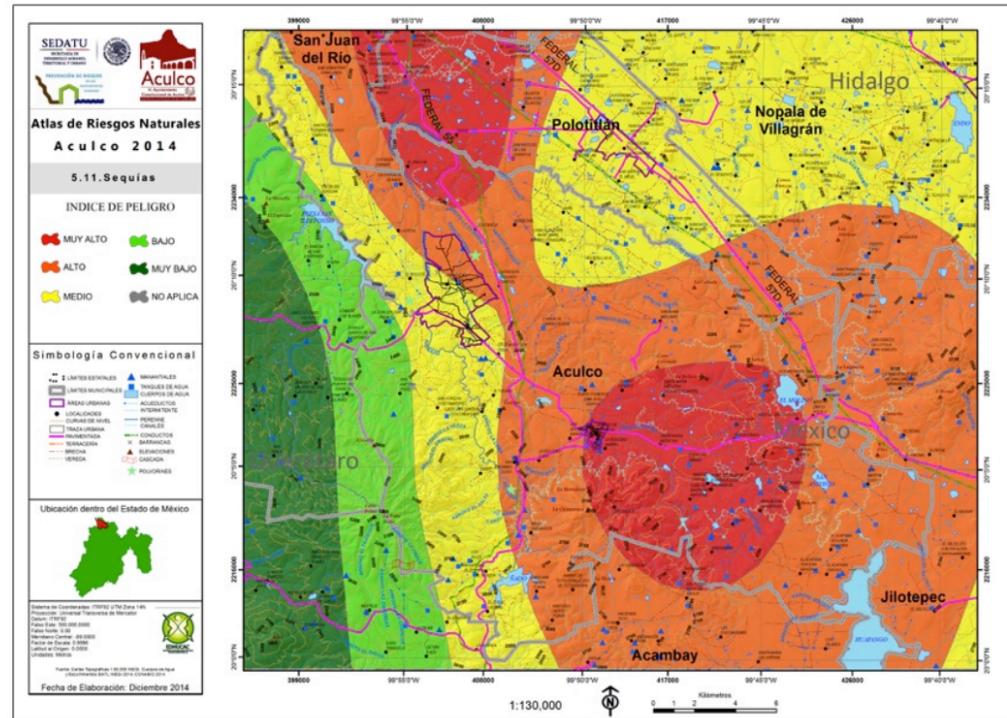
ID ESTACIÓN	ÍNDICE SEVERIDAD
15002	LEVE
15069	LEVE
15185	LEVE
15187	LEVE
15189	LEVE
15190	LEVE
15192	LEVE
15260	LEVE
15261	LEVE

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

El índice de severidad histórico de todos los meses para el municipio de Aculco en promedio ponderado de las estaciones climatológicas fue de 0.26. derivado del cálculo.

En el siguiente mapa se presenta la distribución del índice de peligros por sequía en el municipio de Aculco.

MAPA 53 Índice de Peligro por sequías en el municipio de Aculco



5.2.3. Heladas

Existen varias definiciones de una helada. Se puede decir que una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas. La helada es un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies.

La ocurrencia de este fenómeno climático es constante en el municipio razón del presente estudio; de hecho, en el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), específicamente en la capa de "Índice de días con helada por municipio", tipifican a Aculco como un lugar con alto peligro por probabilidad de ocurrencia de heladas.

Elementos Meteorológicos que afectan la formación de heladas

El estado de la atmósfera se manifiesta a través de elementos del tiempo, como son la temperatura, la precipitación, la humedad, la dirección y velocidad del viento, la presión atmosférica, la nubosidad, la radiación solar y la visibilidad. Éstos varían de un lugar a otro y a

lo largo del tiempo. Los principales elementos del tiempo que influyen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar.

Viento

El viento es fundamental para que se desarrolle una helada, pues cuando hay corrientes de aire se mezcla el aire frío, que se encuentra cercano al suelo, con el más caliente que está en niveles superiores, lo que hace más difícil el desarrollo de una helada. Por tanto, una de las condiciones que favorece la ocurrencia de heladas es la ausencia de viento.

La temperatura del aire disminuye conforme aumenta su distancia a la superficie del suelo. Sin embargo, existe una inversión térmica cuando la temperatura es mayor conforme aumenta la elevación. Diversas condiciones meteorológicas producen las inversiones térmicas; cuando se presenta una inversión térmica, las capas de aire son arrastradas por otras descendentes y más frías. Este fenómeno se manifiesta en los valles, principalmente en invierno y está asociado con los cielos despejados y temperaturas bajas cercana a la superficie de la Tierra.

Figura 10. Elementos que favorecen la inversión térmica.



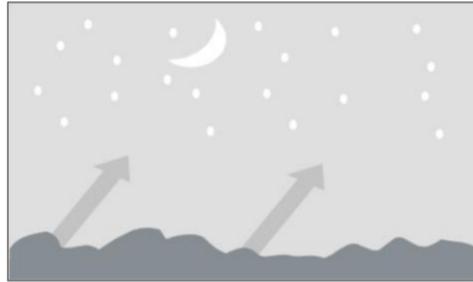
Nubosidad

Las nubes son extensos conjuntos de pequeñas gotas de agua y cristales de hielo suspendidos en el aire. Se forman cuando el vapor de agua presente en el aire llega a los niveles altos de la atmósfera y se condensa porque la temperatura es más baja.

Cuando el cielo está cubierto por nubes, éstas disminuyen la pérdida de calor del suelo por radiación hacia la atmósfera y devuelven parte de ese calor a la Tierra. Para que ello ocurra, la temperatura del aire en movimiento debe ser mayor a la del punto de rocío (la temperatura a la cual el aire no admite más humedad). Cuando sigue descendiendo la temperatura puede llegar a los 0°C y el vapor de agua que contiene produce una capa delgada de hielo en la superficie de la Tierra, que se conoce como escarcha blanca.

Si en la noche, el cielo está despejado, la pérdida de calor desde la superficie de la Tierra es continua. Así disminuye el calor de la tierra (Figura 9) y con ello se favorece la ocurrencia de las heladas.

Figura 11. Aumento de la radiación de calor del suelo



Humedad atmosférica

Cuando disminuye la temperatura a los 0° C o menos, y el viento es escaso, el vapor de agua contenido en el aire, se condensa; si la humedad es abundante, ésta produce niebla y cuando tiene poco contenido de humedad, se forma la helada. Por ello una gran humedad atmosférica reduce la probabilidad de ocurrencia de heladas. Cuando se presenta una helada, en los cuerpos de agua de una zona y en objetos sobre el terreno se pueden formar capas de hielo.

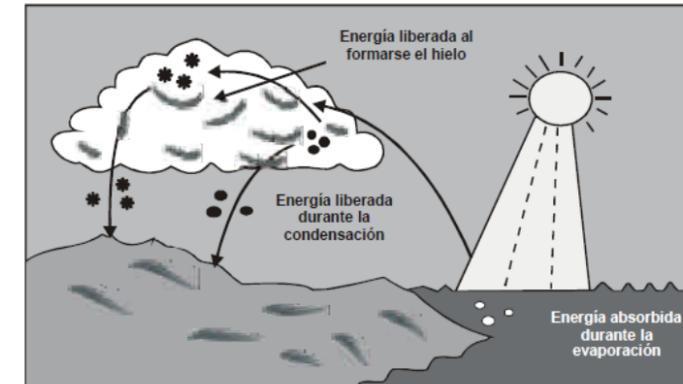
Figura 12. Formación de hielo



Radiación solar

Una cantidad de radiación solar es absorbida por la superficie de la Tierra y otra es devuelta desde su superficie a la atmósfera (radiación reflejada). Durante el día, el suelo retiene el calor y durante la noche lo pierde; estos procesos dependen de la nubosidad y del viento que existan sobre ciertas regiones del planeta. Cuando los días son más cortos y las noches más largas, aumenta la ocurrencia de heladas; aunque exista una menor acumulación de calor en el suelo, habrá un mayor tiempo para que se transmita hacia el aire.

Figura 13. Elementos que integran la radiación Solar

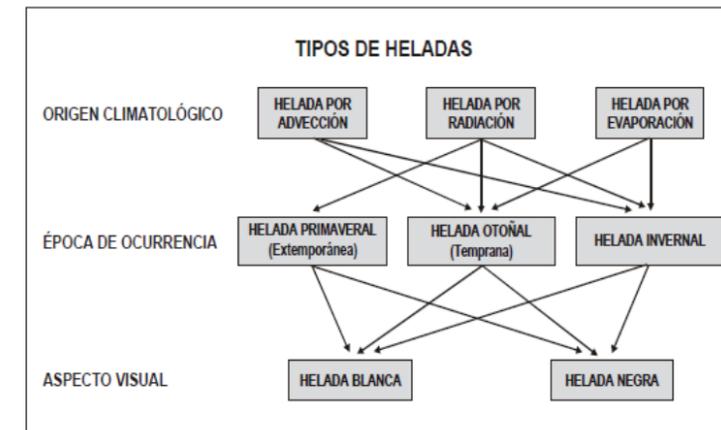


Clasificación de las heladas

Las heladas se pueden agrupar desde los puntos de vista de origen climatológico, época de ocurrencia o aspecto visual. Algunas de las categorías se relacionan entre sí.

Figura 14.

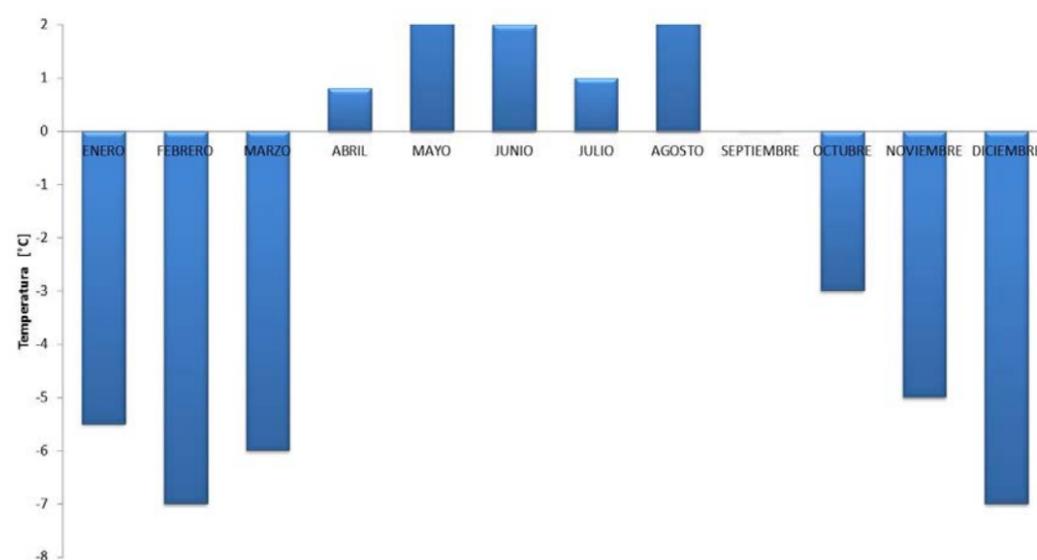
Figura 15. Tipos de Heladas



Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el sol. La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella.

En la siguiente gráfica se muestran los registros mínimos históricos en la estación climatológica 15002. Se utilizó esta estación ya que por su localización geográfica es la de mayor influencia en el Municipio.

Grafica 20. Temperaturas mínimas históricas mensuales en la estación 15002



Fuente: Registros en la estación climatológica 15002

Metodología para la determinación del peligro por heladas

Del análisis estadístico de la variable climatológica temperatura mínima reportada en la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Aculco, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2010.

TABLA 32 Estaciones climatológicas para temperaturas mínimas extremas que tienen influencia en el municipio de Aculco

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15002	Aculco	1961-2011	15190	Presa San Ildefonso	1951-2008
15069	Polotitlán	1961-2008	15192	Taxhie	1974-2008
15185	Presa El Molino	1973-2008	15260	San Lucas Totolmaloya	1979-2008
15187	Presa Huapango	1973-2009	15261	El Jazmín	1978-2008
15189	La Concepción	1973-2008			

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan las temperaturas mínimas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de temperaturas mínimas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isotermas para el Municipio.

Memoria de cálculo

Para poder determinar las temperaturas mínimas asociadas a los periodos de retorno, (5, 10, 25 y 50 años), se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida. Estas funciones fueron: Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados. En la siguiente tabla se muestran las temperaturas mínimas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

TABLA 33 Temperaturas mínimas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C]

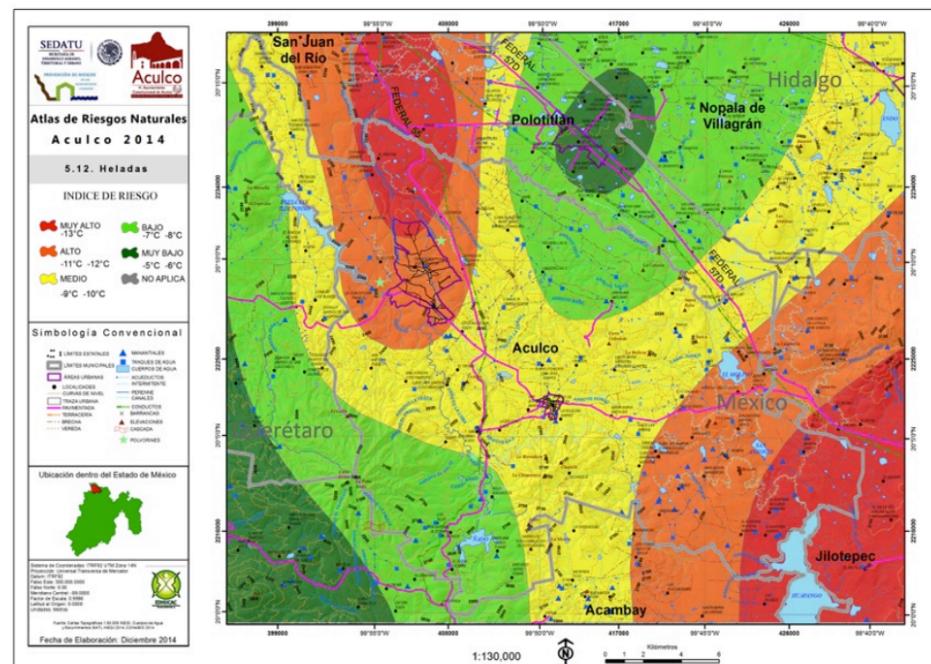
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15189	-6.64	-7.70	-8.00	-10.01
15187	-7.52	-8.00	-10.32	-12.10
15185	-5.30	-6.45	-7.55	-8.98
15260	-3.37	-4.00	-5.55	-6.94
15190	-4.00	-5.25	-6.23	-7.51
15192	-6.34	-8.27	-10.00	-12.52
15261	-2.64	-3.70	-4.72	-6.03
15002	-3.91	-5.17	-6.37	-7.93
15069	-3.34	-4.51	-5.35	-6.33

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

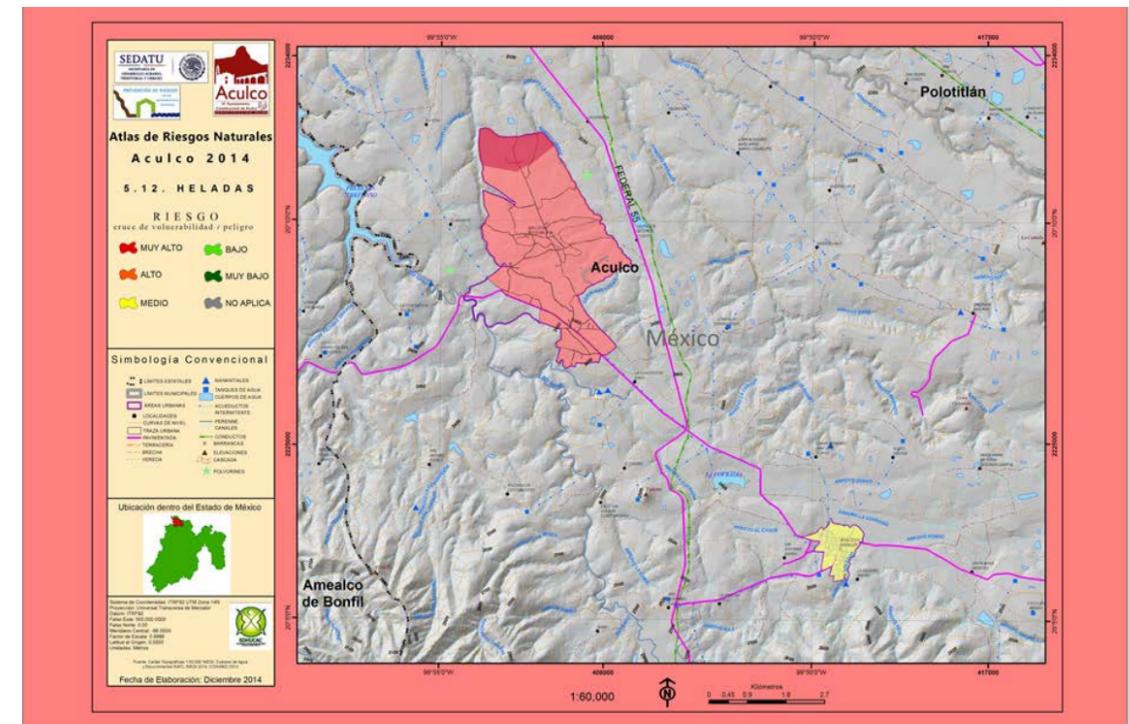
Resultados por heladas

En el siguiente mapa se presenta la distribución del índice de riesgos para heladas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio.

MAPA 54 Índice de riesgos por heladas en el municipio de Aculco.



MAPA 55 Riesgo por heladas en el municipio de Aculco

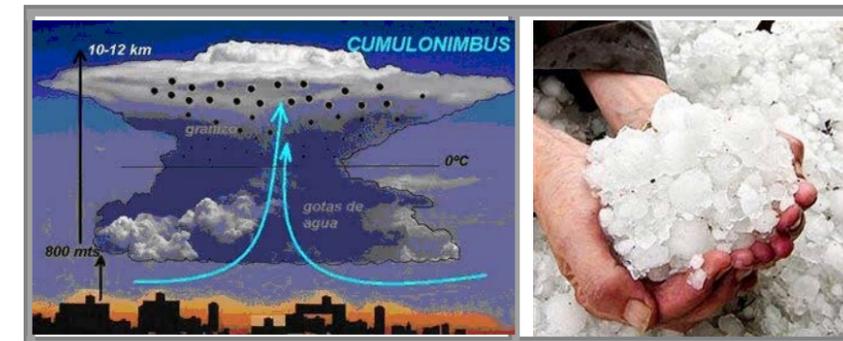


5.2.4. Tormentas de granizo

Días con granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbus (Figura siguiente) son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

Figura 16. Formación de tormentas de granizo



Las piedras de granizo se forman dentro de una nube cumulonimbus a alturas superiores al nivel de congelación y crecen por las colisiones sucesivas de las partículas de hielo con gotas de agua sobreenfriada, esto es, el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. El tamaño de las piedras de granizo está entre los 5 milímetros de diámetro hasta pedriscos del tamaño de una pelota de golf y las mayores pueden ser muy destructivas, como para romper ventanas y abollar la lámina de los automóviles, pero el mayor daño se produce en los cultivos o a veces, varias piedras pueden solidificarse formando grandes masas de hielo y nieve sin forma. El depósito del granizo sobre la superficie terrestre exhibe un patrón angosto y largo a manera de un corredor. La mayoría de las tormentas de granizo ocurren durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

Daños que causan las tormentas de granizo

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes. Cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas. La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño.

Metodología

Con base en las normales climatológicas históricas en las estaciones base climatológicas claves 15002, 15069, 15185, 15187, 15189, 15190, 15192, 15260 y 15261, se toman el número de granizadas promedio anuales históricos y se interpolan los datos de las estaciones con ayuda de un sistema de información geográfica.

Finalmente, se tipifican como zonas de alto peligro por granizadas, aquellas que registran más de 4 eventos al año. De mediano peligro aquellas que registran entre 2.5 y 4 granizadas anuales, por debajo de este último umbral, las zonas tienen bajo peligro por granizadas.

Del análisis estadístico de la variable climatológica, temperatura mínima reportada en la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Aculco, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2010.

TABLA 34 Estaciones climatológicas para tormentas de granizo que tienen influencia en el municipio de Aculco

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15002	Aculco	1961-2011	15190	Presa San Ildefonso	1951-2008
15069	Polotitlán	1961-2008	15192	Taxhie	1974-2008
15185	Presa El Molino	1973-2008	15260	San Lucas Totolmalo ya	1979-2008
15187	Presa Huapango	1973-2009	15261	El Jazmín	1978-2008
15189	La Concepción	1973-2008			

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Para los periodos de retorno, (5, 10, 25 y 50 años), se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida, estas funciones fueron: Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

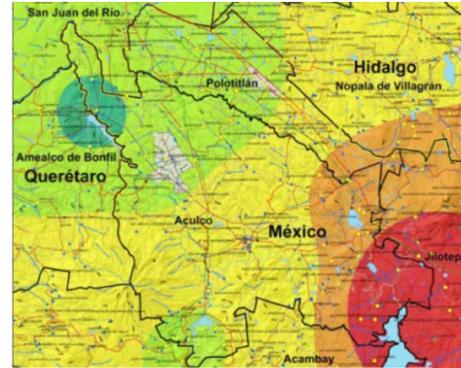
Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan los días con granizo anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de días con tormenta de granizo asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isolíneas por tormenta de granizo para el Municipio.

Nivel de peligro por Granizadas de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

PR 5 años

PR 10 años



La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados. En la siguiente tabla se muestran los días con granizo por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

TABLA 35 Días con granizo asociados a diferentes periodos de retorno

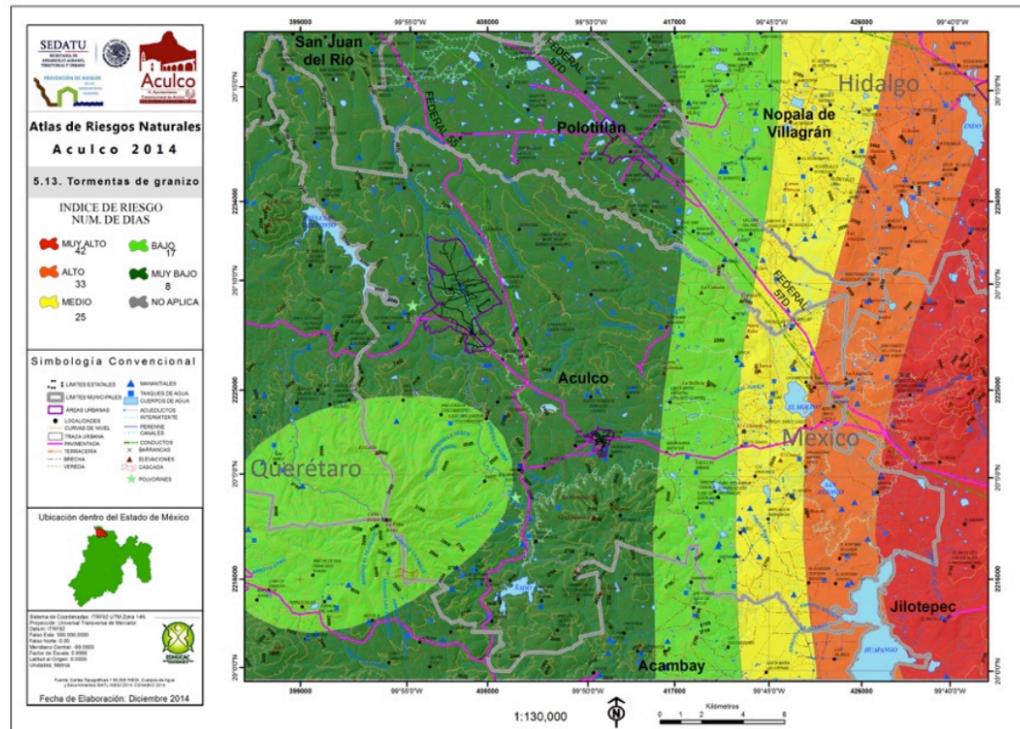
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15189	0.85	1.41	1.94	2.62
15187	15.49	21.91	28.07	36.04
15185	9.15	13.69	18.05	23.69
15260	6.59	9.51	12.32	15.94
15190	0.22	0.35	0.48	0.64
15192	1.68	2.50	3.29	4.00
15261	1.29	1.88	2.46	3.20
15002	2.00	3.77	4.88	6.17
15069	0.85	1.41	1.94	2.62

FUENTE: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Resultados

En el siguiente mapa se presenta la distribución del índice de riesgos para tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este Municipio.

MAPA 56 Índice de riesgos por tormentas de granizo en el municipio de Aculco



5.2.5 Tormentas de nieve

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras, principalmente, durante el invierno. Un caso extraordinario ocurrió en el invierno de 1967, donde aproximadamente el 50% del territorio nacional resultó afectado por una nevada, incluso en el Valle de México.

Las nevadas principalmente ocurren en el norte del país y en las regiones altas, y rara vez se presentan en el sur. De la "Guía Básica para la Elaboración de Atlas de Riesgos Estatales y Municipales", página 386, en la región del Nevado de Toluca se tienen las siguientes funciones de peligro para el Nevado de Toluca:

Figura 17. Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm

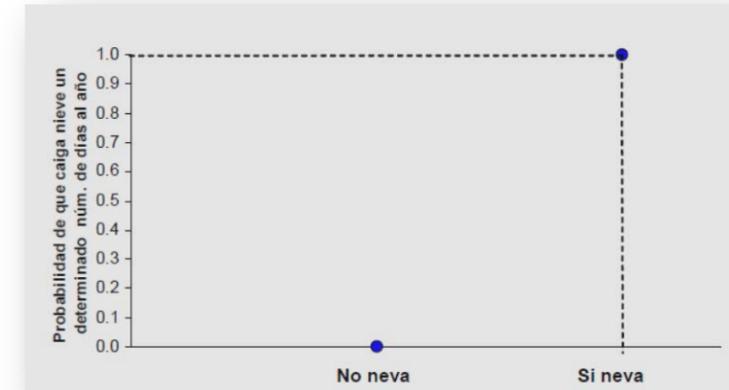
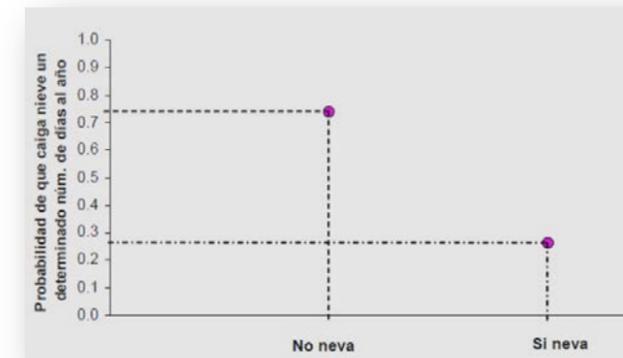


Figura 1. Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm.



MAPA 57 Peligro por tormentas de nieve en el municipio de Aculco

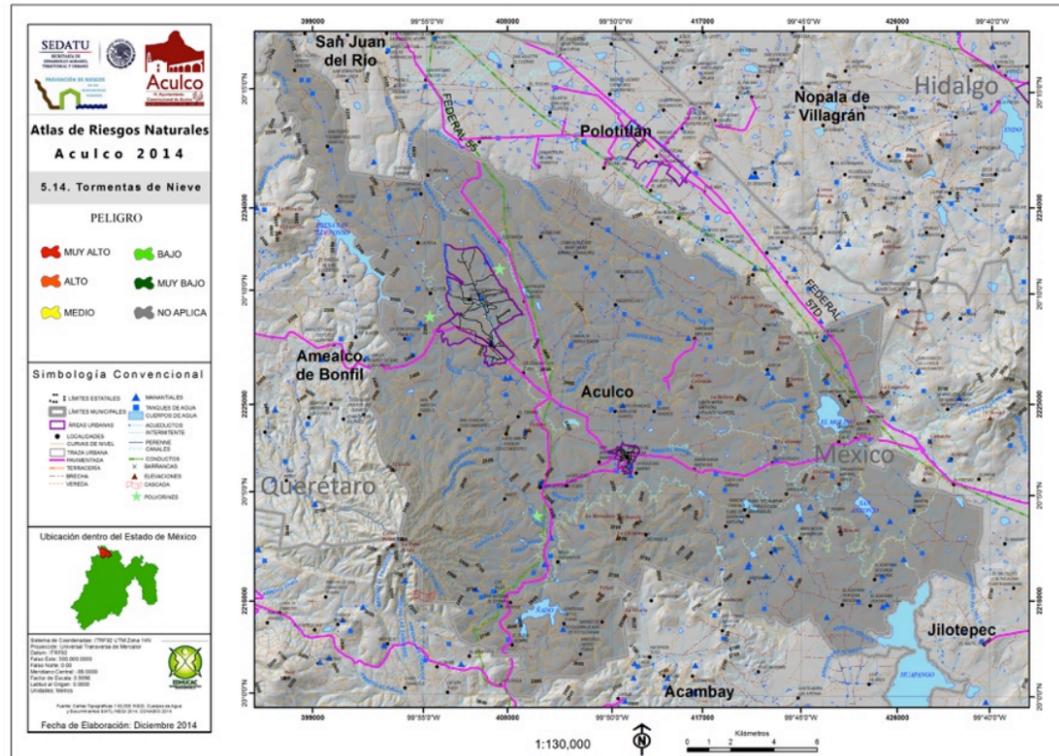
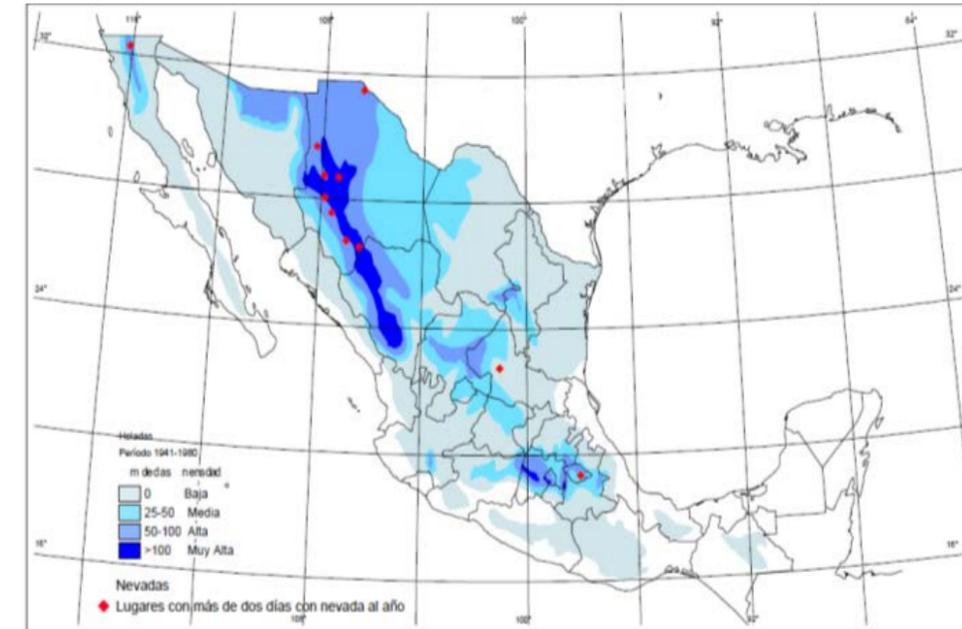


Figura 2. Heladas y nevadas en México



Fuente: Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, CENAPRED.

Partiendo de esta premisa, y dado que la totalidad del municipio se encuentra por debajo de los 2,500 msnm se establece como un peligro por tormentas de nieve como no aplica. El mapa resultante se muestra a continuación.

5.15. Ciclones Tropicales

Este tipo de fenómenos tiene poca importancia para efectos del presente estudio ya que la exposición que pudiera tener el territorio del Municipio ante los peligros por incidencias de ciclones (huracanes y ondas tropicales) es muy baja y por esta razón, se determinó que el fenómeno no aplica en el municipio.

Del *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México* se revisaron las trayectorias ciclónicas de los huracanes registrados en México y se observó que solamente un huracán ha tenido su incidencia ciclónica en el Estado de México. Este huracán entró por el Pacífico, fue el Cosme, registrado del 18 al 23 de junio de 1989; su categoría en la escala Saffir – Simpson fue H1, con vientos de hasta 120 km/h. Entró a tierra por Cruz Grande, Guerrero, siendo los estados afectados Guerrero, Morelos, Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas.

En la tabla Grados de vulnerabilidad, escala Saffir-Simpson de las *Bases para la Estandarización de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014*, se señala que la categoría 1 no presenta daño efectivo a los edificios; ocasiona

daños menores a arbustos y árboles; produce inundaciones de carreteras, malecones y daños leves a muelles.

Por la ubicación geográfica del Estado de México es prácticamente nula la incidencia de este tipo de eventos en la zona de Aculco; la única evidencia corresponde al evento antes mencionado. Debido a que este fenómeno no ha presentado otras manifestaciones en nuestro territorio de referencia, no se calcularon los periodos de retorno.

TABLA 36 Daños asociados a diferentes fenómenos hidrometeorológicos

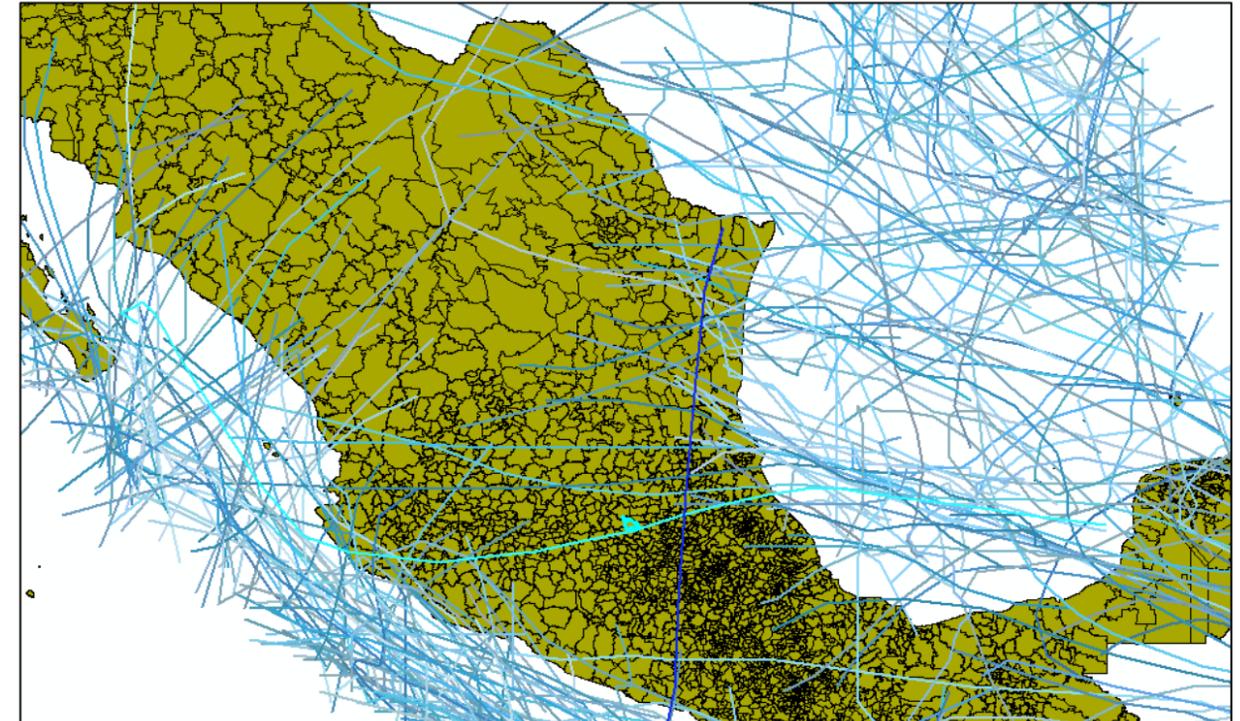
Categoría	Presión Central (mb)	Vientos (Km/h)	Marea de Tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
Perturbación Tropical	1008.1 a 1010	---	---	Ligará circulación de vientos
Depresión Tropical	1004.1 a 1008	< 62	---	Localmente destructivo
Tormenta Tropical	985.1 a 1004	621 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos
Huracán Categoría 1	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Potencial mínimo. Ningún daño efectivo a los edificios. Daños principalmente a casas rodantes, arbustos y árboles. Ciertos daños a señales pobremente construidas. Algunas inundaciones de carreteras costeras en sus zonas más bajas y daños leves en los muelles. Ciertas embarcaciones pequeñas son arrancadas de sus amarres.
Huracán Categoría 2	966.1 a 980	154.1 a 178	20 a 25	Potencial moderado. Daños considerables a arbustos y a follajes de árboles. Inclusive algunos de ellos son derribados. Daños a señales pobremente construidas. Ciertos daños a techos de casas, puertas y ventanas. Daños graves a casa rodante. Carreteras costeras inundadas de 2

Categoría	Presión Central (mb)	Vientos (Km/h)	Marea de Tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
				a 4 horas antes de la entrada del centro del huracán. Daño considerables a muelles. Inundación a marinas. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarres. Evacuación de residentes que vivan en la línea de la costa.
Huracán Categoría 3	915.1 a 965	178.1 a 210	25 a 4.0	Potencial extensivo. Follaje arrancado de los árboles altos. Destrucción de prácticamente todas las señales pobremente construidas. Ciertos daños en las puertas y ventanas. Algunos daños estructurales en pequeñas residencias. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de las costas destruyen las estructuras más pequeñas; los escombros flotantes y el embate de las olas dañan a las estructuras mayores cercanas a la costa. Los terrenos planos a 1.5 m sobre el nivel del mar, pueden resultar inundados hasta 13 km tierra adentro (o más) desde la costa.
Huracán Categoría 4	920.1 a 945	910.1 a 250	4.0 a 4.5	Potencial Extremo. Arbustos y árboles derribados. Todas las señales destruidas. Daño severo. Daños extensos a los techos de casas, puertas y ventanas. Falta total de techos en residencias pequeñas. Destrucción completa de casas móviles. Terrenos de la planicie a 3 m sobre el nivel del mar pueden inundarse hasta 10 km tierra adentro de la costa. Grave daño a la planta baja de estructuras

Categoría	Presión Central (mb)	Vientos (Km/h)	Marea de Tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
				cercanas a la costa por inundación. Embate de las olas y escombros flotantes. Erosión importante de las playas.
Huracán Categoría 5	< 920	>250	>5.5	Potencial Catastrófico. Derribamiento de arbustos y árboles, caída total de señales. Daño muy severo en ventanas y puertas. Falta total de techos en muchas residencias y edificios industriales. Vidrios hechos añicos de manera extensiva en ventanas y puertas. Algunas edificaciones con falla total. Pequeñas edificaciones derribadas o volcadas. Destrucción completa de casas móviles. Daños graves en plantas bajas de todas las estructuras situadas a menos de 4.5 m sobre el nivel del mar y a una distancia de hasta 400 metros de la costa

Fuente: Bases para la Estandarización de Atlas de Riegos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014

Figura 3. Trayectorias de Ciclones Tropicales por el Pacífico, Caribe y Golfo de México



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO, CONAGUA y CENAPRED

De la figura anterior se puede observar que existe un huracán que cruzó de sureste a suroeste el municipio de Aculco, a este huracán se le llamó Debby y ocurrió en 1988.

Figura 4. Trayectoria del Huracan Debby perteneciente a la temporada de huracanes en el Atlántico de 1988

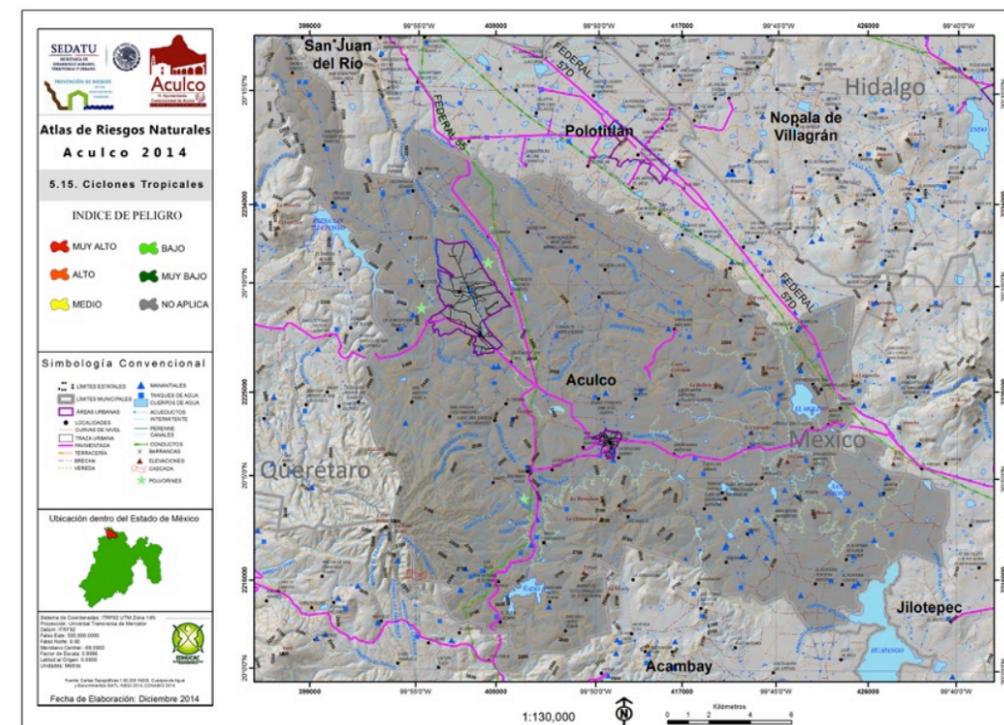


Fuente: National Hurricane Center (Centro Nacional de Huracanes)

El huracán Debby fue la octava depresión tropical, cuarta tormenta, y primer huracán de la temporada de huracanes en el Atlántico de 1988. Es notable que Debby fue uno de los huracanes que más al sur ha llegado, Tuxpan, México, convirtiéndose en el primero en tocar tierra ahí desde el huracán Anna en 1956. Antes, tres tormentas en la temporada de 1955 también tocaron tierra ahí: Gladys, Hilda y Janet. Después de cruzar al este del Pacífico en México, Debby se convirtió en la depresión tropical 17-E, tomando dirección norte, pero amainó y se disipó poco después.

Una fuerte onda tropical se formó cerca de la costa noroeste de África el 15 de agosto. Al moverse en dirección norte un área dividida de la onda se convirtió en la depresión tropical número siete cerca de las Antillas Menores. Ese sistema se movió al oeste convirtiéndose en la tormenta tropical Chris días después. Los remanentes de la onda continuaron en dirección oeste y entraron al mar Caribe como un centro desorganizado de chubascos. Durante la noche del 29 de agosto, alguna convección se unió y un centro de nivel inferior apareció sobre la península de Yucatán. El centro se desplazó hacia la bahía de Campeche y fue declarado como 1.5 en la escala de Dvorak estimando que se convertiría en la depresión tropical número ocho para aquel momento, 18:00 UTC 30 de agosto.

MAPA 58 Peligro por ciclones tropicales en el municipio de Aculco



Las bandas se unieron y patrones de flujo se organizaron el 1 de septiembre. La depresión tropical número ocho se movió en dirección oeste con un incremento en su desarrollo, transformándose en la tormenta tropical Debby al día siguiente. Debby se desplazó hacia Tuxpan a 11 km/h mientras una nave de reconocimiento de la Fuerza Aérea encontró vientos de 140 km/h a 460 m y de 130 km/h en la superficie de la tormenta, convirtiendo a Debby en el primer huracán de la temporada el 2 de septiembre. Para este momento, el pequeño centro de Debby se encontraba a 56 km de México. No se enviaron más naves de reconocimiento después de que tocara tierra y los pronosticadores dependían exclusivamente de las imágenes satelitales, quienes predijeron pocos cambios en la intensidad. Debby tocó tierra en Tuxpan el 3 de septiembre a las 00:00 UTC. Debby se debilitó sobre los terrenos montañosos de México, pero fue capaz de seguir su enlace para convertirse en la depresión tropical 17E al este de la cuenca del océano Pacífico.

Impactos

No existieron reportes de Tuxpan, una ciudad de 120,000 personas, todo lo que se sabe es que ocurrió una fuerte inundación. Tres de las diez muertes reportadas por Debby fueron a causa de una avalancha de tierra en Papantla que destruyó dos casas. Otras tres muertes relacionadas con la tormenta fueron reportadas con otras avalanchas que destrozaron otras casas en Poza Rica. Cuatro personas murieron y dieciséis se lesionaron en un pueblo al norte de la Ciudad de México cuando una avalancha de lodo aplastó varias residencias. Diez

personas fallecieron en Veracruz habiendo entre 25,000 y 50,000 sin albergue. Varios equipos de emergencia trabajaron apresuradamente en preparar albergues para ellos. Debby causó varios apagones en Tuxpan, Poza Rica y en otros lugares. En Poza Rica, los escombros causaron que las salidas de agua se bloquearan. Lodo y piedras bloquearon caminos, y docenas fueron rescatados por las inundaciones de casas y autos. Hubo daños mayores, principalmente en ocho comunidades.

De las trayectorias que se tienen registros suman un total de 3,434 del año 1970 al 2011; de ese universo, sólo el huracán Debby ha sido el que ha cruzado por el territorio del municipio de Aculco y en ese momento era categoría 1.

Por lo anterior el municipio de Aculco se puede clasificar con peligro muy bajo ante la presencia de huracanes.

5.2.6. Tornados

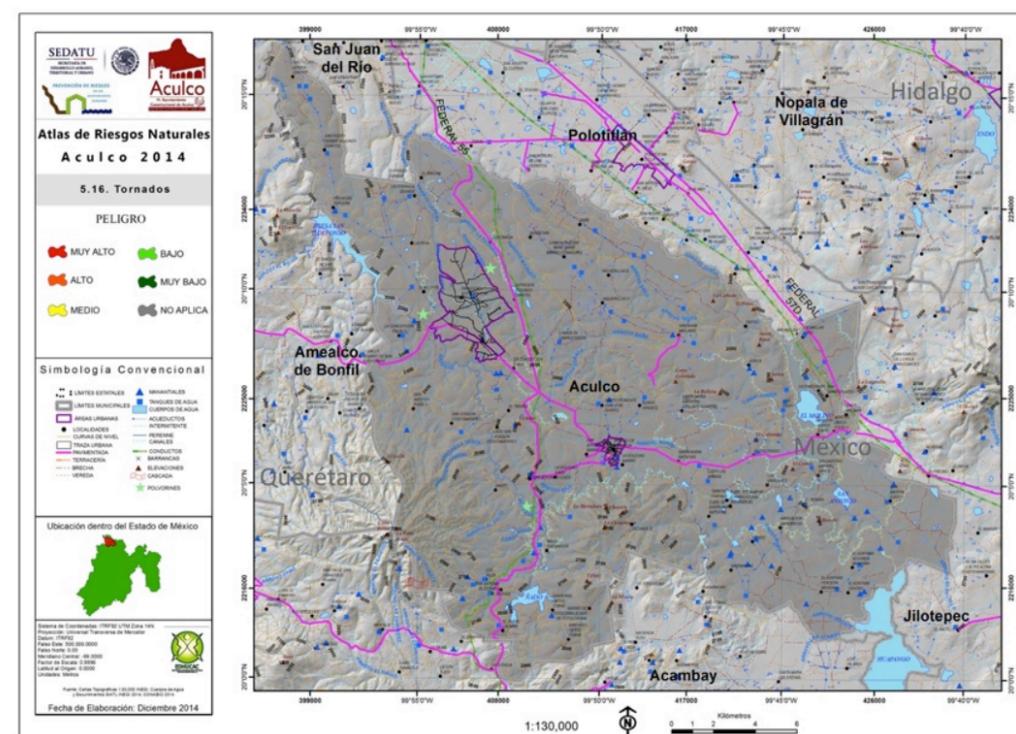
Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice o remolino, el cual aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme, resultado de una gran inestabilidad, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste; los tornados se forman cuando chocan masas de aire con diferentes características físicas de densidad, temperatura, humedad y velocidad.

Cuando se observa un tornado se puede distinguir una nube de color blanco o gris claro, mientras que el vórtice se encuentra suspendido de ésta; cuando el vórtice o remolino hace contacto con la tierra se presenta una nube de un color gris oscuro o negro debido al polvo y escombros que son succionados del suelo por la violencia del remolino. Estos vórtices llamados también chimeneas o mangas, generalmente rotan en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y al contrario en el hemisferio sur. En algunas ocasiones se presentan como un cilindro, con dimensiones que pueden ser desde decenas de metros hasta un kilómetro; el diámetro puede variar ligeramente entre la base de la nube y la superficie del suelo.

Algunos tornados están constituidos por un solo vórtice, mientras que otros forman un sistema de varios de ellos que se mueven en órbita alrededor del centro de la circulación más grande del tornado. Estos vórtices se pueden formar y desaparecer en segundos. Los tornados pueden ser locales, pero la rapidez con que se desarrollan los hace muy peligrosos para la gente. Los daños que ocasionan son diversos, entre los que destacan: pérdidas económicas a la agricultura, a las viviendas, a la infraestructura urbana, lesiones, cortaduras e incluso, pérdidas humanas. Los daños de los tornados son el resultado de la combinación de varios factores:

- La fuerza del viento provoca que las ventanas se abran, se rompan cristales, haya árboles arrancados de raíz y que automóviles, camiones y trenes sean lanzados por los aires.
- Los impactos violentos de los desechos que porta y que son lanzados contra vehículos, edificios y otras construcciones, etc.
- La baja presión del interior del tornado, provoca la falla de algunos elementos estructurales y no estructurales sobre las que se posa, como las ventanas.

MAPA 59 Peligro por tornados en el municipio de Aculco



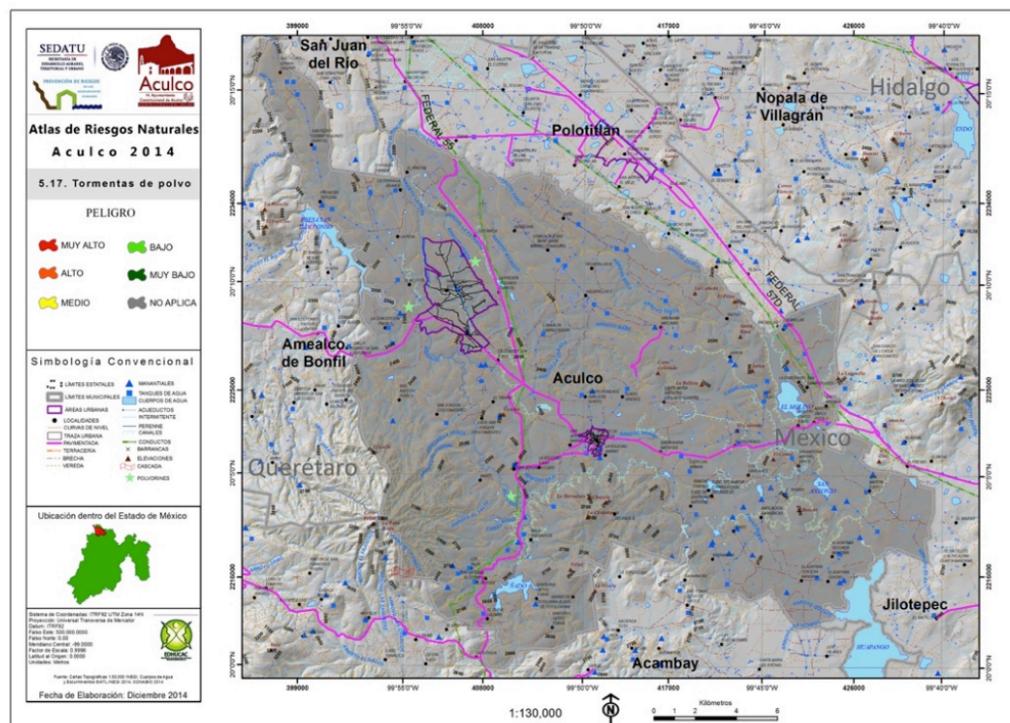
En México no existe sistema alguno que permita alertar la presencia de este fenómeno hidrometeorológico; sin embargo, ya comienza a haber instrumentación capaz de detectar superceldas y, tal vez, tornados, como es el caso del radar Doppler “Mozotal”, recientemente instalado en el estado de Chiapas, operado por el Servicio Meteorológico Nacional

Para el municipio de Aculco el peligro por tornados no aplica.

5.2.7 Tormentas de polvo

Una tormenta es un fenómeno caracterizado por la coexistencia próxima de dos o más masas de aire de diferentes temperaturas. Este contraste asociado a los efectos físicos implicados desemboca en una inestabilidad caracterizada por lluvias, vientos, relámpagos, truenos y ocasionalmente granizos entre otros fenómenos meteorológicos.

MAPA 60 Peligro por tormentas de polvo en el municipio de Aculco



Aunque científicamente se define como tormenta a aquella nube capaz de producir un trueno audible, también se denominan tormentas en general a los fenómenos atmosféricos violentos que en la superficie de la tierra están asociados a lluvia, hielo, granizo, electricidad, nieve o vientos fuertes que pueden transportar partículas en suspensión como la tormenta de arena o polvo, incluso pequeños objetos o seres vivos. Son eventos de corta duración y que se desarrollan principalmente en zonas planas.

Para el municipio de Aculco el peligro por tormentas de polvo no aplica.

5.2.8 Tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantarlo, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente, en grupos o en líneas. El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella.

El estado de madurez de una tormenta está asociado con grandes cantidades de precipitación y rayos. Los efectos de las tormentas eléctricas van desde herir o causar el deceso de una persona de forma directa o indirecta hasta dañar la infraestructura de la población, que provocaría la suspensión de la energía eléctrica, además de afectar algunos aparatos (radio, televisión, computadoras, refrigeradores, etc.). En ocasiones, las descargas eléctricas pueden provocar la muerte del ganado y son la causa más común del retraso de las aeronaves y de los accidentes aéreos, siendo el mayor peligro para la aviación (Hebbs, 2005).

Los riesgos asociados a los rayos, especialmente aquéllos que pueden producir heridas y decesos, han sido estudiados por países como Estados Unidos de América, Canadá y Reino Unido, entre otros. Dichos trabajos se refieren a la exposición de las personas durante una tormenta eléctrica y sus consecuencias, las cuales pueden ser parálisis, quemaduras, intensos dolores de cabeza, pérdida de audición y de la memoria, hasta llegar a la muerte (Mill, et al, 2008, Shearman y Ojala, 1999).

En México se registran, desde 1985 el número de decesos generados por el alcance de rayos (Secretaría de Salud, 2007). En los últimos 22 años se reportaron 4,848 defunciones en 31 estados del país; en promedio, al año se llegan a presentar 220 pérdidas humanas por tormentas eléctricas. El único estado que no ha registrado muertes es Baja California Sur, mientras que en el Estado de México se localiza el mayor número de casos, con 1,140 como se aprecia en la siguiente imagen.

Asimismo, en 1985 se presentó el mayor número de pérdidas humanas con 358, mientras que en 2006 fueron sólo 116, es decir, hubo una disminución de más del 50%. Este decremento se debió probablemente a que la gente conoce mejor el fenómeno y sus consecuencias, así como las medidas de protección. Las tormentas eléctricas en México ocurren entre mayo y octubre. Se presentan con mayor frecuencia durante horas de la tarde o de la noche. Además, su ámbito es local o regional y son intermitentes como resultado de la topografía del país (UNAM, 2007). Así, el promedio anual de días con tormenta es de 30 y el máximo es de 100 sobre las sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre del Sur, Madre de Chiapas, Montañas del Norte de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal.

Por otra parte, las nubes convectivas de gran desarrollo vertical, como las que ocurren en la cuenca de México durante la temporada de lluvias, generalmente desarrollan campos eléctricos en su interior, resultado de la interacción entre las gotas de agua a temperaturas por debajo de cero grados, el granizo y los cristales de hielo (Binimelis, 2008).

Metodología para la determinación del peligro por tormentas eléctricas

Tomando como base las normales climatológicas históricas en las estaciones base climatológicas claves 15002, 15069, 15185, 15187, 15189, 15190, 15192, 15260 y 15261, se toman el número de tormentas eléctricas anuales y se interpolan los datos de las estaciones con ayuda de un sistema de información geográfica.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas.

TABLA 37 Estaciones climatológicas para días con tormentas eléctricas que tienen influencia en el municipio de Aculco

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15002	Aculco	1961-2011	15190	Presa San Ildelfonso	1951-2008
15069	Polotitlán	1961-2008	15192	Taxhie	1974-2008
15185	Presa El Molino	1973-2008	15260	San Lucas Totolmalo ya	1979-2008
15187	Presa Huapango	1973-2009	15261	El Jazmín	1978-2008
15189	La Concepción	1973-2008			

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan los días con tormentas eléctricas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de días con tormenta de granizo asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isóneas por tormentas eléctricas para el municipio.

Memoria de cálculo

Para poder determinar los días con tormentas eléctricas asociadas a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajustes de funciones de probabilidad ala serie obtenida, estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado es la que se utilizó para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados. En la siguiente tabla se muestran los días con tormentas eléctricas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

Nivel de peligro por Tormenta Eléctrica de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

PR 5 años



PR 10 años



PR 25 años



TABLA 38 Días con tormentas eléctricas a diferentes periodos de retorno

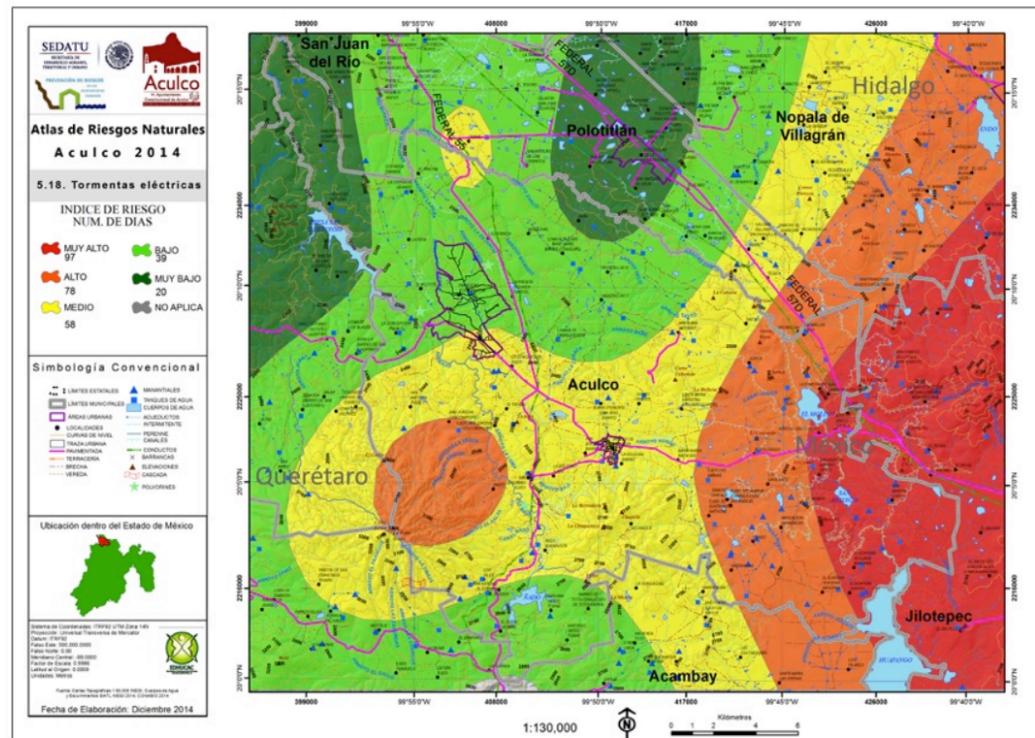
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15189	14.58	21.11	27.36	35.47
15187	43.40	57.83	71.00	89.60
15185	35.56	48.17	60.27	75.92
15260	41.63	50.66	59.31	70.00
15190	3.45	5.74	7.93	10.77
15192	17.27	25.10	32.61	42.33
15261	12.61	17.00	21.82	27.66
15002	36.00	42.13	76.20	51.11
15069	5.74	8.00	11.20	14.66

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Resultados de días con tormentas eléctricas.

En el siguiente mapa se presenta la distribución del índice de riesgo para tormentas de eléctricas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio.

MAPA 61 Índice de riesgo por tormentas eléctricas en el municipio de Aculco



5.2.9 Lluvias extremas

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico porque es responsable de depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) que se forman caen a la Tierra por gravedad. Se puede inducir a las nubes a producir precipitación, rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, generando las gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación.

Las precipitaciones acuosas se clasifican como sigue:

Llovizna: es cuando apenas se alcanzan a ver las gotas. En una llovizna la pluviosidad es casi insignificante y se ve como si las gotas flotaran en forma pulverizada. Popularmente se le llama "garúa", "orvallo", "sirimiri", "calabobos".

"Chispear": se usa para describir un término medio entre una llovizna y una lluvia débil. En comparación con la primera de éstas, la pluviosidad es mayor y las gotas también aumentan de tamaño.

Lluvia: propiamente dicha, va de débil a moderada, sin alcanzar la intensidad de una tormenta.

Chubasco: el viento, las gotas y la intensidad aumentan.

Tormenta: puede ser débil o intensa; su pluviosidad es alta y las gotas son grandes y el viento, intenso; incluye la posibilidad de que se precipite granizo.

Tromba: es más fuerte que la tormenta. Tiene viento intenso, gotas grandes, pluviosidad suficientemente alta para inundar y causar estragos. Esta lluvia tiene la capacidad de crear granizo sumamente grande y con posibilidad de aparición de tornados. Las trombas tienen vórtices de viento, como una especie de "ojo".

Metodología

Derivado de una clasificación del CENAPRED, la lluvia se califica con respecto a la cantidad de precipitación por hora (mm/h), siendo tipificada de la siguiente manera:

- Débiles: cuando su intensidad es ≤ 2 mm/h.
- Moderadas: > 2 mm/h y ≤ 15 mm/h.
- Fuertes: > 15 mm/h y ≤ 30 mm/h.
- Muy fuertes: > 30 mm/h y ≤ 60 mm/h.

Tomando como base la clasificación anterior, se decidió integrar al análisis el mapa de precipitación-duración-periodo de retorno editado por el CENAPRED en el 2006 para una duración de 1 hora y un periodo de retorno de 5 años. La siguiente figura muestra el mapa correspondiente:

Figura 5. Isoyetas con periodo de retorno de 5 años y duración de una hora



Del análisis estadístico de la variable climatológica, temperatura mínima reportada en la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Aculco, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2008.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas.

TABLA 39 Estaciones climatológicas para días con tormentas eléctricas que tienen influencia en el municipio de Aculco

TAB	Aculco	1961-2011	15190	Presa San Ildefonso	1951-2008
15069	Polotitlán	1961-2008	15192	Taxhie	1974-2008
15185	Presa Molino	1973-2008	15260	San Lucas Totolmalo ya	1979-2008
15187	Presa Huapango	1973-2009	15261	El Jazmín	1978-2008
15189	La Concepción	1973-2008			

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan los días con tormentas eléctricas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de días con tormenta de granizo asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isolíneas por tormentas eléctricas para el municipio.

Memoria de cálculo

Para poder determinar los días con lluvias extremas asociados a los periodos de retorno, (5, 10, 25 y 50 años), se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida. Estas funciones fueron: Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados. En la siguiente tabla se muestran las lluvias máximas por estación para cada uno de dichos periodos.

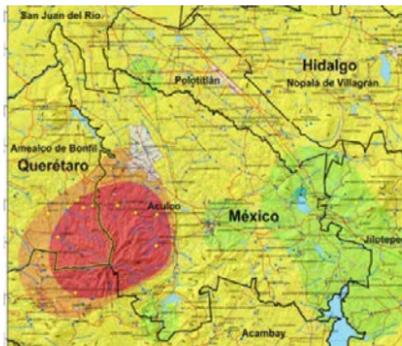
Grafica 21. Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15189	289.76	312.00	328.39	348.29
15187	70.44	82.08	93.08	106.89
15185	57.49	65.81	73.80	84.13
15260	611.00	68.00	76.28	85.48
15190	97.88	77.05	85.86	97.25
15192	62.04	66.80	70.00	76.00
15261	59.58	94.20	157.97	231.29
15002	59.35	67.00	73.87	81.55
15069	256.01	277.92	296.30	317.33

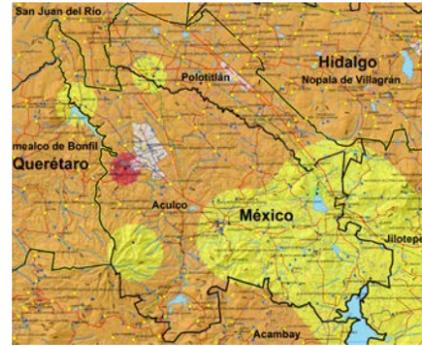
Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM.

Nivel de peligro por Precipitaciones de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

PR 5 años



PR 10 años



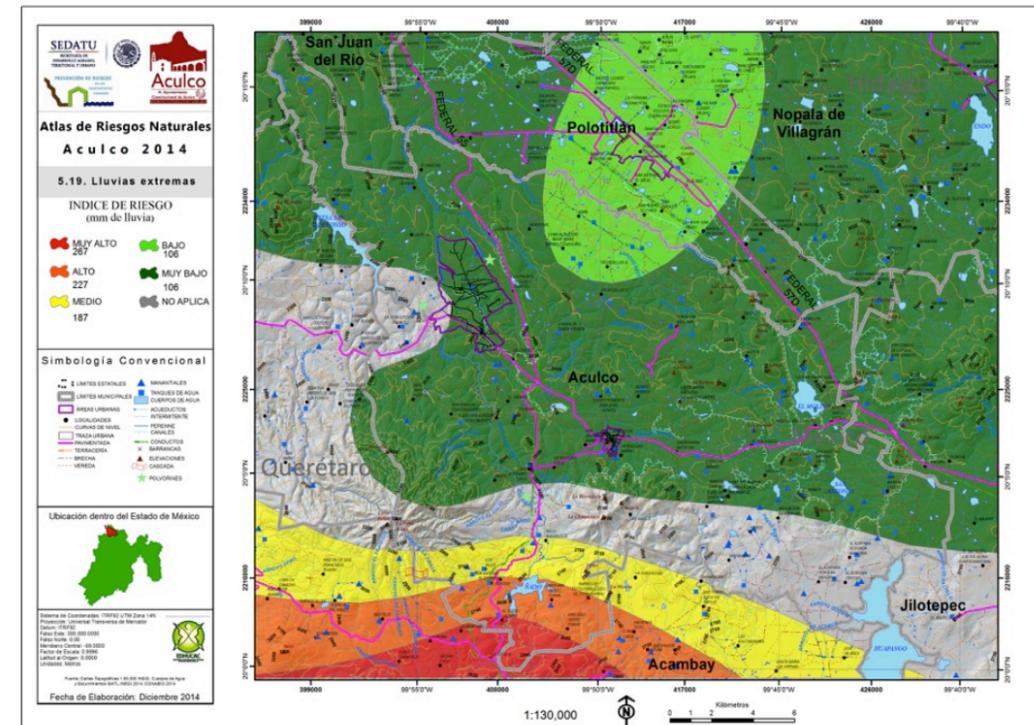
PR 25 años



Resultados de lluvias máximas

En el siguiente mapa se presenta la distribución del índice de riesgo por lluvias extremas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este fenómeno en el municipio.

TABLA 41 Índice de riesgo por lluvias extremas en el municipio de Aculco



5.2.10. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres

En México han ocurrido, por efecto de desastres, alrededor de 10,000 muertes, de 1980 a 1999, aproximadamente 500 cada año. Las pérdidas económicas calculadas alcanzan 9,600 millones de dólares, con un monto promedio anual cercano a los 500 millones de dólares (Bitrán, 2000).

Una estimación de las víctimas fatales en México a consecuencia de fenómenos hidrometeorológicos arroja 2,767 personas, lo que representa un promedio cercano a los 140 individuos fallecidos anualmente. La cantidad de daños totales por este tipo de fenómenos, de 1980 a 1999, fue de 4,537 millones de dólares, lo que en promedio arroja 227 millones de dólares en pérdidas anuales.

Metodología

Se delimitan las cuencas de aportación de los arroyos y ríos que en la zona de estudio. Y se determinan sus parámetros físicos requeridos para determinar el escurrimiento generado en la cuenca, por medio de métodos Lluvia – Escurrimiento.

Del análisis estadístico de la variable climatológica, lluvia máxima en 24 horas reportadas en la base de datos de CONAGUA, de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Aculco, se obtuvieron las precipitaciones máximas asociadas a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años. En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas utilizadas.

TABLA 42 Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Aculco para lluvias máximas

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15002	Aculco	1961-2011	15190	Presa San Idefonso	1951-2008
15069	Polotitlán	1961-2008	15192	Taxhie	1974-2008
15185	Presa El Molino	1973-2008	15260	San Lucas Totolmaloya	1979-2008
15187	Presa Huapango	1973-2009	15261	El Jazmín	1978-2008
15189	La Concepción	1973-2008			

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan los días con granizo anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de días con lluvias máximas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isoyetas por lluvias extremas para el Municipio.

Memoria de cálculo

Para poder determinar los días con lluvias extremas asociadas a los periodos de retorno, (5, 10, 25 y 50 años), se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida. Estas funciones fueron: Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados. En la siguiente tabla se muestran las lluvias máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

TABLA 43 Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno.

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15189	289.76	312.00	328.39	348.29
15187	70.44	82.08	93.08	106.89
15185	57.49	65.81	73.80	84.13
15260	611.00	68.00	76.28	85.48
15190	97.88	77.05	85.86	97.25
15192	62.04	66.80	70.00	76.00
15261	59.58	94.20	157.97	231.29
15002	59.35	67.00	73.87	81.55
15069	256.01	277.92	296.30	317.33

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM.

Con apoyo del SIATL de INEGI se determinaron los escurrimientos generados por las precipitaciones de la tabla anterior asociados a diferentes periodos de retorno.

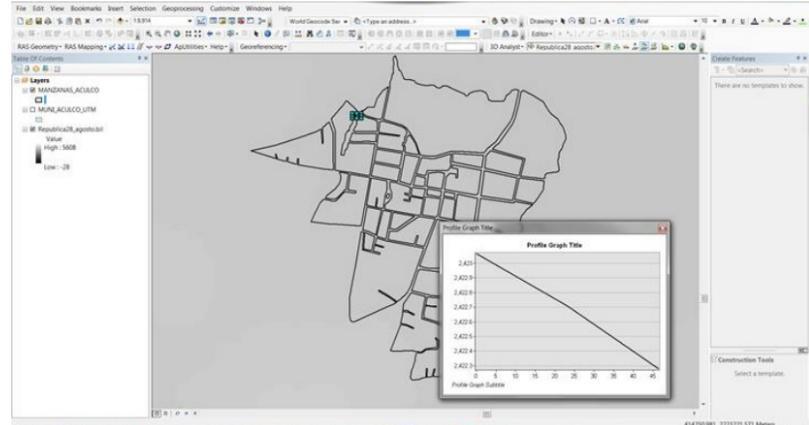
TABLA 44 Caudales máximas para diferentes periodos de retorno

Tr	Q [m ³ /s]
5	5.94
10	6.64
25	7.33
50	8.12

Fuente: Elaboración obtenida con uso del SIATL INEGI.

Para determinar las áreas de inundación, se utilizó como información topográfica la del Continuo del Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0, 15m), esto se ve en la siguiente figura.

Figura 6. CEM 3.0 En zona de cauces en Aculco y sección de arroyo.



Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m.

Al intentar generar curvas de nivel no se logró delimitar los drenes pluviales, pues estos tienen un ancho de aproximadamente 3 a 5 metros y al tomar esta información como base, no representaba lo ocurrido el día de la inundación del 9 de octubre de 2014. Siendo esta la base para los modelos de ríos, se decidió delimitar las áreas de inundación de acuerdo a la información recopilada en campo.

Resultados

En los recorridos de campo se logró detectar un sitio que hace aproximadamente 5 años atrás se inundó, el “Bar Restaurante Familiar Sánchez”, debido a que se construyó sobre el cauce de un arroyo, invadiendo en su totalidad la zona federal.

Figura 7. Localización del sitio de inundación hace 5 años.



Fuente: Archivo fotográfico propio

A continuación se muestran algunas fotografías de esta situación.

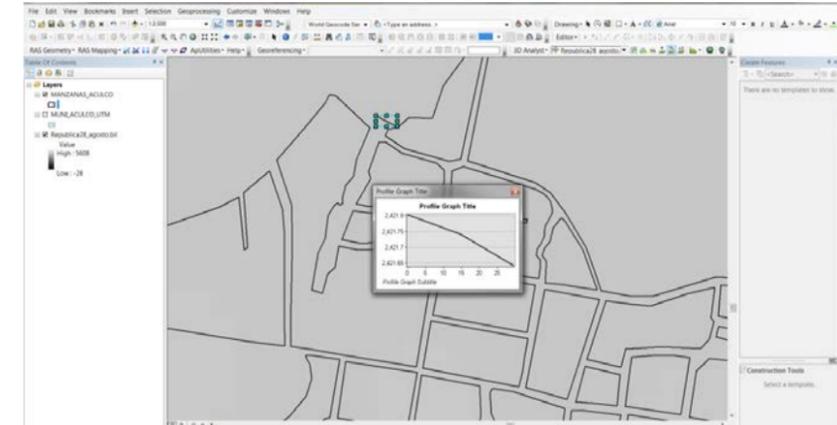
Foto 7. Obstrucción en el flujo libre del agua del arroyo dentro de la zona urbana del municipio de Aculco



Fuente: Archivo fotográfico propio

La primera foto fue tomada de aguas arriba hacia aguas abajo, y la segunda foto fue tomada en sentido inverso. En la siguiente figura se muestra el perfil que se obtiene del CEM 3.0 de INEGI en la zona donde se localiza el cauce que se desbordó e inundó esa zona hace 5 años.

Figura 8. Sección en la zona del cauce, con el CEM INEGI 30.5 a 15m



Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m

Como se puede observar no se alcanza a delimitar la zona del cauce, por lo que este apartado se ha desarrollado en base a lo informado por personal de Protección Civil de Aculco y del dueño del Restaurante Sánchez.

En las siguientes fotos se presenta el nivel alcanzado en la inundación dentro del Restaurante y en la segunda se muestra el cauce aguas abajo del mismo.

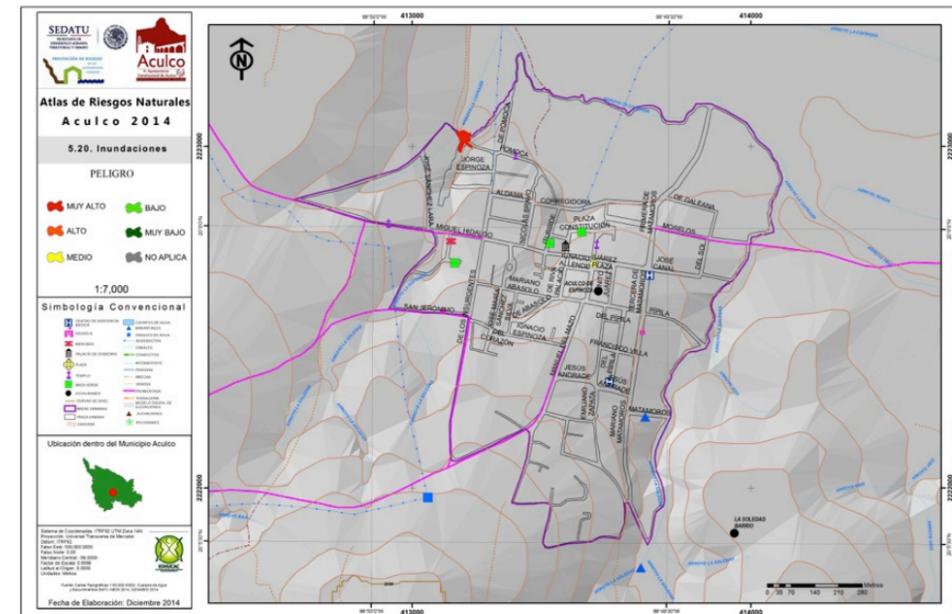
Foto 8. Nivel alcanzado por la inundación y cauce aguas abajo del restaurante Sánchez



Fuente: Archivo fotográfico propio.

Con base en lo anterior se muestra el plano resultante de zonas de inundación en el municipio de Aculco.

MAPA 62 Inundaciones en el municipio de Aculco



MAPA 63 Inundaciones en Aculco de Espinosa



El paraje “Las Bóvedas” en Santa María Nativitas, Aculco en las coordenadas 20° 5.945', 99° 48.076' se inunda cuando los bordos que se ubican a 800m (dato proporcionado por protección civil) se llenan en temporadas de lluvias y se desbordan inundando este sitio. Aunque tiene un arroyo intermitente de desagüe, es insuficiente e inunda una superficie aproximada de 5 ha, sobre el arroyo. A 3 metros sobre él hay un puente que tiene una elevación de 3 metros. La inundación afecta sólo sembradíos.

Foto 9. Zona de inundación.



Fuente: Archivo fotográfico propio.

En las siguientes fotos se muestra el canal de desagüe que resulta insuficiente.

Foto 10. Canal de excedencias.



Fuente: Archivo fotográfico propio.

La Presa La Cofradía se localiza en las coordenadas 20° 6.651, 99° 50.701'. En este sitio pasa una carretera y el nivel del agua está a tan solo 1.5 m por debajo de la carretera; cuando las lluvias son fuertes se desborda por lo que no se puede transitar, las afectaciones son a sembradíos principalmente.

Foto 11. Zona de inundación del vaso cercano a la carretera federal.



Fuente: Archivo fotográfico propio.

Foto 12. Puente vehicular cercano al espejo del agua.



Fuente: Archivo fotográfico propio.

CAPÍTULO VI

Obras de mitigación

Uno de los principales problemas del municipio de Aculco son los cambios ambientales ocasionados en gran parte por los cambios en el uso del suelo al eliminar zonas arboladas y de vegetación con objeto de ampliar el área destinada a actividades agrícolas y pecuarias.

Lo anterior, aunado a las características naturales, ha provocado que se erosionen las tierras. Con ello pierden la capacidad de absorción los mantos, haciendo que el agua se deslice fácilmente sobre la superficie y descienda cada vez con más fuerza y en mayor cantidad.

Desde 2010 se determinó que el banco de cantera ubicado en la localidad de Gunyó Poniente, es de alto riesgo para la población que vive cerca de la zona de extracción, pues los agentes erosivos generan la aceleración de la susceptibilidad ante caída de roca que afecta directamente a la ladera. Asimismo, debido a la escasa vegetación, a la deforestación y a la tala de bosques para uso agrícola y su posterior transformación para uso urbano, de julio a septiembre del 2013 se presentaron procesos gravitacionales con remoción de masa en algunas localidades como Santa María Nativitas y Muyteje.

Los poblados donde se han registrado el mayor número de inundaciones, sin que esto cobre la vida de seres humanos o daños considerables son: Arroyo Zarco Pueblo, Santa María Nativitas, El Colorado, Gunyó, Los Cedros, La Soledad, Aculco de Espinosa, San Lucas Tercer Cuartel y San Lucas Totolmaloya. En el año 2011, la presa Molino Viejo llegó a su límite y se desbordó el río que atraviesa la localidad de Arroyo Zarco, generando afectaciones a los sembradíos y a las instalaciones deportivas de la preparatoria de dicha comunidad. Para el 2012 las inundaciones se presentaron en la cabecera municipal en la calle Pomoca.

6.1. En materia de peligros geológicos, se sugieren las siguientes acciones:

- Es importante que se realicen todos los estudios necesarios que verifiquen la información bibliográfica que se recabó para la realización del presente atlas, por ejemplo: recomienda elaborar un plano a escala local geológico-geotécnico en el cual se indique los suelos o materiales más susceptibles para sufrir procesos de deslizamiento y su ubicación en el Municipio.
- Se recomienda elaborar un plan de contingencia en caso de sismos.
- Se recomienda la reubicación de pobladores en las regiones de muy alta y alta susceptibilidad localizadas en el mapa de susceptibilidad geológico además de las áreas que resulten de los estudios locales realizados para el municipio de Aculco.
- Realizar monitoreo constante para las zonas que resultaron con “Muy Alta” y “Alta” susceptibilidad a erosión y socavación hídrica. Asimismo, se recomienda que después de realizar los estudios locales pertinentes, se debe reforestar las zonas más susceptibles a erosión dentro del Municipio.
- recuperación de suelos, se tienen las mecánicas y las vegetativas, por ejemplo realizar distintas modalidades de terrazas, la rotación de cultivos, reforestación, cortinas rompe viento, entre otras.
- Elaborar el Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico en el que se establezca un programa de protección y rescate ambiental integral.
- Implementar un acercamiento total con productores para que reciban apoyos para un manejo sustentable de los cultivos.

- Hacer campañas de reforestación con voluntarios en varias zonas, para lo cual se requerirá de la asesoría de personal especializado que recomiende los tipos de especies, tiempo de plantación y distribución adecuadas, así como la pertinencia de generar cortinas de árboles que mitiguen vientos, corrientes, ruido, etc.
- Reforzar el área de ecología dentro del Municipio con atribuciones definidas en temas como la tala, deforestación, manejo de cauces y cuerpos de agua, que prevea la posibilidad de resarcimiento de daños.
- Implementar programas de separación de residuos como el de las 3R (reducir, reusar, reciclar) y de erradicación de tiraderos clandestinos.
- Cambiar el enfoque agrícola actual por uno con criterios sustentables usando prácticas de rotación de cultivos y cambio de químicos en cultivos.
- Impulsar programas de incentivos para el manejo de recursos forestales y acuíferos como el pago por servicios ambientales.

6.3. En materia de riesgos hidrometeorológicos se sugiere lo siguiente:

Ampliar la cobertura del drenaje y el alcantarillado para evitar descargas directas a corrientes y cuerpos de agua.

Llevar a cabo un estudio que reporte las zonas en las que no existe drenaje y aquellas en las que hay descargas a corrientes o cuerpos de agua.

Hacer un estudio diagnóstico de la zona del arroyo que atraviesa el área urbana y se desborda en época de lluvias y solicitar que CONAGUA delimite la zona federal.

Declarar zona de riesgo el área que se inunda y reubicar las viviendas que se encuentren invadiendo la zona federal en la parte en que el arroyo se encuentra encofrado.

Hacer un registro de la situación de pozos

6.4. En materia de otros riesgos se concluye:

- Impedir el establecimiento de asentamientos humanos y actividades en las proximidades de los polvorines, de acuerdo a las distancias de seguridad que establece la Sedena. (Ver anexo 7.5.)
- Instalar letreros de advertencia de peligro en las cascadas y en épocas de mayor afluencia implementar operativos de vigilancia y orientación a la población para evitar accidentes.

6.5. En materia de control de uso de suelo:

- Se recomienda llevar a cabo una actualización del programa municipal de desarrollo urbano para incorporar los criterios derivados del presente atlas.
- Se sugiere implementar y publicar un reglamento de construcción específico para el Municipio que permita regular las construcciones, los materiales y utilizar las conclusiones del atlas, evitando que las localidades crezcan hacia zonas de riesgo.
- Implementar y publicar un reglamento de imagen urbana que permita controlar los criterios de consistencia urbana evitando construcciones que demeriten su uniformidad.

- Implementar y mejorar el potencial para la actividad turística. Conservar el Centro Histórico, las zonas de paisaje, generar apoyos para el mantenimiento y conservación de inmuebles catalogados; difundir los valores históricos y alentar el crecimiento del sector servicios.

6.6 En materia de concientización

- Diseñar programas de información y difusión sobre:
 - Los riesgos naturales a los que está expuesta la población del Municipio.
 - Qué hacer antes, durante y después, en caso de que se presente algún riesgo.
 - Manejo responsable de residuos.
- Gestionar la impartición de talleres de concientización en materia de riesgos:
 - Primeros auxilios
 - Programas de protección civil a nivel vecinal en las zonas más densamente pobladas o en lugares de concentración de personas como escuelas, mercados, hospitales, etc.

A continuación se presenta tabla con las propuestas de obras y acciones para el municipio de Aculco.

ACULCO



Este es la imagen del sitio donde puede haber deslizamiento de ladera

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Geológicos				
Derrumbes (caídos)	Carretera Acambay – San Juan del río	Inestabilidad de laderas	Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes cubrir ya sea con suelo fértil, concreto lanzado, geotextiles, entre otros; construir terrazas o bermas para evitar que el agua adquiera velocidad; impermeabilizar la parte alta de los taludes,	La mejor solución está en función de la litología y/o geología por lo que estos factores deben ser considerados en un estudio puntual de acuerdo a la necesidad de cada sitio.
Deslizamiento de laderas	ladera Oeste en de la barranca que cruza la Av. Miguel Hidalgo esquina José Sánchez y cuyas aguas corren hacia el deportivo del municipio	Viviendas construidas al margen de la barranca	Una solución drástica es el entubar la barranca o bien reubicar a la población. Podría estabilizarse la ladera con concreto lanzado. Evitar que las descargas sean directamente en la pared de la barranca porque genera un proceso de erosión y de saturación del suelo.	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Inundaciones	Río adyacente al Restaurante Bar Sánchez	Desbordamiento	Levantamiento topográfico del río adyacente al Restaurante Bar Sánchez y sus afluentes a detalle, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, y la avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua..	
	Río	Desbordamiento	Estudio	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
	adyacente al Restaurante Bar Sánchez		Hidrológico del Río adyacente al Restaurante Bar Sánchez y sus afluentes para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	
	Río Restaurante Bar Sánchez	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Restaurante Bar Sánchez y sus afluentes	
	Río Restaurante Bar Sánchez	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores Dimensionar obras de protección.	
	Río Aculco 2	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río Aculco 2 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, cuál es su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	
	Río Aculco 2	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río Aculco 2	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
			para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	
	Río Aculco 2	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Aculco 2	
	Río Aculco 2	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores, dimensionar obras de protección.	
	Río Aculco 2	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río Aculco 2 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	
	Río Aculco 2	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río Aculco 2 para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
	Río Aculco 2	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Aculco 2	
	Río Aculco 2	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores Dimensionar obras de protección.	
	Río Aculco 3	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río Aculco 3 en la zona y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 3	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río Aculco 3 para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 3	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Aculco 3	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
				Municipal
	Río Aculco 3	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores se realiza la conservación y limpieza del cauce.	
	Río Aculco 4	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río Aculco y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 4	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río Aculco 4 para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 4	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Aculco 4	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 4	Desbordamiento	En base a los	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
			estudios anteriores se realiza la conservación y limpieza del cauce.	
	Río Aculco 5	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río Aculco 5 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 5	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río Aculco 5 para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 5	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Aculco 5	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 5	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores se realiza la conservación y limpieza del	

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
			cauce.	
	Río Aculco 6	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río Aculco 6 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 6	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río Aculco 6 para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 6	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Aculco 6	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 6	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores se realiza la conservación y limpieza del cauce.	
	Río Aculco 7	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a	Para fines de delimitación de Zona

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS /RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
			detalle del Río Aculco 7 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 7	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río Aculco 7 de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 7	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río Aculco 7	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río Aculco 7	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores se realiza la conservación y limpieza del cauce.	



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio.....	12
Figura 2. Áreas urbanizables consideradas en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2010	42
Figura 3. Infraestructura del municipio de Aculco.....	43
Figura 4. Ubicación del municipio de Aculco en el contexto nacional de la Regionalización Sisma de CFE 55	
Figura 5. Sismos registrados con epicentros ubicados en cercanía del municipio.....	57
Figura 6. Periodos de retorno para aceleraciones mayores al 15% del valor de la aceleración de la gravedad del Municipio de Aculco, Estado de México.....	59
Figura 7. Ubicación del municipio en referencia a la zona de tsunamis mas cercana	60
Figura 8. Localización de las estaciones climatológicas para el municipio de Aculco.....	86
Figura 9. Condiciones normales del Pacífico tropical y Condiciones del Pacífico tropical durante "El Niño.....	90
Figura 10. Elementos que favorecen la inversión térmica.....	92
Figura 11. Aumento de la radiación de calor del suelo.....	93
Figura 12. Formación de hielo.....	93
Figura 13. Elementos que integran la radiación Solar	93
Figura 14.	93
Figura 15. Tipos de Heladas	93
Figura 16. Formación de tormentas de granizo	95
Figura 17. Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm	98
Figura 1. Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm.....	98
Figura 2. Heladas y nevadas en México	99
Figura 3. Trayectorias de Ciclones Tropicales por el Pacífico, Caribe y Golfo de México.....	101
Figura 4. Trayectoria del Huracan Debby perteneciente a la temporada de huracanes en el Atlántico de 1988	102
Figura 5. Isoyetas con periodo de retorno de 5 años y duración de una hora	107
Figura 6. CEM 3.0 En zona de cauces en Aculco y sección de arroyo.....	110
Figura 7. Localización del sitio de inundación hace 5 años.	110
Figura 8. Sección en la zona del cauce, con el CEM INEGI 30.5 a 15m	111

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Polvorín de El Mogote.....	8
Cascada de La Concepción	11
Foto 2. Imágenes de actividades terciarias en Aculco.....	40
Foto 3. Tipos de vivienda en Aculco.....	51
Foto 4. Puntos inestables de laderas en la carretera Acambay-Aculco	68
Foto 5. Sitio con peligro a derrumbes en la carretera Acambay-Aculco.	78
Foto 6. Daños en el drenaje en Hidalgo y José Sánchez	80
Foto 7. Obstrucción en el flujo libre del agua del arroyo dentro de la zona urbana del municipio de Aculco.....	111
Foto 8. Nivel alcanzado por la inundación y cauce aguas abajo del restaurante Sánchez	111
Foto 9. Zona de inundación.	113
Foto 10. Canal de excedencias.....	113

Foto 11. Zona de inundación del vaso cercano a la carretera federal.....	114
Foto 12. Puente vehicular cercano al espejo del agua.	114

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1. Evolución de la población y proyecciones en el municipio Aculco 1990-2030	28
Grafica 2. Distribución de la población municipal.....	28
Grafica 3. Porcentaje de población por localidad de origen	30
Grafica 4. Distribución de la población por sexo, Aculco	30
Grafica 5. Distribución de población por grupos de edad en el municipio de Aculco.....	30
Grafica 6. Pirámide de población por sexo en el municipio de Aculco	31
Grafica 7. -Población de 15 años y más. Comparativo analfabetas y con secundaria terminada por sexo.	33
Grafica 8. Población de 18 años y más total y la que tiene algún grado pos-básico (nivel medio o superior) de estudios.....	34
Grafica 9. Incidencia y tipo de discapacidad en Aculco, 2010.....	34
Grafica 10. Principales localidades con población indígena en el municipio de Aculco 2005	38
Grafica 11. Producción Agrícola del Municipio	38
Grafica 12. Producción ganadera en 2011	39
Grafica 13. . Volúmen de la producción minera	40
Grafica 14. porcentaje de la participación por sexo de la población económicamente activa y no activa del municipio de Aculco	41
Grafica 15. Participación de la población económicamente activa por actividad económica del municipio de Aculco	42
Grafica 16. Temperaturas máximas mensuales históricas y máximas promedio.	85
Grafica 17.	88
Grafica 18. Temperaturas mínimas medias mensuales en la estación 15002	88
Grafica 19. Temperaturas mínimas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C].....	89
Grafica 20. Temperaturas mínimas históricas mensuales en la estación 15002.....	94
Grafica 21. Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno	108

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1 Mapa base de Aculco	14
MAPA 2 Mapa base de la localidad Aculco de Espinosa	14
Fuente: Elaboración propia con base en datos de las cartas temáticas de las provincias fisiográficas y subprovincias fisiográficas de INEGI.	16
MAPA 3 Fisiografía del municipio de Aculco	16
MAPA 4 Subprovincias fisiográficas del municipio de Aculco	17
MAPA 5 Geomorfología del municipio Aculco	18
MAPA 6 Geología del municipio de Aculco.....	19
MAPA 7 Edafología del municipio de Aculco	20
MAPA 8 Hidrología del municipio de Aculco.....	21
MAPA 9 Regional de Cuencas	21
MAPA 10 Cuencas hidrológicas	22
MAPA 11 Subcuencas hidrológicas.....	22
MAPA 12 Microcuencas hidrológicas	23

MAPA 13	Climas del municipio Aculco.....	24
MAPA 14	Uso del suelo y vegetación en el municipio de Aculco	25
MAPA 15	Áreas naturales protegidas del municipio de Aculco	26
MAPA 16	Distribución de la población	29
MAPA 17	Distribución de la población por AGEB.....	29
MAPA 18	Densidad de población en Aculco de Espinosa.....	32
MAPA 19	Densidad de población en Aculco de Espinosa.....	33
MAPA 20	Población con discapacidad.....	35
MAPA 21	Población con discapacidad por AGEB.....	36
MAPA 22	Niveles de marginación por localidad	37
MAPA 23	Vulnerabilidad social del municipio de Aculco	49
MAPA 24	Vulnerabilidad social San Lucas Totolmaloya	50
MAPA 25	Ubicación de volcanes cercanos al municipio de Aculco.....	53
MAPA 26	Peligro por erupciones volcánicas en el municipio de Aculco.....	53
MAPA 27	Peligro por caída de ceniza.....	54
MAPA 28	Regionalización Sísmica (CFE).....	54
MAPA 29	Escala de intensidad Mercalli del municipio.....	55
MAPA 30	Peligro en periodo de retorno de 10 años	58
MAPA 31	Aceleraciones con PR de 100 años	58
MAPA 32	Aceleraciones con PR de 500 años	59
MAPA 33	Peligro al fenómeno sísmico en el municipio de Aculco	60
MAPA 34	Peligro por tsunamis en el municipio de Aculco	61
MAPA 35	Susceptibilidad al movimiento de masas del municipio de Aculco.....	64
MAPA 36	Peligro por inestabilidad de laderas. Periodo de retorno de 10 años (cruce con isoyetas) 66	
MAPA 37	Peligro por inestabilidad de laderas. Periodo de retorno de 50 años (cruce con isoyetas) 67	
MAPA 38	Peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas	68
MAPA 39	Peligro por flujos Periodo de retorno 10 años.....	72
MAPA 40	Peligro por flujos Periodo de retorno 50 años.....	72
MAPA 41	Peligro por el fenómeno de flujos	73
MAPA 42	Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 10 años con 30 minutos de precipitación en el municipio de Aculco.	73
MAPA 43	Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 50 años con 30 minutos de precipitación en el municipio de Aculco	74
MAPA 44	Riesgo por flujos	¡Error! Marcador no definido.
MAPA 45	Peligro de caídos y derrumbes. Periodo de retorno 10 años	77
MAPA 46	Peligro de caídos y derrumbes. Periodo de retorno 50 años	77
MAPA 47	Peligro por el fenómeno de caídos o derrumbes	78
MAPA 48	Riesgo de derrumbes.....	¡Error! Marcador no definido.
MAPA 49	Peligro por el fenómeno de hundimientos en el municipio de Aculco	80
MAPA 50	Peligro por el fenómeno de subsidencia en el municipio de Aculco.....	82
MAPA 51	Ubicación del sistema de fallas y fracturas del municipio de Aculco.....	84
MAPA 52	Peligro por agrietamientos	84
MAPA 53	Ondas cálidas en el municipio de Aculco	87
MAPA 54	Índice de riesgos por ondas gélidas para el municipio de Aculco.....	90
MAPA 55	Índice de Peligro por sequías en el municipio de Aculco	92
MAPA 56	Índice de riesgos por heladas en el municipio de Aculco.	95

MAPA 57	Riesgo por heladas en el municipio de Aculco.....	95
MAPA 58	Índice de riesgos por tormentas de granizo en el municipio de Aculco	98
MAPA 59	Peligro por tormentas de nieve en el municipio de Aculco	99
MAPA 60	Peligro por ciclones tropicales en el municipio de Aculco	102
MAPA 61	Peligro por tornados en el municipio de Aculco	103
MAPA 62	Peligro por tormentas de polvo en el municipio de Aculco	104
MAPA 63	Índice de riesgo por tormentas eléctricas en el municipio de Aculco	106
MAPA 64	Inundaciones en el municipio de Aculco	112
MAPA 65	Inundaciones en Aculco de Espinosa	113

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Niveles de tratamiento de la información geológica e hidrometeorológica.....	12
TABLA 2	Porcentajes de la fisiografía del municipio de Aculco.....	16
TABLA 3	Porcentajes de las Geoformas del municipio de Aculco	17
TABLA 4	Porcentajes de las Unidades Litológicas del municipio de Aculco	18
TABLA 5	Porcentajes de las unidades edafológicas del municipio de Aculco	19
TABLA 6	Balance hídrico de aguas subterráneas del municipio de Aculco	20
TABLA 7	Porcentajes de los Tipos de Clima del municipio de Aculco	23
TABLA 8	Porcentajes del uso de suelo y vegetación del municipio de Aculco.	25
TABLA 9	Áreas naturales protegidas del municipio de Aculco	26
TABLA 10	Principales causas de muerte según sexo en Aculco, 2012	31
TABLA 11	Densidad poblacional de diferentes unidades territoriales	32
TABLA 12	Detalle del tipo de discapacidad.....	35
TABLA 13	Indicadores de marginación para el municipio de Aculco	36
TABLA 14	Comparativo de niveles de pobreza en Aculco, Estado de México y otros municipios.....	37
TABLA 15	Producción ganadera del municipio de Aculco en 2001	39
TABLA 16	inversión pública ejercida en 2010	41
TABLA 17	presupuesto de ingresos y egresos del municipio de Aculco.....	41
TABLA 18	Población económicamente activa del municipio de Aculco	41
Fuente:	INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.....	41
TABLA 19	Tasa de participación económica por sexo del municipio de Aculco.....	41
TABLA 20	Equipamiento para la educación	43
TABLA 21	Equipamiento para la salud del municipio de Aculco.....	43
TABLA 22	Ubicación de refugios temporales	44
TABLA 23	Descripción de aparatos volcánicos cercanos al municipio de Aculco de Espinosa, Estado de México.....	52
TABLA 24	Valoración y características del factor edafológico	61
TABLA 25	Valoración y características del factor geológico/litológico	61
TABLA 26	Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación.....	62
TABLA 27	Valoración y características del factor escurrimientos	62
TABLA 28	Valoración de la Pendiente	62
TABLA 29	Tabla Valoración y características del Relieve relativo	62
TABLA 30	Valoración de Precipitación media anual.....	62
TABLA 31	Valoración de fallas y racturas	63
TABLA 32	Criterios utilizados en mapa de susceptibilidad	63
TABLA 33	Valoración y características del factor edafológico	64

TABLA 34 Valoración y características del factor geológico/litológico.....	65	TABLA 36 Daños asociados a diferentes fenómenos hidrometeorológicos.....	100
TABLA 35 Valoración y características del relieve relativo.....	65	TABLA 37 Estaciones climatológicas para días con tormentas eléctricas que tienen influencia en el municipio de Aculco	105
TABLA 36 Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación	65	TABLA 38 Días con tormentas eléctricas a diferentes periodos de retorno	105
TABLA 37 Valoración de la Pendiente	65	TABLA 39 Estaciones climatológicas para días con tormentas eléctricas que tienen influencia en el municipio de Aculco	107
TABLA 38 Valoración de precipitación media anual.....	66	TABLA 40 15002	107
TABLA 39 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de inestabilidad de laderas del Municipio de Aculco.....	67	TABLA 41 Índice de riesgo por lluvias extremas en el municipio de Aculco	108
TABLA 40 Riesgo por inestabilidad de laderas	¡Error! Marcador no definido.	TABLA 42 Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Aculco para lluvias máximas	109
TABLA 41 Valoración y características del factor edafológico.....	70	TABLA 43 Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno.	109
TABLA 42 Valoración y características del factor geológico/litológico.....	70	TABLA 44 Caudales máximas para diferentes periodos de retorno.....	109
TABLA 43	70		
TABLA 44 Valoración y características del Relieve relativo	70		
TABLA 45 Valoración y características del factor uso de suelo y vegetación.....	70		
TABLA 46 Valoración de la Pendiente	71		
TABLA 47 Valoración de precipitación media anual.....	71		
TABLA 48 . Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de flujos del municipio de Aculco, Estado de México.....	72		
TABLA 49 Valoración y características del factor edafológico.....	74		
TABLA 50 Valoración y características del factor geológico/litológico.....	75		
TABLA 51 Valoración y características del Relieve relativo	75		
TABLA 52 Valoración y características del factor uso de suelo y vegetación.....	75		
TABLA 53 Valoración de la Pendiente	75		
TABLA 54 Valoración de Precipitación media anual	76		
TABLA 55 . Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de caídos o derrumbes	77		
TABLA 56 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de hundimiento del municipio de Aculco, Estado de México	79		
TABLA 57 Valoración y características del factor edafológico.....	81		
TABLA 58 Distribución de sitios de peligro por subsidencia.....	82		
TABLA 59 . Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de subsidencia.....	82		
TABLA 60 Valoración de Fallas y Fracturas.....	83		
TABLA 24 Se muestran las fallas localizadas en el municipio de Aculco de Espinosa.....	83		
TABLA 25 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de fallas y fracturas del Municipio de Aculco, Estado de México.....	84		
TABLA 26 Estaciones climatológicas para temperaturas máximas que tienen influencia en el municipio de Aculco.....	86		
TABLA 27	87		
TABLA 28 Temperaturas máximas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C]	87		
TABLA 29 Estaciones climatológicas para temperaturas mínimas que tienen influencia en el municipio de Aculco.....	88		
TABLA 30 Índice de Severidad.	91		
TABLA 31 Clasificación del Índice de Severidad.....	91		
TABLA 32 Estaciones climatológicas para temperaturas mínimas extremas que tienen influencia en el municipio de Aculco	94		
TABLA 33 Temperaturas mínimas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C]	95		
TABLA 34 Estaciones climatológicas para tormentas de granizo que tienen influencia en el municipio de Aculco.....	96		
TABLA 35 Días con granizo asociados a diferentes periodos de retorno	97		