

# La región del volcán Chichón, Chiapas:

un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable

Irasema Alcántara Ayala, Ricardo J. Garnica Peña, Atlántida Coll-Hurtado y Silvia G. Ramos Hernández  
*Coordinadores*



# La región del volcán Chichón, Chiapas:

un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable

Irasema Alcántara Ayala, Ricardo J. Garnica Peña, Atlántida Coll-Hurtado y Silvia G. Ramos Hernández  
*Coordinadores*



La región del volcán Chichón, Chiapas: un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable / Irasema Alcántara Ayala, Ricardo J. Garnica Peña, Atlántida Coll-Hurtado, Silvia G. Ramos Hernández.—México: UNAM, Instituto de Geografía, 2013.

162 p. : il. ; 34 x 45 cm.

Incluye bibliografía

ISBN: 978-607-02-4665-4

Coedición con: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático.

1. Sismología –Chiapas. 2. Geología – Chiapas. 3. Geomorfología – Chiapas. 4. Pobreza – Chiapas. 5. Seguridad social – Chiapas. 6. Climatología – Chiapas. I. Alcántara Ayala, Irasema. II. Garnica Peña, Ricardo J. III. Coll-Hurtado, Atlántida IV. Ramos Hernández, Silvia G.

*La región del volcán Chichón, Chiapas: un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable*

Primera edición, septiembre de 2013

D.R. © 2013 Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria  
Coyoacán, 04510  
México, D. F.  
Instituto de Geografía  
www.unam.mx  
www.igeograf.unam.mx

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio, sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La presente publicación presenta los resultados de una investigación científica y contó con dictámenes de expertos externos, de acuerdo con las normas editoriales del Instituto de Geografía.

Proyecto PAPIIT IN307410-3  
“OTEAR: Observatorio Territorial de Amenazas y Riesgos”

ISBN: 978-607-02-4665-4

Impreso y hecho en México

## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. José Narro Robles  
Rector

Dr. Eduardo Bárzana García  
Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez  
Secretario Administrativo

Dr. Francisco José Trigo Tavera  
Secretario de Desarrollo Institucional

Lic. Enrique Balp Díaz  
Secretario de Servicios a la Comunidad

Lic. Luis Raúl González Pérez  
Abogado General

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz  
Coordinador de la Investigación Científica

### INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

Dr. José Omar Moncada Maya  
Director

Dr. Álvaro López López  
Secretario Académico

Mtro. Armando García de León Loza  
Coordinador de Vinculación

## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Ing. Roberto Domínguez Castellanos  
Rector

Dr. José Rodolfo Calvo Fonseca  
Secretario General

Mtro. Florentino Pérez Pérez  
Secretario Académico

C. P. Miriam Matilde Solís Domínguez  
Auditora General

Lic. Adolfo Guerra Talayero  
Abogado General

Lic. Ricardo Cruz González  
Director de Administración

Mtro. Pascual Ramos García  
Director de Planeación

Dra. María Adelina Schlie Guzmán  
Directora de Investigación y Posgrado

Lic. María de los Ángeles Vázquez Amancha  
Encargada del Despacho de la Dirección de Extensión Universitaria

Lic. Aurora Evangelina Serrano Roblero  
Directora de Servicios Escolares

Mtra. Brenda María Villarreal Antelo  
Directora de Tecnologías de Información y Comunicación

Lic. José Ignacio Zepeda Pineda  
Director de Competitividad e Innovación

Lic. Noé Fernando Gutiérrez González  
Director del Centro Universitario de Información y Documentación

Dra. Silvia Guadalupe Ramos Hernández  
Directora del Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático

# ÍNDICE

<b>Presentación</b>	<b>5</b>				
<b>Introducción</b>	<b>6</b>				
<b>I. El espacio natural</b>	<b>7</b>				
I.1 Localización del estado de Chiapas	9				
<i>Ricardo J. Garnica Peña</i>					
I.2 Localización de la zona en estudio	11				
<i>Ricardo J. Garnica Peña y Javier Osorno Covarrubias</i>					
I.3 Topografía	13				
<i>Ricardo J. Garnica Peña, Irasema Alcántara Ayala y Javier Osorno Covarrubias</i>					
I.4 Espacio-mapa SPOT, 2011	15				
<i>Ricardo J. Garnica Peña, Stéphane Couturier y Roberto Carlos Huerta Luna</i>					
I.5 Geología	17				
<i>José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez</i>					
I.6 Geología del volcán Chichón	20				
<i>José Luis Macías, José Luis Arce, Víctor Hugo Garduño, Adrián Jiménez, Rosa María Álvarez, Paul W. Layer, Víctor Santiago Rocha, Celia López Miguel y Guillermo Cisneros</i>					
I.7 Geología (compilación INEGI-COREMI)	23				
<i>José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez</i>					
I.8 Geología del cráter	26				
<i>José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez</i>					
I.9 Tectónica	28				
<i>José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez</i>					
I.10 Suelos	32				
<i>Silvia Guadalupe Ramos Hernández y Horacio Morales Iglesias</i>					
I.11 Densidad de cobertura vegetal	37				
<i>Roberto Carlos Huerta Luna y Stéphane Couturier</i>					
I.12 Vegetación y uso del suelo, 2010	39				
<i>Oralia Oropeza Orozco, Mayelli Hernández Juárez, José Manuel Figueroa MahEng y Javier Osorno Covarrubias</i>					
I.13 Senderos para visitar el volcán Chichón	43				
<i>José López García, Lilia de Lourdes Manzo Delgado y Javier Osorno Covarrubias</i>					
I.14 Recorrido geoturístico	45				
<i>Silvia Guadalupe Ramos Hernández y Juan Jon Selvas</i>					
<b>II. Indicadores climáticos</b>	<b>49</b>				
II.1 Temperatura máxima mensual enero-junio (1979-2011)	51				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.2 Temperatura máxima mensual julio-diciembre (1979-2011)	52				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.3 Temperatura mínima mensual enero-junio (1979-2011)	54				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.4 Temperatura mínima mensual julio-diciembre (1979-2011)	55				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.5 Percentiles de temperaturas máximas y mínimas	57				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.6 Índice de calor enero-junio (1979-2010)	59				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.7 Índice de calor julio-diciembre (1979-2010)	60				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.8 Percentiles del índice de calor (1979-2010) y conteo de días por arriba del índice	62				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.9 Precipitación media mensual enero-junio (1979-2011)	63				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.10 Precipitación media mensual julio-diciembre (1979-2011)	64				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.11 Precipitación estacional y percentiles	66				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.12 Eventos extremos de precipitación	68				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
II.13 Anomalías de humedad de suelo (1979-2011)	70				
<i>Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo y Gustavo Vázquez Cruz</i>					
<b>III. Geomorfometría</b>	<b>73</b>				
III.1 Hipsometría	75				
<i>Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno e Irasema Alcántara Ayala</i>					
III.2 Pendientes	77				
<i>Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno e Irasema Alcántara Ayala</i>					
III.3 Densidad de disección	79				
<i>Carlo Emilio Mendoza Margáin</i>					
III.4 Profundidad de disección	82				
<i>Carlo Emilio Mendoza Margáin</i>					
III.5 Energía del relieve	84				
<i>Carlo Emilio Mendoza Margáin</i>					
III.6 Geometría de laderas	87				
<i>Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno e Irasema Alcántara Ayala</i>					

III.7 Orientación de laderas <i>Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno e Irasema Alcántara Ayala</i>	89	V.2 Distribución de la población por localidad en los municipios de la región, 2010 <i>Ricardo J. Garnica Peña, Jorge González Sánchez, Genaro Javier Delgado Campos y María Teresa Gutiérrez de MacGregor</i>	121	V.13 Acceso a servicios de salud a nivel municipal <i>Ricardo J. Garnica Peña, Jorge González Sánchez y Ana Rosa Rosales Tapia</i>	144
III.8 Geomorfología <i>Carlo Emilio Mendoza Margáin</i>	91	V.3 Distribución de la población a nivel localidad, 2010 <i>Genaro Javier Delgado Campos, Manuel Suárez Lastra, Ricardo J. Garnica Peña y Naxhelli Ruiz Rivera</i>	123	V.14 Acceso a servicios de salud a nivel localidad, 2010 <i>Ricardo J. Garnica Peña y Ana Rosa Rosales Tapia</i>	146
<b>IV. Amenazas de origen natural y socio-natural</b>	<b>95</b>	V.4 Tasa de crecimiento poblacional a nivel localidad (2000-2005) <i>Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Stéphane Couturier</i>	126	V.15 Número de médicos por municipio, 2008 <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña y Ana Rosa Rosales Tapia</i>	148
IV.1 Sismicidad <i>Ricardo J. Garnica Peña, Ixtlitzin Yaocihuatl Bravo Carvajal, Silvia Guadalupe Ramos Hernández e Irasema Alcántara Ayala</i>	97	V.5 Jerarquía de las localidades de acuerdo con su rango-tamaño (2010) <i>Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Alicia Hernández Sánchez</i>	128	V.16 Finanzas públicas municipales (2000-2011) <i>Genaro Javier Delgado Campos, Laura Ramírez, Ricardo J. Garnica Peña y Manuel Suárez Lastra</i>	150
IV.2 Peligros volcánicos <i>José Luis Macías, Lucía Capra, José Luis Arce, Juan Manuel Espíndola, Armando García-Palomo, y Michael F. Sheridan</i>	100	V.6 Dispersión municipal <i>Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Alicia Hernández Sánchez</i>	130	V.17 Población con ingreso inferior a la línea de bienestar a nivel municipal <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña, María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala</i>	153
IV.3 Red fluvial <i>José Manuel Figueroa MahEng y Oralía Oropeza Orozco</i>	103	V.7 Cercanía de las localidades a las vías de comunicación <i>Genaro Javier Delgado Campos, Ricardo J. Garnica Peña, Manuel Suárez Lastra y Lourdes Hermosillo Plascencia</i>	132	V.18 Población en situación de pobreza a nivel municipal, 2010 <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña, María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala</i>	155
IV.4 Órdenes de corrientes <i>José Manuel Figueroa MahEng y Oralía Oropeza Orozco</i>	105	V.8 Población hablante de lengua indígena a nivel municipal <i>Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Alicia Hernández Sánchez</i>	134	V.19 Rezago social a nivel localidad, 2010 <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña, María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala</i>	157
IV.5 Inundaciones <i>Oralía Oropeza Orozco y José Manuel Figueroa MahEng</i>	107	V.9 Inseguridad alimentaria municipal <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña e Irasema Alcántara Ayala</i>	136	V.20 Grado de marginación a nivel localidad, 2010 <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña, Genaro Javier Delgado Campos e Irasema Alcántara Ayala</i>	159
IV.6 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa <i>Irasema Alcántara Ayala, Ricardo J. Garnica Peña y Guadalupe Hernández Moreno</i>	111	V.10 Superficie sembrada por municipio, 2009 <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña y María Teresa Gutiérrez de MacGregor</i>	138	V.21 Zonificación de amenazas y poblaciones potencialmente afectadas <i>Irasema Alcántara Ayala y Ricardo J. Garnica Peña</i>	161
IV.7 Incendios forestales (2005-2011) <i>Lilia de Lourdes Manzo Delgado y David Jonatán Cortés Navarrete</i>	113	V.11 Población con acceso a servicios básicos en la vivienda a nivel municipal <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña, María Teresa Gutiérrez de MacGregor y Genaro Javier Delgado Campos</i>	140		
IV.8 Áreas quemadas (2000-2012) <i>Lilia de Lourdes Manzo Delgado y David Jonatán Cortés Navarrete</i>	115	V.12 Población con rezago educativo a nivel municipal <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña, María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala</i>	142		
<b>V. Caracterización de la vulnerabilidad socio-económica</b>	<b>117</b>				
V.1 Densidad de población municipal, 2010 <i>Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña, María Teresa Gutiérrez de MacGregor y Genaro Javier Delgado Campos</i>	119				

La Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas-UNICACH se congratula por presentar a la sociedad en general y a la sociedad del conocimiento, el libro *La región del volcán Chichón, Chiapas: un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable*, obra que se edita por la importancia que tiene esta región dentro del territorio chiapaneco ya que, como otras zonas del estado, se encuentra expuesta a amenazas originadas por causas antrópicas (socioculturales) y por fenómenos naturales como incendios, deslizamientos e inundaciones, además de erupciones volcánicas y actividad sísmica. Las consecuencias de estos sucesos son potencialmente peligrosas para la población chiapaneca, sobre todo la de aquellas comunidades en las cuales existen grupos socialmente vulnerables.

Es importante recordar la erupción del volcán Chichón en 1982, episodio lamentable que transformó la vida de la sociedad chiapaneca en aquella zona de Chiapas, que obligó a la dispersión comunitaria y a migraciones hacia otras tierras de la misma entidad y del país, y que cambió totalmente la fisonomía y estado de la vegetación en el área cercana al volcán. La erupción extinguió en el área de mayor impacto la flora y fauna, así como cultivos de importancia económica como el café, el cacao y el maíz, y que además de sepultar y transformar el suelo del área, azolvó ríos y causó una amplia diversidad de afectaciones.

Al paso del tiempo, y como producto de diversos estudios, hoy se puede afirmar que entonces había un desconocimiento sobre el fenómeno volcánico, su actividad y el peligro que implicaba. Los únicos estudios eran un reporte del geólogo alemán F. Mulleried de 1928, un reporte técnico de la Comisión Federal de Electricidad de México realizado por Canul y Rocha en 1981, y reportes de pobladores zoques que daban cuenta a las autoridades de señales premonitorias de la erupción. Sin embargo, era escasa la participación de especialistas, de investigaciones en la región,

de carencia de un monitoreo científico y de una estructura oficial de Protección Civil, así como la falta de un plan preventivo ante el fenómeno volcánico.

El libro *La región del volcán Chichón, Chiapas: un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable*, reúne una importante información sobre el volcán Chichón: desde aspectos ambientales, de recursos naturales, los rasgos geológicos y de aspectos sociales y económicos de la región, los cuales conviven dentro de un espacio que se considera debe ser protegido, conservado y preparado para su potencial desarrollo sustentable. Se trata de un esfuerzo científico y editorial producto de acciones de investigación e intercambio académico desarrollado en el marco de un convenio de colaboración entre el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

Este trabajo colegiado se sustentó en el Proyecto PAPIIT de la UNAM titulado Observatorio Territorial para la Evaluación de Amenazas y Riesgos (OTEAR), en el que participaron especialistas de ambas instituciones en los diversos temas del libro, a través del aporte de experiencias, información relevante sobre los principales riesgos en la región, cartografía actualizada y el uso de un lenguaje accesible para el lector interesado en el tema y en el área.

Sin duda, el libro se publica como un documento dinámico, perfectible y actualizable; como una herramienta de consulta para profesionales, para la población de las regiones susceptibles al riesgo volcánico y a otros peligros naturales, y como dispositivo didáctico en el ámbito educativo pues aporta elementos importantes para la enseñanza de la reducción de riesgos de desastres.

Este libro, para beneplácito de la UNICACH y la UNAM, es uno de los productos más valiosos de investigación y extensión universitaria producidos por estas universidades públicas del país, con el deseo de convertir a esta obra de consulta en un poderoso auxiliar para la gestión de riesgos, el fortalecimiento de la cultura de la prevención, la coadyuvancia al conocimiento y bienestar de las poblaciones aledañas al volcán Chichón y el fortalecimiento del proceso formativo en materia de riesgos de las instituciones educativas, del trabajo de instancias de gobierno como Protección Civil, y de la protección de las comunidades zoques de gran valor, significancia, arraigo y cultura del estado de Chiapas.

Es un esfuerzo que vigoriza la misión del Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático de la UNICACH en dos importantes direcciones: el monitoreo volcánico y sísmico y el estudio e investigación del fenómeno volcánico en la entidad, en colaboración con centros de investigación nacionales e internacionales, así como la formación de recursos humanos profesionales a través de la licenciatura en Ciencias de la Tierra, que fortalecerá ampliamente la gestión de riesgos en la zona.

De esta manera, una vez más la UNICACH consagra su espíritu editorial publicando obras de suma importancia para la docencia, la investigación, la extensión universitaria y la gestión institucional de riesgos.

*"Por la Cultura de mi Raza"*

*Ing. Roberto Domínguez Castellanos*  
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS  
Rector

*Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, agosto de 2013*

Uno de los episodios naturales más importantes en la historia contemporánea de México –dada la magnitud de sus efectos en las esferas ambiental, social y económica–, es sin duda alguna la erupción del volcán Chichonal, también conocido como Chichón, en el estado de Chiapas. Hace poco más de tres décadas, la sociedad, y en particular la región zoque chiapaneca, fueron testigos de uno de los eventos más impresionantes y trascendentales relacionados con la ocurrencia de un desastre y sus efectos sociales, ambientales y económicos en la región norte de Chiapas que repercutió en el mundo entero.

Alertados por la visión de la *Piowacwe*, protagonista mítica de la cosmovisión zoque, la población aledaña al volcán advirtió la serie de síntomas que manifestaba la actividad del Chichonal a través de intensa sismicidad volcano-tectónica. Casi al finalizar el día 28 de marzo de 1982 inició la actividad explosiva: gases, fragmentos de material incandescente y cenizas que fueron emitidas a la atmósfera y distribuidas por el viento en las entidades federales aledañas.

Días después, el 3 de abril, ocurrió la erupción más violenta. Oleadas y flujos piroclásticos formaron una columna de 24 km de altura que llegó a la estratosfera; la nube de ceniza se desplazó hacia el oeste y circundó la Tierra en tan solo tres semanas. Diversas investigaciones señalan que después de la transformación de bióxido de azufre en ácido sulfúrico, se formó una banda que se extendió del Ecuador hasta aproximadamente 30°N y produjo 20 Mt de aerosoles estratosféricos. La situación local no era más optimista. Se calcula que más de dos mil personas perdieron la vida, y alrededor de 20 mil fueron evacuadas y posteriormente reubicadas en nuevos centros de población.

La sinergia entre el volcanismo y las grandes civilizaciones no es novedad. Tampoco lo son las consecuencias que pueden generar

los desastres vinculados a la actividad volcánica. Desenlaces de grandes ciudades como Pompeya y Herculano, son muestra fehaciente de ese impacto que la historia nos recuerda inflexible y permanentemente. La comprensión de la actividad volcánica y sus repercusiones, es entonces un tema obligado en todas las agendas de regiones donde existen volcanes activos. Tanto la actividad sísmica como la actividad volcánica son parte esencial de la propia evolución de la superficie terrestre, y por supuesto, de las sociedades que en ella florecen.

Por ello, el libro *La región del volcán Chichón, Chiapas: un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable* es evidentemente una publicación de gran importancia para la gestión de riesgos de desastre, el cambio climático y su impacto en la sociedad. En este volumen se reúne la experiencia de especialistas en diversos temas, geología, geomorfología, vulcanología, climatología, edafología, y por supuesto geografía.

Destaca en este esfuerzo, el papel de dos instituciones de educación superior de gran importancia en el país, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), gracias a sus Institutos de Geografía y Geofísica, y la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, a través del Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, quienes han hecho posible esta obra, a manera de una modesta respuesta a las necesidades de la sociedad. Con toda certeza, el papel de la investigación y la extensión para coadyuvar a la gestión de riesgos de desastre y el cambio climático –éstos últimos planteados como algunos de los principales desafíos del presente siglo–, es una tarea, un reto y un compromiso inaplazable.

En el libro, todos los lectores, investigadores, técnicos, funcionarios, educadores, y población en general, podrán encontrar información categorizada en cinco grandes temáticas: I. El Espacio Na-

tural, II. Indicadores climáticos, III. Geomorfometría, IV. Amenazas de origen natural y socio-natural, y V. Caracterización de la vulnerabilidad socio-económica. La información cartográfica presentada en cada una de las secciones está acompañada por textos y una muestra fotográfica sobre los temas contenidos en la obra. La finalidad que se persigue es la de resaltar las condiciones de vulnerabilidad social de las comunidades y aquellas zonas de la región que son más susceptibles a ser afectadas por amenazas naturales y, así, poder prevenir los daños potenciales que puedan afectar a sus pobladores.

La sociedad chiapaneca se encuentra expuesta a una amplia variedad de amenazas que en conjunción con las diversas dimensiones de la vulnerabilidad, se traducen en riesgos que desafortunadamente se han llegado a materializar en desastres como los asociados a la erupción del volcán Chichón en 1982, el sismo de Nuevo México en 1995, y más recientemente las inundaciones en Juan del Grijalva en el 2007. Su impacto en la sociedad y la economía de la región, comprometen el tejido social y el desarrollo sustentable de la región.

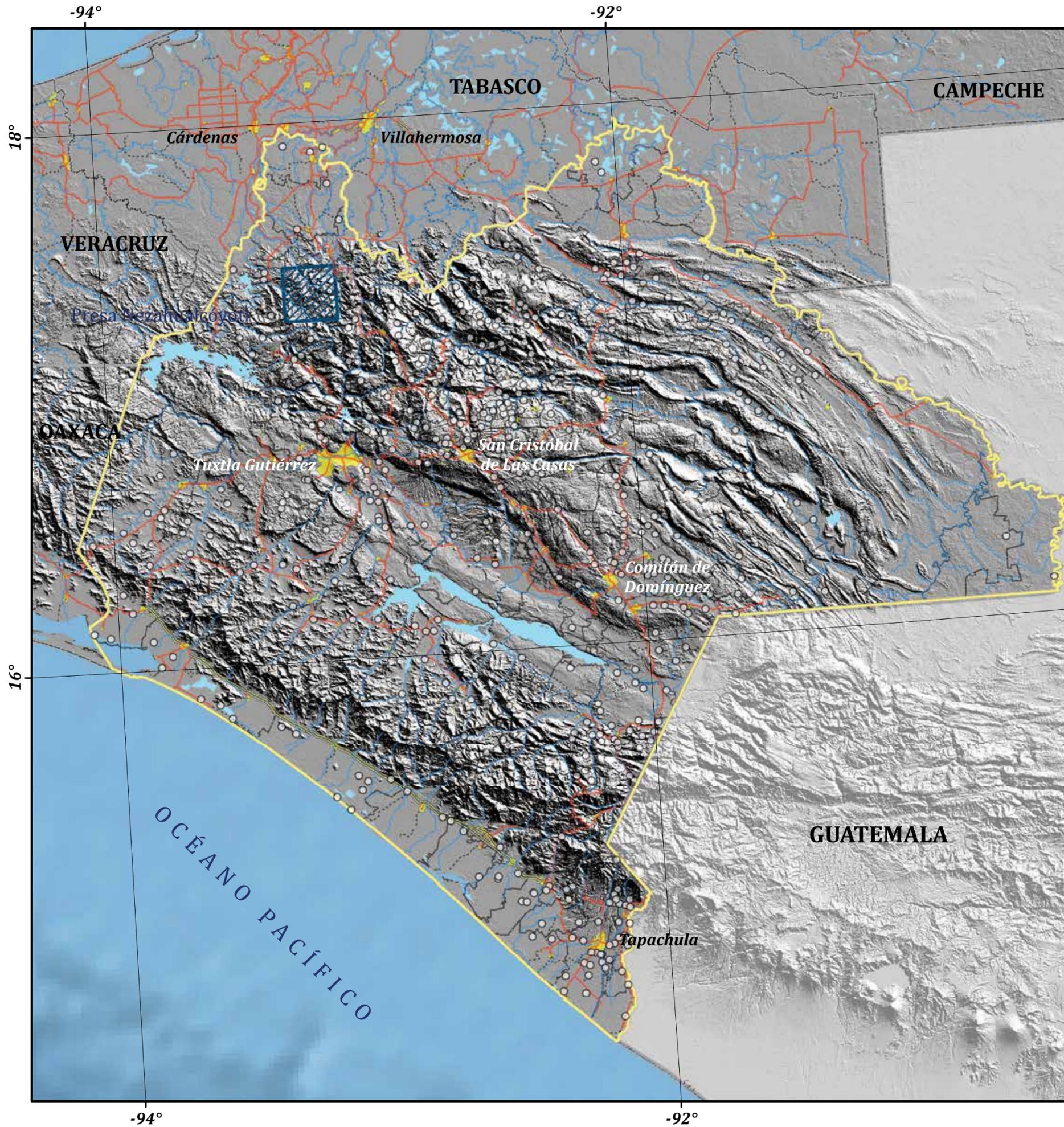
El libro reúne información muy valiosa, que podrá ser empleada para sustentar la gestión de riesgos por las instituciones oficiales como Protección Civil. Será también de suma utilidad para las Universidades, sus programas de investigación y para la aplicación en sus planes y proyectos educativos. La sociedad en general encontrará en un lenguaje accesible la información inherente al entorno del volcán Chichón y sus aspectos ambientales, sociales y económicos.

*Irasema Alcántara Ayala, Ricardo J. Garnica Peña  
Atlántida Coll-Hurtado y Silvia Guadalupe Ramos Hernández*

I

# El espacio natural





### SIMBOLOGÍA

- Límite internacional
- Límite estatal
- Límite del estado de Chiapas
- Límite municipal
- Localidad urbana
- Localidad rural
- Área en estudio

#### Vías terrestres

- Carretera de cuota
- Carretera libre
- Otros

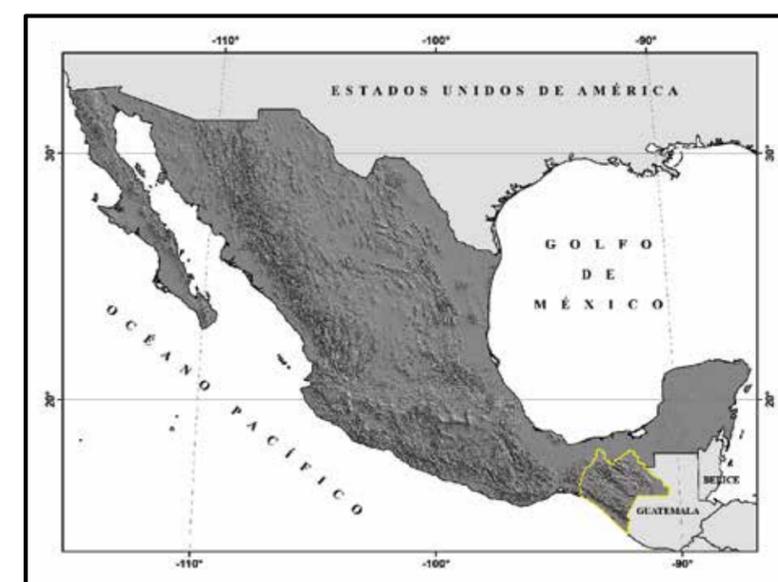
#### Rasgos naturales

- Corrientes principales
- Cuerpos de agua

FUENTE:  
INEGI (2010), Base digital, escala 1:1 000 000.

**ESCALA 1:1 400 000**

Autor: Ricardo J. Garnica Peña



## I.1 Localización del estado de Chiapas

*Ricardo J. Garnica Peña*

Localizado en el extremo sur de la República, el estado de Chiapas representa uno de los estados del país con gran valor por la diversidad tanto en sus procesos naturales como humanos (Figura I.1.1). Chiapas delimita con Oaxaca, Veracruz y Tabasco así como con la nación de Guatemala, país con el cual guarda ciertas similitudes y comparte elementos naturales y humanos.

El estado cuenta con 122 municipios distribuidos a lo largo de sus 73 211 km<sup>2</sup>. Cuenta con una población, de acuerdo con datos del INEGI, de más de 4.5 millones de habitantes, de los cuales más de medio millón se encuentra en la capital del estado.

Su configuración geológica y geomorfológica es heterogénea, producto de su evolución tectónica, lo cual da como resultado un relieve que consta de sierras compuestas de rocas volcánicas, sedimentarias y metamórficas; asimismo, presenta amplias zonas llanas producto de esos movimientos tectónicos y de los depósitos provenientes de las partes altas del estado. Esta estructura geológico-geomorfológica da lugar a diferentes tipos de climas, los cuales van acompañados de diversos ecosistemas, todos ellos con una gran riqueza en flora y fauna. Esto ha favorecido la creación de algunas áreas naturales protegidas que son motivo de la visita de turistas nacionales y extranjeros.

El estado de Chiapas así como es diverso en cuanto a procesos naturales también lo es en cuanto a las características de su población. Esta diversidad, reflejada en sus diferentes manifestaciones culturales, ha contribuido a situar al estado como uno de los que mayor número de grupos indígenas concentra en su territorio. Sin embargo, es necesario destacar

que a pesar de su riqueza cultural, la población del estado se encuentra en condiciones socio-económicas por debajo de los niveles de bienestar, de acuerdo con datos de instituciones como CONEVAL y CONAPO. Esto implica un reto para las autoridades de los diferentes niveles, las cuales deben crear y aplicar políticas de desarrollo acordes con la riqueza natural y cultural del estado.

Como puede observarse en el mapa, el estado cuenta con cuatro localidades de tipo urbano y en donde se concentra el mayor número de población de la entidad. Estas localidades son Tuxtla Gutiérrez (capital del estado), Tapachula, San Cristóbal de las Casas y Comitán de Domínguez, las cuales, a excepción de Tapachula, se ubican en la porción central del estado.

En el mapa también puede identificarse la importancia de la entidad en cuanto a recursos hídricos. Como puede observarse, el estado cuenta con una gran cantidad de corrientes fluviales así como cuerpos de agua tanto naturales como artificiales (presas). Los ríos desembocan tanto al Océano Pacífico como al Golfo de México, transportando los sedimentos que se depositan en las llanuras costeras que se encuentran en ambos. Las presas del estado son de las más importantes del país, de éstas destacan la de Malpaso, la Angostura, Chicoasén y Peñitas; todas ellas abastecen de agua no solo al estado sino a otras entidades, así como también de energía eléctrica.

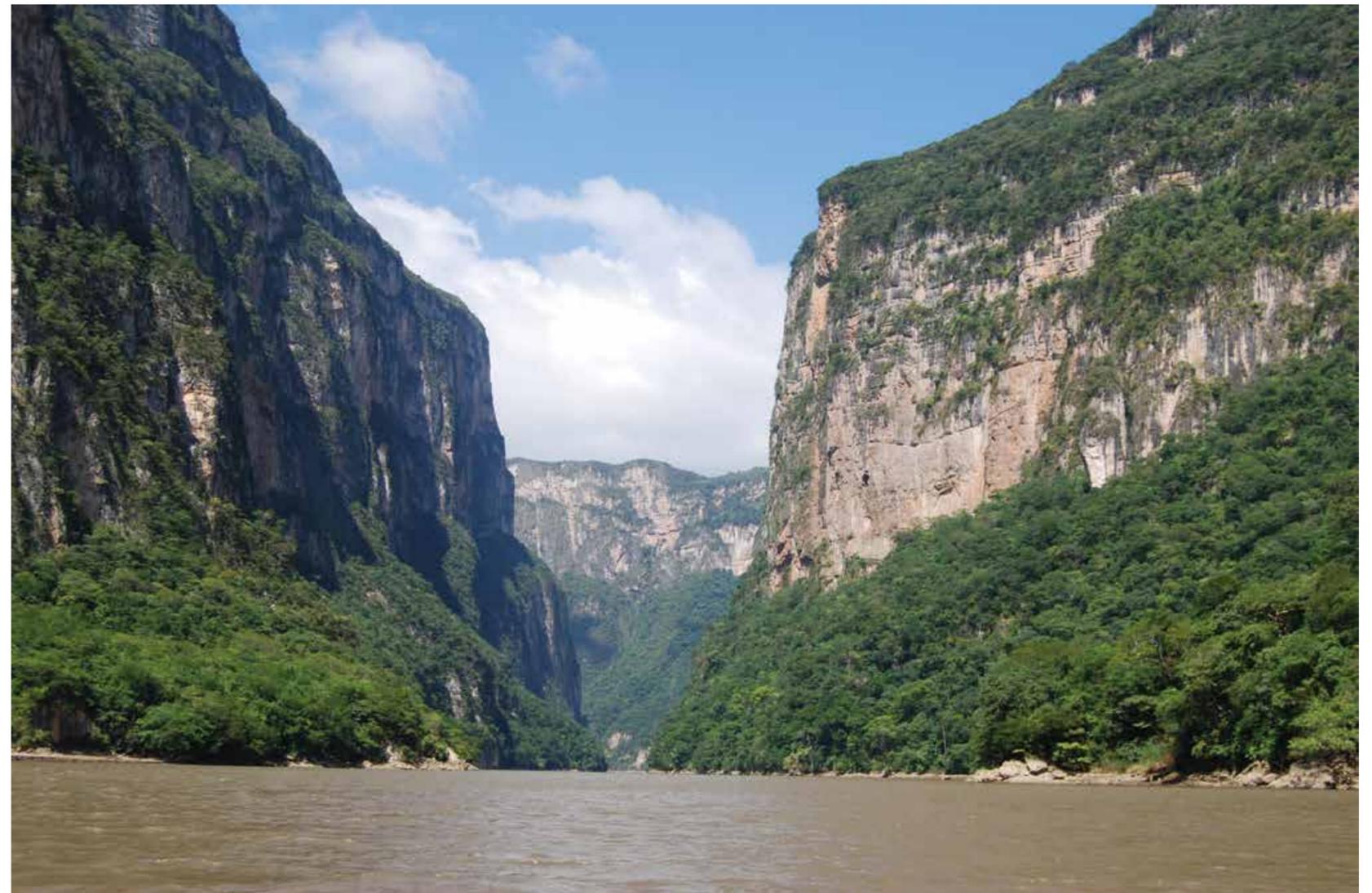
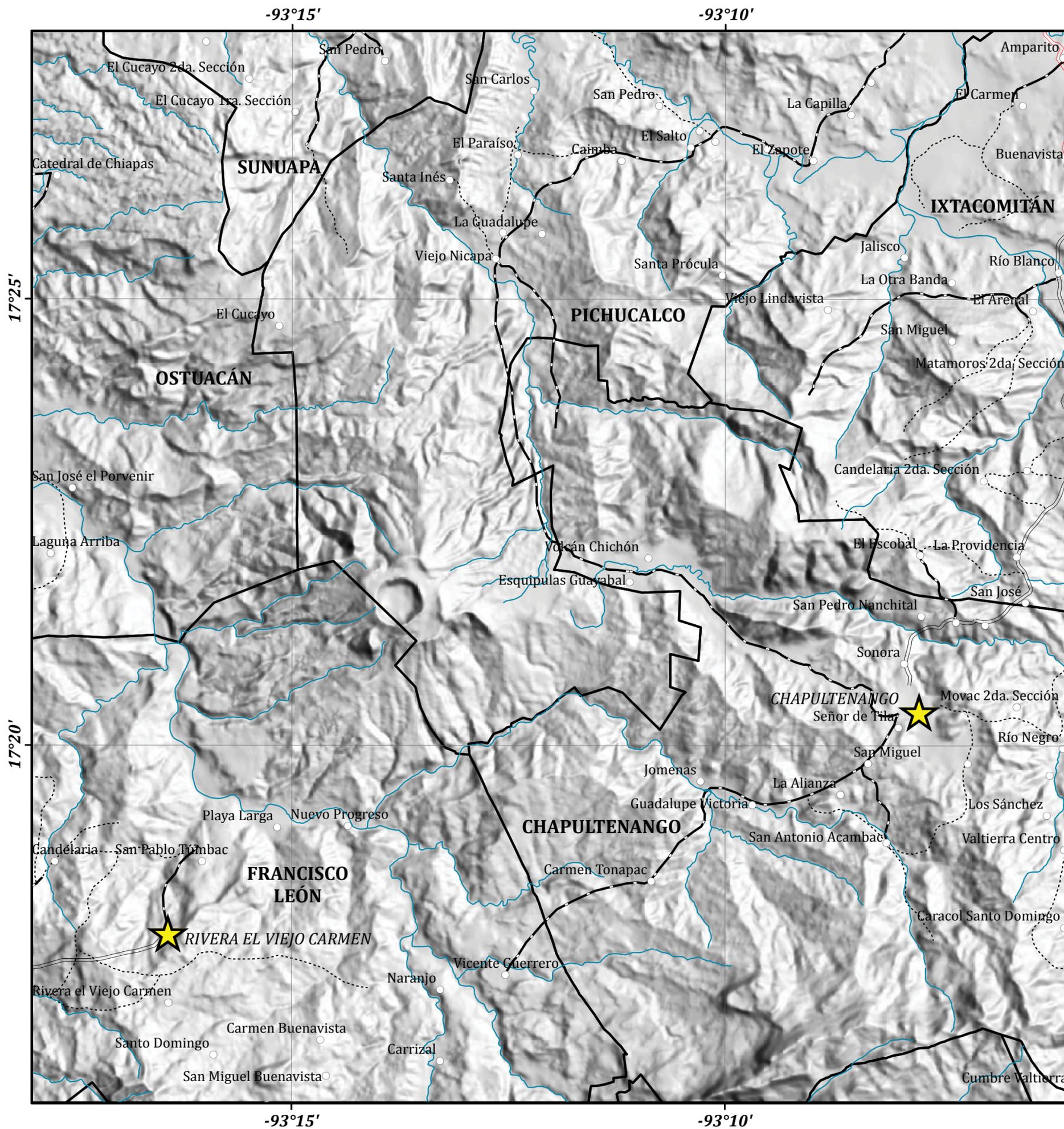


Figura I.1.1. Cañón del Sumidero, estado de Chiapas.



**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural

**Vías terrestres**

- == Carretera federal
- == Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- ~ Corrientes principales

FUENTE:

INEGI (2002), Base digital topográfica, escala 1:50 000.



**ESCALA 1:70 000**



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
Javier Osorno Covarrubias

## I.2 Localización de la zona en estudio

*Ricardo J. Garnica Peña y Javier Osorno Covarrubias*

La zona que fue elegida para llevar a cabo la creación de este Atlas se encuentra ubicada en la porción norte del estado de Chiapas, en la subprovincia del norte de Chiapas, la cual destaca por tener un relieve montañoso limitado al norte por la Llanura Costera del Golfo. Este terreno está compuesto principalmente por rocas calizas del Cretácico Superior y del Mioceno.

Es una zona de gran captación pluvial debido a la disposición de los sistemas montañosos que actúan como barreras al paso de la humedad proveniente del Golfo de México, lo que propicia una zona que presenta precipitaciones en la mayor parte del año, alcanzando hasta los 5 000 mm anuales, lo que la hace una de las áreas más lluviosas del país.

La zona en estudio se concentra particularmente en la ubicación del volcán Chichonal el cual tiene influencia en los municipios Pichucalco, Chapultenango, Sunuapa, Ostuacán, Francisco León y, en menor medida, Ixtacomitán.

En este punto es importante recalcar que la delimitación de la zona en estudio obedeció principalmente a la información cartográfica disponible para el área, particularmente información a gran escala. Por esta razón, la zona de influencia del volcán se presenta reducida y no se extiende más allá de los municipios antes mencionados. Sin embargo, como se hace en la sección que contiene los mapas de población, se mostró información referente a todos los municipios que se encuentran en la zona de influencia del volcán, estos municipios son Juárez, Solosuchiapa, Ixhuatán, Tapilula, Pantepec, Tapalapa, Ocotepec, Coapilla, Copainalá y Tecpatán.

Como puede observarse en el mapa, el relieve predominante es prácticamente montañoso, salvo algunas áreas bajas y llanas que forman parte de las llanuras de inundación de los ríos más destacados de la zona, Magdalena, Platanar y Pichucalco (Figura I.2.1).

Es una zona que presenta un clima cálido húmedo, en la cual (como puede observarse en los mapas II.2 y II.3) las temperaturas máximas oscilan entre los 24 y 35°C, y las mínimas entre 9 y 18°C.

De acuerdo con datos del INEGI, esta región cuenta con dos localidades urbanas, Rivera el Viejo Carmen y Chapultenango, así como con 60 localidades rurales, entre las que destacan Volcán Chichonal, Esquipulas Guayabal, Playa Larga, Nuevo Progreso, San José el Porvenir y Viejo Nicapa, todas ellas ubicadas en las inmediaciones del volcán Chichonal lo que representa, solo por exposición, un riesgo para la población.



Figura I.2.1. Vista de los alrededores del volcán Chichón.



**LEYENDA DEL MAPA**

- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

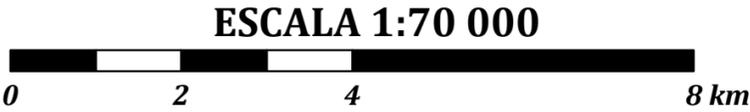
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTE:  
INEGI (2002), Base digital topográfica, escala 1:50 000.



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
Irasema Alcántara Ayala  
Javier Osorno Covarrubias

## I.3 Topografía

*Ricardo J. Garnica Peña, Irasema Alcántara Ayala  
y Javier Osorno Covarrubias*

La importancia de este mapa radica en su utilidad como herramienta para presentar las características físicas del terreno, tales como relieve, corrientes fluviales, cuerpos de agua; y los rasgos culturales o humanos más relevantes como localidades, vías de comunicación y divisiones político-administrativas.

De forma paralela, este mapa representa la referencia cartográfica más elemental para llevar a cabo estudios temáticos diversos. Su importancia radica en que está elaborado a partir de una base matemática, en la cual están contenidas la red geodésica, la proyección cartográfica y la escala, todas ellas cualidades que permiten la medición de ángulos, distancias, áreas y desniveles de forma precisa.

El mapa topográfico también es considerado un inventario del cual puede extraerse información valiosa como la ubicación de los elementos cartográficos básicos (puntos, líneas y polígonos). En este tipo de mapa se puede identificar el tipo de relieve, su morfología y altitud, la localización de las principales corrientes fluviales, la infraestructura vial y de comunicaciones, así como la posición y distribución de las diferentes localidades.

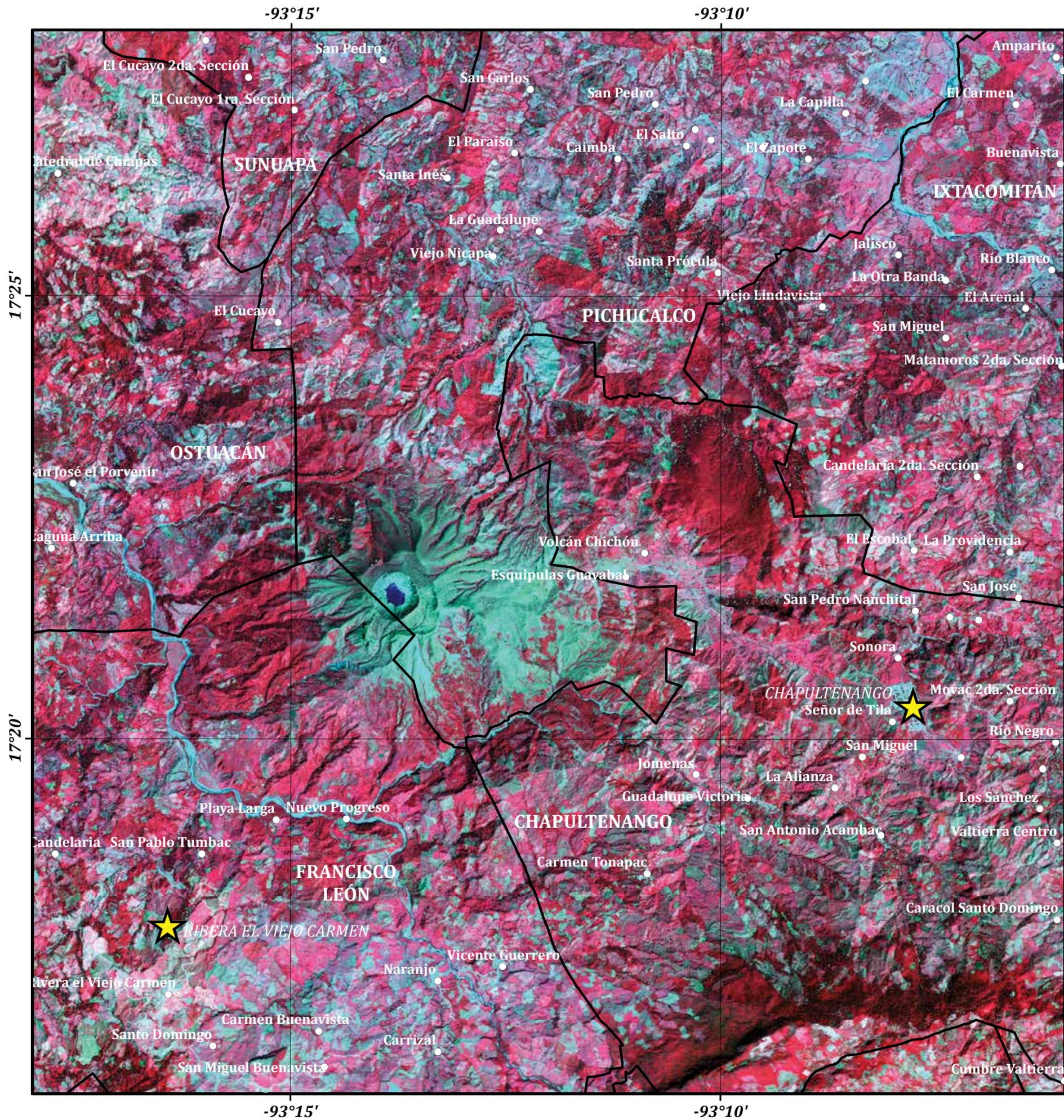
Por esta razón, el mapa topográfico es la herramienta básica fundamental para toda entidad o institución que desee llevar a cabo un estudio, ya que presenta de forma clara y precisa, aquellos elementos que forman parte del territorio.

Para el caso de este mapa se empleó la cartografía digital de INEGI, a escala 1:50 000, con nombre Ixhutatán y clave E15C39. Las curvas de nivel tienen una equidistancia de 20 m. A este mapa, además, se le colocó como fondo el relieve sombreado con el fin de identificar, de mejor manera, el relieve de la zona. De esta manera se puede observar, con mejor definición, la estructura volcánica y las planicies fluviales donde se ubican algunas de las localidades más importantes de la región (Figura I.3.1).

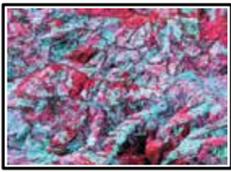
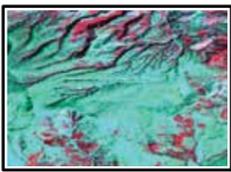
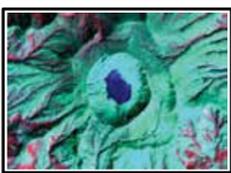
La infraestructura vial puede identificarse en la porción noreste; se visualiza en la porción superior del mapa un tramo de la carretera federal que comunica a la localidad de Ixtacomitán con Pichucalco. Asimismo, también se pueden observar algunos trazos de la carretera estatal que comunica a la población de Chapultenango con Ixtacomitán. Los caminos de terracería y las brechas tienen mayor predominio en la zona; esto indica que el acceso a las diferentes localidades rurales es complicado debido al carácter montañoso del terreno y, por ende, de los caminos. Lo anterior hace evidente la necesidad de contar con caminos de mayor jerarquía para la comunicación de las localidades, lo cual sería de gran utilidad en caso de una evacuación en la zona como producto de una erupción volcánica.



Figura I.3.1. Elementos de la topografía del volcán Chichón.



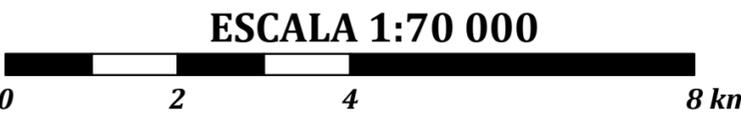
### LEYENDA DEL MAPA

-  Vegetación densa
-  Pastizales y cultivos
-  Suelo desnudo, seco o deforestado
-  Cráter

### SIMBOLOGÍA

-  Límite municipal
-  Cabecera municipal
-  Localidad rural

FUENTE:  
SPOT (2011), Sensor 5, Resolución espacial 10 m.



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
Stéphane Couturier  
Roberto Carlos Huerta Luna

## I.4 Espacio-mapa SPOT, 2011

Ricardo J. Garnica Peña, Stéphane Couturier  
y Roberto Carlos Huerta Luna

Los estudios de la superficie de la Tierra a través del uso de técnicas de percepción remota o teledetección se basan en el registro de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre mediante sensores a larga distancia. Entre los sensores más comunes se encuentran las cámaras fotográficas, las cámaras de video y los satélites especializados, el objetivo es obtener información cualitativa y cuantitativa de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre (Chuvieco, 2002; Rosete y Bocco, 2003).

El Système Pour l'Observation de la Terre, SPOT (Satélites para la Observación de la Tierra) está conformado por una serie de plataformas multi-misión desarrollada para CNES, la Agencia Espacial Francesa (por sus siglas en francés). En febrero de 1986 se puso en órbita el primer sensor SPOT; desde ese entonces la familia de los satélites SPOT, conformada por cinco sensores, ha tomado imágenes de alta resolución del planeta con una resolución espacial que varía de 2.5 a 10 m. La empresa Astrium, encargada de fabricar los satélites SPOT, se propuso en 2009 poner en órbita los satélites SPOT 6 y SPOT 7, asegurando con esto la continuidad en la adquisición de datos de alta resolución. El satélite SPOT 6 fue lanzado en septiembre de 2012, desde el Centro Espacial Satish Dhawan de la India.

Los beneficios de los productos SPOT son amplios, entre los más comunes está la visualización del uso de suelo, cobertura vegetal, exploración minera, evaluación de ciertos impactos ambientales, zonas susceptibles a inundaciones, etc., además de ser considerado como una herramienta en la toma de decisiones en las áreas de cartografía civil y militar, ordenamiento territorial, agricultura, ingeniería civil y sistemas de información geográfica (SIG), entre otras.

La imagen satelital que conforma el espacio-mapa es utilizada como una referencia espacial introductoria con la finalidad de tener una visión general de la región del volcán Chichón. Para poder trabajar con imágenes concebidas por medio de percepción remota es necesario darles un tratamiento previo, el cual consiste en la corrección radiométrica y ajuste del histograma. La corrección radiométrica es un procedimiento que resulta necesario cuando se trabaja con niveles digitales de diversas imágenes de la misma área, de diferentes fechas, como un medio para asegurar que los valores de todas las imágenes a trabajar sean equiparables (Chuvieco, 2002). El ajuste de histograma de frecuencia de cada banda se hizo para homogeneizar visualmente la imagen y realizar una primera valoración de la misma, lo que supondrá una mejora del contraste de la imagen.

El espacio-mapa es diseñado a partir de una imagen del satélite SPOT, tomada en 2011 por el sensor 5, con una resolución espacial de 10 m, es decir, el tamaño de lado por pixel. En él se pueden observar rasgos geográficos del noroeste del estado de Chiapas. De manera clara se identifica la estructura volcánica del Chichonal, los cauces de los ríos principales

de la región, así como las principales poblaciones de los municipios Francisco León, Chapultenango, Ostuacán, Pichucalco, Ixtacomitán y Sunuapa.

Para elaborar el espacio-mapa se utilizó el compuesto a color con la finalidad de determinar las unidades territoriales, a partir de la mezcla de las bandas verde (1), roja (2) e infrarrojo cercano (3). Este proceso genera una gama de rojos para la vegetación, los más fuertes para la vegetación madura o con un proceso fotosintético mayor (selvas y bosques), los rojos claros corresponden a pastizales y zonas de cultivo de temporal o de riego principalmente, los tonos rosas coinciden con vegetación con un proceso de crecimiento menor y los tonos verdes corresponden a suelo desnudo o seco, producto de procesos antrópicos. Los ríos y las manchas urbanas se distinguen precisamente por su particular tipo de traza (Figura I.4.1).

El uso de las imágenes de satélite en el estudio de la superficie terrestre en cualquiera de sus aplicaciones es de suma importancia y utilidad, per-

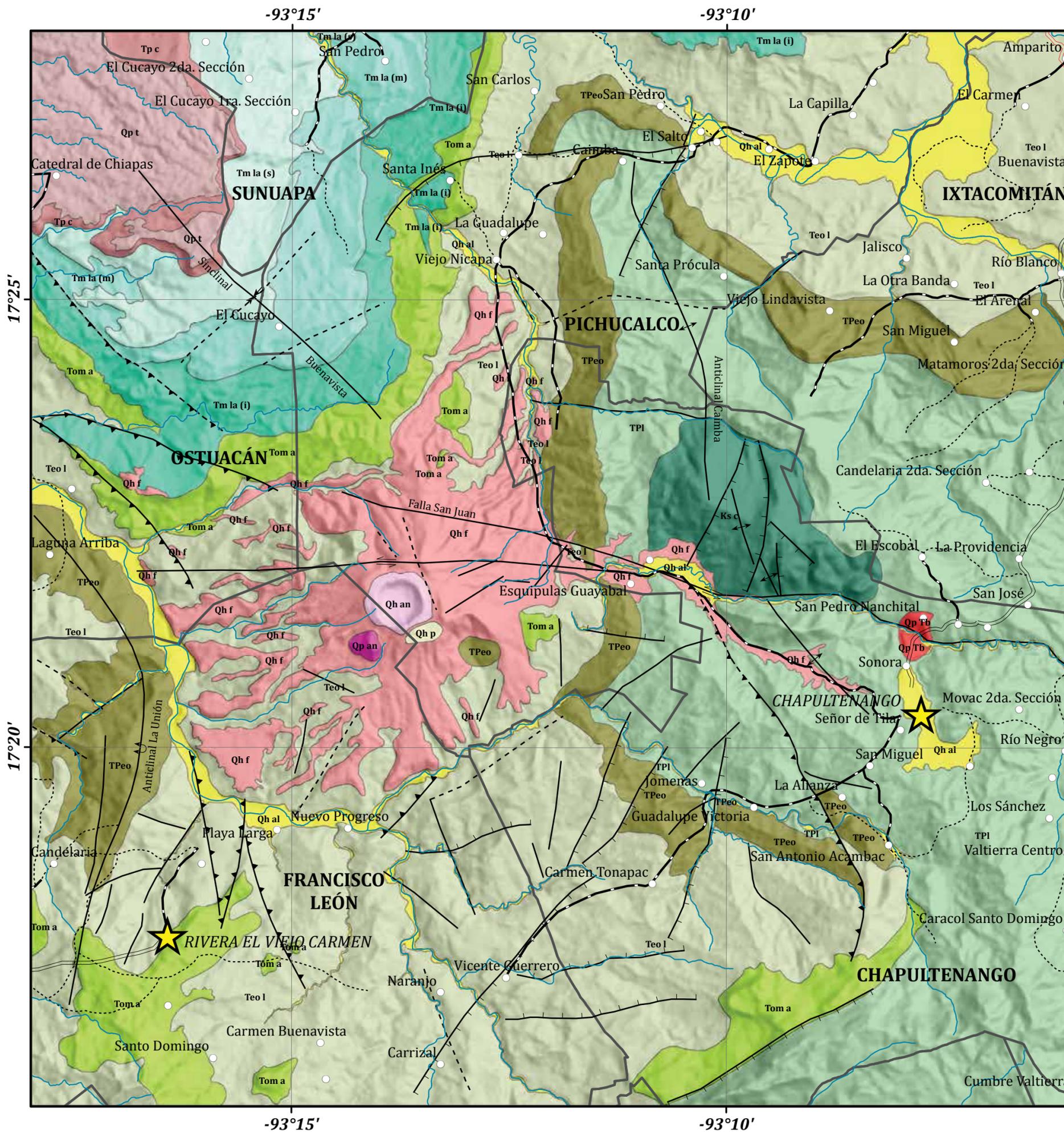
mite una rápida y en ocasiones económica forma de obtener información complementaria del lugar sin estar precisamente en él. Lo anterior, sin olvidar que como cualquier otra técnica, también presenta limitaciones, que pueden ser errores propios del sensor o del lugar como por ejemplo el bandeo de la escena satelital o la nubosidad del lugar al momento de la captura de la imagen.

### Bibliografía

- Chuvieco, E. (2002), *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*, Ariel Ciencia, Barcelona.
- Rosete, F. A. y G. Bocco (2003), "Los sistemas de información geográfica y la percepción remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales", *Gaceta Ecológica*, INE-SEMARNAT, núm. 68, pp. 43-54.



Figura I.4.1. Vista panorámica del tipo de vegetación que se encuentra en la zona.



**LEYENDA DEL MAPA**

<b>CUATERNARIO</b>	Holoceno	Qh al	Ríos, depósitos aluviales, terrazas
		Qh p	Pumicitas de caída aérea
		Qh an	Andesitas porfídicas
		Qh f	Tobas cristalinas de derrame con partes aglomeráticas
	Pleistoceno	Qp an	Andesitas microcristalinas
		Qp Tb	Traquibasaltos
<b>PLIOCENO</b>		Qp t	Tobas cristalinas conglomeráticas
		Tpc	Conglomerados poligenéticos
<b>TERCIARIO</b>	Mioceno	Tm la s	Intercalaciones de lutitas y areniscas con desarrollos de areniscas masivas
		Tm la m	
		Tm la i	
	Oligoceno	Tom a	Areniscas masivas
<b>EOCENO</b>		Te ol	Lutitas con lentes o nódulos calcáreos en la parte superior
		TP eo	Areniscas masivas (Ixtacomitán) en la parte superior y areniscas intercaladas con lutitas en la parte basal
<b>PALEOCENO</b>		TP l	Lutitas con facies calcáreas en la parte basal
	<b>CRETÁCICO Superior</b>	Ks c	Calizas masivas dolomíticas

	Falla normal		Fractura
	Falla normal inferida		Fractura inferida
	Falla inversa		Anticlinal
	Falla inversa inferida		Anticlinal recumbente
	Falla lateral izquierda		Sinclinal

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

**FUENTES:**

Canul et al. (1983).  
Duffield et al. (1984).  
García et al. (2004).

**ESCALA 1:70 000**



Autores: José Manuel Figueroa MahEng  
Mario Arturo Ortiz Pérez

## I.5 Geología

José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez

La geología representa una de las bases temáticas fundamentales para la realización de todo tipo de estudios referentes al medio natural, ordenamientos territoriales, ecológicos, explotación de recursos minerales, zonificación de peligros, por citar solo algunos. Pero igualmente la geología es utilizada para establecer las relaciones con esos elementos que conforman al medio natural, como son: el relieve, los suelos, la hidrología, la vegetación y el clima. La cartografía geológica muestra, por una parte, los tipos de rocas o llamada litología y sus respectivas edades, las cuales se encuentran en la superficie terrestre y, por otra, las características estructurales que tienen esas rocas (fallas, fracturas, plegamientos y echados, entre otros).

En la zona en estudio se cuenta con un amplio número de estudios geológicos cuya cartografía va de las escalas detalladas a las regionales. Sin embargo, a pesar de esta riqueza de información, también hay discrepancias que pueden generar confusiones. Para señalar esta dificultad, en este apartado se presenta una compilación de los mapas que han sido utilizados con más frecuencia en los diversos estudios que se han efectuado en el volcán Chichón y áreas adyacentes. La secuencia de mapas geológicos tiene el objetivo de mostrar las similitudes y diferencias, pero también tiene el principal cometido de aportar toda la información necesaria, para que sirva de base en los diferentes análisis de las amenazas de origen geológico y geomorfológico.

Los primeros estudios en la zona se llevaron a cabo por las compañías petroleras de principios del siglo XX, más tarde continuaron con los estudios de exploración de Petróleos Mexicanos (PEMEX). El primero en descubrir y hacer la descripción del volcán Chichón fue el geólogo alemán Frederich Müllerried en 1928 (Tilling, 2009), quien lo considera "activo" del post-pleistoceno. Describe las características generales de la morfología y la actividad fumarólica y solamente presenta un croquis del volcán y sus alrededores.

En 1955 se realiza el estudio geológico del anticlinal de Caimba, realizado por M. H. Barreda, basado principalmente en los trabajos de exploración de PEMEX. En 1974, por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se realizan estudios geológicos y geoquímicos de la zona aledaña al volcán (Canul *et al.*, 1983) para evaluar el potencial geotérmico. Por su parte, Damon y Montesinos (1978), en Tilling, 2009, se enfocan al estudio del vulcanismo y metalogénesis del estado de Chiapas. Es en estos años que se realizan los trabajos de exploración y perforación de pozos del anticlinal de La Unión por geólogos de PEMEX, lo que posteriormente resultaría de la recopilación de la información geológica de la zona en estudio.

A partir de la década de los años ochenta del siglo XX, y con la erupción del volcán en marzo-abril de 1982, surge un auge exponencial en la rea-

lización de trabajos geológicos, geoquímicos y sísmicos entre los más importantes, dando como resultado un enriquecimiento del conocimiento científico de la zona. Muestra de ello es uno de los trabajos más significativos realizado por René Canul y Víctor Rocha en el periodo comprendido entre diciembre de 1980 y febrero de 1981 y que posteriormente derivaría en la realización del primer mapa a escala detallada (1:50 000) del volcán.

Para llevar a cabo la compilación de toda esta serie de mapas, se escanearon y georreferenciaron, esto último con un sistema de información geográfica (SIG) ArcGis 9.3, ESRI (2005). Se realizó la digitalización, poligonización y etiquetado de las unidades litológicas, así como de sus respectivos rasgos estructurales (fallas, fracturas, plegamientos, echados, etc.). Se organizó la leyenda de los mapas de acuerdo con sus claves, edades cronoestratigráficas y litología. Finalmente se editaron los mapas siguiendo la nomenclatura y los colores usados en la cartografía geológica. En el caso del mapa geológico del cráter, y los mapas de INEGI y COREMI, fueron ajustados en escala y coordenadas a la base digital utilizada en este proyecto.

### Mapa geológico del volcán Chichón escala 1:50 000

El primer mapa de la geología del volcán Chichón es el realizado por Canul *et al.* (1983) y Duffield *et al.* (1984), se trata de una cartografía de detalle a escala 1:50 000 que muestra las unidades litológicas y los rasgos estructurales predominantes en la zona. A la fecha, este trabajo es una referencia obligada la cual ha sido citada y utilizada en un sinnúmero de trabajos (Mapa I.5).

El trabajo se acompaña de tres secciones geológicas, pero para este proyecto solamente se muestran los perfiles que son representativos en la zona del volcán (Figura I.5.1).

Las unidades litológicas que se ubican en la zona en estudio y siguiendo su secuencia cronoestratigráfica son:

**Cretácico**, está representado por una unidad compuesta de calizas masivas dolomíticas que es el basamento que conforma prácticamente toda la región de estudio.

**Terciario**, está integrado por cinco unidades que son:

- Paleoceno: lutitas con facies calcáreas en la parte basal.
- Paleoceno-Eoceno: areniscas masivas (formación Ixtacomitán) en la parte superior y areniscas intercaladas con lutitas en la parte basal.

- Eoceno-Oligoceno: lutitas con lentes o nódulos calcáreos en la parte superior.
- Mioceno (Inferior-medio y superior): intercalaciones de lutitas y areniscas con desarrollos de areniscas masivas.
- Plioceno: conglomerados poligenéticos.

**Cuaternario**, integra siete unidades, tres que se ubican en el Pleistoceno:

- Tobas cristalinas conglomeráticas.
- Traquibasaltos.
- Andesitas microcristalinas.

Y cuatro que se ubican en el Holoceno:

- Tobas cristalinas de derrame con partes aglomeráticas.
- Andesitas porfídicas.
- Pumicitas de caída aérea.
- Ríos, depósitos aluviales y terrazas.

Los elementos estructurales más importantes presentes en la zona en estudio son plegamientos y fallas y fracturas.

**Plegamientos.** El anticlinal recumbente de La Unión ubicado en la porción occidental de la zona con una orientación S-NW; el anticlinal de Caimba ubicado al noreste del volcán y con una orientación generalizada SE-NNW; el sinclinal de Buenavista ubicado entre los dos anticlinales en la parte norte del volcán y con un rumbo SE-NW.

**Fallas y fracturas.** El volcán se encuentra localizado en una región que presenta una debilidad de la corteza terrestre evidente por el sistema de fallas y fracturas, el cual, a su vez, hace suponer a los vulcanólogos que exista la intersección de dos sistemas de fallas regionales. El primer sistema es el más antiguo, siguiendo una orientación WNW-ESE, en donde destaca la falla San Juan que en algunos sectores se encuentra cubierta por los derrames piroclásticos, aunque muestra evidencias de que su traza pueda continuar hacia el poblado de Xochimilco. Igualmente coincide con la orientación de algunos cuerpos ígneos entre los que se destacan el derrame basáltico (**Traquibasaltos**), del Pleistoceno inferior (García *et al.*, 2004), Plioceno superior (Canul *et al.*, 1983), y que se ubican cercanos al poblado de Chapultenango. El segundo sistema, más nuevo y con una orientación NNE-SSW desplaza y corta a las unidades litológicas y estructurales del primero, en la región del volcán.

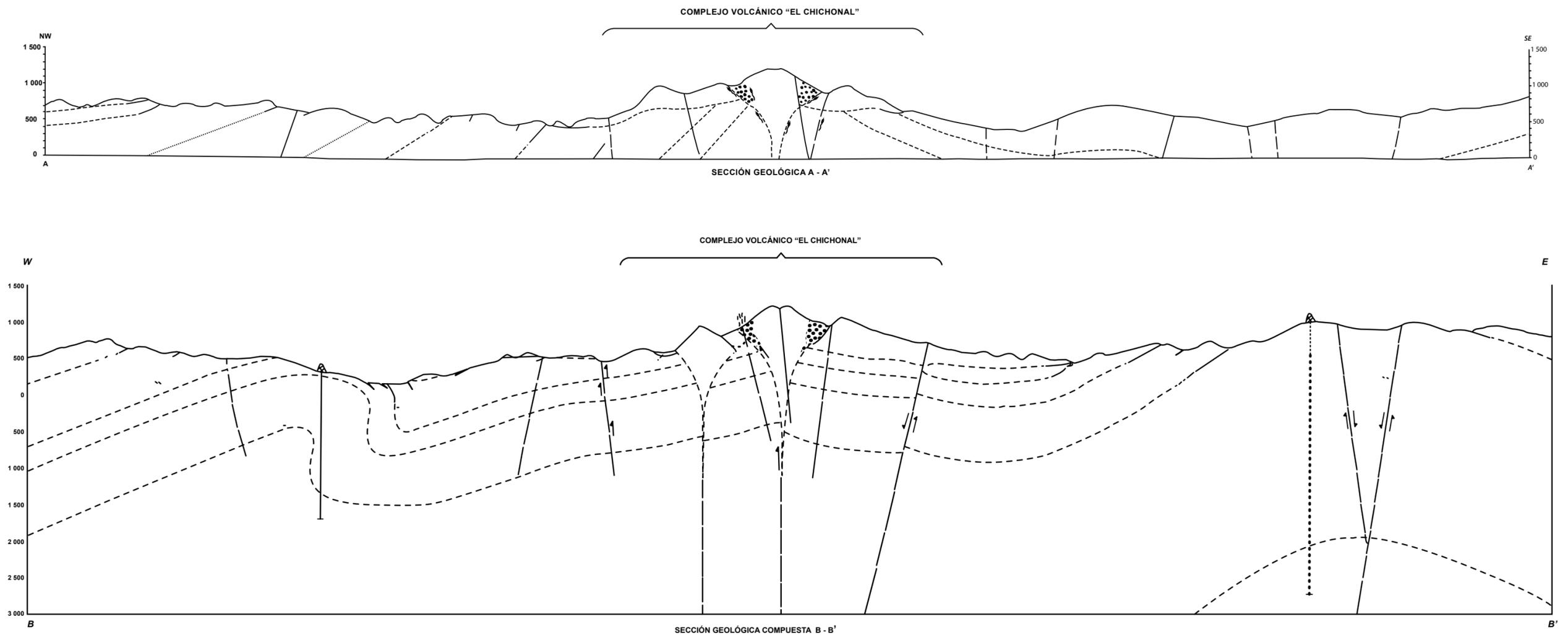


Figura I.5.1. Ubicación del trazo de las secciones geológicas y los perfiles A-A' y B-B' respectivamente (tomados de Canul *et al.*, 1983).

## Bibliografía

Canul Dzul, R. F., A. Razo Montiel y V. Rocha López (1983), "Geología e historia volcánica del Volcán Chichón, Estado de Chiapas", en *El Volcán Chichonal*, Simposio sobre el volcán Chichonal, VI convención geológica nacional de la Sociedad Geológica Mexicana, UNAM, México, pp. 3-22. Lámina No. 2: Secciones Geológicas y Lámina No. 3, Mapa Geológico.

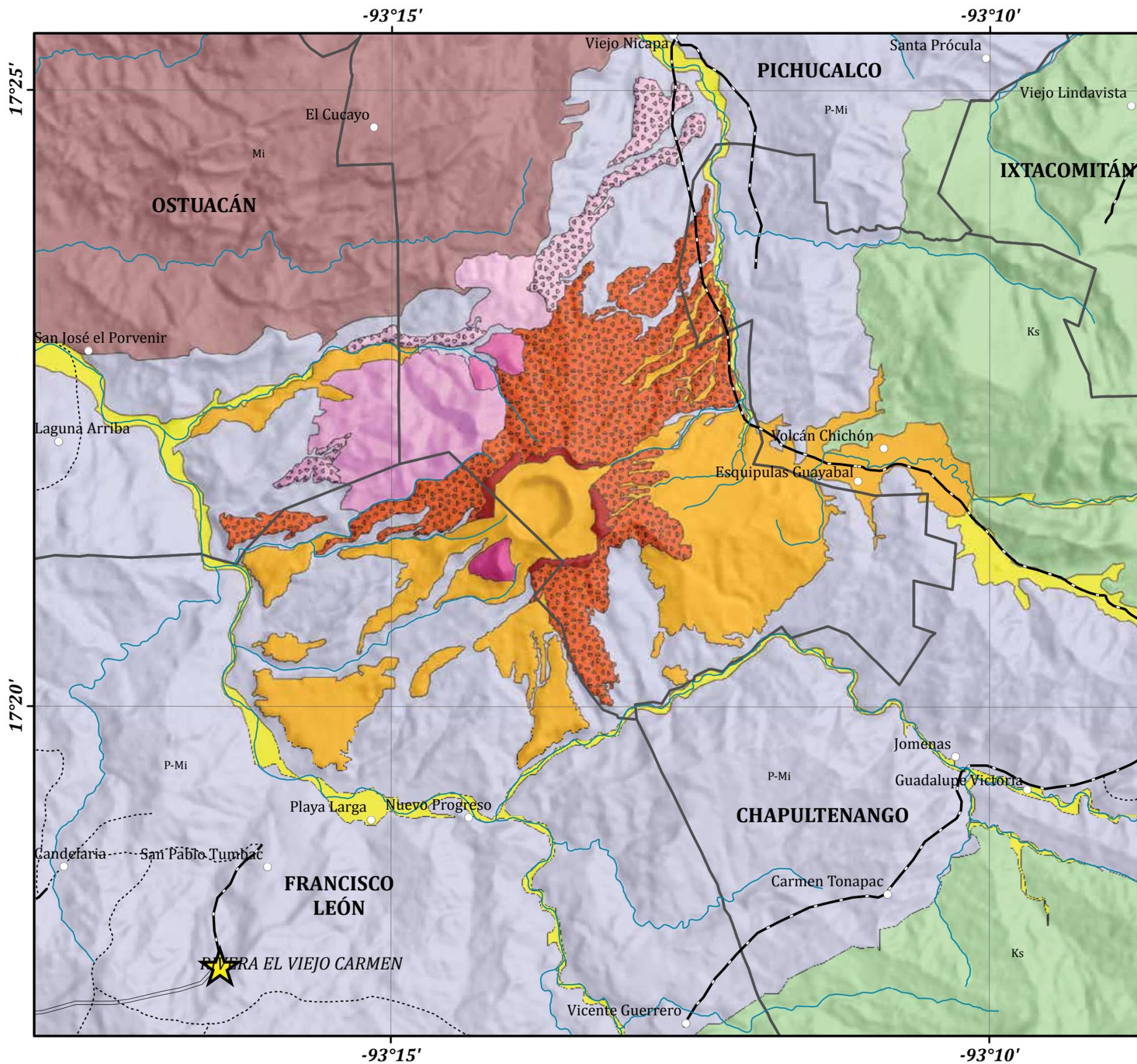
Duffield, W. A., R. I. Tilling and R. F. Canul D. (1984), "Geology of the Chichon Volcano, Chiapas, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 20, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 117-132.

ESRI (2005), *Arc Map*, Environmental Systems Research Institute, Inc. USA.

García, P. A., J. L. Macías and J. M. Espíndola (2004), "Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 136, pp. 247-268.

Layer, P. W., A. García P., D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce and J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, México: Stages of evolution based on field mapping and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology", *Geofísica Internacional*, vol. 48, no. 1, pp. 33-54.

Tilling, R. I. (2009), "El Chichón's "surprise" eruption in 1982: Lessons for reducing volcano risk", *Geofísica Internacional*, vol. 48, no. 1, pp. 3-19.



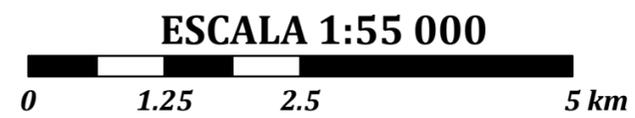
### LEYENDA DEL MAPA

- Aluvi3n
- Unidades volcánicas**
  - Flujos piroclásticos del Holoceno (<10 ka)
  - Flujo piroclástico del Somma (55 ka)
  - Domo NW (80-97 ka)
  - Flujo piroclástico del domo NW
  - Domos Capulín (152 ka)
  - Flujo piroclástico de los domos Capulín (102-48 ka)
  - Domo Cambac (187-168 ka)
  - Domo SW (217 ka)
  - Somma (276-209 ka)
- Unidades sedimentarias**
  - Mi Areniscas, conglomerados y limolitas del Mioceno inferior
  - P-Mi Lutitas-arenosas y calcáreas del Paleoceno-Mioceno inferior
  - Ks Evaporitas y calizas del Cretácico superior

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural
- Vías terrestres**
  - Carretera federal
  - Carretera estatal
  - Terracería
  - Brecha
- Rasgos naturales**
  - Corrientes principales

FUENTE: elaborado a partir de fotointerpretación de fotografías aéreas, modelos digitales de elevación y visitas directas en campo.



Autores: José Luis Macías, José Luis Arce, Víctor Hugo Garduño, Adrián Jiménez, Rosa María Álvarez, Paul W. Layer, Víctor Santiago Rocha, Celia López Miguel y Guillermo Cisneros

## I.6 Geología del volcán Chichón

José Luis Macías, José Luis Arce,  
Víctor Hugo Garduño, Adrián Jiménez, Rosa María Álvarez,  
Paul W. Layer, Víctor Santiago Rocha,  
Celia López Miguel y Guillermo Cisneros

El mapa geológico del volcán Chichón comprende un área de 165 km<sup>2</sup> y fue obtenido a partir de la interpretación de fotografías aéreas escala 1:50 000, el modelo sombreado del terreno, trabajo de campo, correlación estratigráfica de 47 secciones y fechamientos con el método <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar (Macías *et al.*, 2010). Este trabajo fue realizado para la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE para re-evaluar el potencial geotérmico del volcán Chichón y eventualmente llevar a cabo una prospección geotérmica futura (Contrato N° 9400047770). Este mapa muestra diez unidades geológicas de roca expuestas en superficie, con edades que van del Cretácico superior al reciente, la estratigrafía anterior fue simplificada de aquella presentada en trabajos previos (PEMEX, 1981, en Canul *et al.*, 1983; Canul y Rocha, 1981; García Palomo *et al.*, 2004). Las tres unidades más antiguas están compuestas por rocas sedimentarias del Cretácico superior al Mioceno superior. Estas unidades antiguas están cubiertas por

las estructuras volcánicas del Chichón o también denominado Complejo Volcánico Chichón y sus productos, los cuales fueron divididos en seis unidades, con edades que varían del Pleistoceno superior al Holoceno. Nuevos fechamientos de <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar permitieron mejorar la estratigrafía volcánica presentada por Layer *et al.* (2009). A continuación se describen las unidades del mapa geológico, de la más antigua a la más joven.

### Unidad de evaporitas y calizas del Cretácico Superior (Ks)

Consiste en calizas masivas, dolomitizadas, de color café claro y gris. También se observan brechas y facies arrecifales, y calizas arcillosas con nódulos de pedernal hacia su cima. Estas rocas están expuestas al este del volcán.

### Unidad de lutitas-arenosas y calcáreas del Paleoceno-Mioceno inferior (P-Mi)

Consta desde su base, de lutitas de color gris oscuro con niveles de calizas que gradúan a arcillas laminares y lentes o estratos de areniscas. Hacia su parte intermedia estas lutitas se alternan con estratos centimétricos de areniscas y niveles calcáreos en forma de lentes, con desarrollos coralinos. También se encontraron estratos métricos que se acuñan lateralmente con fósiles Numulites del Eoceno. Por su contenido microfaunístico, a estas capas de lutitas-arenosas y calcáreas se les ha asignado una edad que va del Paleoceno al Mioceno inferior. Esta unidad circunda en el mapa al volcán (Figura I.6.1).

### Unidad de areniscas y lutitas del Mioceno inferior (Mi)

Aparece como estratos arcillosos, que gradúan progresivamente a capas ricas en arena, llegando a conformar grandes bancos de areniscas y conglomerados de color café claro, ricos en micas, estructuras primarias, restos de hojas, carbón y tallos. Estos bancos se alternan con lutitas limosas de color gris oscuro, por su contenido microfaunístico. Esta unidad ha sido ubicada en el Mioceno inferior.

### Unidad Somma

Representada por rocas que forman y dan nombre al cráter que tiene un diámetro de 1.5 km y está disectado en tres partes: en donde nacen los ríos Platanar en el este, San Pablo-Cambac en el norte y Tuspac en el suroeste. El cráter Somma consta de una serie de domos amalgamados de lava andesítica, circundados por abanicos de depósitos de flujo piroclásticos y volcániclasticos. Dos muestras del Somma fueron fechadas con el método K-Ar en 209 ± 19 ka (Damon y Montesinos, 1978) y 276 ± 6 ka (Duffield *et al.*, 1984).

### Flujos piroclásticos del Somma

Se trata de depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, expuestos hasta 2.5 km del cráter en el lado oeste. Estos depósitos fueron fechados en ~55 ka; son masivos, compuestos de varias unidades de flujo, con espesores cercanos a 50 m, parcialmente endurecidos y constituidos por bloques de traquiandesita con fenocristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno.



Figura I.6.1. Afloramiento rocoso en las inmediaciones de Chapultenango.

### Unidad domo SW

Es una estructura dómica, compuesta por lavas traquiandesíticas que fue inicialmente descrita por Canul y Rocha (1981) como domo lateral. Las rocas que componen a este domo tienen textura porfídica y están compuestas por fenocristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno, inmersos en una escasa matriz vítrea. La edad del domo SW fue establecida por el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en  $217 \pm 10$  ka (Layer *et al.*, 2009).

### Unidad domo Cambac

Se define con este nombre a dos estructuras dómicas localizadas en la cabecera del río Cambac. La roca que conforma a los domos es de color gris oscuro, con alteraciones ocre y presenta lajeamiento de aproximadamente 10 cm. La textura de la lava es porfídica de grano medio, con fenocristales de plagioclasa, horblenda y piroxeno, inmersos en una matriz vítrea. Se observó epidota rellenando intersticios. Dos edades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de estas estructuras resultaron en  $\sim 187$  y  $\sim 168$  ka

### Unidad domos Capulín

Está representada por varios domos de lava alineados en dirección este-oeste, ubicados a  $\sim 3$  km al norte-noreste del volcán Chichón. En general

están compuestos por rocas de color gris claro, de textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa, horblenda y piroxeno en una matriz vítrea. La edad  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de esta unidad es de  $\sim 152$  ka.

### Flujos piroclásticos Capulín

Consisten en depósitos de flujo piroclástico de bloques y cenizas, asociados a los domos Capulín. Estos depósitos están compuestos por bloques de textura porfídica, constituidos por fenocristales de plagioclasa, horblenda y piroxeno en una matriz vítrea. Se encuentran al noreste del volcán fueron fechados en 102 ka y hacia el suroeste en  $\sim 48$  ka.

### Unidad domo NW

Esta unidad fue descrita anteriormente por Macías (1994) y Macías *et al.* (1997). Consiste en una estructura compleja de domos y espinas con una estructura de colapso de  $\sim 700$  m de ancho, abierta hacia el NW. La roca es de color gris a verde, parcialmente alterada, de composición traquiandesítica a basáltica y de textura porfídica, de grano grueso, con fenocristales de plagioclasa, horblenda y piroxenos, en una escasa matriz vítrea. El domo NW fue fechado por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en  $90 \pm 18$  ka y  $97 \pm 10$  ka por Layer *et al.* (2009) y  $\sim 80$  k por Macías *et al.* (2010).

### Unidad Holoceno

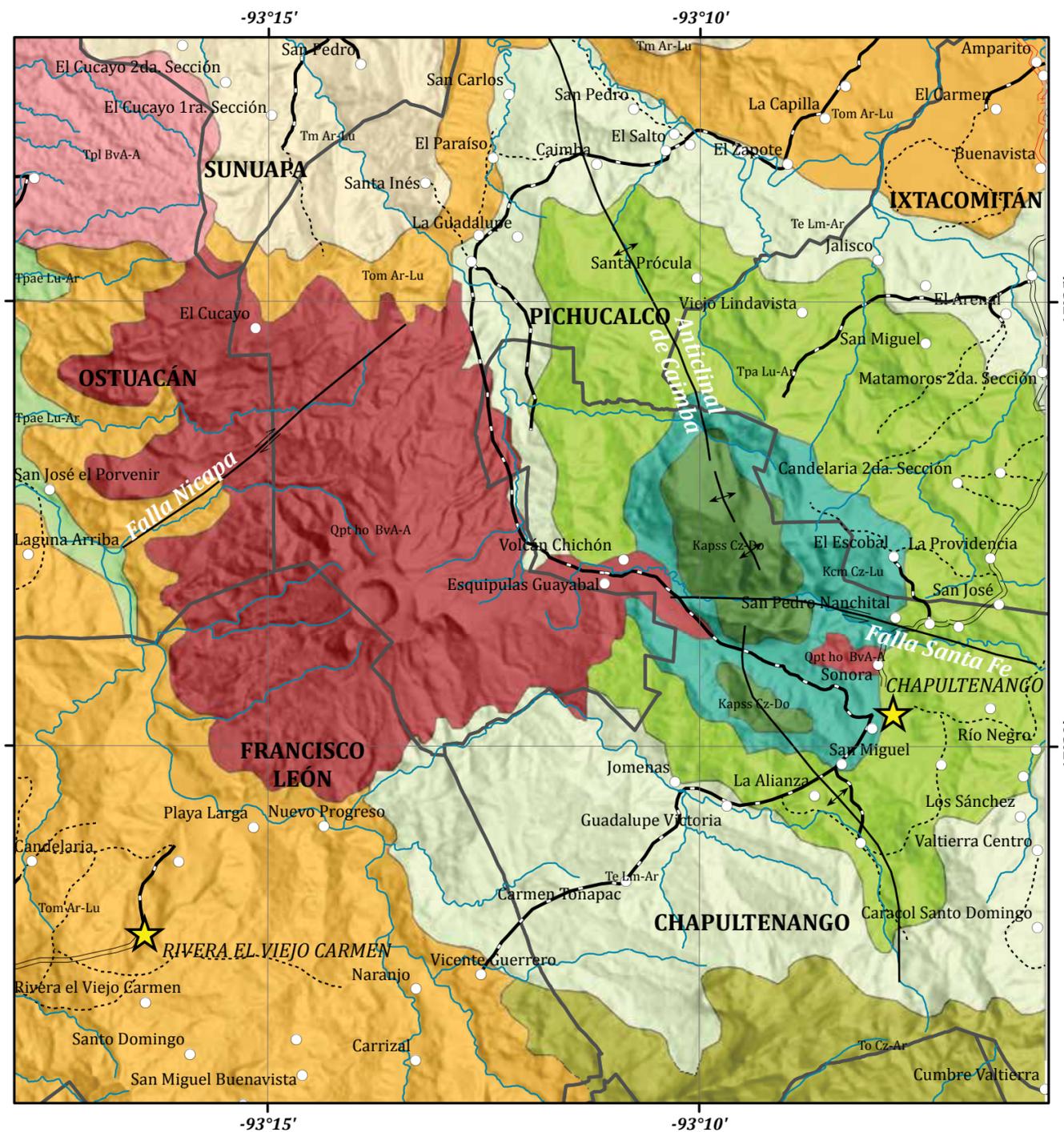
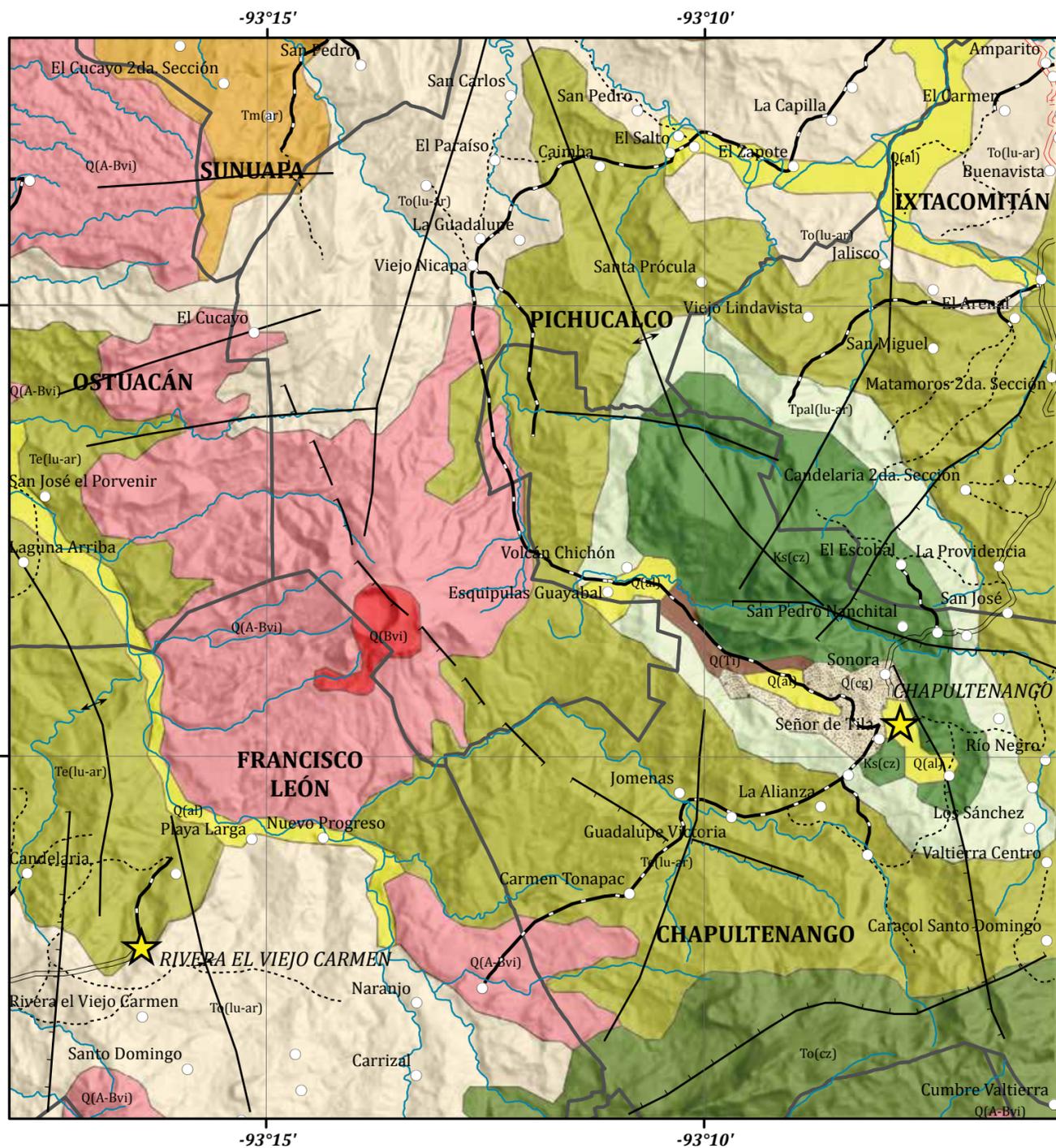
La unidad Holoceno es la más extensa del volcán Chichón, debido a que también comprende los depósitos expulsados durante la erupción de 1982. Como se ha reportado en trabajos previos (*i.e.*: Espíndola *et al.*, 2000) durante los últimos ocho mil años se han logrado identificar once erupciones distintas, que dejaron depósitos piroclásticos diversos con edades por radiocarbono de 7300, 3700, 3100, 2500, 2000, 1900, 1600, 1500, 1250, 900 y 550 años antes del presente (AP). Es común la presencia de depósitos de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, de pómez y de ceniza, además de oleadas piroclásticas. En general todos los constituyentes (pómez, bloques) tienen una textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa, horblenda y piroxenos, inmersos en una matriz fina (Figura I.6.2).

### Bibliografía

- Canul, R. F. y V. L. Rocha (1981), *Informe geológico de la zona geotérmica de "El Chichonal"*, Comisión Federal de Electricidad, Morelia, Informe 32-81, México.
- Damon, P. y E. Montesinos (1978), *Late Cenozoic volcanism and metallogenesis over an active Benioff zone in Chiapas, Mexico*, Arizona Geological Society Digest XI, pp. 155-168.
- Duffield, W. A., R. I. Tilling and R. Canul (1984), "Geology of El Chichón volcano, Chiapas, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 20, pp. 117-132.
- Espíndola, J. M., J. L. Macías, R. Tilling and M. F. Sheridan (2000), "Volcanic history of El Chichón volcano (Chiapas, Mexico) during the Holocene and its impact on human activity", *Bull Volcanol*, no. 62, pp. 90-104.
- García Palomo, A, J. L. Macías and J. M. Espíndola (2004), "Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico", *J Volcanol Geotherm Res*, no. 136, pp. 247-268.
- Layer, P. W., A. García Palomo, D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce and J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, Mexico: stages of evolution based on field mapping and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology", *Geofís. Int.*, no. 48, pp. 33-54.
- Macías, J. L. (1994), *Violent short-lived eruptions from small-size volcanoes: El Chichón, Mexico (1982) and Shtyubel, Russia (1907)*, PhD dissertation, State University of New York at Buffalo, Buffalo.
- Macías, J. L., M. F. Sheridan and J. M. Espíndola (1997), "Reappraisal of the 1982 eruption of El Chichón volcano, Chiapas, Mexico: new data from proximal deposits", *Bulletin of Volcanology*, no. 58, pp. 459-471.
- Macías, J. L., J. L. Arce, V. H. Garduño Monroy, D. Rouwet, Y. Taran, P. Layer, A. Jiménez y R. Álvarez (2010), *Estudio de prospección geotérmica para evaluar el potencial del volcán Chichonal, Chiapas*, Unpublished Report no. 9400047770 IGF-UNAM-CFE.



Figura I.6.2. Vista panorámica desde el volcán Chichón en dirección a la localidad de Viejo Volcán.



**LEYENDA DEL MAPA**

Unidades litológicas (INEGI)

Q(al)	Aluvión
Q(cg)	Conglomerados
Q(Ti)	Tobas intermedias
Q(Bvi)	Brecha volcánica intermedia
Q(A-Bvi)	Andesita-brecha volcánica intermedia
Tm(ar)	Arenisca
To(lu-ar)	Lutita-arenisca
To(cz)	Caliza
Te(lu-ar)	Lutita-arenisca
Tpal(lu-ar)	Lutita-arenisca
Ks(cz)	Caliza

**SIMBOLOGÍA**

—	Límite municipal	—	Carretera estatal	—	Falla normal	—	Sinclinal
★	Cabecera municipal	—	Terracería	—	Fractura	—	Falla lateral
○	Localidad rural	—	Brecha	—	Anticlinal		
—	Carretera federal	—	Corrientes principales				

FUENTES:

Carta Geológica Minera. Villahermosa E15-8. Escala 1:250 000. 1ª edición: 2005. Servicio Geológico Mexicano. Consejo de Recursos Minerales. COREMI. México.

Carta Geológica. Villahermosa E15-8. Escala 1:250 000. 1ª edición: 1989. INEGI. México.

García *et al.* (2004).

Layer *et al.* (2009).

Autores: José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez

**ESCALA 1:100 000**

0 1 2 4 km

**LEYENDA DEL MAPA**

Unidades litológicas (COREMI)

Qpt ho BvA-A	Brecha volcánica ácida-andesita
Tpl BvA-A	Brecha volcánica ácida-andesita
Tm Ar-Lu	Arenisca-lutita
Tom Ar-Lu	Arenisca-lutita
To Cz-Ar	Caliza-arenisca
Te Lm-Ar	Limolita-arenisca
Tpae Lu-Ar	Lutita-arenisca
Tpa Lu-Ar	Lutita-arenisca
Kcm Cz-Lu	Caliza-lutita
Kapss Cz-Do	Caliza-dolomía

## I.7 Geología (compilación INEGI-COREMI)

José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez

### Geología INEGI y COREMI escala 1:250 000

En 1983 el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) realiza la edición de la carta geológica a escala 1:250 000. Para 2005 se concluye la edición de la cartografía geológica a escala 1:250 000 elaborada por el Consejo de Recursos Minerales COREMI (ahora Servicio Geológico Mexicano, SGM) y dependiente de la Secretaría de Economía (SE). Si bien se trata de dos mapas (I.7) a escala regional, son importantes en cuanto a su utilización en múltiples trabajos de reconocimiento, prospección y aplicación.

El primero es uno de los mapas base más utilizados para diversos fines desde la década de los ochenta del siglo XX. El segundo es utilizado primordialmente en trabajos de prospección minera. Sin embargo, ha cobrado mayor relevancia debido a que muestra una información más actualizada y complementada con datos de pozos de perforación, dataciones de las rocas, pruebas geoquímicas, secciones geológicas y perfiles, columnas estratigráficas y una descripción que se anexa en la tira marginal derecha. Cabe aclarar que esta última información de la que se hace mención fue omitida en este trabajo, solo con el propósito de uniformizar todos los mapas.

En el mapa de INEGI se muestran once unidades litológicas que van desde el Cretácico Superior (calizas), una serie de lutitas, areniscas y calizas del Terciario que abarcan desde el Paleoceno hasta el Mioceno, y finalmente, una serie de rocas andesíticas, brechas volcánicas intermedias, tobas intermedias y conglomerados, todos del Cuaternario al igual que los depósitos aluviales, sin especificar el periodo o piso cronoestratigráfico. Como elementos estructurales sobresalientes están la falla San Juan y los plegamientos de La Unión y Caimba. Destaca una falla inferida que atraviesa la estructura principal del volcán con un rumbo SE-NW.

En el mapa de COREMI se reportan diez unidades litológicas. Calizas, lutitas y dolomías del Cretácico Superior. En el Terciario destacan, lutitas-areniscas, limolitas-areniscas, calizas-areniscas y areniscas-lutitas, que van desde el Paleoceno-Eoceno, Eoceno, Oligoceno y Oligoceno-Mioceno, respectivamente. Muy similar a los mostrados por INEGI (1983). Figura una unidad de brechas volcánicas ácidas y andesitas del Plioceno (Terciario), así como del Holoceno (Cuaternario). Esto lo hace diferente de la cartografía de INEGI. No se destaca ningún depósito aluvial en la zona. Asimismo, destacan los siguientes elementos estructurales: la falla Santa Fe que corresponde en ubicación a la falla San Juan, mencionada en los trabajos de Canul *et al.* (1983), García *et al.* (2004). Es notable la falla Nicapa con movimiento lateral derecho, ubicada en el extremo NW del volcán, es probable que se trate de la misma falla mencionada en el trabajo de Layer *et al.* (2009), a la cual llaman Agua de Cal (Mapa I.7).

En la Figura I.7.1 se resaltan las principales corrientes fluviales que bordean al conjunto volcánico y se muestra el trazo de dos secciones y sus correspondientes perfiles.

El mapa más reciente y actualizado es el realizado por Macías *et al.* (2013), descrito por el autor en el siguiente capítulo.

### Ventajas y desventajas de varias cartografías geológicas

Es claro que mientras más información se tenga de una región o zona, se tiene un conocimiento más completo, y se está en una mejor condición de

llevar a cabo estudios más veraces y precisos. Sin embargo, esto acarrea la desventaja de que se presentan discrepancias como son: no coincidencia de los límites de los contactos litológicos, el trazo y la interpretación diferente de los rasgos estructurales, la variación en los datos de las edades de las rocas, entre otros, lo que conlleva a crear una base de información muy heterogénea. Lo ideal es que los diversos expertos se reúnan y simplemente unifiquen los criterios de interpretación y representación, lo que dará como conclusión una única cartografía validada y certificada por las dependencias responsables. Es solamente de esta manera como se estará en posibilidad de aportar futuras bases de información que sirvan para la toma de decisiones.

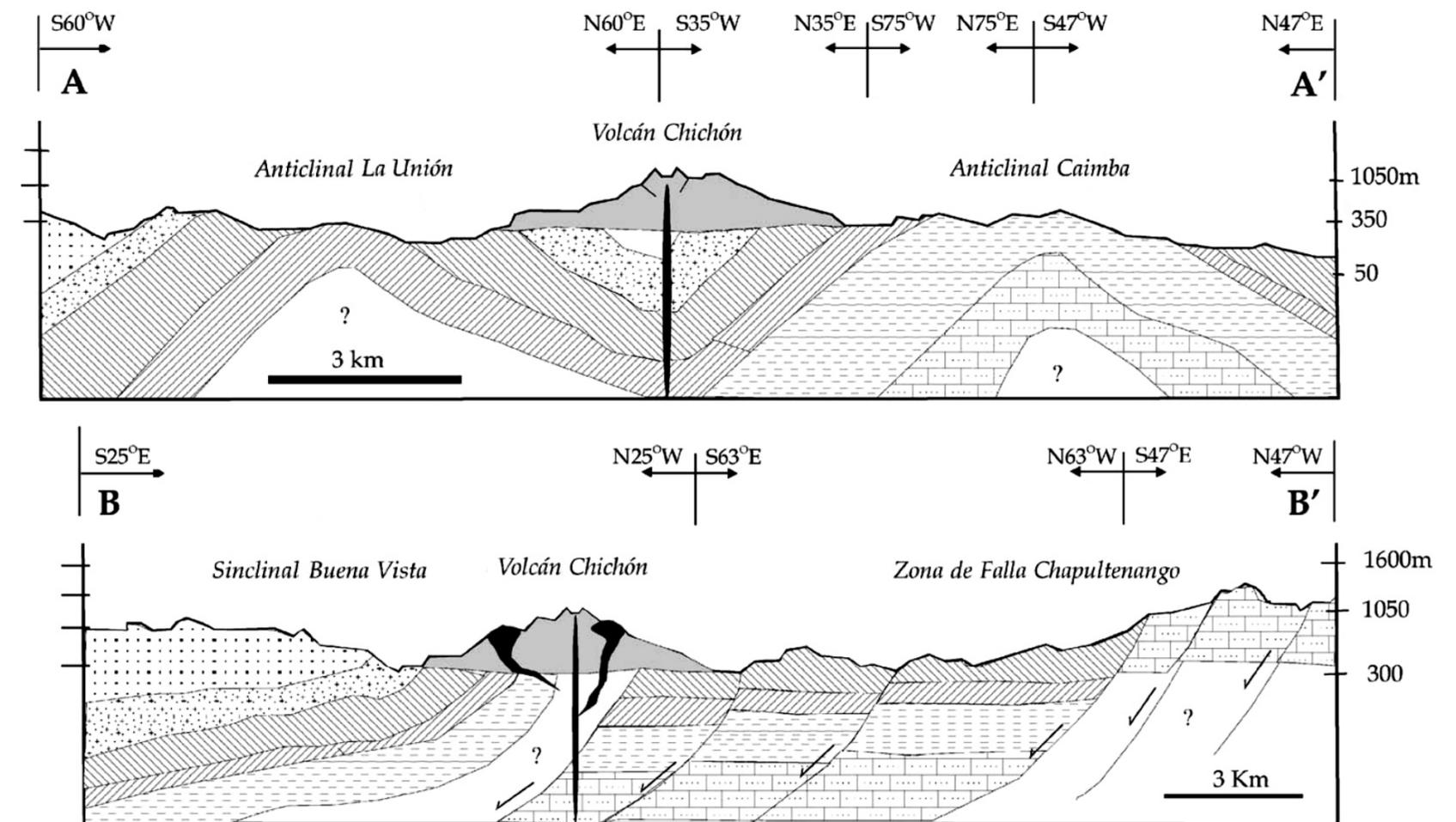


Figura I.7.1. Perfiles geológicos del volcán Chichón y las estructuras circundantes al mismo, anticlinales de La Unión y Caimba, sinclinal de Buenavista y sistema de fallas de Chapultenango (tomado de García *et al.*, 2004).

## Bibliografía

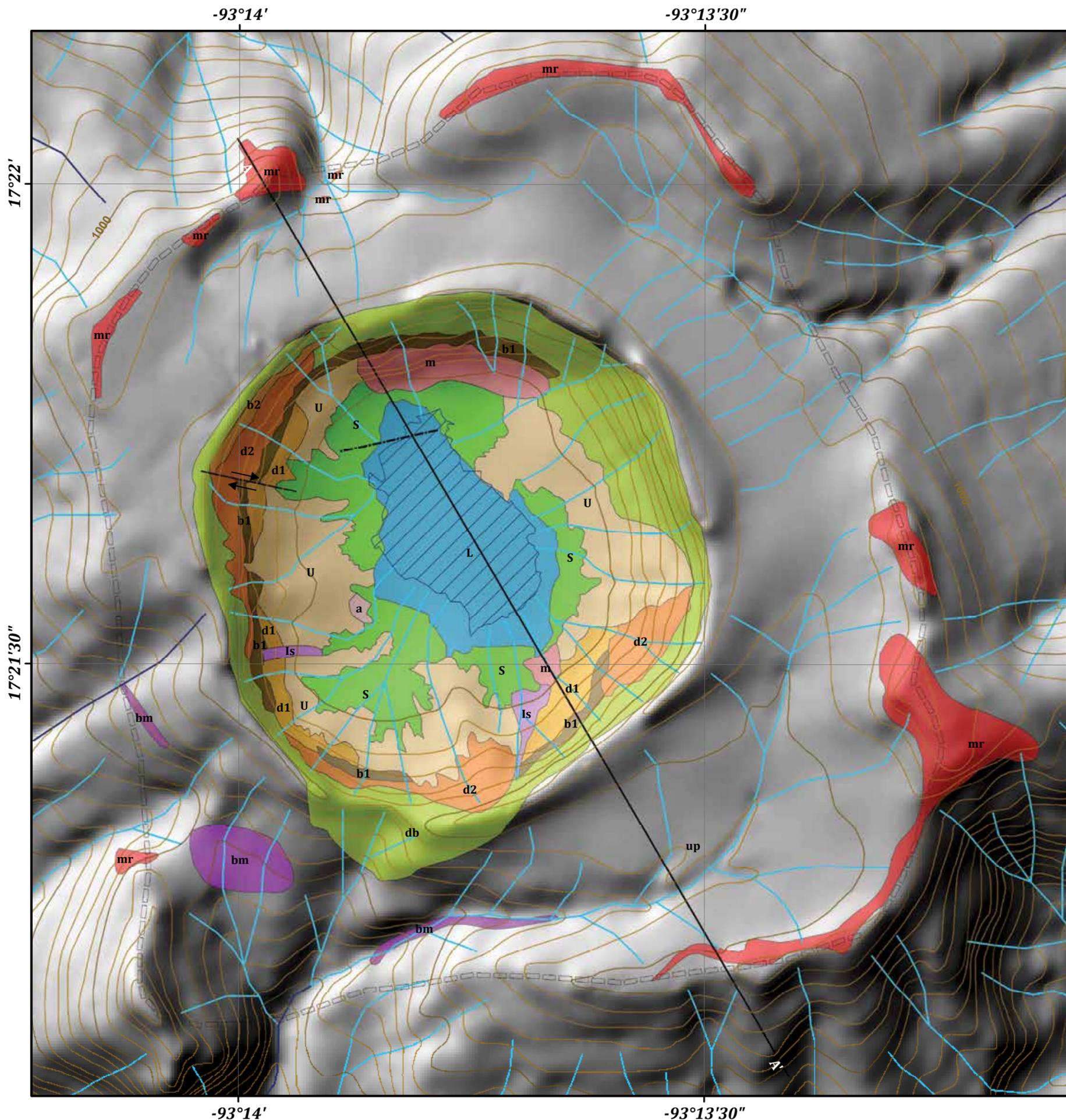
Canul Dzul, R. F., A. Razo Montiel y V. Rocha López (1983), "Geología e historia volcanológica del Volcán Chichonal, Estado de Chiapas", en *El Volcán Chichonal*, Simposio sobre el volcán Chichonal, VI convención geológica nacional de la sociedad geológica mexicana, UNAM, México, pp. 3-22. Lámina No. 2: Secciones Geológicas y Lámina No. 3, Mapa Geológico.

COREMI (2005), *Carta Geológico Minera. Villahermosa E15-8*, escala 1:250 000, Servicio Geológico Mexicano, Consejo de Recursos Minerales, México.

García P. A., J. L. Macías and J. M. Espíndola (2004), "Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 136, pp. 247-268.

Layer, P. W., A. García P., D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce and J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, Mexico: Stages of evolution based on field mapping and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology", *Geofísica Internacional*, vol. 48, no. 1, pp. 33-54.





**LEYENDA DEL MAPA**

Geología del cráter  
volcán Chichón

- U Depósitos de oleadas piroclásticas húmedas
  - d1 Brechas granulares no estratificadas del domo
  - m Lava masiva del domo
  - b1 Flujo piroclástico de grano fino
  - db Brechas estratificadas en el talud del domo
  - mr Lava masiva del domo en la fractura del borde
  - up Depósitos piroclásticos no diferenciados de 1982
  - a Unidad alterada de edad no diferenciada
  - bm Brechas estratificadas en el talud del domo
  - b2 Depósitos superiores de flujos piroclásticos de grano fino
  - d2 Brechas no estratificadas del domo
  - ls Depósitos de deslizamientos
  - S Depósitos aluviales del cráter
  - L Superficie del lago (post-erupción)
  - Superficie del lago (2011)
  - Falla lateral
  - Somma
  - Falla inferida
  - Sección A-A'
  - Curva de nivel maestra
  - Curva de nivel ordinaria
  - Corrientes principales
- Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

FUENTE:  
Rose *et al.* (1984).

**ESCALA 1:6 500**



Autores: José Manuel Figueroa MahEng  
Mario Arturo Ortiz Pérez

## I.8 Geología del cráter

José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez

### Geología del cráter (1984)

En 1984, Rose *et al.* efectúan una cartografía a detalle del cráter del volcán. El mapa base fue preparado a partir de fotografías aéreas verticales tomadas el 3 de noviembre de 1982, por un vuelo de la NASA (Phelan-Kotra *et al.*, 1983, en Rose *et al.*, 1984). La base topográfica fue proporcionada por el U.S. Geological Survey, Flagstaff, Mapa I.8. Sin embargo, en el artículo correspondiente no se hace ninguna referencia de la escala del levantamiento. Este mapa se muestra junto con el perfil de una sección que atraviesa al cráter con rumbo NW-SE (Figura I.8.1).

En este trabajo de compilación, el mapa se muestra editado en una escala 1:6 500 y son trece las principales unidades litológicas y su respectiva columna cronoestratigráfica (Figura I.8.2) que corresponden al Holoceno:

- S Depósitos aluviales del cráter
- Is Depósitos de deslizamientos
- U Depósitos de oleadas piroclásticas húmedas
- UP Depósitos piroclásticos no diferenciados de 1982
- db Brechas estratificadas en el talud del domo
- bm Brechas estratificadas en el talud del domo.
- b2 Depósitos superiores de flujos piroclásticos de grano fino
- a Unidad alterada de edad no diferenciada
- d2 Brechas no estratificadas del domo
- b1 Flujo piroclástico de grano fino
- d1 Brechas granulares no estratificadas del domo
- m Lava masiva del domo
- mr Lava masiva del domo en la fractura del borde

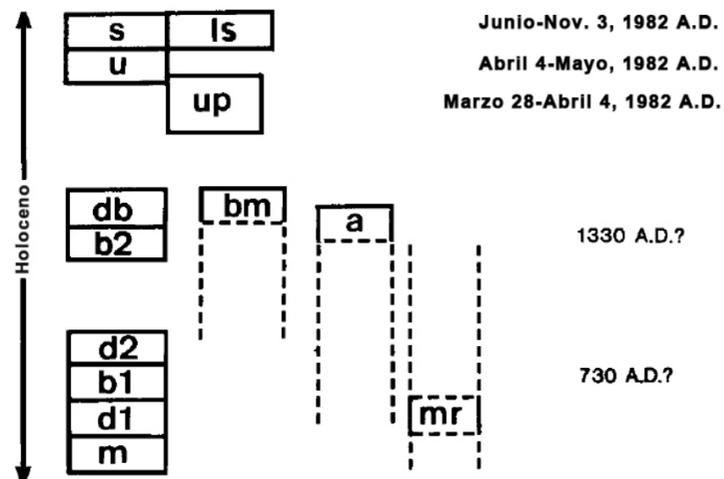


Figura I.8.2. Columna cronoestratigráfica correspondiente a las unidades litológicas cartografiadas en el cráter (tomado de Rose *et al.*, 1984).

Finalmente se destacan dos elementos estructurales: una falla inferida localizada en la porción noroeste en el fondo del cráter y una falla con desplazamiento lateral que afecta a los contactos litológicos que afloran en la ladera interna ubicada al oeste (Mapa I.8) (Figura I.8.3).

### Bibliografía

Rose, W. I., T. J. Bornhorst, S. P. Halsor, W. A. Capaul, P. S. Plumley, S. De La Cruz, M. Mena and R. Mota (1984), "Volcan El Chichón, Mexico: Pre-1982 S-Rich eruptive activity", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, no. 23, pp. 147-167.

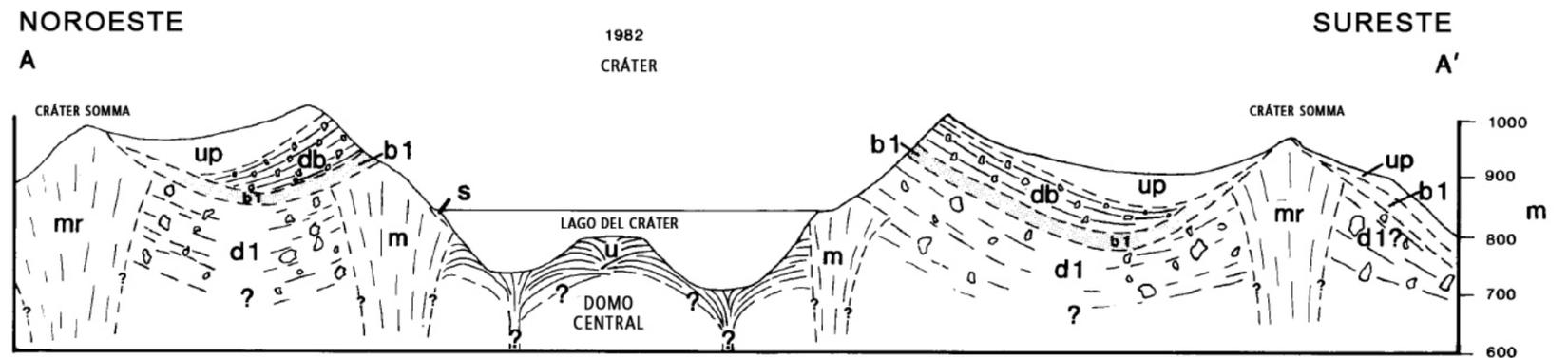
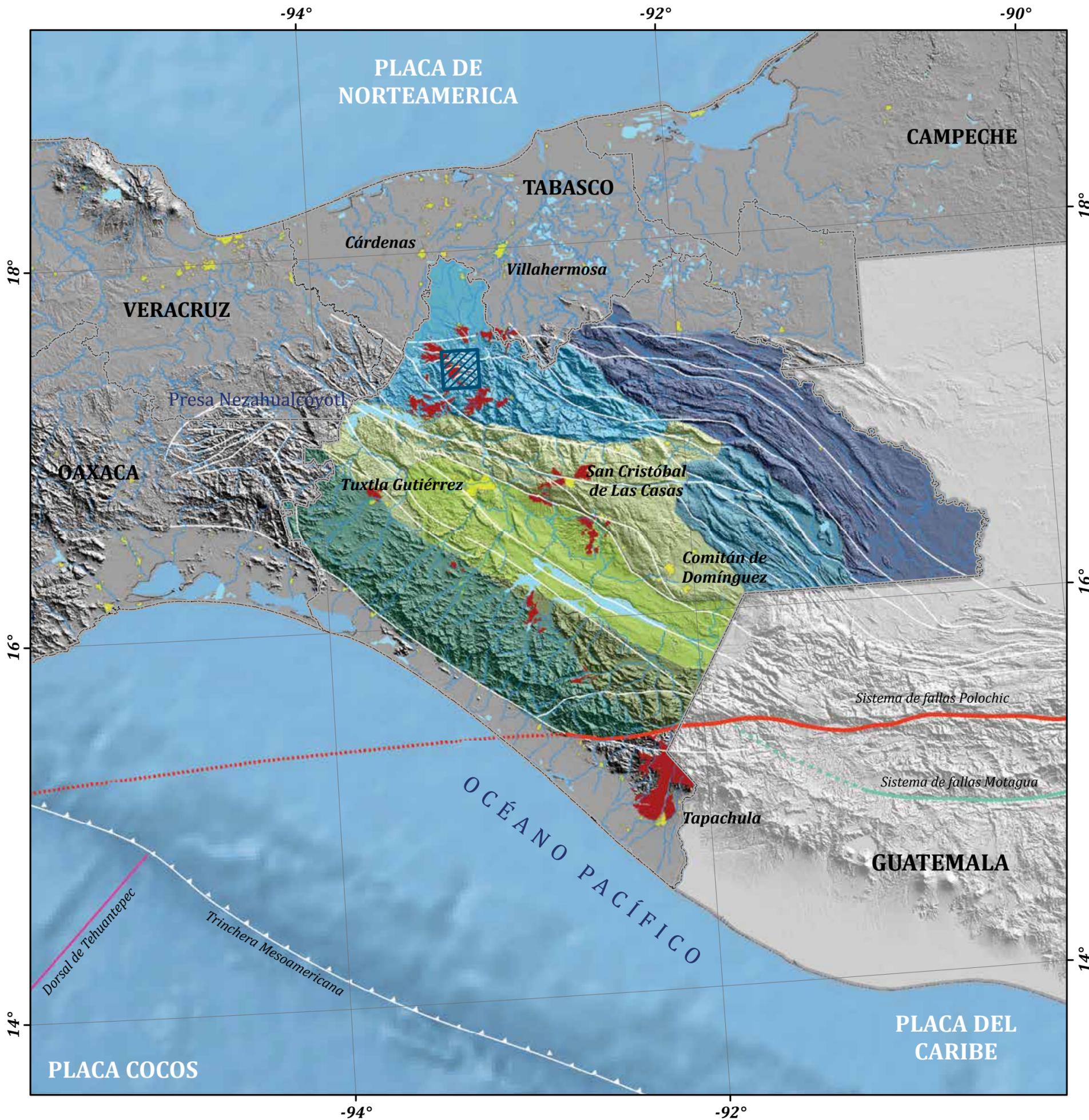


Figura I.8.1. Perfil que muestra las unidades litológicas cartografiadas del cráter (tomado de Rose *et al.*, 1984).



Figura I.8.3. Vista aérea del cráter del volcán Chichón.



**LEYENDA DEL MAPA**

Sistemas tectónicos

- Macizo granítico
- Anticlinorio Comalapa
- Sinclinorio central
- Fallas de transurrencia
- Simojovel
- Miramar
- Arco de la Libertad
- Rocas ígneas extrusivas

Fallas regionales

- Trinchera Mesoamericana
- Dorsal de Tehuantepec
- Falla Polochic (probable)
- Sistema de fallas Polochic
- Sistema de fallas Motagua
- Sistema de fallas Motagua (probable)
- Fallas regionales principales

**SIMBOLOGÍA**

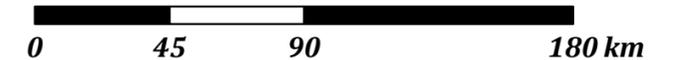
- Límite internacional
- Límite estatal
- Localidad urbana
- Área de estudio
- Corrientes principales
- Cuerpos de agua

FUENTES:

De la Rosa Z., J. L., A. Eboli M. y M. Dávila S. (1989), Geología del Estado de Chiapas, Subdirección de construcción, Unidad de estudios de ingeniería civil, Subjefatura de de estudios geológicos, Departamento de Geología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Velez S., D. (1990). "Modelo transcurrente en la evolución tectónico-sedimentaria de México", *Bol. AMGP*, vol. XL, no. 2, p. 1-35.

**ESCALA 1:1 400 000**



Autores: José Manuel Figueroa MahEng  
Mario Arturo Ortiz Pérez

## I.9 Tectónica

José Manuel Figueroa MahEng y Mario Arturo Ortiz Pérez

El basamento geológico y el relieve de la superficie terrestre deben su origen a los movimientos endógenos o tectónicos que han interactuado desde la formación de la Tierra y que continúan hoy día. Esto ha marcado notablemente las características de los ámbitos o paisajes geográficos actuales. El clima, los suelos, la vegetación, la hidrología son producto de ello y deben su influencia regional a la tectónica. El territorio nacional ofrece una amplia diversidad geológica, una actividad sísmica y volcánica alta en ciertas regiones, así como la conformación de importantes sistemas orogénicos, todo ello originado por la tectónica. Hoy día es indispensable en los trabajos de ordenación del territorio como de riesgos y vulnerabilidad, considerar los estudios tectónicos y geológicos.

### Placas tectónicas en México

El territorio nacional debe su configuración a la interacción de cinco placas tectónicas, de las cuales tres de ellas ejercen su influencia en el suroeste del país en una zona llamada "Junta Triple", las cuales son: Placa de Norteamérica, Placa del Caribe y Placa de Cocos (Figura I.9.1).

Para entender como se ha configurado el relieve y su actual distribución espacial, se han establecido varios modelos tectónicos que muestran su origen y evolución en esta región del país. Pero sería muy complejo tratar de abarcar todos estos modelos. Es por ello que para este trabajo en específico se retoman los trabajos de De la Rosa *et al.*, 1989; Velez, 1990 y Meneses, 2001.

Una manera de explicar parte de esta evolución tectónica se basa en interpretar los sistemas de fallas transcurrentes o de desplazamiento horizontal. Para México se reconocen por lo menos tres sistemas de falla transcurrentes que se han hecho presentes a lo largo del tiempo geológico (Velez, 1990). El más antiguo tuvo su desarrollo en el Pre-Jurásico Tardío, seguido de otro sistema que se presentó posteriormente al Jurásico Tardío, hasta los comienzos del Mioceno. Finalmente el sistema más reciente, y que varios autores consideran que continúa activo, es el denominado Sistema Coatzacoalcos que se originó posterior al Mioceno. Éste ejerce su influencia en la porción centro meridional del país.

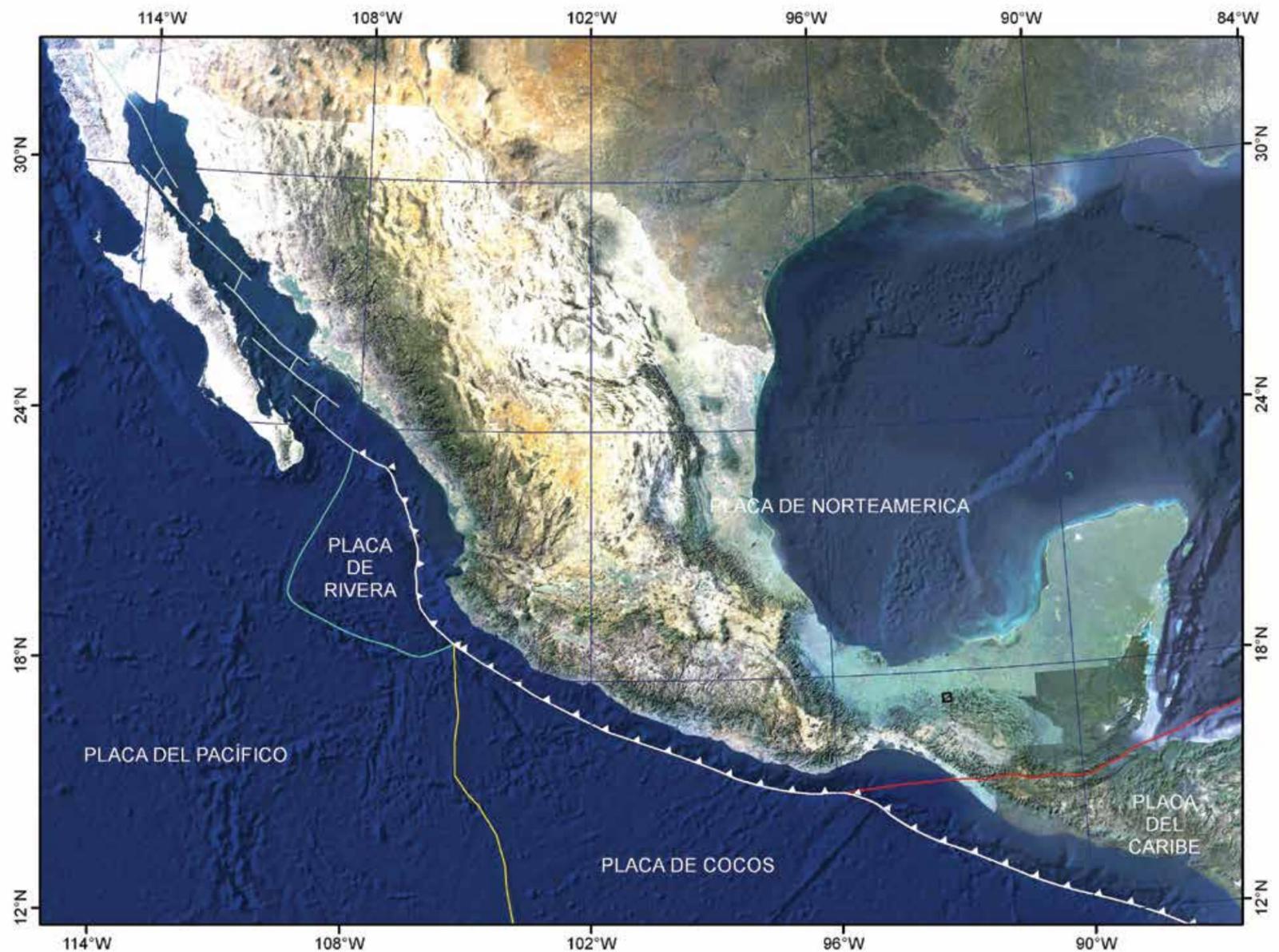
Los mecanismos que han dado origen a la formación de este sistema de fallamiento transcurrente, fueron ocasionados por la interacción de esfuerzos que se presentaron en diferentes momentos o estadios, a distintas velocidades y en diferentes ángulos, debido principalmente y en su momento geológico a la apertura del Golfo de México, al desplazamiento de la península de Yucatán y principalmente por el desplazamiento diferencial entre las placas tectónicas de Norteamérica, Cocos y el Caribe.

Todos estos eventos provocaron el rompimiento del basamento geológico en una serie de bloques, dando origen a la formación de una serie de

cuencas que fueron rellenas por depósitos de sedimentos. A su vez, se manifestaron movimientos tectónicos tanto horizontales como verticales, lo que provocó la deformación de las rocas y generó igualmente estructuras plegadas, todo ello guiado principalmente por movimientos de fallas transcurrentes regionales o maestras. En cada estadio o momento geológico se presentaron plegamientos y fallamientos que dejaron un

sello distintivo a nivel regional y que por tal motivo dieron la pauta a la conformación de sistemas tectónicos regionales diferentes entre sí.

La presencia de todos estos eventos tectónicos a lo largo de la historia geológica de esta región del país, es de suma importancia para la prospección minera y petrolera, los estudios en geohidrología, ya que la evo-



Fuente de la Imagen: CONABIO.

Figura I.9.1. Placas tectónicas que ejercen su influencia en México (elaboración propia).

lución que se dio de las cuencas sedimentarias, la formación de estructuras plegadas y de fallamiento y la formación de depósitos naturales de hidrocarburos, se encuentran directamente relacionados con este sistema de fallamientos transcurrentes.

El aspecto más importante en la región en estudio, es la presencia de actividad sísmica y volcánica, las cuales también se encuentran íntimamente relacionadas con el sistema de fallas transcurrentes regionales.

### Sistemas tectónicos de Chiapas

Debido a la evolución tectónica, se conformaron en el sureste del país, específicamente en las inmediaciones entre Chiapas, Tabasco, Veracruz y la porción poniente de Guatemala, siete sistemas tectónicos de acuerdo con De la Rosa *et al.* (1989), los cuales son de sur a norte: Macizo granítico de Chiapas, Anticlinorio Comalapa, Sinclinorio Central, Fallas de Transcurrencia, Simojovel, Miramar y Arco de la Libertad (Mapa I.9).

Al observar el mapa se hacen evidentes los afloramientos de rocas ígneas extrusivas en diversas partes del territorio chiapaneco (INEGI, 1983) que siguen una distribución de sur a noroeste y cuyas edades varían desde el Terciario Superior o Neógeno que comprende el Mioceno y Plioceno, hasta el Cuaternario comprendiendo el Pleistoceno y Holoceno. Las rocas predominantes son las andesitas, andesitas con brechas volcánicas intermedias, tobas ácidas, tobas intermedias y depósitos volcanoclásticos. Y por orden de importancia los principales afloramientos se ubican en los sistemas tectónicos de Simojovel, Fallas de Transcurrencia y Sinclinorio Central.

Si bien la región en donde se haya emplazado del volcán Tacaná es la segunda zona de importancia volcánica del estado de Chiapas, éste pertenece a otro ámbito tectónico influenciado por una parte por la zona de subducción y por la Placa Caribe justamente en los límites del sistema de fallas transcurrentes Polochic-Motagua.

### Sistema tectónico de Simojovel

El volcán Chichón se encuentra localizado en este sistema tectónico, ubicado en la porción norte del estado, al norte de la Provincia de Fallas de Transcurrencia y al poniente de Arco de la Libertad, y en colindancia con los estados de Tabasco y Veracruz. De la Rosa *et al.* (1989; Mapa I.9).

### Evolución paleogeográfica

Es a partir del Mioceno que se manifiesta en la región meridional del país, propiamente lo que es Chiapas, Tabasco y poniente de Guatemala, lo que se denomina el Sistema Coatzacoalcos (Velez, 1990). Se forma un sistema de fallas transcurrentes paralelas entre sí, dando origen a bloques hundidos, los cuales dan paso a la formación de cuencas que se rellenaron por depósitos de sedimentos de espesores variables de sedimentos y clastos (Cuenca de Macuspana y Comalcalco; Figura I.9.2).

En el Mioceno Medio y Tardío, el sistema de fallas cambió a un tipo convergente (transpresivo), dando origen a fallas inversas y cabalgaduras,

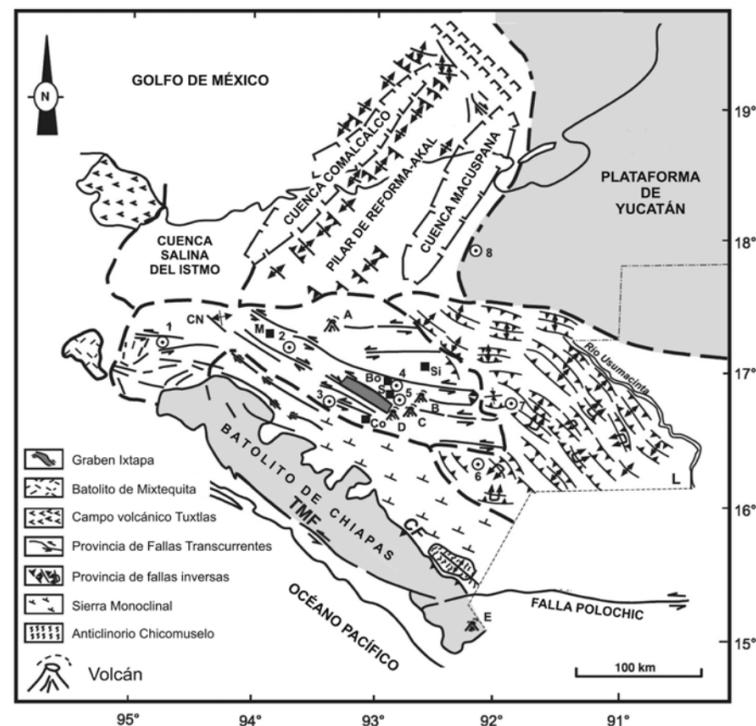


Figura I.9.2. Mapa tectónico simplificado (tomado y modificado de Meneses, 2001).

lo que afectó a los bloques y cuencas como sucede en la fosa tectónica o graben de Ixtapa (Meneses, 2001).

### Mioceno medio 16.6 a 12.2 Ma

En la parte occidental del bloque Malpaso-Bochil, el Mioceno medio contiene lutitas y areniscas que fueron depositadas en un ambiente marino profundo, y en las partes orientales y nororientales de la Sierra de Chiapas (Provincia de fallas inversas), que contiene depósitos continentales. En la parte norte del Istmo de Tehuantepec (Istmo de cuenca salina), el Mioceno medio, representa un ambiente profundo marino, pero contrastándolo con el Mioceno inferior, nos muestra un incremento del material arenoso. Al este, los clastos terrígenos comenzaron a acumularse en la cuenca de Comalcalco y Macuspana, probablemente en ambientes deltáicos que drenaron a la Plataforma de Yucatán. Por tanto, parece probable que el ambiente marino fuera desplazado durante el Mioceno Medio hacia el occidente, y únicamente se extiende hacia una vía marítima superficial dentro del área de Ixtapa (Figura I.9.3).

### Final del Mioceno medio 12.2 a 11.2 Ma (régimen transpresivo)

Al final del Mioceno medio, la línea de costa de la Sierra de Chiapas fue forzada a retroceder hacia el norte. Este periodo de emergencia, probablemente fue el resultado de un episodio de plegamientos transpresivos a lo largo de las fallas que rodean el graben de Ixtapa, porque en su depresión, el grupo del río Hondo se fue inclinando 23 grados sobre su depósito en la parte más baja de los estratos, cerca del Mioceno superior, con una sucesión continental de la formación de Ixtapa. En términos de tectónica regional, la parte lateral izquierda de la falla transcurrente de Chiapas y Guatemala (falla de Polochic), combinada con la subducción de la placa de Cocos con la placa Norteamericana, con rumbo noreste-

oriente, con una compresión máxima horizontal que le da un aumento al plegamiento y las fallas en las rocas del Mesozoico-Cenozoico. En esta zona, los perfiles sísmicos indicaron que el cinturón que pasa por encima del las capas de sal se encuentran en el final del Mioceno medio.

### Mioceno tardío - Plioceno temprano. 11.2 a 3.4 Ma (régimen transtensional)

En la Sierra de Chiapas, los únicos estratos del Mioceno tardío-Plioceno temprano, están en el graben de Ixtapa, donde forman el espesor de las secuencias continentales –de clastos de granito y terrígenos tanto grueso como finos– indicando todo el tiempo que tiene la actividad tectónica en ese graben. El espesor de las secuencias ha sido llamado la Formación de Ixtapa por geólogos de Pemex. El espesor del depósito debrís en esta secuencia requiere un alto rango de subsidencia en el graben y continúa con la elevación de estas áreas. Este ajuste se asocia comúnmente al control tectónico. En el graben de Ixtapa, el mejor enfoque para entender la naturaleza del tectonismo es el control de la sedimentación a través del análisis de la secuencia vertical de la formación Ixtapa, ya que el cambio progresivo en litofacies refleja un repetitivo número de episodios de levantamientos y subsidencias.

### Plioceno tardío 3.4-1.6 Ma (régimen transpresivo)

Al final del Plioceno, una fase de tectónica transpresiva resultó en la deformación del graben de Ixtapa. La Formación Ixtapa y unidades más antiguas fueron deformadas por plegamientos e inclinaciones relacionadas a movimientos laterales izquierdos a lo largo de las fallas dominantes que limitan (Figura I.9.3-d). Evidencia directa de este movimiento transpresivo son las estructuras en flor del Río Lajas, El Túnel y El Palmar-Concepción, así como la inconformidad angular entre la Formación Ixtapa y el estrato suprayacente del Cuaternario. Este periodo de torcedura transpresiva llegó a ser dominante en el resto de la provincia de las fallas transcurrentes, donde un patrón de fallas en escalón relacionadas con deslizamientos siniestros llegaron a ser evidentes.

El incremento de los rasgos compresivos de la deformación del elipsoide de Chiapas, probablemente fueron producidos por el fortalecimiento de un componente compresivo noreste relacionado a la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa de Norteamérica. Esta fase final de compresión, elevación y erosión proveyó una entrada adicional de terrígenos clásticos en dirección del petróleo producido situado en la planicie costera del Golfo del sureste de México y dio elevación a rasgos en la porción sur de la Cuenca del Macuspana.

Si comparáramos el patrón estructural presente de la provincia de fallas transcurrentes (*Strike-slip*) con la dirección de los rasgos teóricos, los cuales podrían resultar en la deformación del elipsoide producida por la cizalla siniestra este-oeste entre el bloque Chiapas-Yucatán y el bloque Chortis, a lo largo del sistema de fallas Motagua-Polochic, se pueden hacer las siguientes observaciones (Figura I.9.3):

1. La orientación este-oeste de las fallas transcurrentes localizadas en la porción este de la provincia desvían aproximadamente 15° desde la orientación teórica de "riedel" cizalla. Esta disparidad debe estar justificada si aceptamos que estas fallas se formaron por rejuvenecimiento de viejas líneas de debilidad; 2. La orientación noroeste de las fallas transcurrentes de la parte central de la provincia aproximadamente coinciden

con la orientación teórica de fallas P (Tchalenko, 1970; Tchalenko y Ambraseys, en Meneses, 2001), y 3. La orientación de plegamientos teóricos aproximadamente corresponden al promedio de orientaciones de las fallas observadas en esta provincia.

Parece ser probable que el desarrollo de esta fase convergente de torcedura seguida de patrones secuenciales, como ha sido observado en modelos experimentales propuestos por varios autores (por ejemplo, Tchalenko, 1970; Tchalenko y Ambraseys, 1970; Wilcox *et al.*, 1973; Freund, 1974, en Meneses, 2001).

En las etapas tempranas del movimiento, fallas atravesaron la mayor parte del área. En una etapa final cizalla riedel empezó a aparecer en la porción este de esta provincia, desplazando y rotando los ejes de algunas fallas. Cuando la deformación actúa, las fallas P aparecieron en la porción central, como resultado de la resistencia que cizalla riedel presentó a cualquier movimiento adicional.

Finalmente se puede decir con toda certeza, que esta región del país presenta una actividad tectónica importante manifestada actualmente. Es claro que la presencia del volcán Chichón es una respuesta directa a esta actividad tectónica y que debe ser considerada en todo tipo de trabajos enfocados a los riesgos, peligros, así como a los ordenamientos territoriales y ecológicos.

### Bibliografía

- COREMI (2005), *Carta Geológico Minera*, Villahermosa E15-8, escala 1:250 000, Servicio Geológico Mexicano, Consejo de Recursos Minerales, México.
- INEGI (1983), *Carta Geológica*, Villahermosa E15-8, escala 1:250 000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- De la Rosa Z., J. L., A. Eholi M. y M. Dávila S. (1989), *Geología del estado de Chiapas*, Subdirección de Construcción, Unidad de Estudios de Ingeniería Civil, Subjefatura de de Estudios Geológicos, Departamento de Geología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Meneses R., J. J. (2001), "Tectonic evolution of the Ixtapa graben, an example of a strike-slip basin in southeastern Mexico: implications for regional petroleum systems", in Bartolini, C., R. T. Buffler and A. Cantú Chapa (eds.), *The western Gulf of Mexico basin: tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems*, AAPG Memoir 75, pp. 183-216.
- Velez S., D. (1990), "Modelo transcorriente en la evolución tectónico-sedimentaria de México", *Bol. AMGP*, vol. XL, no. 2, pp. 1-35.

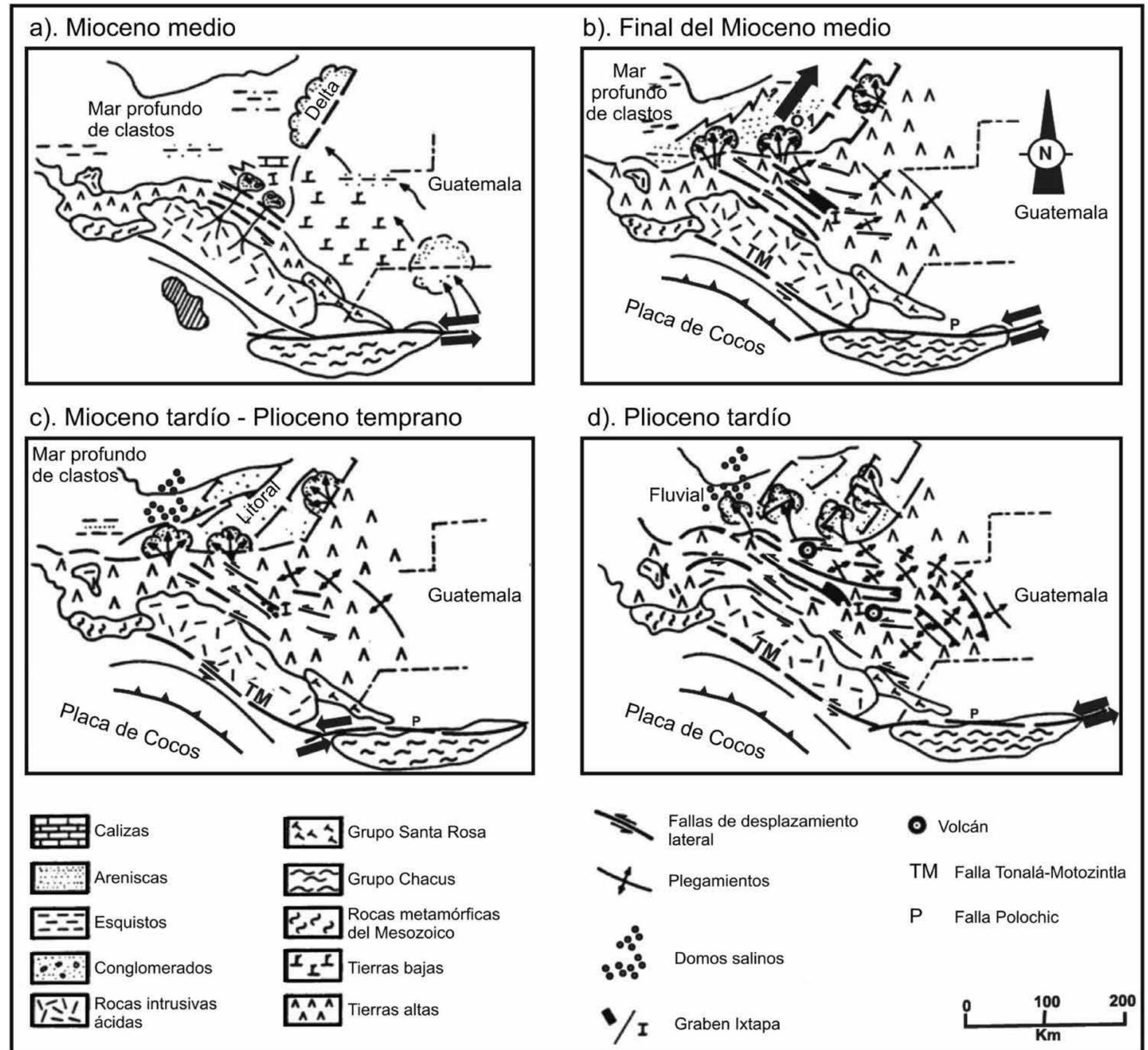
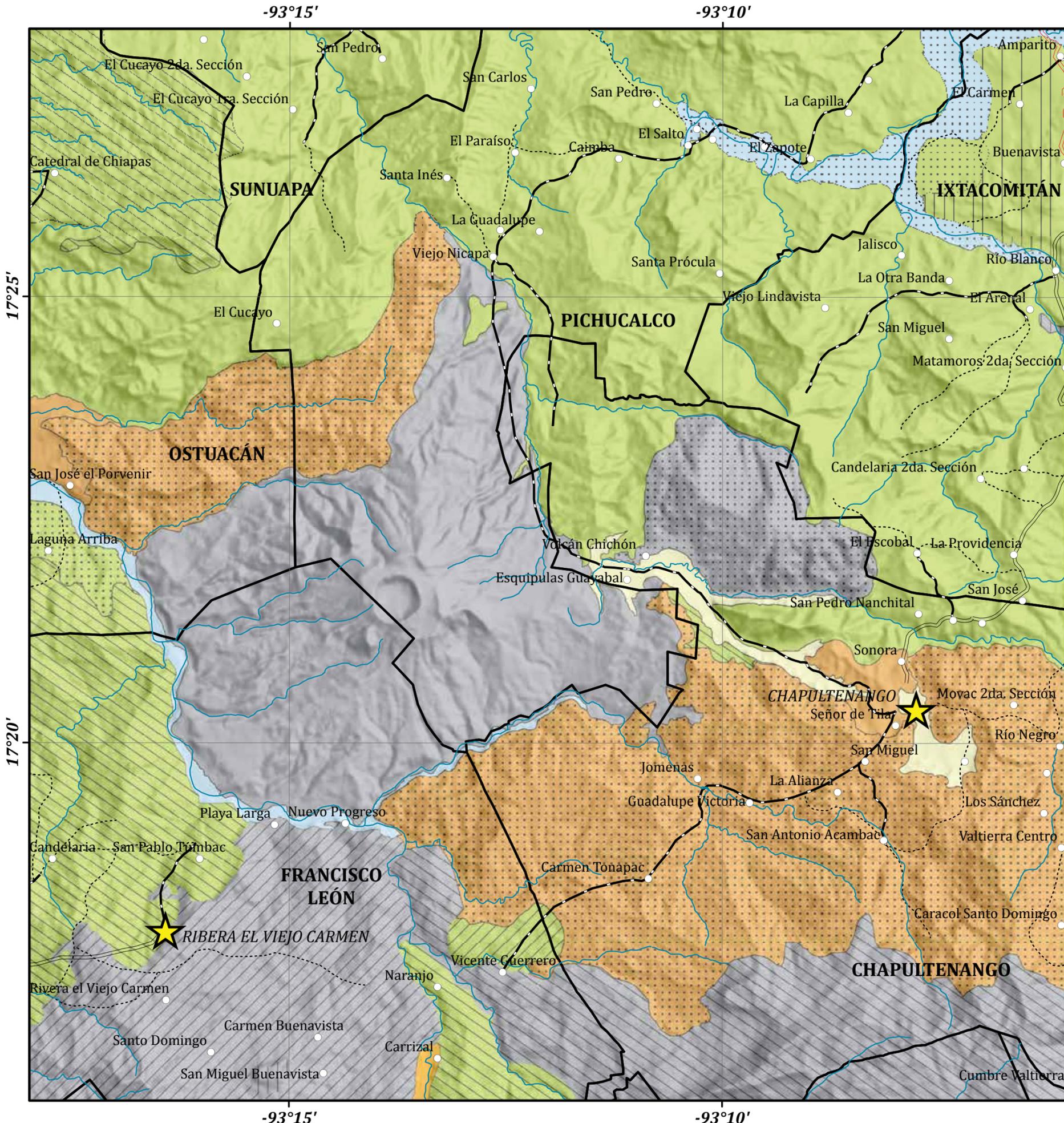


Figura I.9.3. Mapas paleotectónicos de la Sierra de Chiapas, sureste de México: a) Mioceno medio, b) Final del Mioceno medio, c) Mioceno tardío-Plioceno temprano, y d) Plioceno tardío. Se muestran los bordes del Océano Pacífico y el Golfo de México (modificado de Meneses, 2001).



**LEYENDA DEL MAPA**

**Asociaciones edáficas**

	Acrisol y Nitosol		Fluvisol y Acrisol
	Acrisol órtico		Fluvisol y Gleysol
	Acrisol y Cambisol		Litosol, Regosol y Cambisol
	Acrisol y Luvisol		Litosol y Rendzina
	Acrisol, Cambisol y Litosol		Litosol, Cambisol y Acrisol
	Cambisol y Acrisol		Litosol, Regosol, Cambisol y Acrisol
	Cambisol, Regosol y Litosol		Litosol, Rendzina y Feozem
	Feozem y Cambisol		Regosol y Andosol

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

**Vías terrestres**

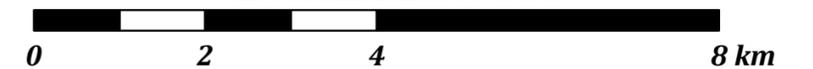
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTES:  
INEGI (1988).  
Canul *et al.* (1983).

**ESCALA 1:70 000**



Autores: Silvia Guadalupe Ramos Hernández  
Horacio Morales Iglesias

## I.10 Suelos

Silvia Guadalupe Ramos Hernández y Horacio Morales Iglesias

### Introducción

El volcanismo genera efectos muy significativos en el ambiente que modifican sensiblemente el paisaje. En la región cercana al volcán Chichón, los diferentes sucesos eruptivos documentados muestran impactantes efectos sucedidos una y otra vez sobre la superficie de la zona. Entre los cambios más significativos en un radio de 10 km se encuentra la desaparición completa de flora y fauna, de los cultivos, cambios en el relieve, azolve de los ríos, desaparición de la fauna acuática, modificación del curso de los ríos, alteración de los climas locales, regionales e incluso globales.

Los productos emitidos por la erupción de 1982 consistieron fundamentalmente en cenizas volcánicas, pómez y una variedad de rocas principalmente de naturaleza andesítica-dacítica. El basamento del área volcánica consiste en rocas sedimentarias como evaporitas, calizas, lutitas, pizarras arcillosas, areniscas, del Jurásico-Cretácico Temprano a medio y Terciario. Las cenizas volcánicas y pómez son los materiales dominantes de la erupción, por lo que sus efectos sobre los suelos y su dispersión en el área fueron muy altos. Los materiales de la erupción aún se encuentran en muchas partes del edificio volcánico y es común encontrarlas en áreas poco perturbadas, en estado fresco, donde los procesos de alteración no han actuado con toda su intensidad. El poco suelo que se ha formado, se presenta principalmente en el interior de las barrancas, o en zonas donde se acumula más vegetación pionera, la cual está generando la incipiente evolución de los suelos, de unos cuantos centímetros, tal como se observa en los resultados de los análisis físicos y químicos.

### Antecedentes

El suelo se forma tras un largo proceso de sucesión ecológica en el que interviene el clima, la flora, la fauna, los microorganismos y la roca más superficial de la litósfera. Los materiales volcánicos van siendo meteorizados a través del tiempo, principalmente por efectos de la temperatura y humedad, transformando sus minerales mediante procesos de oxidación, hidratación, carbonatación, hidrólisis, solución. Con el paso del tiempo todos estos materiales se irán estratificando y pasando por mecanismos de eluviación e iluviación, transformando los minerales primarios a secundarios, los cuales se producen mediante largos procesos físicos, químicos y biológicos de cientos de miles de años, para formar lo que llamamos suelo.

Los factores formadores en la génesis de suelos: material parental, clima, vegetación, pendiente y tiempo han operado de manera diferenciada después de la erupción. En primer lugar se ha favorecido el establecimiento de procesos ecológicos de sucesión y colonización de la vegetación pionera, con especies arbustivas, pastos, líquenes, algas, helechos y algunos pinos. Este proceso fue lento en los primeros cinco años y se ha tornado muy dinámico después de los diez años. Esta dinámica es favorecida por el clima cálido y húmedo de la región, contribuyendo a la transformación de aquel paisaje inhóspito de la erupción en 1982, a una zona de restauración de gran valor ecológico.

Antes de la erupción, se reportaban para el área del edificio volcánico, suelos de tipo Andosol, característicos por las propiedades físicas y químicas que lo definen, tales como la densidad aparente baja, la alta poro-

sidad, las texturas limosas, el pH moderadamente ácido, el alto contenido en materia orgánica y altos en bases cambiables, los cuales los hacen ser suelos de alta fertilidad. A más de 30 años de la erupción, en el edificio volcánico, sobresalen las texturas arenosas, los colores grisáceos, escasa arcilla, densidad aparente y real altos, pH moderadamente ácido, pobres en materia orgánica, pero altos en bases cambiables. Por ello es que aún no reúnen los criterios para considerarlos como Andosoles, son más bien considerados "protosuelos", y clasificados como Regosol y Litosol, en la clasificación INEGI. Para el resto del área predominan suelos tipo Acrisol, Cambisoles, Litosoles, Regosoles, Nitosoles, Feozems, Gleysol, Fluvisol y Rendzinas, los cuales tuvieron un efecto positivo en las características físicas y químicas como efecto de las cenizas.,

Los materiales emitidos por el volcán forman suelos todavía muy incipientes, con poca diferenciación de sus débiles horizontes A/C. Los suelos incipientes conservan un alto porcentaje de sus minerales primarios, constituidos por vidrios volcánicos, hornblendas, piroxenos, feldespatos: albita, anortita, algo de azufre y mica biotita, aún sin mucho intemperismo, por lo cual los suelos no presentan gran desarrollo y generalmente no tienen todavía condiciones para formar los típicos Andosoles de regiones volcánicas. Estos materiales se encuentran sepultando a los verdaderos Andosoles, Acrisoles y Cambisoles, típicos de esta área.

### Descripción de los suelos del área del volcán Chichón

A continuación se describen los tipos de suelos dominantes en el área.

#### Unidades de Suelos (FAO, WRB)

**ACRISOLES.** Suelos ácidos, baja saturación en bases, provocada por la fuerte alteración de sus minerales. Tienen un horizonte argílico "B", CIC menor a 24 cmol (+) /kg, baja saturación de bases.

Se desarrollan principalmente sobre productos de alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas muy alteradas, las cuales pueden sufrir posteriores degradaciones. Predominan en viejas superficies con relieve ondulado, con un clima tropical húmedo, subtropical o muy cálido. El perfil es de tipo AEBtC. Las variaciones están relacionadas con las condiciones del terreno.

La pobreza en nutrientes minerales, la toxicidad por aluminio, la fuerte adsorción de fosfatos y la alta susceptibilidad a la erosión, son las principales restricciones a su uso. Grandes áreas de Acrisoles se utilizan para cultivos de subsistencia, con una rotación de cultivos parcial. No son muy productivos salvo para especies de baja demanda y tolerantes a la acidez como la piña, caucho o palma de aceite.

Acrisoles órticos . Ao. Acrisol sin ninguna otra propiedad especial.

Acrisoles háplicos. Ah. Otros Acrisoles

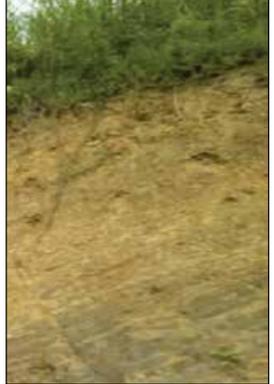
#### Asociaciones

Ao+Bc+I  
Ah+Ao+Nd  
Ao+Lc  
Ao

#### Imágenes de los suelos



Unidades de Suelos (FAO, WRB)	Asociaciones	Imágenes de los suelos
<p><b>ANDOSOLES.</b> Agrupa suelos de origen volcánico de color oscuro y muy porosos. Los Andosoles son equivalentes al orden de los Andisoles de la Clasificación Americana. Se desarrollan a partir de cenizas y otros materiales volcánicos ricos en elementos vítreos. Tienen altos valores en contenido de materia orgánica, alrededor de un 20%, alta capacidad de retención de agua y alta capacidad intercambio de cationes. Se encuentran en regiones húmedas, templadas y tropicales. Su rasgo más sobresaliente es la formación de complejos amorfos humus-aluminio. Su principal limitante es su susceptibilidad a la erosión y retención de fosfatos.</p> <p>Andosol ócrico. To. Andosol muy limoso o arcilloso a menos de 50 cm de profundidad; tiene una capa superficial clara y pobre en materia orgánica y nutrientes.</p>	Rd+To	
<p><b>CAMBISOLES.</b> Suelo poco desarrollado, aun con características semejantes al material que le da origen, de color claro, presentan cambios de estructura o consistencia debido a la intemperización. Presentan un subsuelo muy diferente a simple vista en color y textura a la capa superficial. La capa superficial puede ser oscura, con más de 25 cm de espesor pero pobre nutrientes y en ocasiones no existe.</p> <p>Cambisol crómico. Bc. Cambisol que cuando está húmedo es de color pardo oscuro a rojo poco intenso.</p>	Bc+Ao Bc+Rd+I Ao+Bc+I Ao+Bc I+Rd+Bc I+Rd+Bc+Ao	
<p><b>GLEYSOLES.</b> Suelos pantanosos o inundados a menos de 50 cm de profundidad la mayor parte del año.</p> <p>Gleysol eútrico. Ge. Gleysol con subsuelo rico o muy rico en nutrientes y con buen contenido de materia orgánica.</p>	Je+Ge Je+Ao	
<p><b>LITOSOLES.</b> (Perfil 1 y 2). Constituyen la etapa primaria de formación del suelo, la capa del mismo es menor a 10 cm de espesor, predominando en ella la materia orgánica, con una fertilidad de media a alta. En estos suelos, el arraigamiento está limitado por la profundidad del <i>solum</i> y únicamente la presencia de grietas o diaclasas en la roca permite la penetración de las raíces a mayor profundidad.</p> <p>Se caracterizan por un perfil de tipo A-R, pudiendo ser el horizonte A de naturaleza variable: ócrico, melánico o úmbrico. El <i>solum</i> presenta frecuentemente cantidades apreciables de gravas o fragmentos mayores y es común la existencia de afloramientos rocosos y piedras sueltas en la superficie del suelo. Se presentan en pendientes altas, lo cual impide su explotación económica. Son sumamente susceptibles a la erosión</p>	I+Rd+Bc I+Rd+Bc+Ao I+E I+E+Hh Ao+Bc+I Bc+Rd+I	

Unidades de Suelos (FAO, WRB)	Asociaciones	Imágenes de los suelos
<p><b>FLUVISOLES.</b> Suelos formados por materiales arrastrados por los ríos. Su capa superficial es clara, delgada y con cantidades variables de materia orgánica y nutrientes. Se encuentran en áreas periódicamente inundadas.</p> <p>El perfil es de tipo AC con evidentes muestras de estratificación que dificultan la diferenciación de los horizontes.</p> <p>Fluvisol eutrico. Je. Fluvisol con subsuelo rico o muy rico en nutrientes.</p>	<p>Je+Ge Je+Ao</p>	
<p><b>FEOZEMS.</b> Presentan una superficie de color oscuro. Con móllico pero sin acumulación de carbonatos ni sulfatos en los horizontes profundos. Lixiviada</p> <p>Feozems háplicos. Hh.</p>	<p>Hh+Bc/2</p>	
<p><b>RENDZINAS.</b> No presenta subdivisiones, son suelos poco profundos y arcillosos, fértiles con abundante humus, presentes sobre rocas calizas, de climas cálidos, subhúmedos, vegetación variada, agricultura de temporal, selva mediana y baja caducifolia así como pastizales.</p> <p>En la moderna clasificación de la WRB de la FAO, son clasificados como Leptosoles.</p>	<p>I+E I+E+Hb</p>	

PERFIL 1. ANÁLISIS FÍSICOS - QUÍMICOS. SUELOS VOLCÁN CHICHÓN, CHIAPAS. Uso: potrero. Clima cálido húmedo. 93° 11' 30'', 17° 21' 53.5'', 587 msnm. Suelo: Regosol (protosuelo)																
Hor	Prof. cm	Color		Densidad gr/ cm <sup>3</sup>		Porosidad %	pH rel. 1:2:5		Textura %				Alofano	Mo %	++	Mg <sup>++</sup>
		SECO	HÚMEDO	DA	DR		H <sub>2</sub> O	KCl 1N pH7.0	A	Ar	L	GT				
A <sub>11</sub>	0 - 15	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 5/4 Pardo amarillento	1.33	2.69	50.56	6.0	5.31	89.6	6	4.4	Arenoso	XXXX	4.3	10.3	2.1
A <sub>12</sub>	12 -35	10YR 6/3 Pardo muy pálido	10YR 5/2 Pardo grisáceo	1.42	2.84	50.00	6.0	6.33	91.6	4	4.4	Arenoso	XXXX	1.2	11.5	3.3
A <sub>13</sub>	35 - 46	10YR 6/6 Pardo pálido	10YR 5/3 Pardo grisáceo	1.44	2.84	49.30	5.6	5.78	81.6	8	10.4	Arenoso franco	XXXX	1.6	12.5	3.0
C <sub>1</sub>	46 -86	10YR 7/1 Gris claro	10YR 6/1 Gris	1.49	2.56	41.80	6.2	6.34	91.6	4	4.4	Arenoso	XXXX	0.5	11.5	3.0

X Bajo; XX Medio; XXX Alto; XXXX Muy alto

PERFIL 2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS – QUÍMICOS SUELOS COLECTADO EN EL VOLCÁN CHICHÓN, CHIAPAS." 93° 12' 23", 17° 21' 52.6". 724 msnm. Uso del suelo: arbustivo, restauración natural de vegetación. Material parental: cenizas volcánicas: Suelo. Regosol (protosuelo)																
Hor	Prof. cm	Color		Densidad gr/ cm <sup>3</sup>		Porosidad %	pH rel. 1:2:5		Textura %				Alofano	Mo %	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
		SECO	HÚMEDO	DA	DR		H <sub>2</sub> O	KCl 1N pH7.0	A	Arc	L	GT				
A <sub>11</sub>	0 -10	10YR 4/2 Pardo grisáceo oscuro	10YR 3/4 Pardo amarillento oscuro	1.58	2.81	43.77	6.13	5.67	96.6	2.4	0.4	Arenosos	XXXX	1.04	12.5	2.5
C <sub>1</sub>	10- 14.5	10YR 7/2 Blanco	10YR 5/3 Pardo	1.35	2.56	47.27	6.08	5.78	98.3	1	0.7	Arenosos	XXXX	0.13	11.0	2.3
C <sub>2</sub>	14.5 -22	10YR 7/1 Gris claro	10YR 4/2 Pardo grisáceo oscuro	1.56	2.74	43.07	5.96	5.79	98.4	1	0.6	Arenosos	XXXX	0.56	10.5	3.0
C <sub>3</sub>	22.32	10YR 6/2 Gris parduzco claro	10YR 5/4 Pardo amarillento	1.63	2.87	43.21	5.83	5.80	97.3	2	0.7	Arenosos	XXXX	0.23	12.5	4.0

PERFIL 3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS – QUÍMICOS SUELOS MPIO. CHAPULTENANGO. CHIAPAS. 93° 12' 23", 17° 21' 52.6". 600 msnm. Uso del suelo: Ganadería. Material parental: Lutitas: Suelo. Acrisol																
Hor	Prof. cm	Color		Densidad gr/ cm <sup>3</sup>		Porosidad %	pH rel. 1:2:5		Textura %				Alofano	Mo %	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
		SECO	HÚMEDO	DA	DR		H <sub>2</sub> O	KCl 1N pH7.0	A	Arc	L	GT				
A	0 -15	7.5YR 5/6	7.5YR 4/1	1.00	2.51	60.2	5.13	4.67	37	38	25	Arcillo arenosa	XXXX	3.04	4.5	2.5
AB	15- 25	7.5YR 6/6	7.5YR 5/1	1.05	2.1	50.00	5.08	4.78	35	45	20	Arcillo arenosa	XXXX	1.13	3.0	2.3
B	25 -50	7.5YR 7/6	7.5YR 6/1	1.16	2.1	44.07	5.96	4.79	30	55	15	Arcillosa	XXXX	1.6	3.5	2.0
C1	50.70	7.5YR 7/6	7.5YR 6/1	1.3	2.3	43.47	5.83	4.80	30	55	15	Arenosos	XXXX	0.5	0.5	0.4

X Bajo; XX Medio; XXX Alto; XXXX Muy alto

## Discusión y conclusiones

Como se observa en los ejemplos de los tres perfiles de suelos característicos de la zona, en el edificio volcánico se están desarrollando los procesos de génesis para la formación de nuevos suelos.

Los suelos incipientes en el edificio volcánico muestran texturas arenosas, los colores grisáceos, escasa arcilla, densidad aparente y real altos, pH moderadamente ácido, pobres en materia orgánica, pero altos en bases cambiables, por lo que son considerados "protosuelos", y clasificados como Regosol y Litosol, en la clasificación INEGI. Para el resto del área predominan suelos tipo Acrisol, Cambisoles, Litosoles, Regosoles, Nitosoles, Feozems, Gleysol, Fluvisol y Rendzinas, los cuales tuvieron un efecto positivo en las características físicas y químicas por efecto de las cenizas.

Sin embargo, son muy susceptibles a la erosión, por lo cual son intertergables los planes para su conservación y protección. Mientras tanto, los suelos ácidos de las regiones aledañas aún conservan los beneficios de las cenizas volcánicas sobre ellas, pues mantienen las texturas arcillo arenosas e incrementaron las bases cambiables, principalmente para calcio y magnesio. No obstante lo anterior, la falta de cobertura vegetal de muchas zonas del volcán, así como las fuertes precipitaciones, generan después de un tiempo, una intensa desbasificación y erosión, que va disminuyendo esos beneficios de las cenizas volcánicas sobre los suelos ácidos de la región.

La región del volcán, después de la última erupción de 1982, muestra los impactos y cambios que se produjeron en las condiciones ambientales, sociales y económicas de la región. La historia de los grandes desastres volcánicos en el mundo, como el sucedido en esta región zoque obligaron a los habitantes de esta cultura a emigrar y cambiar el curso de sus historias.

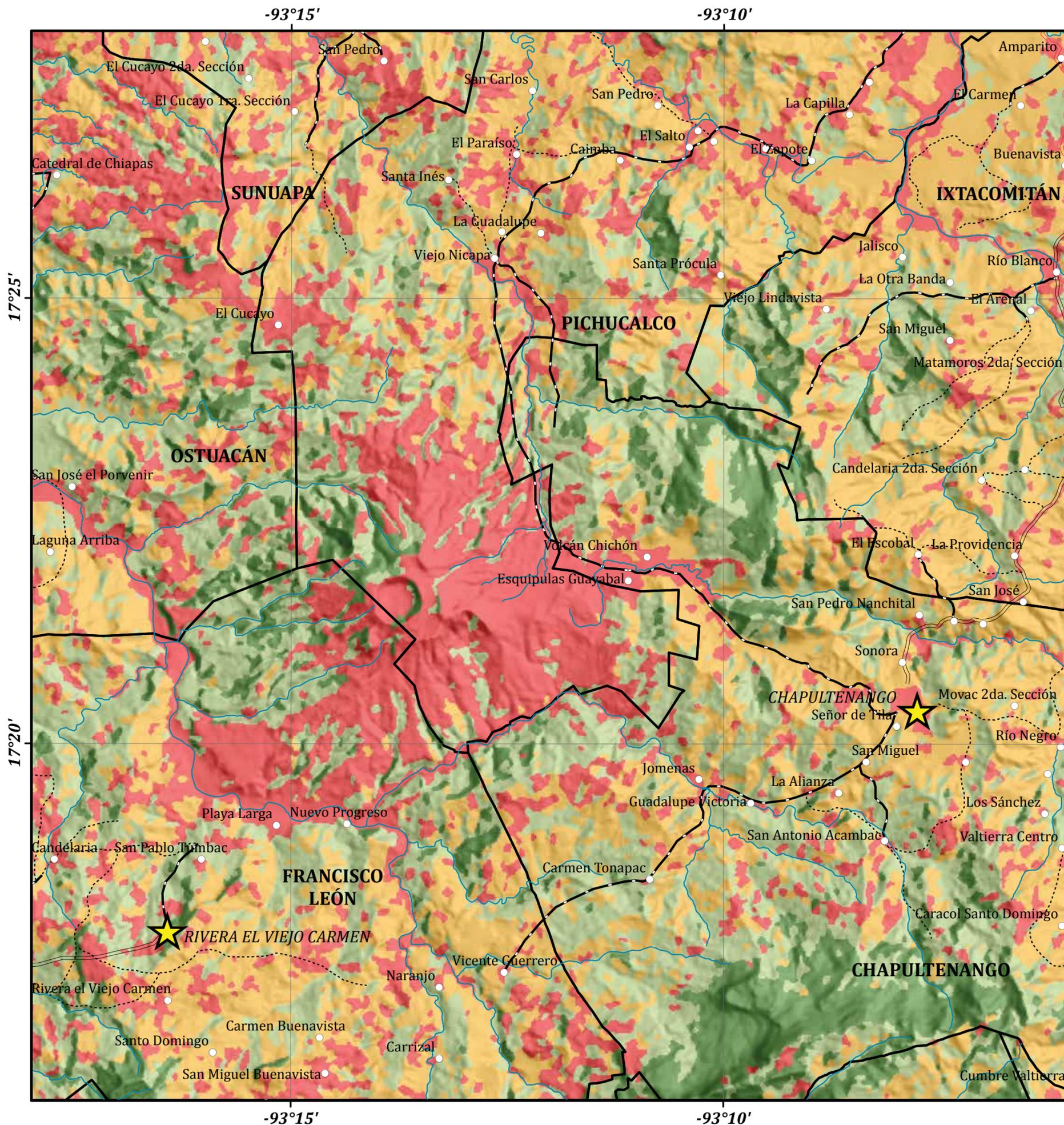
A más de treinta años de la erupción, una vez que las condiciones han ido cambiando, se han comenzado a establecer los procesos de restauración ecológica y con ello la formación de incipientes suelos o "protosuelos", por cuyas características de acuerdo con la clasificación de INEGI, como Regosoles y Litosoles, aún no se generan condiciones para los verdaderos Andosoles.

Las comunidades nuevamente regresaron, ante las perspectivas de buenos suelos y clima propicio para las actividades agrícolas y desarrollo de sus culturas. No obstante lo anterior, siendo el volcán Chichón un volcán activo, es fundamental sensibilizar a la población sobre dos aspectos básicos: uno sobre el riesgo permanente por el fenómeno volcánico, con el cual conviven y privilegian la cultura de la gestión, prevención y mitigación de este riesgo, mientras las comunidades continúen en la región volcánica, beneficiándose de los aportes que generan los volcanes, entre ellos, los fértiles suelos, de los cuales depende la sustentabilidad de la población zoque.

## Bibliografía

- Buol, S. W., F. D. Hole and R. J. McCracken (2004), *Génesis y clasificación de suelos*, Trillas, 4<sup>a</sup>. reimpresión, México.
- Canul Dzul, R., A. Razo Montiel y V. Rocha López (1983). "Geología e historia volcanológica del Volcán Chichonal, Estado de Chiapas", en *El Volcán Chichonal*, Simposio sobre el volcán Chichonal, VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana, UNAM, México, pp 3-22. Lámina no. 2: Secciones Geológicas y lámina no. 3 Mapa Geológico.
- FAO-ISRIC-IUSS (2006), *World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication*, Report 103, Rome.

- FAO-UNESCO-ISRIC (1988), *Mapa mundial de Suelos*, Leyenda Revisada, Roma, Italia.
- GOB. EDO. DE CHIAPAS (2005), PEOT, Secretaría de Planeación y Finanzas, Gobierno del Estado de Chiapas.
- Gobierno del Estado de Chiapas-Protección Civil-CMVS-UNICACH (2011), Plan Operativo Volcán Chichón, México.
- INEGI (2000), *Atlas de Chiapas*, Secretaría de Planeación, Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- ISSS; ISRIC; FAO (1998), *World reference base for soil resources*, FAO, Rome.
- Macías, J. L., L. Capra, J. L. Arce, J. M. Espíndola, A. García Palomo and M. F. Sheridan (2008), "Hazard map of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico: constraints posed history and computer simulations", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 175, pp. 444-458.
- Müllerried, F. K. G. (1933), "El Chichón, único volcán en actividad descubierto en el estado de Chiapas", *Mem. Soc. Científica Antonio Alzate*, núm. 54, pp. 411-416.
- Ramos Hernández, S. (2010), *Plan Operativo Volcán Chichón*, UNICACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Ramos Hernández, S., D. Flores Román, L. Luna Cazares, R. González y E. Esquinca (2008), "Los suelos de Chiapas, el proceso de erosión y sustentabilidad", en *Recursos fitogenéticos y sustentabilidad en Chiapas, México*, 1(1), UNICACH.
- Ramos Hernández, S. G. y D. Flores Román (2008), "Comparison of two phosphate fertilizers in volcanic soils cultivated with coffee, of Soconusco, Chiapas, Mexico", *Agrociencia*, núm. 42, pp. 391-398.
- SEMARNAT (2003), Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis, *Diario oficial*, segunda sección.
- Shoji S., N. M. (1993), *Los suelos de cenizas volcánicas: génesis, propiedades y utilización*, Elsevier Science, Amsterdam.



**LEYENDA DEL MAPA**

Grados de densidad de cobertura vegetal, obtenidos a partir de la clasificación NDVI de una imagen Landsat 2003

- Alta
- Media
- Baja
- Muy Baja

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural
- Vías terrestres**
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha
- Rasgos naturales**
- Corrientes principales

FUENTE:  
Glovis (2003), Imagen Landsat ETM+ con fecha 3 de abril, E. U. A.

**ESCALA 1:70 000**



Autores: Roberto Carlos Huerta Luna  
Stéphane Couturier

## I.11 Densidad de cobertura vegetal

Roberto Carlos Huerta Luna y Stéphane Couturier

Los mapas de uso de suelo y cobertura vegetal son muy comunes en estudios del medio ambiente, como un método para entender las transformaciones en el uso de la tierra y la cuantificación de los cambios espacio-temporales de la vegetación, normalmente son producto de la interpretación de fotografías aéreas cuando se trata de escalas grandes e imágenes de satélite cuando las aéreas a trabajar son más extensas (Chuvieco, 1998; López *et al.*, 2002; Salazar *et al.*, 2004; García *et al.*, 2005).

El objetivo de este mapa es la obtención de la densidad de cobertura vegetal en la región del volcán Chichón por medio de procesos semi-automatizados, en la búsqueda de un método más práctico utilizando un software de acceso libre.

La elaboración de este mapa es producto de la manipulación de una imagen de satélite Landsat del 2003. La imagen fue seleccionada y adquirida en la página electrónica de la *Global Visualization Viewer (GloVis)*, la cual fue importada al sistema de procesamiento digital de imágenes ENVI para pre-procesamientos digitales (corrección radiométrica, ajuste de histograma), el proceso de identificar los grados de densidad vegetal se llevó a cabo por procesamientos semi-automatizados, explorando los software *ImageJ* y *MadCat 3.3.22*, basándose en los valores espectrales que presentan los píxeles y produciendo una segmentación de zonas homogéneas.

El proceso de segmentación se realizó en el software de acceso libre Mad-Cat (MAPPING Device-Change Analysis Tool) 3.3.22, que fue descargado de la página electrónica *Global Land Cover Network (GLCN)* y que forma parte de GEOvis, desarrollado por la FAO. Es un software dedicado principalmente a la optimización de la producción de mapas de polígonos basados en vectores. Además de ver en él una nueva opción de análisis y manejo de la información digital, es visto con la finalidad de probar su potencialidad y como ampliación del panorama de programas disponibles de fácil acceso.

La segmentación radica en una adecuada agrupación de los píxeles por medio de sus valores espectrales, y manteniendo una cierta coherencia con la parcelación de la región. Posteriormente se continuó con la etiquetación de los polígonos creados en un conjunto de clases, basados en los valores de los píxeles y utilizando el algoritmo de ISODATA (Chuvieco, 2008). Estas clases se fueron interpretando en términos de densidad de cobertura vegetal conforme a la intensidad espectral de la banda infrarrojo cercano.

Se realizó una interpretación de las clases de densidad de vegetación en términos de uso de suelo, sustentada en la observación visual y uso del GPS durante las visitas a campo (Figura I.11.1). La densidad de vegetación “muy baja” corresponde a zonas de cárcavas, suelo desnudo y pastizal natural en las faldas y caldera del volcán Chichón, y a zonas de inicio

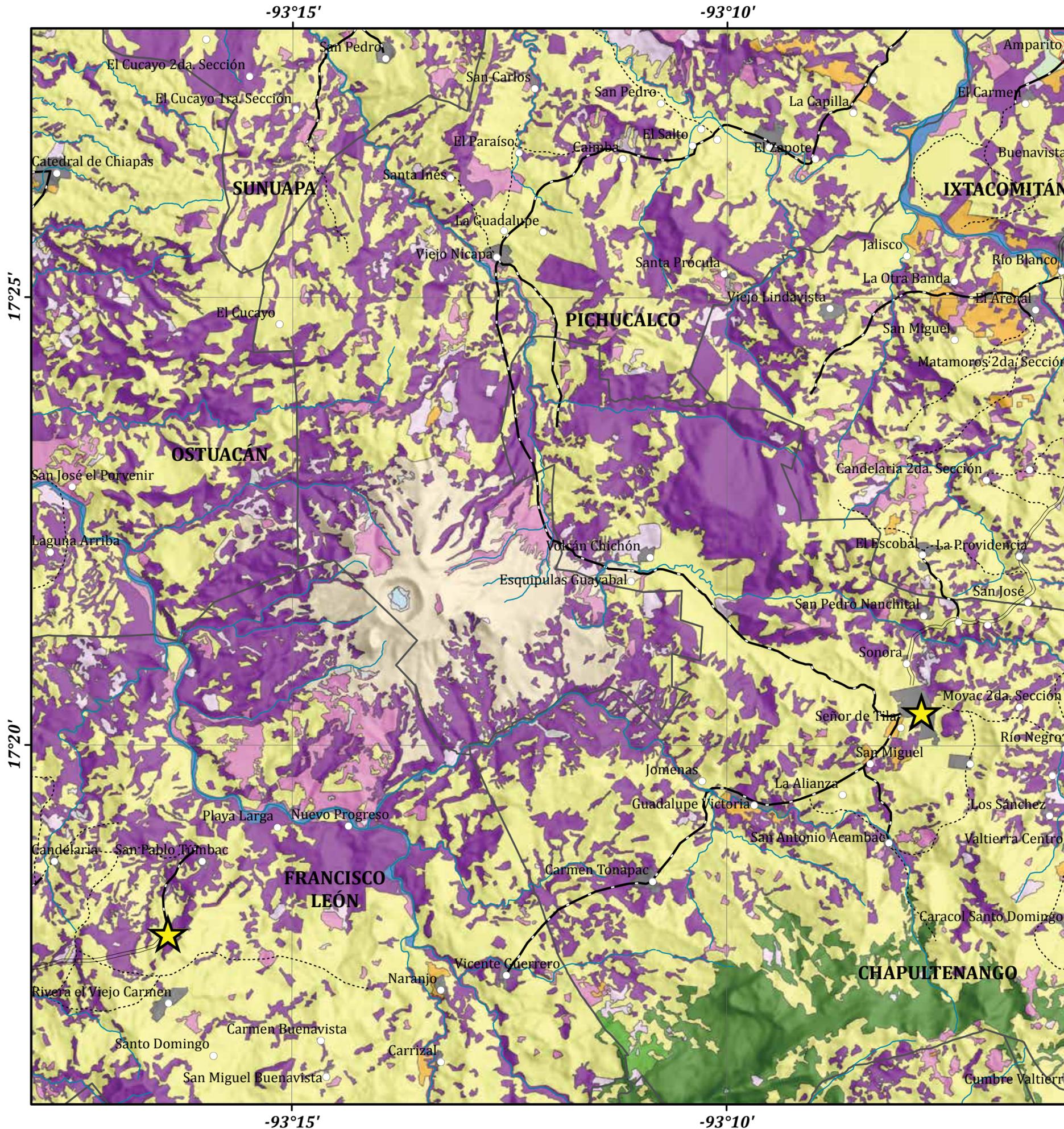
de cultivos agrícolas. Las densidades de vegetación “baja” y “alta” tienden a corresponder a zonas de pastizal inducido para actividades ganaderas en una gama de condiciones de verdor, y remanentes de acahual (vegetación arbustiva y arbórea secundaria). Se puso en evidencia la dominancia de la actividad ganadera en el paisaje de la región volcán Chichón. La densidad “muy alta” corresponde a zonas boscosas y están generalmente confinadas a terrenos de elevada pendiente. Existen remanentes de las plantaciones de cacao que anteriormente ocupaban una gran extensión en la región.

### Bibliografía

- Chuvieco, E. (1998), “El factor temporal en Teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios”, *Revista de Teledetección*, núm. 10.
- Chuvieco, E. (2008), *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*, Ariel Ciencia, 3ª. ed. actualizada, Barcelona.
- García, G., B. Schmook e I. Espejel (2005), “Dinámica en el uso de suelo en tres ejidos cercanos a la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 58, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 122-139.
- López, E., M. E. Mendoza y A. Acosta (2002). “Cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del Lago de Cuitzeo, Michoacán”, *Gaceta ecológica*, núm. 64, pp. 19-34.
- Salazar, E. C., J. Zavala, O. Castillo y R. Cámara (2004), “Evaluación espacial y temporal de la vegetación de la Sierra Madrigal, Tabasco, México (1973-2003)”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 54, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-23.

Figura I.11.1. Diversos ejemplos de vegetación en las faldas del Chichón.





### LEYENDA DEL MAPA

Tipos de vegetación y usos del suelo

- Bosque mesófilo de montaña
- Vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña
- Vegetación secundaria de selva alta perennifolia, arbórea
- Vegetación secundaria de selva alta perennifolia, arbustiva
- Vegetación secundaria de selva alta perennifolia, herbácea
- Pastizal natural e inducido
- Agricultura de temporal
- Plantaciones
- Pastizal cultivado
- Asentamientos humanos
- Áreas sin vegetación aparente
- Cuerpo de agua
- Corrientes fluviales

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

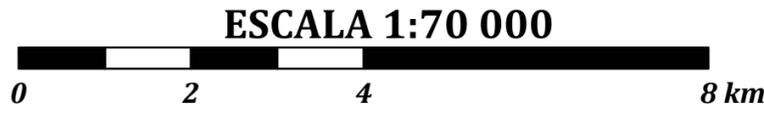
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTES:  
 Osorno Covarrubias, J. (2011), Mosaico.  
 INEGI (2008), Base digital de vegetación y uso del suelo, Serie 4, escala 1:250 000.



Autores: Oralia Oropeza Orozco  
 Mayelli Hernández Juárez  
 José Manuel Figueroa MahEng  
 Javier Osorno Covarrubias

## I.12 Vegetación y uso del suelo, 2010

Oralia Oropeza Orozco, Mayelli Hernández Juárez,  
José Manuel Figueroa MahEng y Javier Osorno Covarrubias

Antes de la erupción de 1982, prácticamente, toda la vegetación natural del volcán Chichón y su entorno era de selva alta perennifolia secundaria, en diferentes etapas de crecimiento, solo en pocos lugares aún permanecían relictos de esta vegetación en su estado original (PO, 2009). Mullerried (1936, citado en Borja *et al.*, 1983), menciona que abundaba la palma *Astrocaryum mexicanum* Liebm, por cuya fruta (parecida a un chichón) se le da el nombre al volcán; esta palma crecía en el sotobosque. Hasta el momento de la erupción, en la zona predominaban los pastizales que se destinaban a la ganadería de bovinos; asimismo, se desarrollaban varios cultivos, entre los cuales, los más importantes eran el café, cacao, plátano, yuca, maíz y barbasco (Limón, 2005). Estaba muy extendida la práctica agrícola de roza, tumba y quema (PO, 2009).

Durante la erupción, casi toda la vegetación del área en estudio se destruyó total o parcialmente por el impacto de los diversos fenómenos volcánicos que ocurrieron (explosión, sepultamiento con materiales piroclásticos, flujos volcánicos, incineración, choque de las ondas expansivas de aire caliente). Posterior a la erupción, debido a las abundantes lluvias, al elevado coeficiente de humedad y temperatura, así como al efecto de invernadero causado por las cenizas en la atmósfera, se observó una recuperación rápida de la vegetación secundaria; principalmente se desarrollaron las gramíneas (Borja *et al.*, 1983).

Actualmente, la vegetación natural del volcán sigue su proceso de recuperación y sucesión biológica pionera. Llama la atención la dinámica que imprimen el clima lluvioso, las altas temperaturas y las condiciones del



Figura I.12.1. Vegetación secundaria en un barranco de las faldas orientadas al este del volcán Chichón, Chiapas.

terreno en el crecimiento de la vegetación, de manera que esta área es un verdadero laboratorio viviente donde se pueden apreciar desde algas, líquenes, gramíneas, plantas rastreras, herbáceas, arbustos y árboles (Figura I.12.1), (PO, 2009). Todo esto, además de otras características relacionadas con el paisaje, la geología, la geomorfología y los aspectos sociales, justifican que se le otorgue al volcán una categoría de protección y se elabore su plan de manejo.

El Mapa I.12 tiene como finalidad mostrar los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo en la zona del volcán Chichón, así como sus características y distribución.

A partir de la interpretación visual del mosaico que se elaboró para este proyecto (Osorno, 2011), con fotografías aéreas a escala 1:5 000 del INEGI (2010), la información digital sobre vegetación y uso del suelo de la Serie 4 del INEGI (2008) y trabajo de campo, se identifican los siguientes tipos de vegetación y las coberturas de uso de suelo.

### Vegetación natural

Bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria de bosque mesófilo. También se le conoce como bosque de niebla, conforma un sistema de gran biodiversidad y posee un número alto de endemismos; sin embargo, está sujeto a una fuerte presión humana por lo que se encuentra muy amenazado, fundamentalmente por las actividades ganaderas. Se encuentra en la región ecológica de las Montañas del Norte y Altos de Chiapas, en la subregión Archipiélago de la Selva Negra, en donde se ha documentado la existencia de 200 a 300 especies arbóreas típicas del bosque mesófilo. No obstante lo anterior, esta riqueza se distribuye en un paisaje altamente fragmentado, existen remanentes de extensiones variables y en diferentes estados sucesionales cuyas consecuencias se evidencian en cambios en la estructura y composición de las especies (Challenger *et al.*, 2010). En el área en estudio, por su grado de perturbación, este bosque se separó en dos subunidades, en la primera, se incluye a las comunidades dominantes de tipo arbóreo que tienen pocos disturbios, abarca una superficie de 1 438.40 ha que equivalen al 3.06% del total (47 015.62 ha) y la segunda subunidad se compone principalmente por vegetación arbustiva y herbácea, con mayor grado de perturbación, ésta ocupa una superficie aproximada de 70.33 ha (0.15 % de área total). Ambas se localizan en el extremo sureste, formando una franja más o menos continua, a una altitud entre los 600 y los 1 600 msnm.

Entre los géneros más comunes de este tipo de bosque se encuentran: Liquidambar, Salix, Alnus, Juglans, Clethra, Carya, Carpinus, Platanus, Pinus, Quercus, Magnolia, Podocarpus, Acer, Prunus, Abies, Crataegus, Arbutus, Ulmus, además de cicadáceas como Dioon, Zamia y Ceratozamia

(Ortega y Castillo, 1996). Son abundantes las epífitas como orquídeas, helechos y bromeliáceas, entre otras.

Vegetación secundaria de selva alta perennifolia. Por una parte, en esta comunidad se agrupa la vegetación secundaria que comprende a los terrenos o parcelas con acahuales, las plantaciones de café de sombra y cacao que necesitan de árboles nodriza, y para este propósito se utilizan algunas especies de esta selva, la vegetación en galería que se dispone a lo largo de las corrientes fluviales y las cercas vivas que delimitan potreros o propiedades con cultivos. Por otra, este tipo de vegetación se separa de acuerdo con su estructura en arbórea (14 068.25 ha), arbustiva (1 673.90 ha) y herbácea (812.34 ha).

La selva secundaria arbórea está conformada mayormente por árboles siempre verdes, pues no todos los componentes son perennifolios, ya que algunos pierden sus hojas durante una corta temporada, que coincide con la época de floración del árbol (DOF, 2010); tienen más de 25 m de altura.

Esta vegetación se distribuye por toda el área en estudio, está muy fragmentada (a la escala de trabajo, 1:5 000, considerando en conjunto los tres estados de crecimiento, se cartografiaron más de mil polígonos). La estructura arbórea se conserva mejor en las laderas más abruptas y en barrancos profundos. Dada la fragmentación de la selva, se ha observado que tanto la vegetación en galería como la de las cercas vivas juegan un papel ecológico muy importante al servir como corredores biológicos que conectan los remanentes de los hábitats naturales de dicha selva (Figura I.12.2). Por esta razón se recomienda su conservación y un manejo integral mediante sistemas agrosilvopastoriles. Las cercas vivas funcionan como cortinas rompevientos y de protección al ganado, sitios de anidación de aves, proporcionan al ganadero diversos productos maderables, forrajes y frutos, también sirven como abonos verdes, entre otros aspectos.

Por su extensión, la selva alta perennifolia secundaria ocupa el segundo lugar, con una superficie total (estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos) de 16 554.49 ha (35.21 %).

Algunos elementos representativos son: matapalo (*Ficus* spp.), jopi (*Ochroma lagopus* var. *bicolor*), palo de danta (*Dendropanax arboreus*), hule (Castilla elástica), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela* spp.), ceiba (*Ceiba pentandra*), chicozapote (*Manilkara zapota*), guarumbo (*Cecropia* spp.) Guayacán (*Tabebuia* spp.) y jimba (*Olmea recta*), (Miranda y Hernández, 1963; Limón, 2005). *Astrocaryum mexicanum* en el sotobosque.

Entre las especies que son utilizadas como cercas vivas están: cocoíte o matarratón (*Gliricidia sepium*, Jacq), ahuejote o sauce (*Salix* spp.), álamo

(*Populus* spp.), ciruela mexicana (*Spondias* spp.), (Chiapas Hoy, 2013), chacá o palo mulato (*Bursera simaruba*, *Bursera* spp.). Otras especies arbustivas y arbóreas encontradas en la zona y que también sirven como cercas vivas pues son muy apreciadas por los ganaderos y agricultores gracias a los beneficios que representan son: pitillo o chontal (*Erythrina goldmanii*, St.), cuaulote (*Guazuma ulmifolia* Lamb.), bacté (*Eugenia acapulcensis*), quiebra-hacha (*Acacia milleriana* L. Wild), (Pinto *et al.*, 2010).

Pastizal natural e inducido. Este tipo de vegetación se localiza en las faldas y cima del volcán, por arriba de los 400 msnm, está formado por abundantes gramíneas mezcladas con otras especies herbáceas y arbus-

tivas pioneras, cubre una superficie aproximada de 2 066.84 ha (4.40 %). Asimismo, existe pastizal dedicado a la ganadería extensiva, éste se ha inducido por la población que paulatinamente está regresando y ocupando las laderas que fueron afectadas por la erupción volcánica de 1982. En las faldas del volcán en donde se han formado barrancos profundos y hay suficiente agua, se han desarrollado microecosistemas de selva alta y mediana subperennifolia secundaria. También, entre este pastizal se encuentran algunos pinos dispersos (Figura I.12.3); al parecer, antes de la erupción no existían en el área del volcán. La actividad agrícola aún es incipiente, se realiza en la base del volcán y es de autoconsumo (maíz y frijol).



Figura I.12.2. Vegetación secundaria de selva alta perennifolia, cercas vivas y vegetación en galería que funcionan como corredores biológicos en el entorno del volcán Chichón.

## Uso del suelo

Agricultura de temporal con cultivos anuales y semipermanentes. Se cultiva maíz, frijol, calabaza, chayote, yuca, papa, camote, malanga, ñame, jitomate, chile y caña de azúcar. La producción es básicamente de autoconsumo. Las parcelas más grandes se localizan al este de la zona en estudio, alrededor de las principales localidades. La superficie cultivada es aproximadamente de 420.14 ha, que corresponde al 0.89% del total.

Plantaciones. Se refiere a la agricultura de temporal con cultivos permanentes de frutales, de éstas se excluyen las plantaciones de café y cacao que necesitan árboles de sombra nativos de la selva, por lo que se las agrupó en la vegetación secundaria. Los frutales más importantes son: naranja, limón, aguacate cimarrón, plátano, papaya, anona, nance, pimienta, mango, chicozapote y mamey. Ocupan una superficie de 31.51 ha (0.07%).

Pastizal cultivado. Los pastos más importantes que se cultivan e inducen son el estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*, *C. plectostachyus*) y el elefante (*Pennisetum purpureum*), (Figura I.12.4). Se destaca que los pastizales cubren la mayor superficie de la zona en estudio, más del 54.40% (25 574.98 ha). Las actividades pecuarias han sido las principales causantes del deterioro ambiental en la zona.

Asentamientos humanos. Se reconocieron los asentamientos humanos que presentan una traza cartografiable, todos ellos son rurales, con una población menor de mil habitantes que se dedican a las actividades primarias. Únicamente Chapultenango, cabecera del municipio del mismo nombre, se considera una localidad mixta rural-urbana con 3 125 habitantes. Ocupa una superficie de 390.16 ha (0.83 %). En estos asentamientos, la mayoría de la población cuenta con solares o huertos familiares donde se cultiva una gran variedad de árboles frutales (Figura I.12.5): mangos, limones, naranjas, anonas, plátanos, achiote, árbol del pan, cacao, café; además de maíz, frijol, hortalizas, plantas de ornato, medicinales y culinarias.



Figura I.12.3. Pinos dispersos entre los pastizales de las faldas del volcán Chichón.



Figura I.12.4. Pastizales y ganado bovino en la zona del volcán Chichón, Chiapas.



Figura I.12.5. Cultivo de cacao en Nicapa, Chiapas.

## Otros

Áreas sin vegetación aparente. Corresponden a las evidencias de movimientos de masa relativamente recientes donde aún no ha crecido la vegetación. En algunos de los depósitos derivados de la inestabilidad de laderas se observa un ligero crecimiento de las plantas pero es muy disperso y, en otros, la escasa vegetación que se encuentra es la que queda desplazada por dichos movimientos. La superficie que cubre es de 116.60 ha, igual al 0.25 % del área total.

Cuerpos de agua. Solo se identifica un cuerpo de agua, es el lago cráter del volcán Chichón, cuya superficie aproximada es de 8.56 ha, la extensión del lago muestra variaciones debido a los aportes de agua juvenil proce-

dente de la propia actividad volcánica y las precipitaciones pluviales. El agua del lago registra altas temperaturas que la mantienen en estado de ebullición (IG, 2006).

Corrientes fluviales. Se distinguen las principales corrientes permanentes en las que es posible cartografiar el cauce a la escala de trabajo. Entre ellas se encuentran los ríos Magdalena-Ostuacán, Pichucalco, Platanar, Agua Tibia, Tuspac, Susnubac y Agua Caliente, entre otros.

Es evidente que los cambios de uso del suelo, particularmente los relacionados con las actividades agropecuarias, así como la erupción del volcán en 1982, han transformado el medio natural de la zona en estudio. Tan solo los pastizales naturales, inducidos y cultivados cubren más del 58% de la superficie actual. La selva alta perennifolia está en un franco proceso de desarrollo secundario por la extracción de las especies que la conforman y por la reutilización de los terrenos que la sustentan, casi no permanece en su estado arbóreo pues se deforesta nuevamente. Todo lo anterior provoca condiciones de vulnerabilidad ambiental que favorecen los desastres.

Deben impulsarse los sistemas de producción agrosilvopastoriles, conservando los restos de selva y la vegetación en galería e, incrementando el desarrollo de cercas vivas ya que éstas representan corredores biológicos que ofrecen múltiples servicios ambientales y cubren una superficie importante (35.21 %). Es fundamental propiciar el desarrollo sustentable.

## Bibliografía

Borja Cervantes, J. F., F. Orozco Chávez, M. Meza Sánchez y J. Tricart (1983), "Determinación preliminar de los daños causados al medio natural por las erupciones del volcán Chichonal, El volcán Chichonal", simposio sobre el volcán Chichonal durante la VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana, UNAM, México.

Challenger A., D. Golicher, M. González Espinosa, I. March Misfsut, N. Ramírez Marcial y R. M. Vidal Rodríguez (2010), "XII. Montañas del Norte y Altos de Chiapas", en *El Bosque mesófilo de Montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible*, CONABIO, México, pp. 132-195.

Chiapas Hoy.com, Diario, Tuxtla Gutiérrez, martes 12 de marzo de 2013.

DOF (2010), "Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de las subregiones hidrológicas Alto Grijalva, Medio Grijalva y Bajo Grijalva de la Región Hidrológica No. 30 Grijalva-Usumacinta", *Diario Oficial de la Federación*, 5 de abril.

INEGI (2008), Base digital de vegetación y uso del suelo, Serie 4, escala 1:250 000, México.

Instituto de Geografía (2006), *Programa de ordenamiento ecológico de la zona petrolera de la Región V Norte de Chiapas*, Etapa II, Diagnóstico integrado del sistema territorial, UNAM, México.

Limón Hernández, C. G. (2005), *Análisis de la percepción del riesgo en los volcanes Chichón y Tacaná, Chiapas*, tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

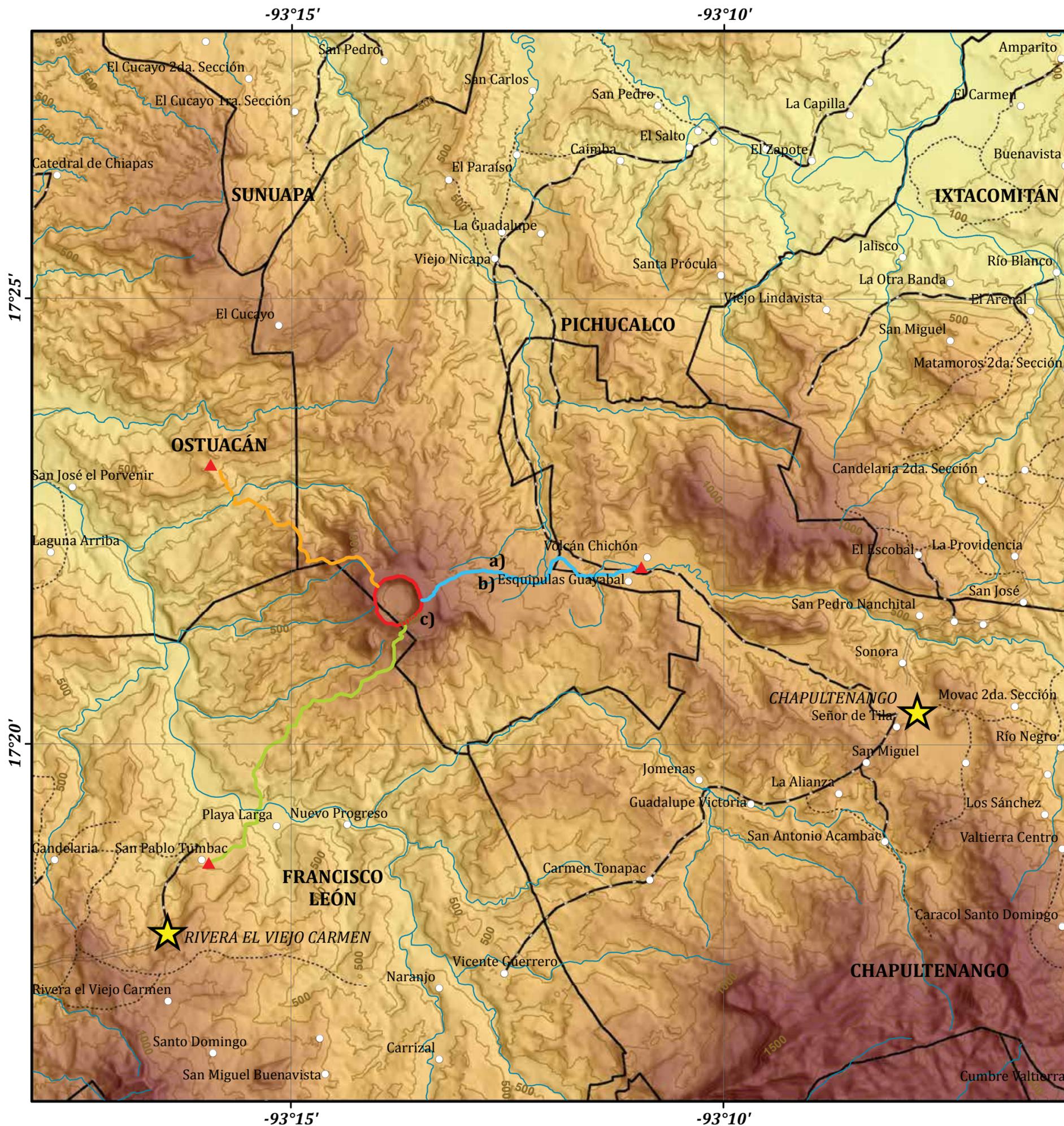
Miranda F. y E. Hernández X. (1963), *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*, sobretiro del Boletín de la Sociedad Botánica de México, Colegio de Posgraduados-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, núm. 28, México.

Ortega F. y G. Castillo (1996), "El bosque mesófilo de Montaña y su importancia forestal", *Ciencias*, julio-septiembre, núm. 43, pp. 32-39.

Osorno Covarrubias J. (2011), *Mosaico de la zona de volcán Chichón*.

Pinto Ruiz, R., D. Hernández, H. Gómez, M. A. Cobos, R. Quiroga y D. Pezo (2010), "Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México. Usos y características nutricionales", *Universidad y Ciencia*, UJAT, Villahermosa, Tabasco, vol. 26, núm. 1, pp. 19-31.

PO (2009), Plan Operativo de Protección Civil, Gobierno del Estado de Chiapas, Volcán Chichón, Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres, Chiapas.



### LEYENDA DEL MAPA

- ▲ Estación
- 1 Circuito Chichonal
- 2 Circuito Francisco León
- 3 Circuito Nicapa
- Circuito Cráter

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural

#### Vías terrestres

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

#### Rasgos naturales

- ~ Corrientes principales

FUENTE: elaboración propia.



Autores: José López García  
 Lilia de Lourdes Manzo Delgado  
 Javier Osorno Covarrubias

## I.13 Senderos para visitar el volcán Chichón

José López García, Lilia de Lourdes Manzo Delgado  
y Javier Osorno Covarrubias

En el mapa se proponen sitios estratégicos para ascender al cráter del volcán Chichón, que constituyen el inicio de varios senderos interpretativos de gran interés geológico y geomorfológico. La información registrada en campo se organizó en un SIG, incluyendo un modelo digital del terreno y la orto-foto del 2010. Tomando como referencia los sitios estratégicos de ascenso, se trazaron las posibles trayectorias de otros senderos interpretativos. El mapa incluye los recorridos escénicos (vías de comunicación) que conducen a tres sitios de ascenso (Viejo Volcán, Francisco León y Nicapa) donde se inician los senderos interpretativos que alcanzan el cráter del volcán Chichón.

Las vías de comunicación que conducen a localidades cercanas al volcán Chichón constituyen recorridos de gran valor paisajístico. Cada una de éstas alberga un sitio estratégico de ascenso que podrían ofrecer servicios de guías, alquiler de caballos, hospedaje y venta de alimentos para los visitantes.

En la actualidad el sendero Viejo Volcán constituye la mejor opción para ascender al cráter sin mucho esfuerzo y agotamiento. Existen dos alternativas más, las cuales se describen a continuación, mismas que requieren ser exploradas para conocer sus características geomorfológicas, limitantes y dificultades.

### 1. Viejo Volcán-cráter volcán Chichón

El sitio de ascenso está ubicado en la localidad de Viejo Volcán, en la vertiente oriente del volcán, cuya vía de acceso se encuentra en Chapulte-

nengo. El cráter se encuentra a 5.6 km de distancia, se realiza por laderas con pendientes suaves ( $5.2^\circ$ ), por lo que el ascenso es relativamente tranquilo. Entre el punto de inicio y el cráter existe una variación altitudinal entre 573-1 040 m. A lo largo del trayecto se aprecian diferentes valles fluviales (Figura I.13.1a) que cortan depósitos piroclásticos (Figura I.13.1b), al final del recorrido se llega al borde del cráter que tiene un kilómetro de diámetro (Figura I.13.1c); una profundidad de 160 m y en el fondo un lago de color verde, rodeado por fumarolas y nubes de vapor que desprenden azufre.

### 2. Pichualco - Chapultenango - Vicente Guerrero - Francisco León (rivera del Viejo Carmen)

En Chapultenango se encuentra la desviación a Viejo Volcán donde se ubica el sitio de ascenso al volcán Chichón. Esta ruta se encuentra al sur de Pichualco, Francisco León (rivera del Viejo Carmen) se considera una alternativa para ubicar una estación de ascenso al cráter, la cual se ubica a 7.8 km de distancia, el trayecto está dominado por pendientes moderadas ( $4.28^\circ$ ).

### 3. Pichualco-Ostuacán-Viejo Nicapa-San José del Porvenir

Este recorrido se encuentra al sureste de Pichualco, cubre un trayecto de 40 km de carretera; a lo largo del camino se observan lomeríos con pastizales, elementos aislados de selva baja y mediana; plantaciones

de castaños, cacao y café. Este sitio constituye una alternativa para ubicar una estación de ascenso al cráter del volcán Chichón, cuya distancia aproximada es de 5.2 km desde San José del Porvenir y 12 km desde Nicapa, sobre terrenos dominados con pendientes moderadas a fuertes ( $> 4^\circ$ ), (Figura I.13.2).

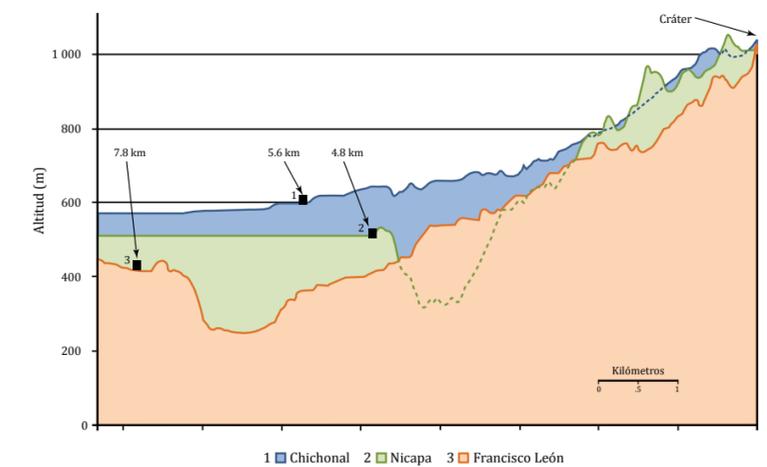
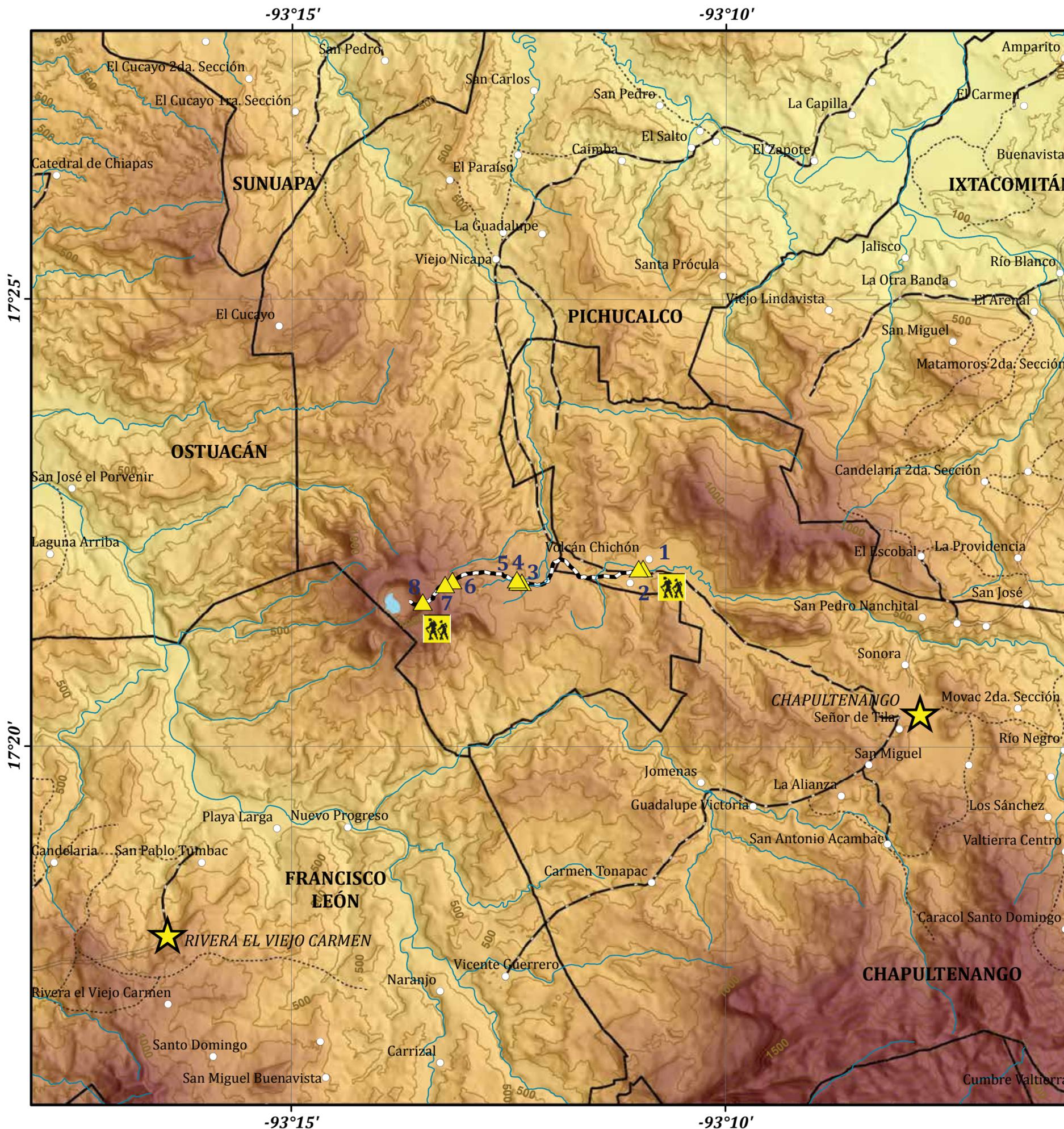


Figura I.13.2. Recorridos al cráter del volcán Chichón.



Figura I.13.1. a) Depósitos de piroclastos, b) valles erosivos y c) cráter del volcán Chichón.



### LEYENDA DEL MAPA

-  Puntos de inicio y término del recorrido
-  Recorrido
-  Sitios de interés turístico
- 1** Inicio del sendero
- 2** Arroyo Viejo Volcán
- 3** Parador panorámico
- 4** Procesos de sucesión ecológica
- 5** Cañada
- 6** Vista unidad geomorfológica
- 7** Vista Estación Sismológica
- 8** Cráter del volcán
-  Lago del cráter

### SIMBOLOGÍA

-  Límite municipal
-  Cabecera municipal
-  Localidad rural

#### Vías terrestres

-  Carretera federal
-  Carretera estatal
-  Terracería
-  Brecha

#### Rasgos naturales

-  Corrientes principales

FUENTE: elaboración propia.

**ESCALA 1:70 000**



0 2 4 8 km

Autores: Silvia Guadalupe Ramos Hernández  
Juan Jon Selvas

## I.14 Recorrido geoturístico

Silvia Guadalupe Ramos Hernández y Juan Jon Selvas

### Introducción

En la zona Norte del estado de Chiapas se encuentra ubicado el volcán Chichón, cuya área geográfica es compartida por cuatro municipios: Chapultenango, Francisco León, Ostucán y Pichucalco. En el siglo pasado, en esta región ocurrió una catástrofe con la erupción del volcán, que entró en actividad el 28 de marzo y 4 de abril de 1982, causando más de 2000 decesos originados por los mortíferos flujos piroclásticos, también llamados “nubes ardientes”, lo que y obligo la evacuación de más de 20 mil personas, además de originar cuantiosas pérdidas económicas de cultivos y ganadería de la zona norte, así como cambios ambientales en la región.

A pesar de la amenaza que representa el vivir en áreas cercanas a los volcanes activos, gran parte de la población vuelve (al cabo de cierto tiempo) a ubicarse cerca de ellos, por lo que la región gradualmente vuelve a recuperar su vida social y productiva.

La devastación del área fue total en un radio de 10 km a la redonda por los productos arrojados en la erupción del volcán, básicamente constituidos por grandes espesores de cenizas volcánicas, pómez, rocas andesítica-dacíticas. Sin embargo, al paso de los años, como es natural, la zona ha ido transformando su paisaje, mediante los procesos de sucesión ecológica, con el establecimiento de especies pioneras, tales como helechos, orquídeas, líquenes, especies arbustivas, y entre las especies arboladas, pinos. Por otro lado, las cenizas volcánicas, conocidas por su potencial como fertilizante de las tierras antiguas, han comenzado a generar los incipientes suelos, por lo que los pobladores ven en recuperación las tierras que abandonaron por la erupción del volcán y las posibilidades de volver a recuperar sus modos de vida. Asimismo, estas áreas pronto se convierten en sitios visitados cada día con más frecuencia, por diferentes grupos: científicos, turismo de aventura, estudiantes, población general, población local, etc.

Sitios como los volcanes activos, son visitados en muchas partes del mundo, por lo que el potencial turístico es cada día más fuerte, siempre y cuando cumplan con la condición de contar con monitoreo científico, planes de emergencia, simulacros de evacuación, señalamientos, plan de manejo etc., a fin de que tanto la comunidad cercana, como visitantes, se encuentren seguros ante cualquier cambio en las condiciones de un volcán activo y generen alternativas económicas sustentables en las poblaciones aledañas.

Existen diversos los ejemplos de proyectos turísticos desarrollados en áreas cercanas a volcanes activos en Costa Rica, Guatemala, España, Italia, Japón y Estados Unidos.

### Características del Volcán Chichón

Después de manifestarse con incipientes fumarolas durante los primeros meses de 1982, el Volcán Chichón entró en actividad violenta el 28 de marzo y los escenarios más vigorosos se dieron el 3 y 4 de abril, involucrando la destrucción del domo, la formación de un cráter de un kilómetro de diámetro y cerca de 200 m de profundidad. Se originaron columnas eruptivas que se elevaron más de 20 km, generando una gran dispersión de cenizas y flujos piroclásticos, cuyas cenizas destruyeron y sepultaron total o parcialmente la región dentro de un radio de 15 km.

El poblado de Francisco León, a 5 km del volcán fue arrasado y cubierto por los flujos piroclásticos, sepultando a más de 2000 personas que se habían concentrado en esa cabecera municipal. En la población de Ostucán a 12 km del volcán y en Chapultenango, a 9 km del mismo, las rocas incandescentes y pómez que cayeron, llegaron a tener 15 cm de diámetro, atravesando los techos de las viviendas, provocando su colapso.

Las cenizas emitidas se extendieron a poblaciones como Pichucalco, ubicado a unos 20 km del volcán, donde se reportó espesores de 15 cm de cenizas, en Villahermosa, ubicada a unos 70 km el espesor llegó a ser de 5 cm. En Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal de Las Casas fue de 2 cm. Además los efectos de la ceniza fina en la atmósfera y troposfera, viajaron alrededor del globo terráqueo, provocando cambios climáticos.

El volcán Chichón, es considerado uno de los volcanes más activos de México, ya que el volumen de material arrojado es casi cinco veces mayor que los volcanes Jorullo (1759, Michoacán), San Martín (1793, Veracruz) y el de Colima (1818); produjo un volumen de 0.452 km<sup>3</sup>, en contraste con 0.1 km<sup>3</sup> de los otros.

El grado de explosividad alcanzado por el volcán Chichón lo sitúa entre los 184 que a nivel mundial han alcanzado por lo menos un índice de explosividad de un volcán (VEI) igual a 4. Para efecto de comparación el Mount St. Helens en los Estados Unidos alcanzó un VEI = 5 y arrojó un volumen total de 1 km<sup>3</sup> de tefra sin consolidar.

La zona volcánica está constituida por unidades volcánicas del Cuaternario que descansan sobre una secuencia de lutitas y areniscas del Terciario Inferior que, a su vez, suprayace a las formaciones calcáreas del Cretácico. Sobreyacen al basamento, depósitos volcánicos productos de las diferentes erupciones que han formado la estructura volcánica.

La región albergó hasta mediados del siglo pasado importantes áreas de selva alta y mediana perennifolia, hoy ocupada por pastizales, vegetación secundaria y cultivos

A más de treinta años de la erupción, el volcán continúa activo, por lo que no ha dejado de considerarse como de alto riesgo y junto con el volcán Tacaná, colocan a nuestra entidad como región prioritaria para la vigilancia y monitoreo de estos volcanes.

### Sendero geoturístico volcán Chichón

El volcán Chichón representa una oportunidad para mostrar diversos senderos donde se pueden resaltar aspectos geológicos, además del patrimonio biológico y cultural de la región zoque.

Asimismo, se busca crear conciencia de la importancia de la conservación y restauración de sus recursos, para lograr que el geoecoturismo constituya una alternativa sustentable de aprovechamiento de recursos para los pobladores de los municipios aledaños al volcán y de visitantes propios y externos.

En el caso de la interpretación en volcanes activos como el Chichón, se hace énfasis en la importancia del vulcanismo activo y la relación que la población mantiene con los volcanes a través de su cosmovisión. El monitoreo que se lleva a cabo permite mantener un manejo y alertamiento constante, el cual da mayor seguridad tanto a la población local como a los visitantes.

### Sendero Chapultenango-volcán Chichón

Se llega en vehículo por camino asfaltado hasta Chapultenango, cabecera municipal, de ahí a la comunidad Viejo Volcán, en camino de terracería, donde se deja el vehículo. En adelante, todo el ascenso se realiza en una caminata a pie.

Es importante hacer notar que el material eruptivo del volcán, constituido por cenizas, pómez y rocas sueltas, hace que la ruta del ascenso no pueda ser a través de caminos asfaltados o de otros materiales, debido a lo suelto del material geológico, lo cual es susceptible por la erosión. Por ello, es importante hacer notar al visitante, la importancia de no generar alteraciones al medio natural, tales como quitar vegetación, dañar o impactar la vereda, pues es sumamente susceptible al desprendimiento y erosión del material geológico. A continuación se describen las principales paradas.

#### 1. Inicia sendero Viejo Volcán

Es el inicio de la caminata hacia el Volcán, el material geológico de este sitio está constituida por cenizas, pómez, rocas dacítico-andesíticas, clima cálido húmedo. La vegetación original de selva alta perennifolia, fue

destruida por la erupción. Formación de suelos incipientes: protosuelos; el uso del suelo es pastizal para potreros (Figura I.14.1).

## 2. Arroyo Viejo Volcán

Presenta coloración rojiza en el fondo, debido al pH, ligeramente ácido, causado por la intemperización de rocas y minerales que generan los colores amarillentos y rojizos, característicos de los óxidos de hierro y aluminio. Rocas ígneas andesíticas, traquiandesíticas, cenizas con pómez de naturaleza intermedia (Figura I.14.2).

## 3. Parador panorámico

Vegetación conformada por pastizales inducidos, pinos (no nativos), arbustos. A lo lejos sobre los lomeríos se ven manchones de selva mediana. La geología es ígnea, constituida por cenizas, pómez, rocas andesíticas-dacíticas (Figura I.14.3).



Figura I.14.1. Inicio del recorrido ubicado en la comunidad de Viejo Volcán.



Figura I.14.2. El cruce de arroyos forma parte del recorrido geoturístico.

## 4. Procesos de sucesión ecológica

Este sitio está constituido por procesos de sucesión ecológica: líquenes, helechos, pastos, arbustos, algunos árboles. Geología formada por cenizas, pómez, rocas andesíticas dacíticas, cuyo basamento es de lutitas (Figura I.14.4).

## 5. Cañada

Se observan las rocas transportadas, de diferentes dimensiones, constituidas por pómez, cenizas, rocas andesíticas-dacíticas, rocas del basamento (lutitas). Así como el alto intemperismo de los minerales de las rocas (Figura I.14.5).

## 6. Vista panorámica de la unidad geomorfológica

Se aprecian lomeríos característicos de los flancos del volcán. La vegetación continúa siendo pastos, arbustos, pino y el material geológico por cenizas, pomez, rocas andesítico-dacíticos (Figura I.14.6).



Figura I.14.3. Una serie de señalamientos se encuentran durante el recorrido.



Figura I.14.4. Proceso de restauración natural de la vegetación que se da en el volcán Chichón.

## 7. Pinos

En este sitio el visitante podrá descansar, bajo la sombra de los pocos pinos que están creciendo en esta parte del volcán. Es posible observar la estación sismológica del volcán, a cargo del Centro de Monitoreo Volcanológico y Sismológico del CIGERCC-UNICACH (Figura I.14.7).

## 8. Cráter volcán Chichón

En el área núcleo se encuentra el cráter del volcán con una altitud de 1 080 msnm, con un diámetro aproximado de 1 km. Se desprenden en forma radial una topografía cónica, con pendientes suaves y abruptas, en cuyas cañadas se pueden apreciar los estratos de los depósitos de las diferentes erupciones volcánicas. El cráter mantiene una alta variabilidad de sus aguas, con temperaturas de 40 a 90°C. El volcán es considerado peligroso, por lo que el descenso está restringido solo a personal autorizado (Figura I.14.8).

## Recomendaciones

El volcán Chichón representa una oportunidad para mostrar no solamente los paisajes de la espectacular erupción de 1982, sino también resaltar los aspectos naturales y culturales de la región zoque.

Es además, la oportunidad de crear conciencia de la conservación y restauración de este importante patrimonio natural y sus recursos, para lograr que el geocoturismo constituya una alternativa sustentable de gestión para los pobladores de los municipios aledaños al Volcán y de los visitantes propios y externos.

En el caso de la interpretación en volcanes activos como el volcán Chichón, se hace énfasis en la importancia del vulcanismo activo y la relación que la población mantiene con los volcanes a través de su cosmovisión.



Figura I.14.5. Vista de las cañadas que se pueden encontrar durante el ascenso.



Figura I.14.6. Restauración de la vegetación: pinos, pastos y herbáceas.

Por otro lado, siendo un volcán activo, el monitoreo que se lleva a cabo por parte del Centro de Monitoreo Volcanológico y Sismológico del CIGERCC-UNICACH, permite mantener un manejo y alertamiento constante, que da mayor seguridad tanto a la población local, como a los visitantes.

La implementación de los senderos interpretativos para la gestión de rutas geoturísticas, o geocoturísticas en el volcán, debe cumplir con los siguientes atributos:

- Generar ganancias para los ayuntamientos cercanos y fortalecer la economía local.
- Crear empleos, ya sea en el mantenimiento del sendero, como guías interpretativos del sendero, o indirectamente a través de los servicios de alimentación y hospedaje de los visitantes o por medio de la venta de artesanías.

- Proporcionar un servicio turístico adicional en los entornos naturales, aumentando el valor recreativo y aprendizaje tanto de los locales, como de los visitantes durante la estancia en el área del volcán.
- Promover la identidad local de la etnia zoque. La identidad local se fortalece con afirmación del valor de su cultura, su cosmovisión, los recursos naturales, su economía, y por supuesto con el respeto que debe imperar de los visitantes a las comunidades.
- Siendo el volcán Chichón un patrimonio de la cultura zoque, es fundamental la educación en torno a este suceso, teniendo en cuenta las leyendas que dan identidad a la cosmovisión zoque, pero también con la educación a propios y visitantes sobre el suceso de la erupción y los riesgos que aún se tienen.
- Finalmente, promover el valor del área entre los escolares y la comunidad local y visitantes en general, a través de la capacitación, educación por el riesgo volcánico e interpretación ambiental.



Figura I.14.7. Estación de monitoreo sismológico ubicado en las cercanías del cráter.



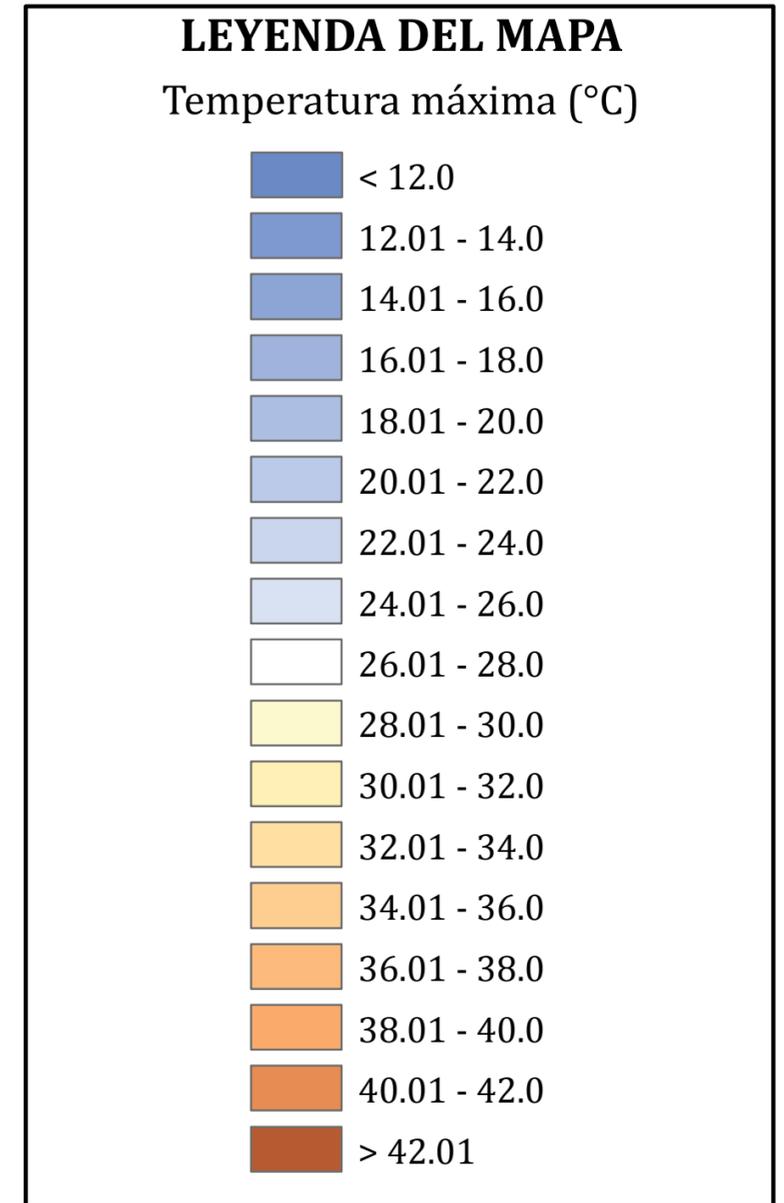
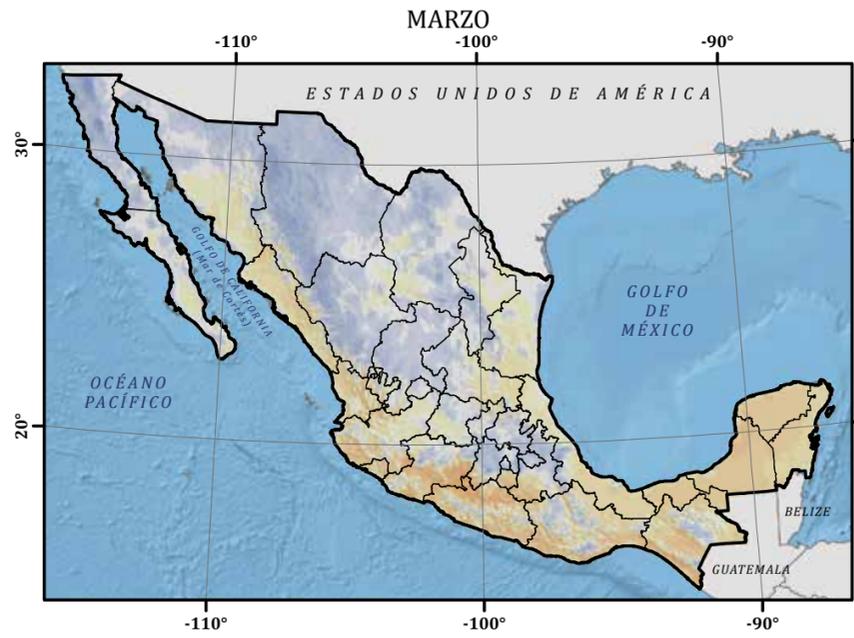
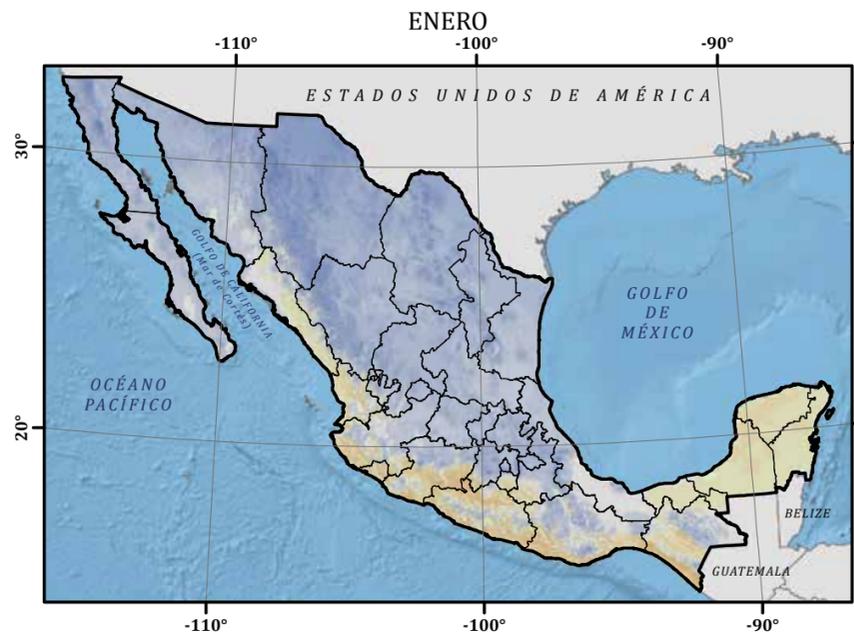
Figura I.14.8. Vista del cráter, la recompensa después del recorrido.

# II

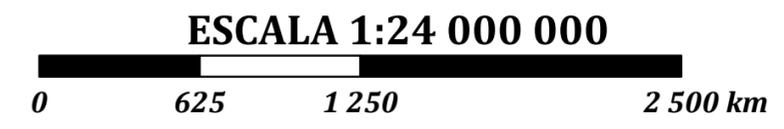
## Indicadores climáticos



# TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL ENERO-JUNIO (1979-2011) II.1

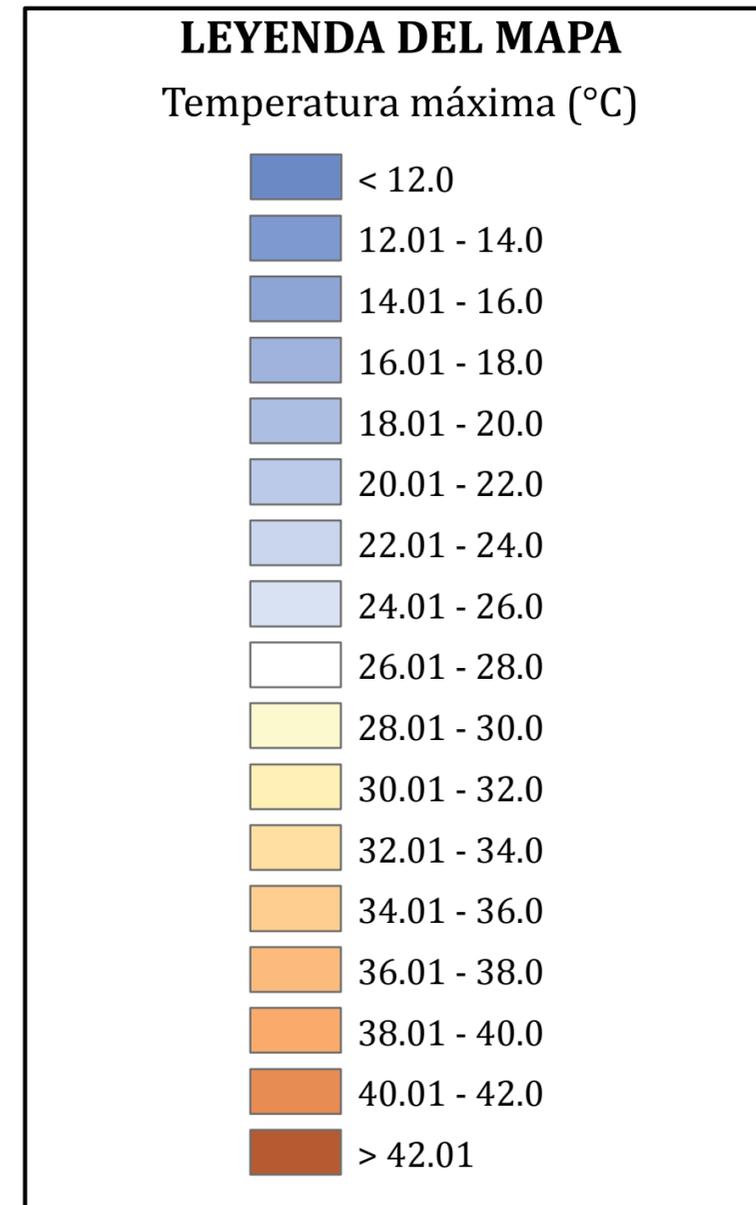
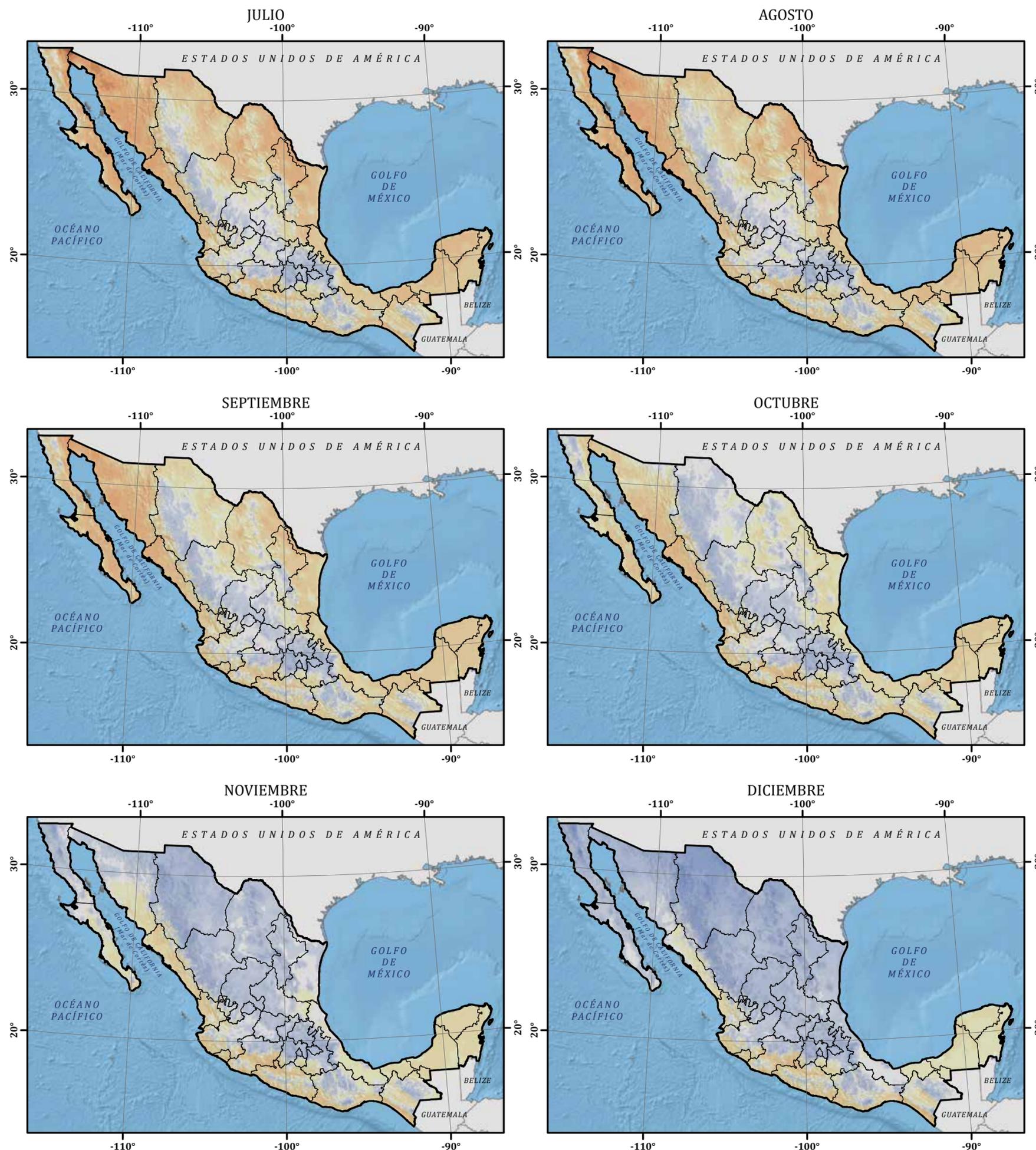


FUENTE:  
Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).

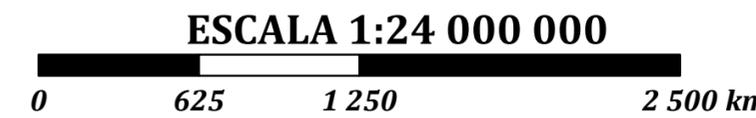


Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
Luis Clemente López Bravo  
Gustavo Vázquez Cruz

# TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL JULIO-DICIEMBRE (1979-2011) II.2



FUENTE:  
 Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
 Luis Clemente López Bravo  
 Gustavo Vázquez Cruz

Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz

### Introducción

Para la realización de los mapas de temperatura máxima (2.1 y 2.2), se utilizaron las siguientes bases de datos:

Base de Datos Climatológicos CLICOM versión 2011 (Climate Computing), que distribuye el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), en formato de texto plano (ASCII), con resolución temporal diaria, el periodo no está definido ya que es variable para cada estación. La obtención de la base de datos se hace a través del portal del SMN (<http://smn.cna.gob.mx>).

Base de datos Reanálisis Regional para Norteamérica (NARR, por sus siglas en inglés), la distribución la hace NCEP-NOAA (National Center for Environmental Prediction y National Oceanographic Atmospheric Administration), los datos se encuentran en formato binario, para la decodificación de los datos se hace mediante programación de lenguaje FORTRAN, la resolución es de 32 km con escala temporal horaria de tres horas, el periodo es de 1979 al 2011. La obtención de los datos se hace mediante la página de internet <http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/rreann/>

Base de datos de topografía de alta resolución versión 15.1 del Instituto de Oceanografía (SCRIPPS) de la Universidad de California San Diego, en formato de texto o binario (a elección del usuario), la resolución de los datos es de 30 segundos, sin escala temporal, no hay periodo, la obtención de los datos se hace mediante página de internet [http://topex.ucsd.edu/WWW\\_html/mar\\_topo.html](http://topex.ucsd.edu/WWW_html/mar_topo.html)

### Metodología

Para la construcción de la base se integró la información diaria de las bases de datos descritas. Por la forma de adquisición de los datos en cada red se utilizaron criterios distintos para su extracción:

Criterio CLICOM. Se realizó la extracción de los valores diarios de temperatura máxima.

Criterio NARR. Se extrajo la variable de temperatura máxima para cada día comprendido del periodo de 09 a 18 horas (local).

Criterio SCRIPPS. Se hace una corrección por altura calculando las diferencias entre la topografía SCRIPPS y la del modelo NARR. Para calcular la corrección se usa el gradiente de temperatura para una atmósfera estándar ajustando el campo preliminar.

La integración se hace mediante el Análisis Objetivo Cressman (Cressman, 1959). El análisis objetivo es un proceso de interpolación espacial de los datos a una malla regular a partir de reportes de estaciones distribuidas de manera irregular. El esquema seleccionado debe tener la capacidad de realizar una interpolación suave, detectar y remover datos erróneos y conducir a un campo consistente (Krishnamurti y Bounoua, 1996). El objetivo de este tipo de esquema es mejorar un campo preliminar mediante la incorporación de observaciones. El resultado sigue siendo una estimación del campo de lluvia que se apega a ciertos criterios.

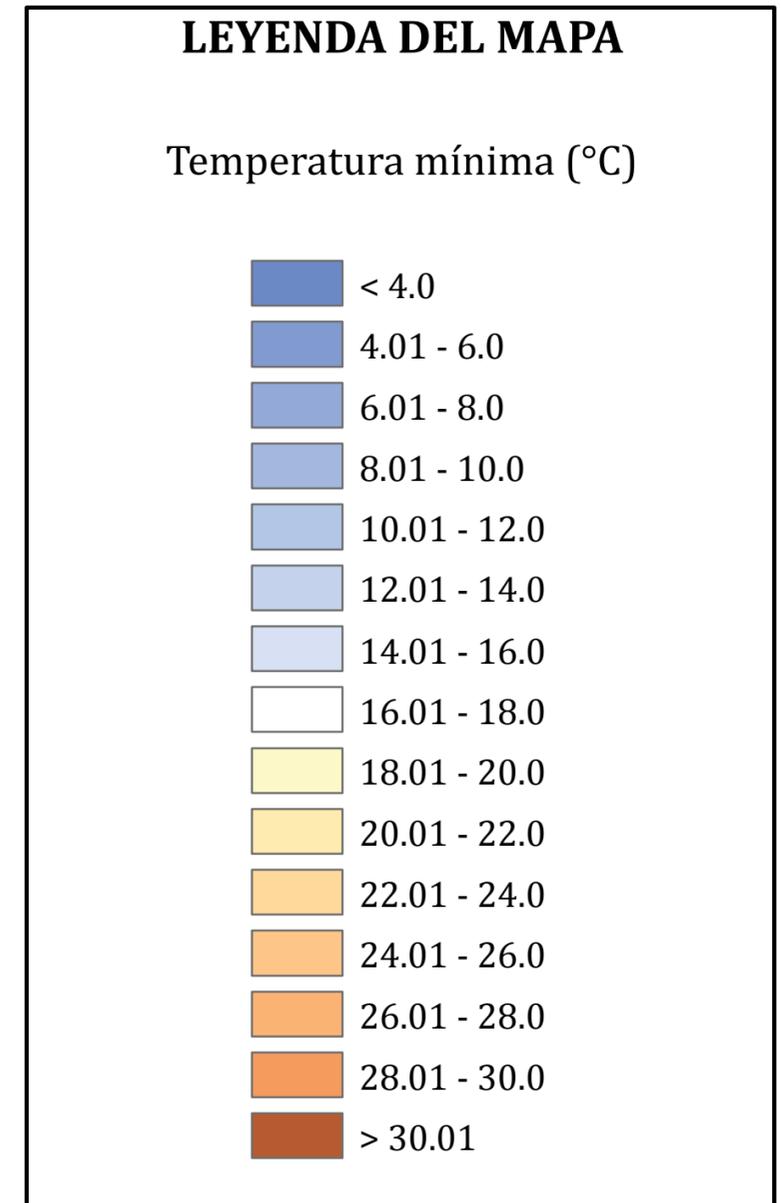
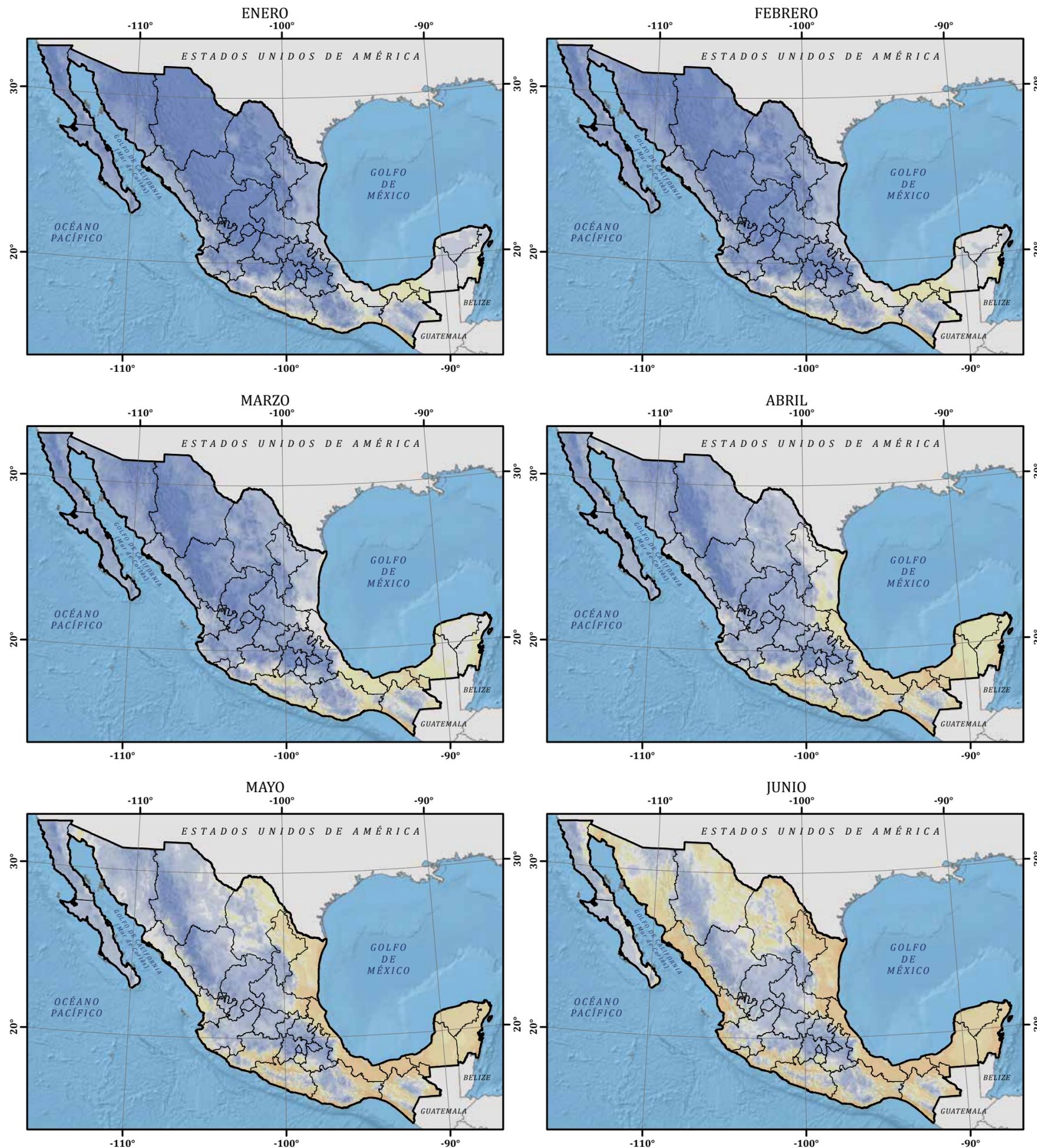
### Descripción de la variable

Los meses más cálidos en el estado de Chiapas son marzo, abril y mayo. La radiación solar lleva a un calentamiento no solo de la parte continental sino de los mares adyacentes al estado de Chiapas, lo que crea condiciones propicias para el inicio de la temporada de lluvias. Al aparecer nubosidad profunda sobre gran parte del estado se desarrolla en buena medida cuando la temperatura de superficie del mar está por encima de los 28° C, pero se requieren los factores dinámicos, como las ondas tropicales para producir las precipitaciones. Al no existir nubosidad, la radiación solar, que aumenta sobre México hacia los meses del verano, hace que se alcancen temperaturas elevadas en el estado de Chiapas. Al iniciar las lluvias, la radiación solar que llega a superficie disminuye y gran parte del calor sirve para evaporar.

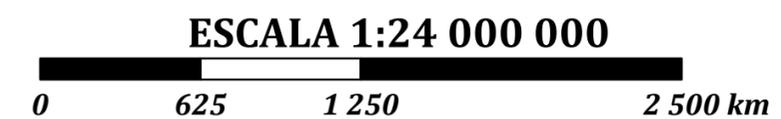
### Bibliografía

- Cressman G. (1959), "An operational objective system", *Monthly Weather Review*, no. 87, pp. 367-374.  
Krishnamurti, T. N. and L. Bounoua (1996), *An Introduction to Numerical Weather Prediction Techniques*, CRC Press, Boca Raton FL USA.

# TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL ENERO-JUNIO (1979-2011) II.3

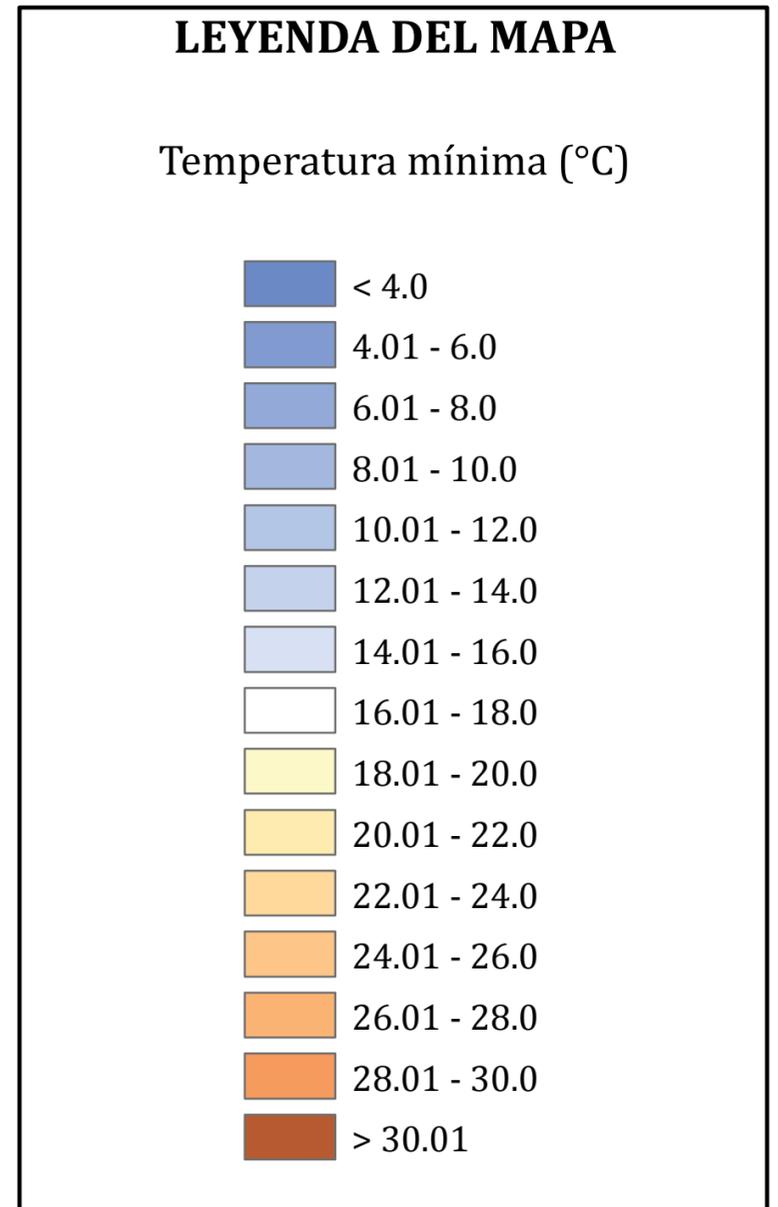
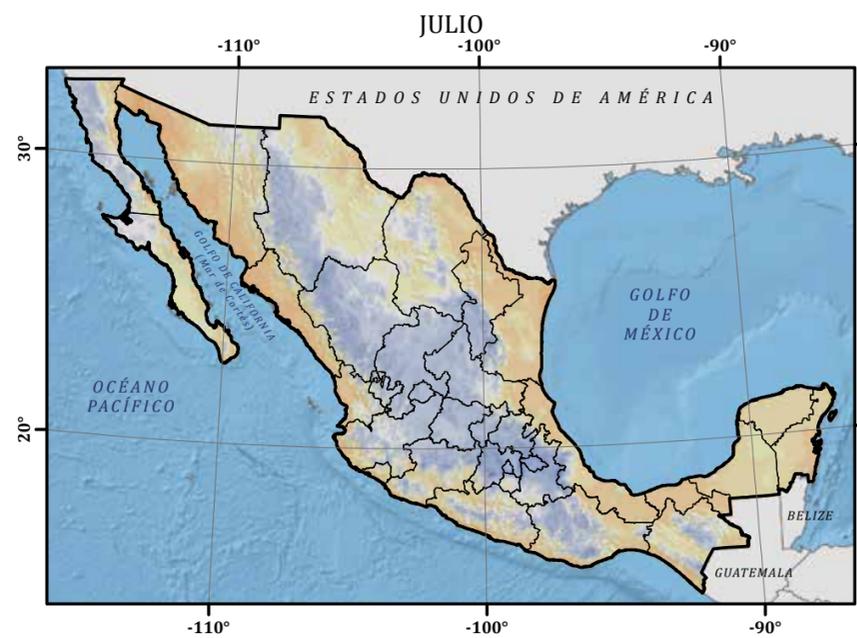


FUENTE:  
 Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).

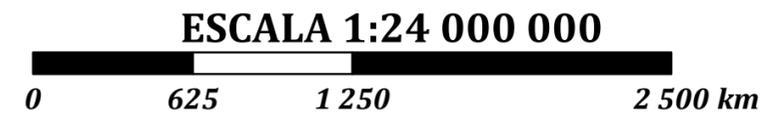


Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
 Luis Clemente López Bravo  
 Gustavo Vázquez Cruz

# TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL JULIO-DICIEMBRE (1979-2011) II.4



**FUENTE:**  
 Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
 Luis Clemente López Bravo  
 Gustavo Vázquez Cruz

Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz

### Introducción

Para la realización de los mapas de temperatura mínima (2.3 y 2.4), se utilizaron las siguientes bases de datos:

Base de Datos Climatológicos CLICOM versión 2011 (Climate Computing), esta base la distribuye el SMN, en formato de texto plano (ASCII), con resolución temporal diaria, el periodo no está definido ya que es variable para cada estación. La obtención de la base de datos se hace a través del portal del SMN (<http://smn.cna.gob.mx>).

Base de datos Reanálisis Regional para Norteamérica (NARR, por sus siglas en inglés), la distribución la hace NCEP-NOAA (National Center for Environmental Prediction y National Oceanographic Atmospheric Administration), los datos se encuentran en formato binario, para la decodificación de los datos se hace mediante el uso de lenguaje de programación FORTRAN, la resolución es de 32 km con escala temporal horaria de tres horas, el periodo es de 1979 al 2011. La obtención de los datos se hace mediante la página de internet <http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/rreann/>

Base de datos de topografía de alta resolución versión 15.1 del Instituto de Oceanografía (SCRIPPS) de la Universidad de California San Diego, en formato de texto o binario (a elección del usuario), la resolución de los datos es de 30 segundos, sin escala temporal, no hay periodo, la obtención de los datos se hace mediante página de internet [http://topex.ucsd.edu/WWW\\_html/mar\\_topo.html](http://topex.ucsd.edu/WWW_html/mar_topo.html)

### Metodología

Para la construcción de la base se integró la información diaria de las bases de datos descritas. Por la forma de adquisición de los datos en cada red se utilizaron criterios distintos para su extracción:

Criterio CLICOM. Se realizó la extracción de los valores diarios de temperatura mínima.

Criterio NARR. Se extrajo la variable de temperatura máxima para cada día comprendido del periodo de 19 a 08 horas (local).

Criterio SCRIPPS. Se hace una corrección por altura calculando las diferencias entre la topografía SCRIPPS y la del modelo NARR. Para calcular la corrección se usa el gradiente de temperatura para una atmósfera estándar ajustando el campo preliminar.

La integración se hace mediante el Análisis Objetivo Cressman (Cressman, 1959). El análisis objetivo es un proceso de interpolación espacial de los datos a una malla regular a partir de reportes de estaciones distribuidas de manera irregular. El esquema seleccionado debe tener la capacidad de realizar una interpolación suave, detectar y remover datos erróneos y conducir a un campo consistente (Krishnamurti y Bounoua, 1996). El objetivo de este tipo de esquema es mejorar un campo preliminar mediante la incorporación de observaciones. El resultado sigue siendo una estimación del campo de lluvia que se apega a ciertos criterios.

### Descripción de la variable

La temperatura mínima más baja en el estado de Chiapas se presenta en los meses de invierno (diciembre, enero y febrero), no solo en relación directa con menor cantidad de horas de radiación solar y la altura, sino

también con la disminución en la cantidad de humedad en la atmósfera, lo que produce un enfriamiento radiativo mayor, principalmente en las partes altas. Los valores extremos de temperatura mínima en el estado son evidentemente menos bajos a nivel del mar, aunque existen variaciones que dependen en cierta medida con condiciones de uso de suelo (Figura I.3.1).

### Bibliografía

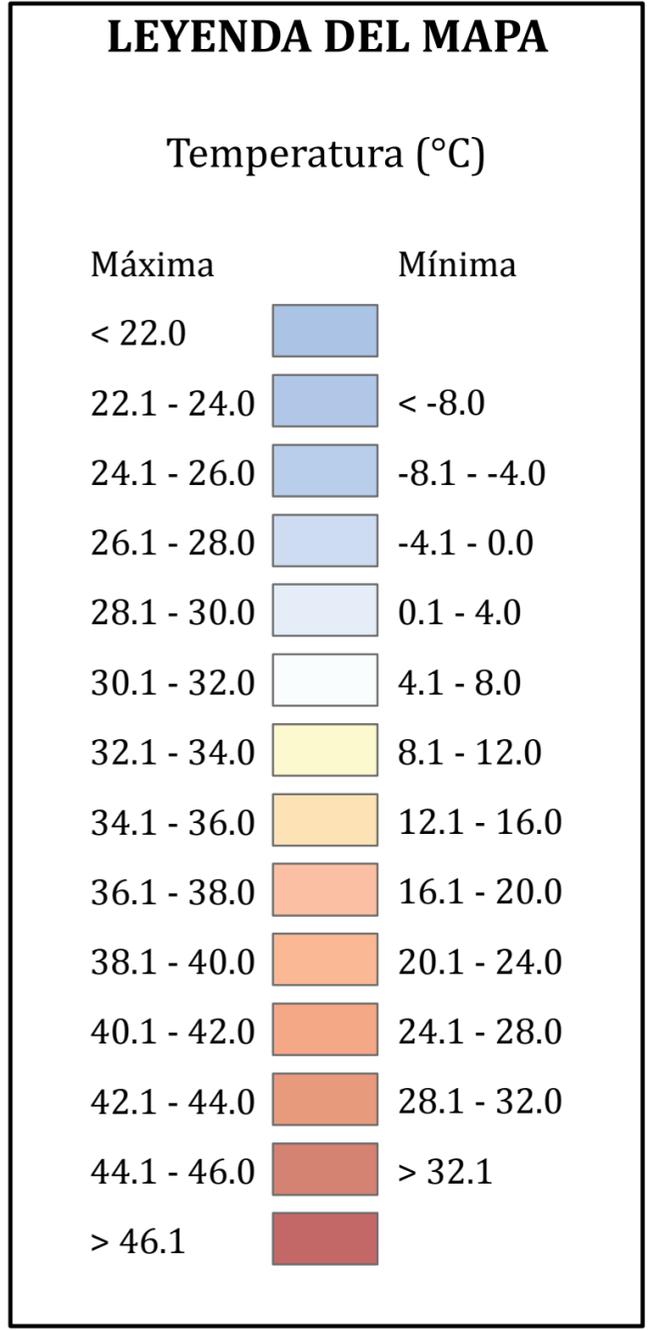
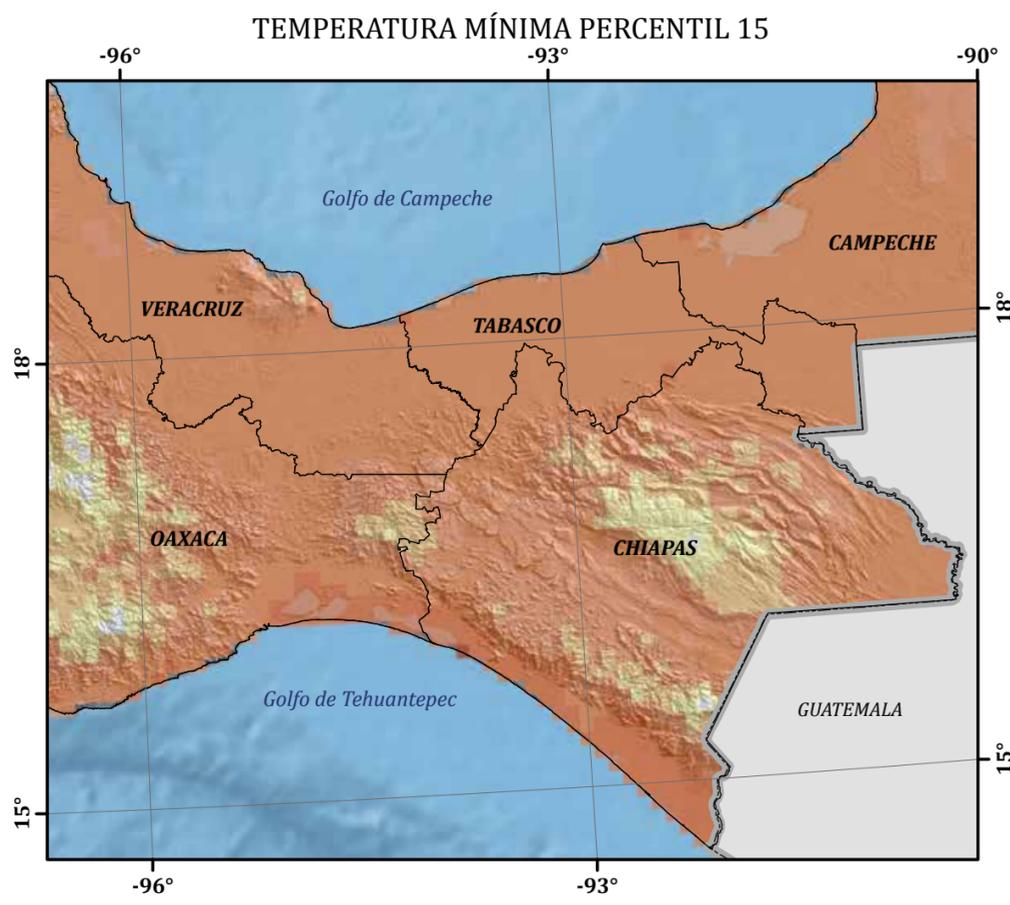
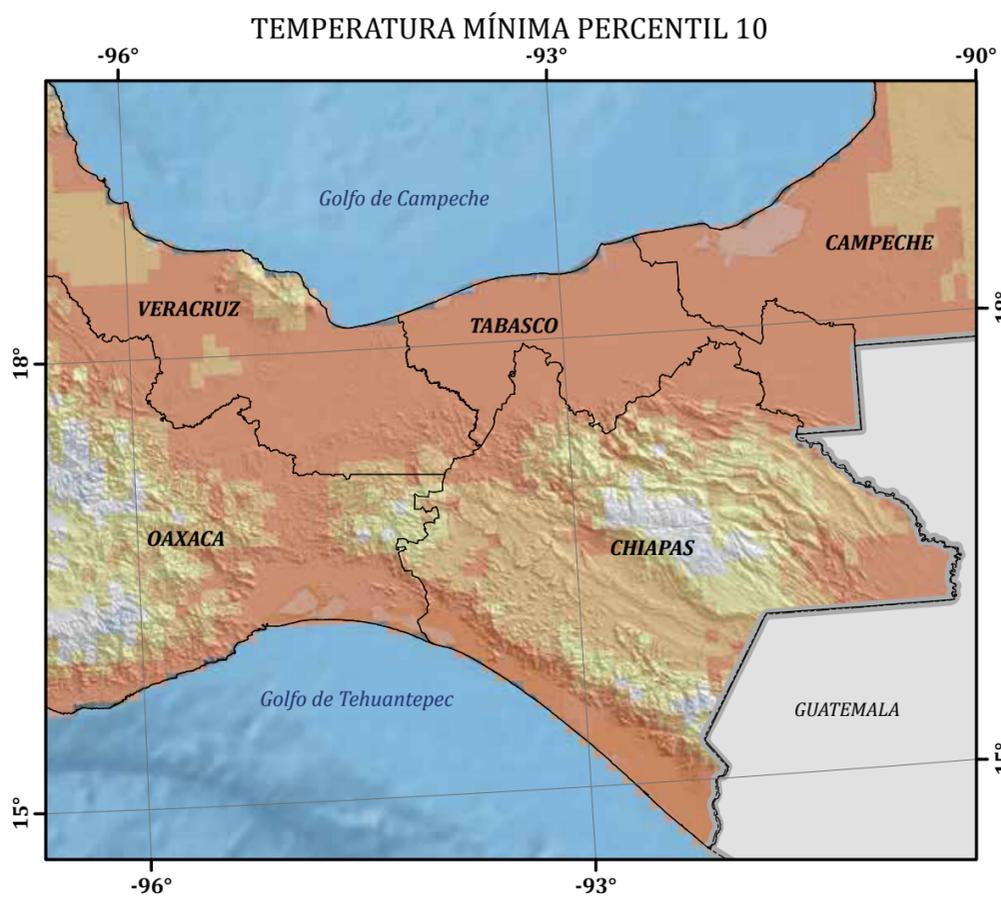
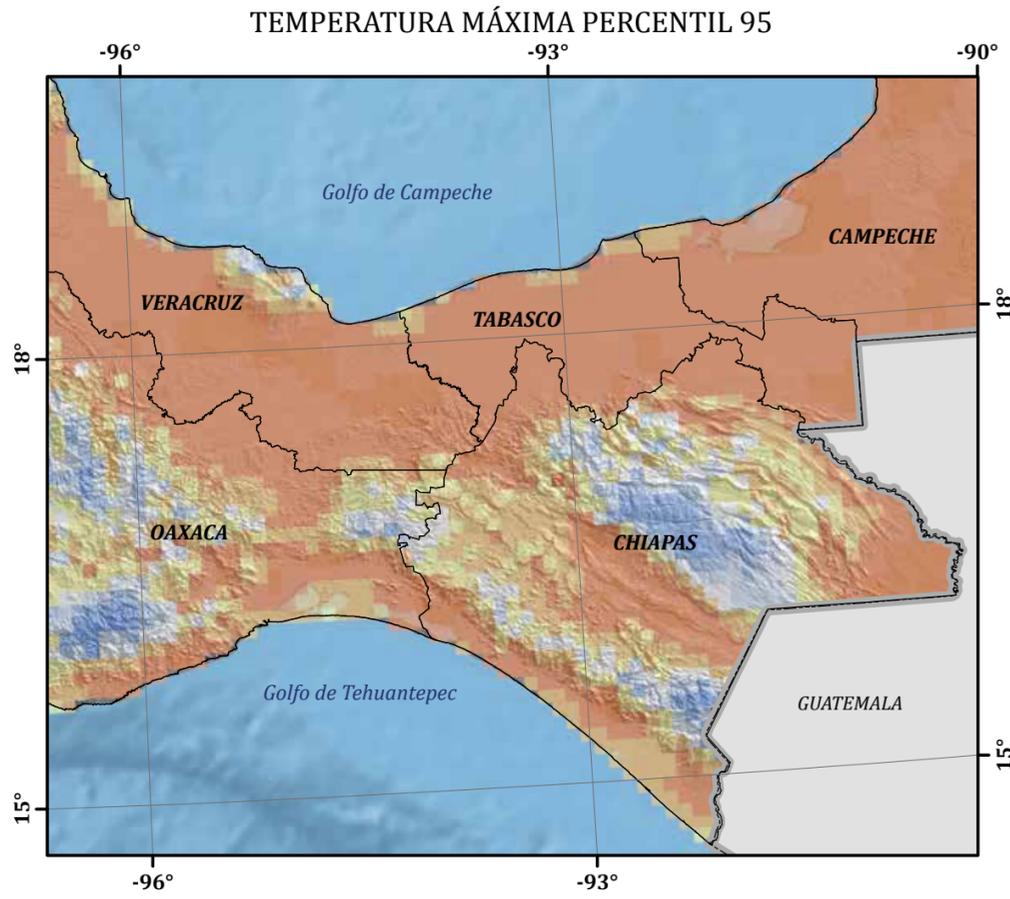
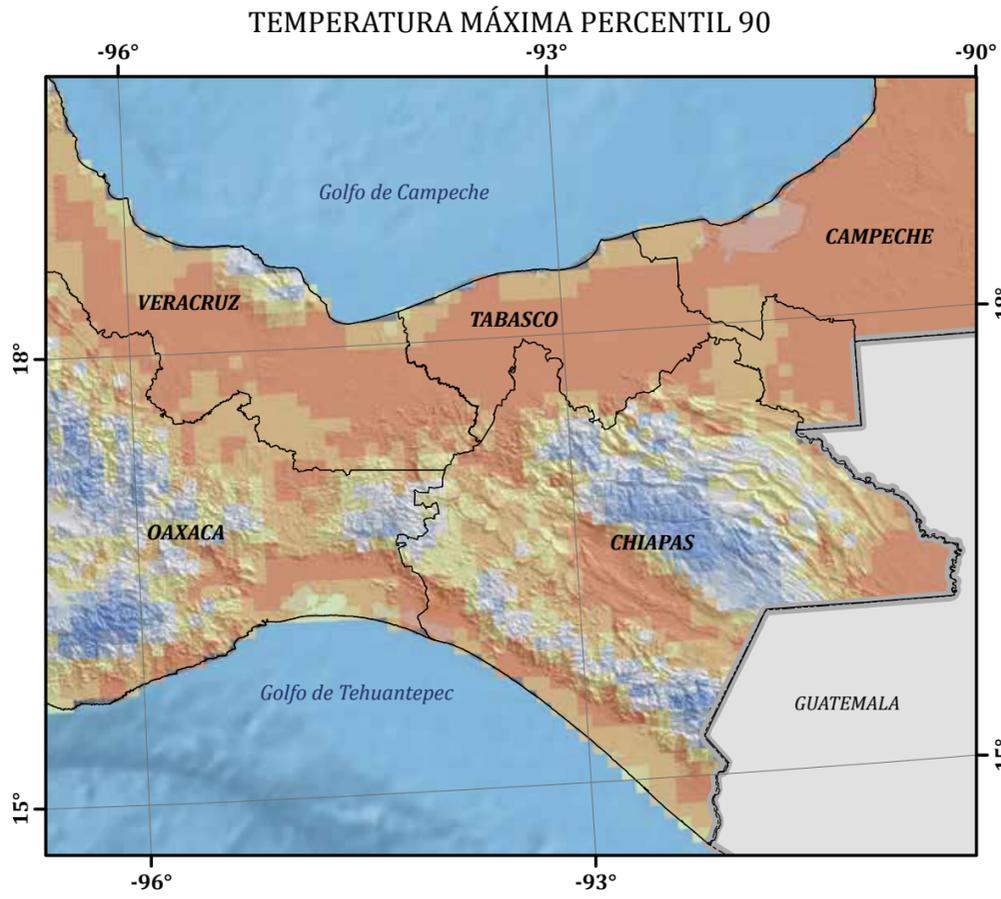
Cressman, G. (1959), "An operational objective system", *Monthly Weather Review*, no. 87, pp. 367-374.

Krishnamurti, T. N. and L. Bounoua (1996), *An Introduction to Numerical Weather Prediction Techniques*, CRC Press, Boca Raton FL USA.

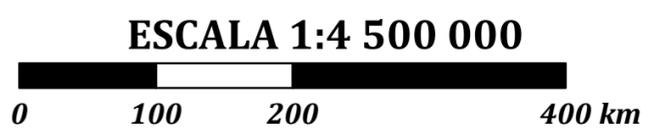


Figura II.3.1. En las cercanías del volcán Chichón, durante el otoño las temperaturas son bajas al iniciar el día.

# PERCENTILES DE TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS II.5



FUENTE:  
 Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
 Luis Clemente López Bravo  
 Gustavo Vázquez Cruz

## II.5 Percentiles de temperaturas máximas y mínimas

Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz

### Introducción

Se hizo a partir de la base de datos construida a 10 km, con resolución temporal horaria, del periodo de 1979 al 2011, la distribución de esta base de datos es mediante el Grupo de Clima y Sociedad del Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía UNAM.

### Metodología

Con frecuencia se piensa en el clima como el promedio de muchos estados de tiempo, y por ello se ha propuesto que deben considerarse al menos treinta años para establecer el promedio que caracterice al clima. En realidad éste también requiere una descripción de la variabilidad y la actividad de eventos extremos para con ello poder establecer los rangos en los que la temperatura o la precipitación pueden presentarse.

De acuerdo con algunos autores (Wilks, 2010), una forma adecuada de caracterizar el clima es a través de una función de densidad de probabilidades (PDF, por sus siglas en inglés) con la que se pueda hacer referencia

a la región en donde se ubica (posición) la mediana (punto medio entre el 50% superior de los datos e inferior); al rango donde es más probable encontrar el valor de la variable (varianza rango intercuartil, entre el 25 y 75%), los valores atípicos (con probabilidad de encontrarse entre el 10 y 25%, o el 75 y el 90% de las distribución) y a los valores extremos que son poco probables de alcanzarse (con probabilidad de 10% de probabilidad de ocurrir), pero que por lo mismo resultan como poco esperados y peligrosos.

De esta forma, el rango de ocurrencia de una variable considerado como normal es el rango intercuartil, con una probabilidad de 50% de ocurrir. Los valores atípicos solo tienen una probabilidad de 15% de ocurrir por encima (debajo) del rango intercuartil y los valores extremos. Los valores extremos solo tienen un 10% de probabilidad de ocurrir por encima (o debajo) de los valores atípicos. Se considera que son los valores extremos los que pueden ocasionar daños o llevar al desastre. Sin embargo, los valores umbral críticos que llevan al desastre deben determinarse en combinación con la vulnerabilidad, por lo que éstos podrían estar por de-

bajo o por encima de los valores extremos de una variable meteorológica dada (Figura II.5.1).

### Descripción de la variable

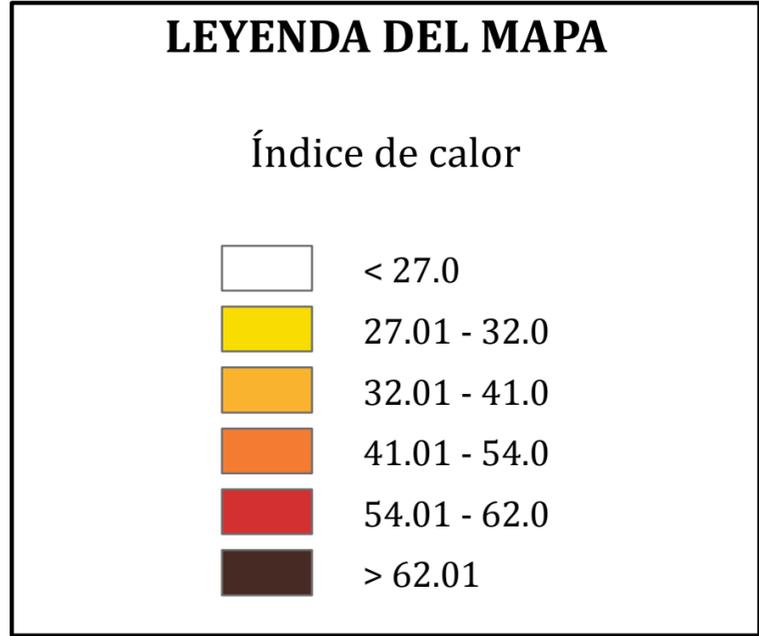
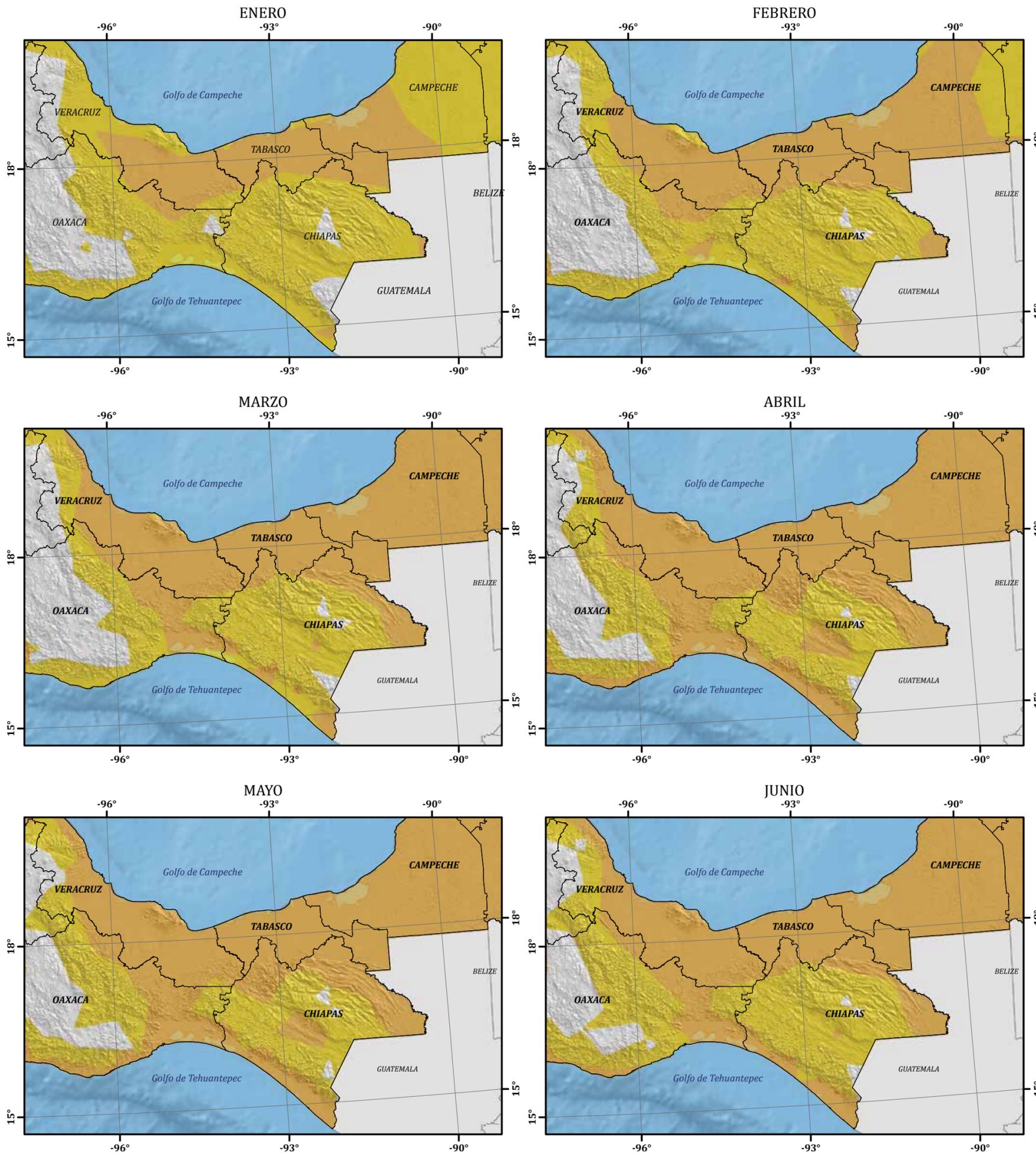
Los percentiles de una distribución de temperatura son valores de la variable que dividen al conjunto de datos (ordenados de menor a mayor) en cien partes iguales. Así, cuando se habla del percentil 15 se quiere expresar que es el valor de la variable que deja el 15% de los datos por debajo de él y el 85% por encima.

### Bibliografía

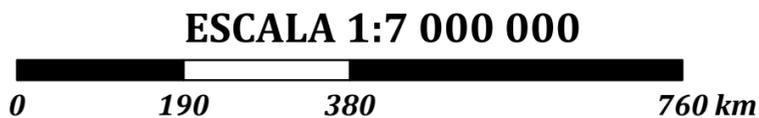
Wilks, D. S. (2010), *Statistical Methods in Atmospheric Sciences*, Acad. Press.



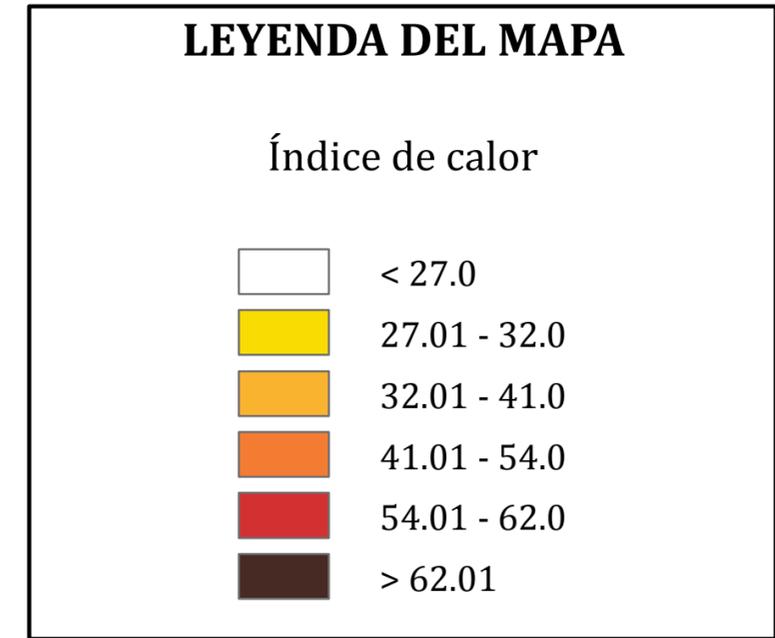
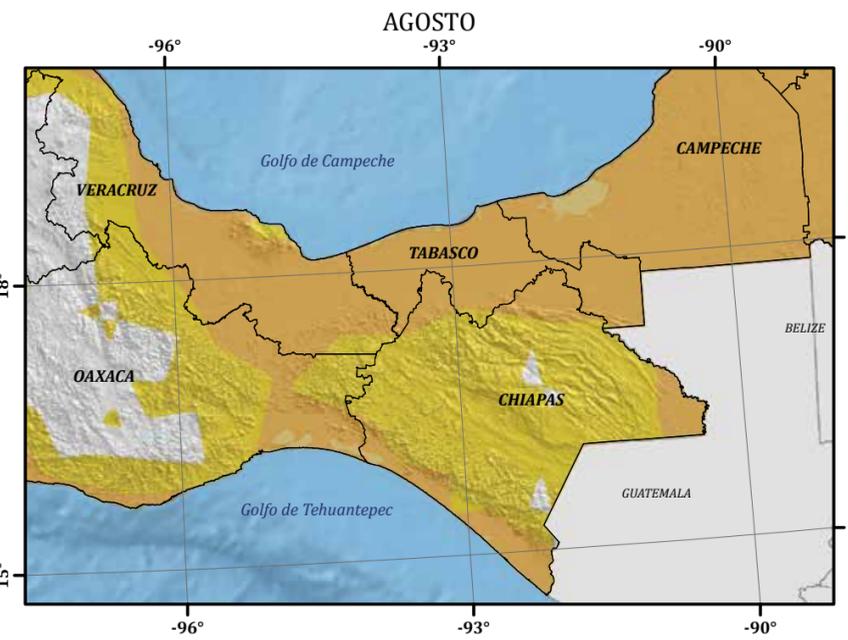
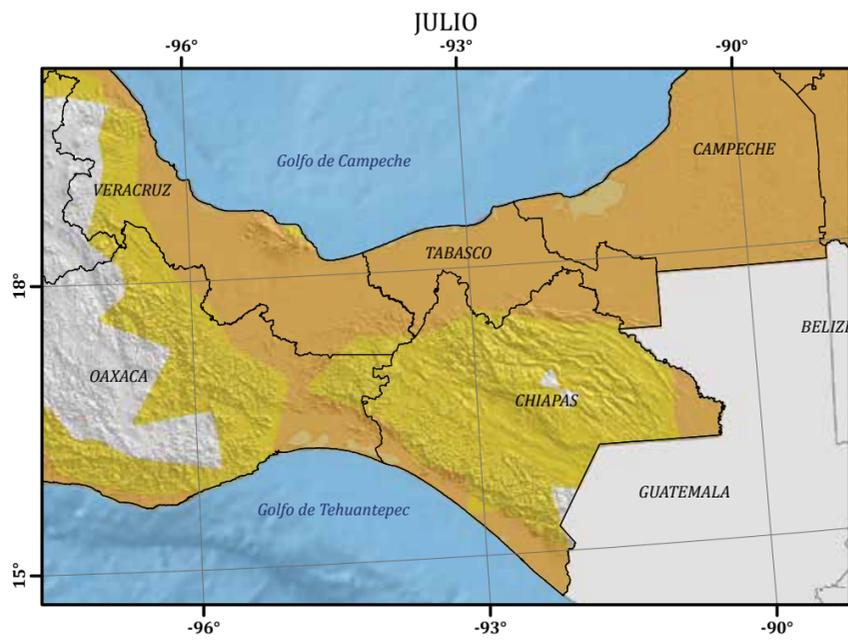
Figura II.5.1. Vista panorámica de la región de Ostuacán, al NW del volcán Chichón.



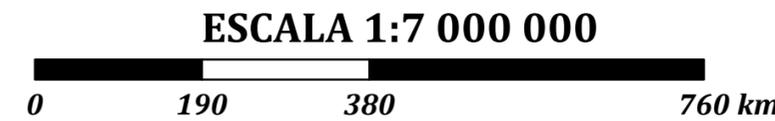
FUENTE:  
Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR).



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
Luis Clemente López Bravo  
Gustavo Vázquez Cruz



FUENTE:  
Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR).



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
Luis Clemente López Bravo  
Gustavo Vázquez Cruz

## II.6 Índice de calor enero-junio (1979-2010) y II.7 Índice de calor julio-diciembre (1979-2010)

Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz

### Introducción

Base de datos Reanálisis Regional para Norteamérica (NARR, por sus siglas en inglés), la distribución la hace NCEP-NOAA (National Center for Environmental Prediction y National Oceanographic Atmospheric Administration), los datos se encuentran en formato binario, para la decodificación de los datos se hace mediante programación de lenguaje FORTRAN, la resolución es de 32 km con escala temporal horaria de tres horas, el periodo es de 1979 al 2010. La obtención de los datos se hace mediante la página de internet <http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/rreann/> utilizando las variables de temperatura de 2 m y humedad relativa.

### Metodología

Se extrajo la temperatura máxima y la humedad mínima en el mismo horario, y se aplica la fórmula para calcular el índice de calor:

$$IC = - 42.379 + 2.04901523 \cdot T + 10.14333127 \cdot HR - 0.22475541 \cdot T \cdot HR - 6.83783 \times 10^{-3} \cdot T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} \cdot HR^2 + 1.22874 \times 10^{-3} \cdot T^2 \cdot HR + 8.5282 \times 10^{-4} \cdot T \cdot HR^2 - 1.99 \times 10^{-6} \cdot T^2 \cdot HR^2$$

Donde:

IC: Índice de calor

HR: Humedad relativa en %

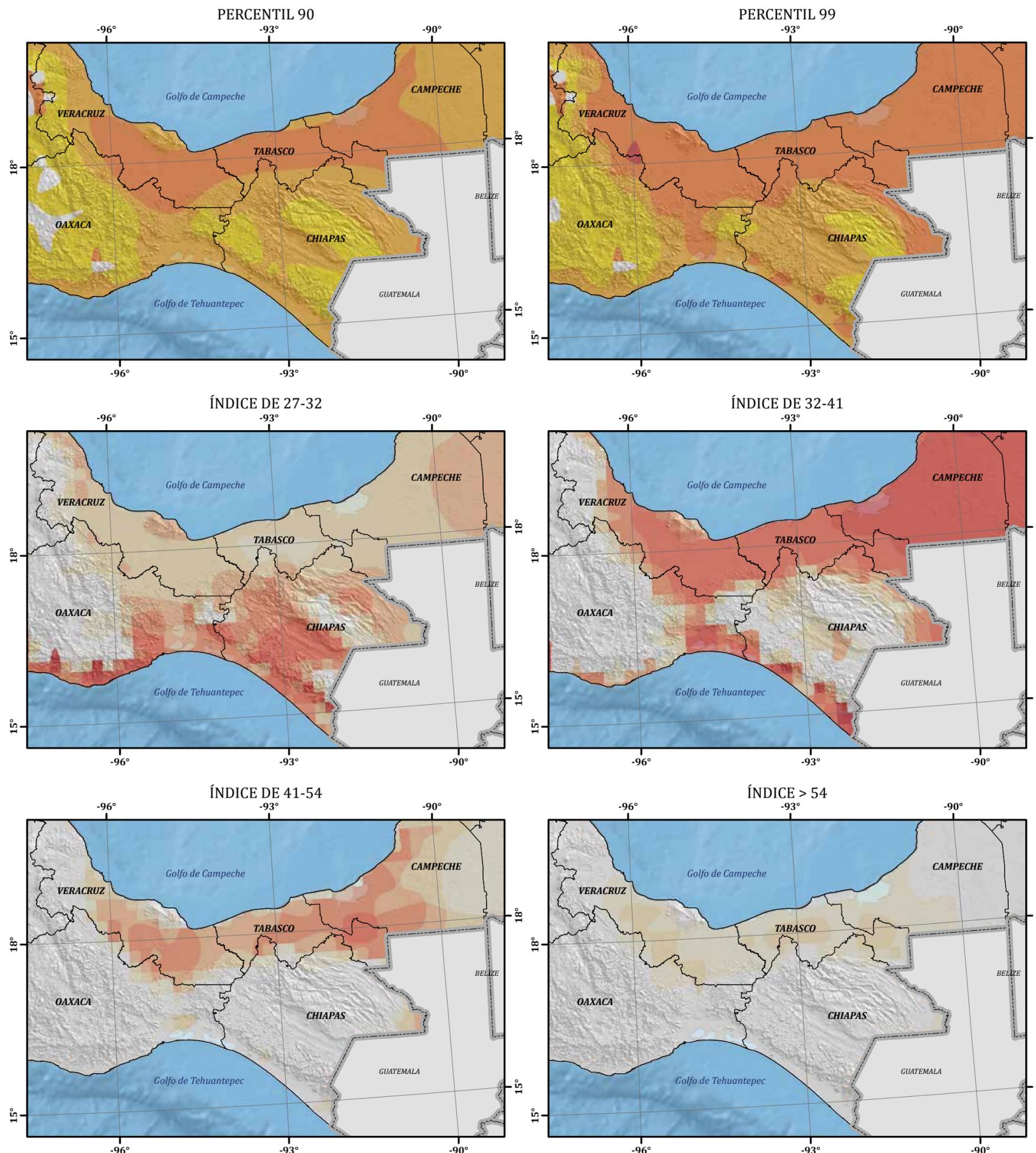
T: Temperatura en Fahrenheit

### Descripción de la variable

Es la combinación de la temperatura del aire y la humedad que proporciona una descripción de la manera en que se percibe la temperatura. Expresado en grados Celsius o Fahrenheit indica el nivel del calor que se siente cuando la humedad relativa se suma a la temperatura real. Para su cálculo se emplea la temperatura real y eso da como resultado una "temperatura aparente" (Figura II.6.1).

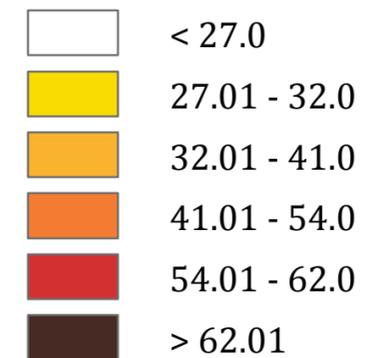


Figura II.16.1. Río Magdalena-Ostuacán, al oriente del volcán Chichón, en noviembre.

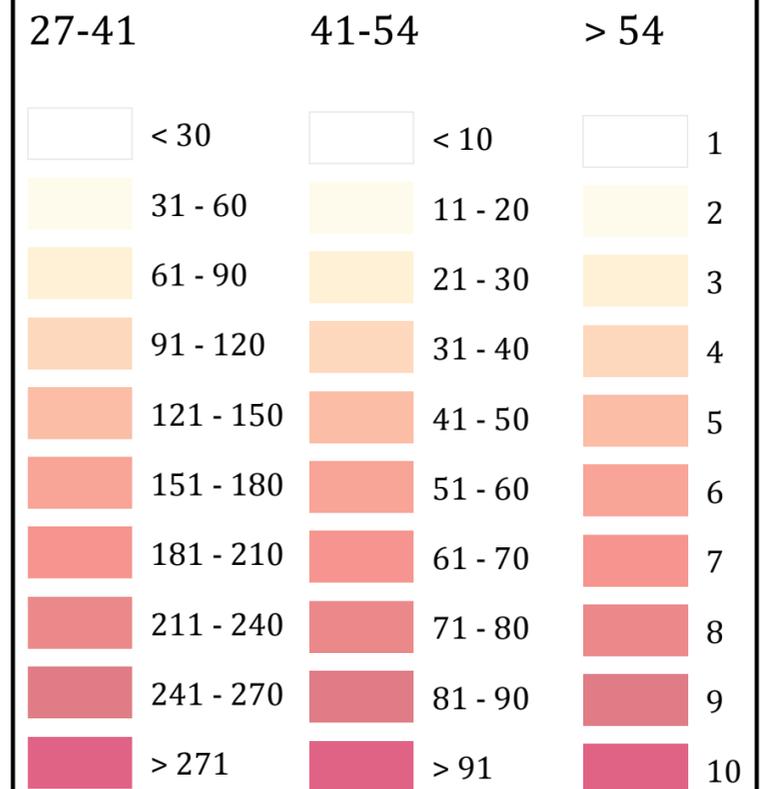


**LEYENDA DEL MAPA**

Índice de calor



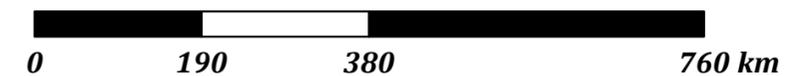
Días por arriba del índice de calor



FUENTE:

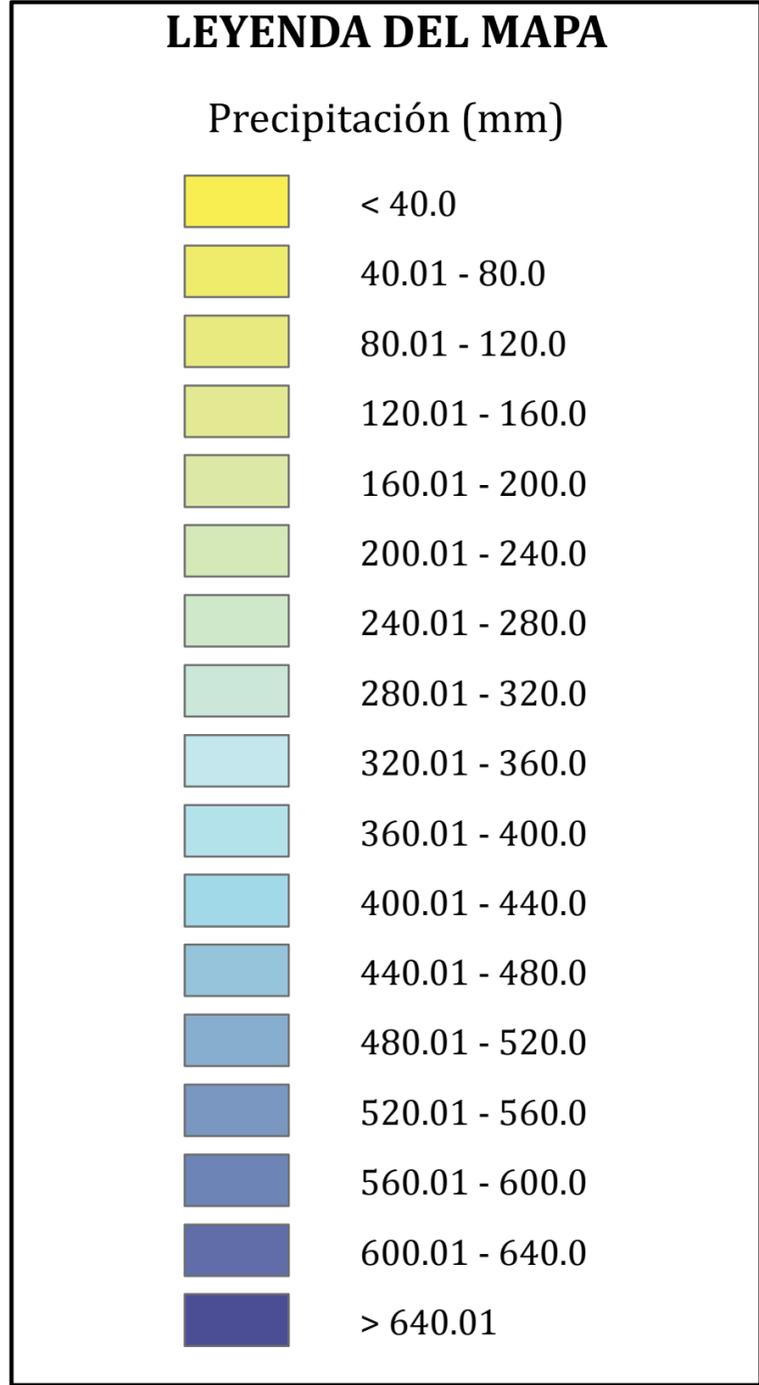
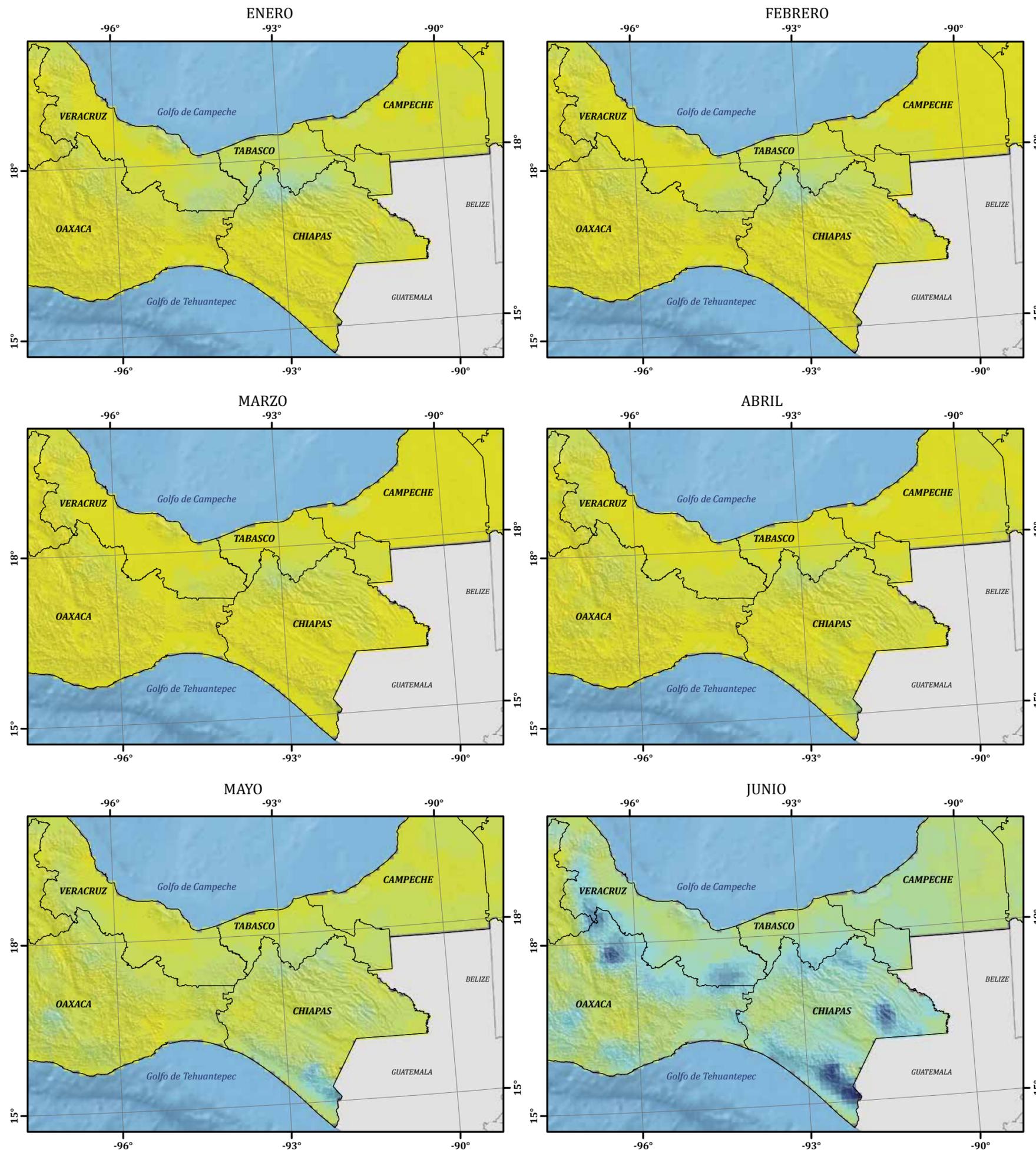
Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).

**ESCALA 1:7 000 000**

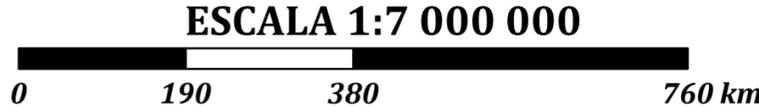


Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
Luis Clemente López Bravo  
Gustavo Vázquez Cruz

# PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL ENERO-JUNIO (1979-2011) II.9

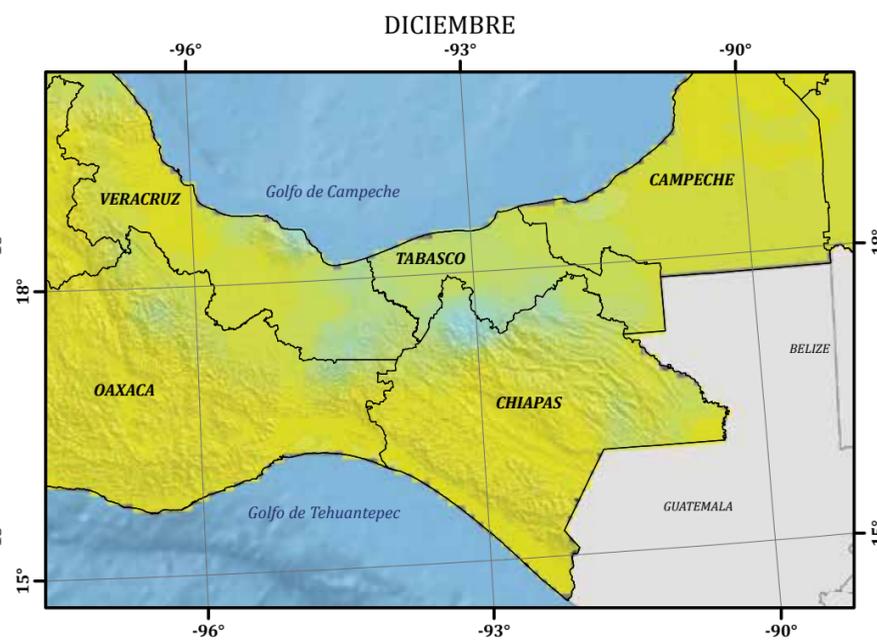
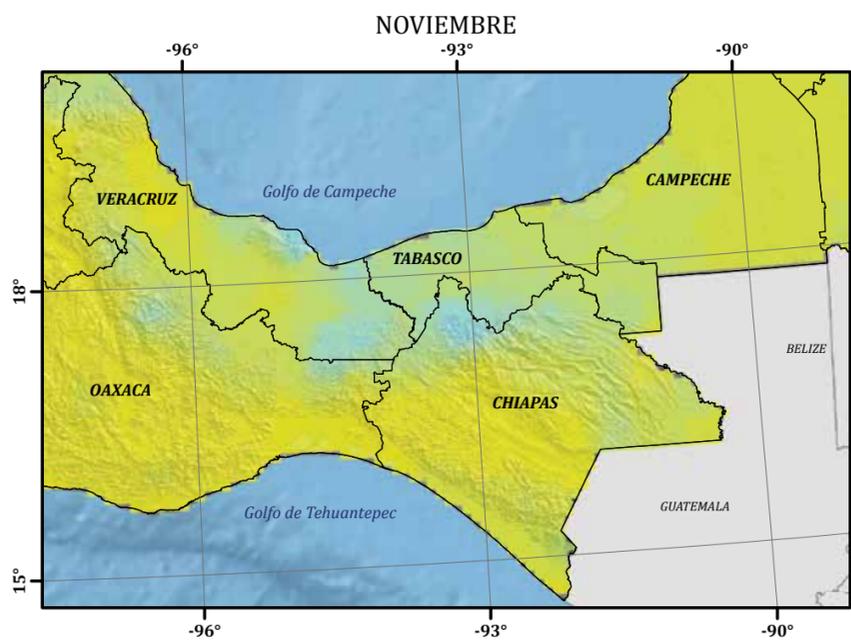
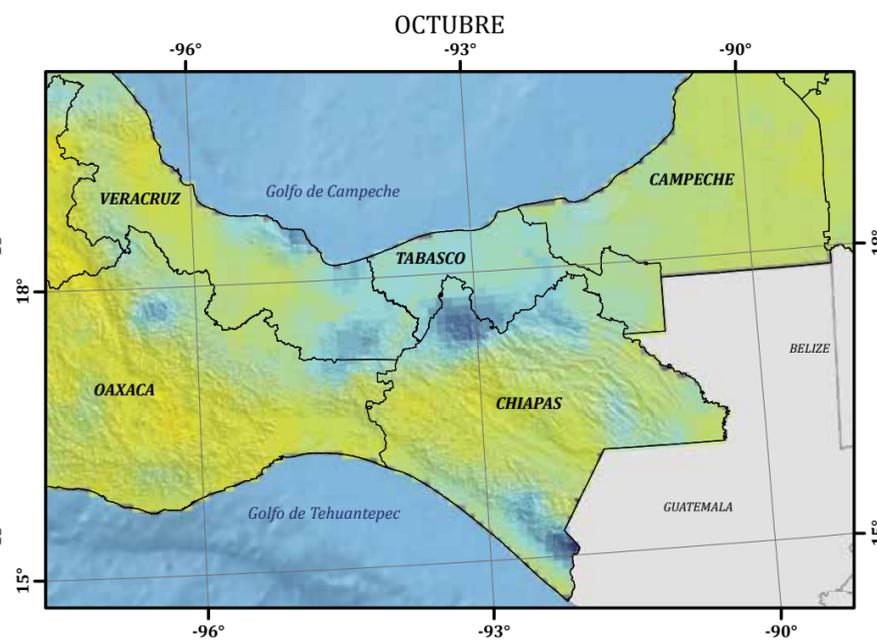
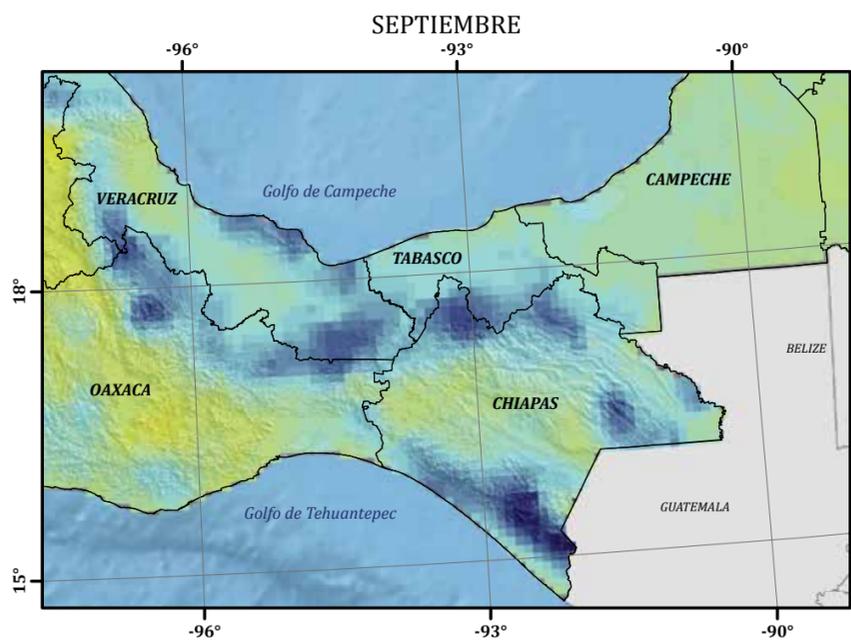
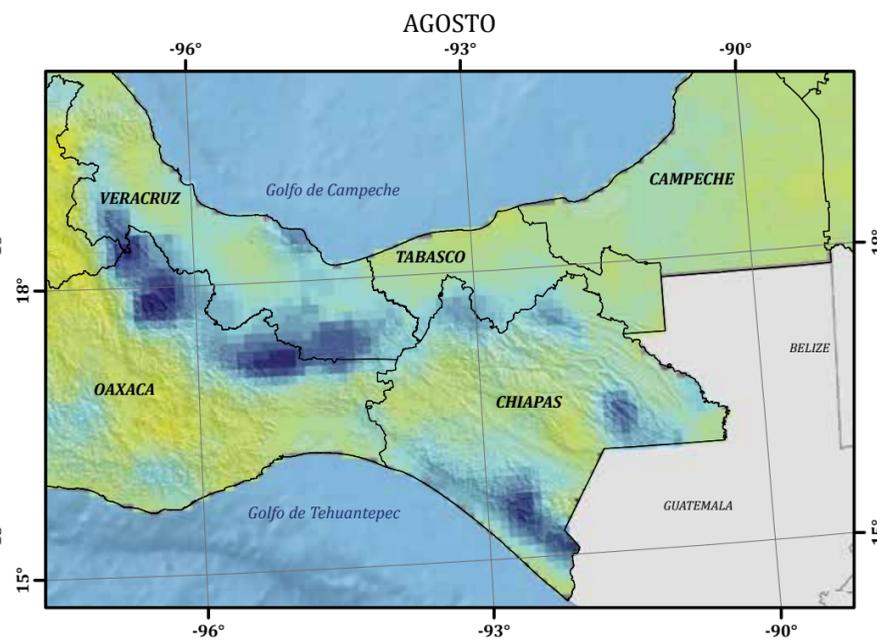
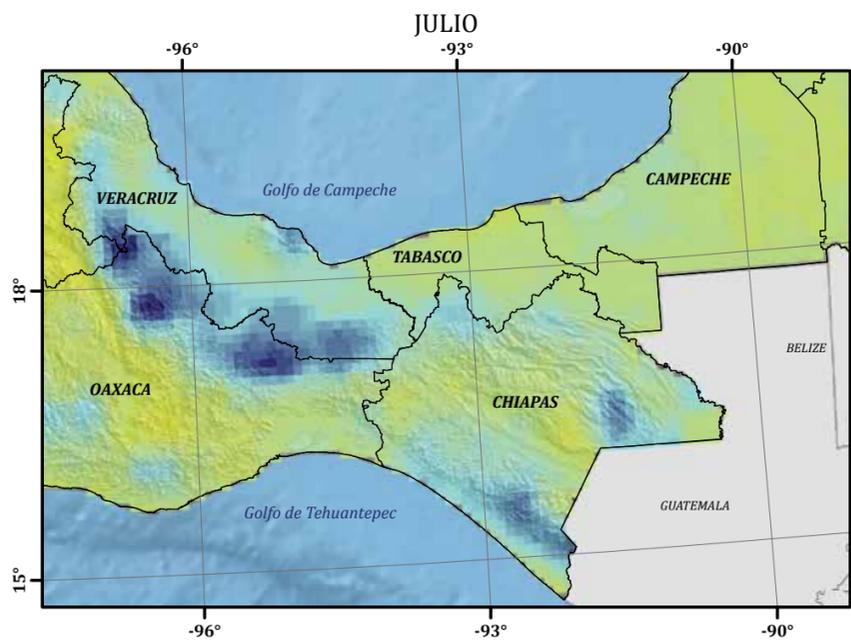


FUENTE:  
 Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).



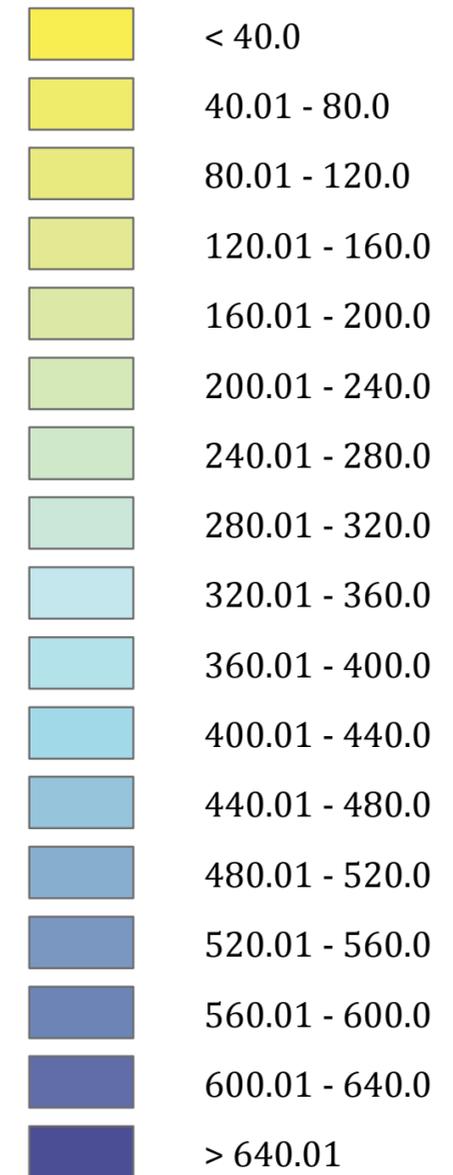
Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
 Luis Clemente López Bravo  
 Gustavo Vázquez Cruz

# PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL JULIO-DICIEMBRE (1979-2011) II.10



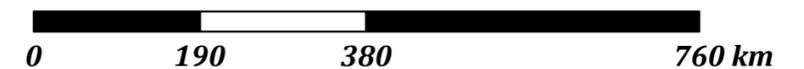
## LEYENDA DEL MAPA

Precipitación (mm)



FUENTE:  
Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).

ESCALA 1:7 000 000



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
Luis Clemente López Bravo  
Gustavo Vázquez Cruz

## II.8 Percentiles del índice de calor (1979-2010) y conteo de días por arriba del índice, II.9 Precipitación media mensual enero-junio (1979-2011) y II.10 Precipitación media mensual julio-diciembre (1979-2011)

Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz

### Introducción

Fuente de datos para los mapas de precipitación (2.9 y 2.10):

Base de Datos Climatológicos CLICOM versión 2011 (Climate Computing), esta base la distribuye el SMN, en formato de texto plano (ASCII), con resolución temporal diaria, el periodo no está definido ya que es variable para cada estación. La obtención de la base de datos se hace a través del portal del SMN (<http://smn.cna.gob.mx>).

Base de datos Reanálisis Regional para Norteamérica (NARR, por sus siglas en inglés), la distribución la hace NCEP-NOAA (National Center for Environmental Prediction y National Oceanographic Atmospheric Administration), los datos se encuentran en formato binario, para la decodificación de los datos se hace mediante programación de lenguaje FORTRAN, la resolución es de 32 km con escala temporal horaria de tres horas, el periodo es de 1979 al 2011. La obtención de los datos se hace mediante la página de internet <http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/rreann/>

### Metodología

Se extrajo de la base de datos del NARR la variable de precipitación acumulada en 24 horas de 08 horas a las 07 horas del día siguiente, la base de datos de CLICOM se encuentra construida de esta forma. La integración se hace mediante el Análisis Objetivo Cressman (Cressman, 1959). El análisis objetivo es un proceso de interpolación espacial de los datos a una malla regular a partir de reportes de estaciones distribuidas de manera irregular. El esquema seleccionado debe tener la capacidad de reali-

zar una interpolación suave, detectar y remover datos erróneos y conducir a un campo consistente (Krishnamurti y Bounoua, 1996). El objetivo de este tipo de esquema es mejorar un campo preliminar mediante la incorporación de observaciones. El resultado sigue siendo una estimación del campo de lluvia que se apega a ciertos criterios.

### Descripción de la variable

Dadas las características de la estación lluviosa en México, se puede dividir el ciclo hidrológico en lluvias de invierno y de verano.

### Lluvias de invierno

Dada su ubicación geográfica, en México el régimen de lluvias durante el invierno está dominado por sistemas meteorológicos de latitudes medias, como los ciclones de latitudes medias y los llamados frentes fríos. Conforme la masa de aire frío, asociada a estos sistemas frontales, se desplaza hacia el Golfo de México, se experimenta una disminución en la temperatura, así como la presencia de lluvias que en ocasiones suelen ser intensas a lo largo de la vertiente del Golfo de México. Algunos de estos sistemas de latitudes medias logran avanzar hacia los Mares Intra-Americanos, convirtiéndose en los llamados "Nortes", que afectan el Golfo de México y sureste de México, e incluso en ocasiones hasta Centroamérica y el Caribe (Schultz *et al.*, 1997). La lluvia asociada al paso de estos sistemas ocurre principalmente en la vertiente del Golfo de México, sureste de México y península de Yucatán. Por su desplazamiento y características, los "Nortes" son una manifestación de la interacción entre los subtrópicos y trópicos.

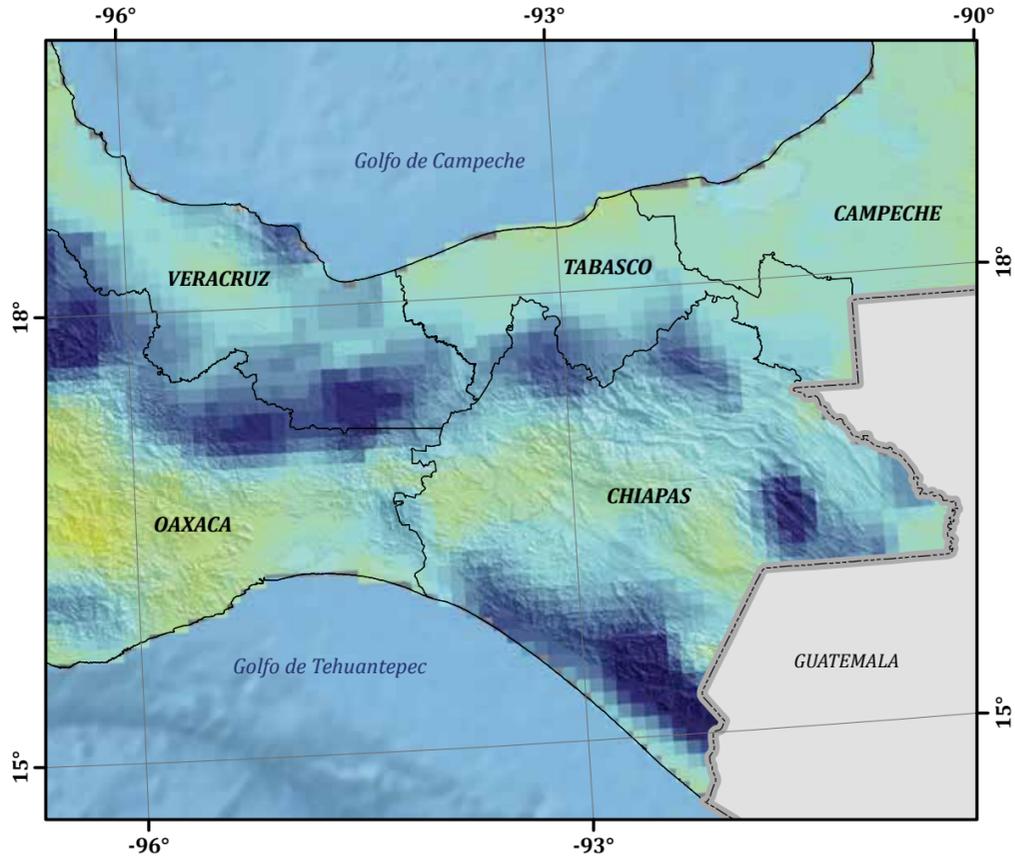
### Lluvias de verano

México tiene una gran variedad de climas, desde los más calurosos con condiciones secas en el noroeste del desierto de Sonora, con precipitación anual menor de 100 mm, hasta un clima tropical en la parte sur donde la lluvia anual puede superar los 3 500 mm (García, 2003), como en Tabasco o Chiapas. En gran parte del país, más del 60% de la precipitación anual ocurre durante los meses de verano (junio-septiembre), aunque en algunas partes del sur de México la temporada lluviosa se extiende de mayo a octubre. En general, la mayor parte del territorio nacional tiene un clima de tipo monzónico, caracterizado por un periodo relativamente seco durante el invierno y uno lluvioso durante los meses de verano. La precipitación durante los meses de verano está modulada principalmente por los siguientes sistemas: Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT), Monzón Mexicano, Ondas del este y ciclones tropicales (Magaña, 1999).

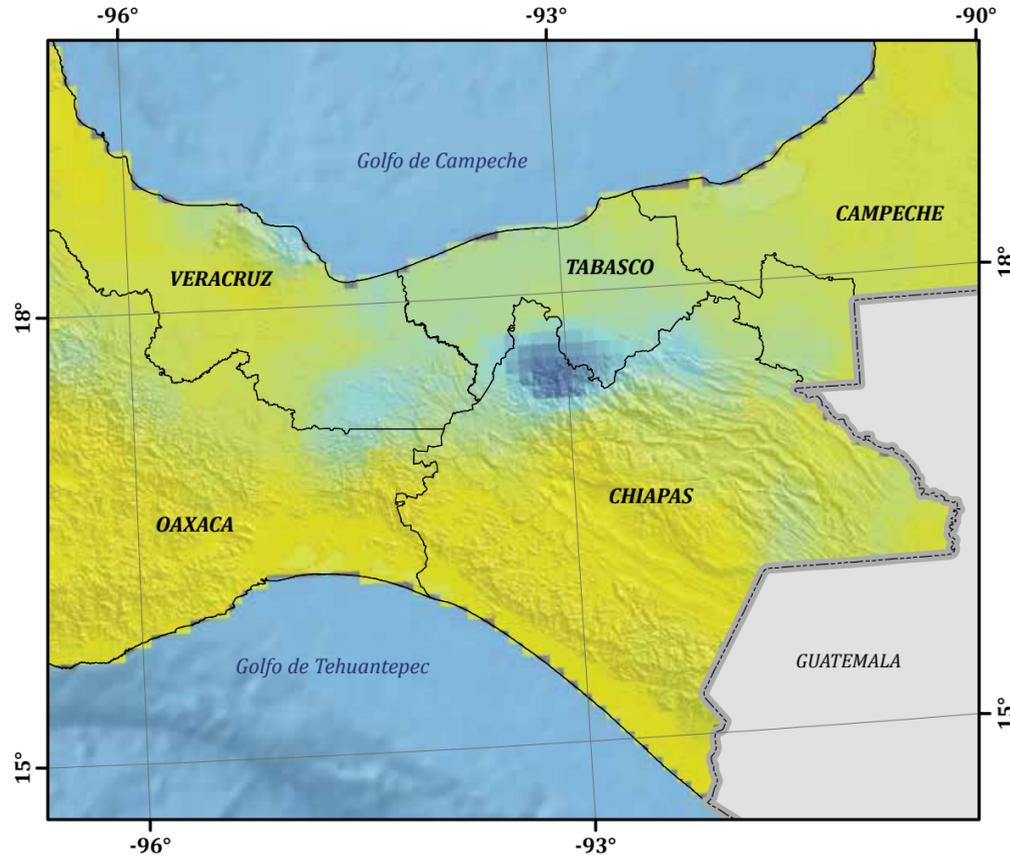
### Bibliografía

- Cressman G. (1959), "An operational objective system", *Monthly Weather Review*, no. 87, pp. 367-374.
- Krishnamurti, T. N. and L. Bounoua (1996), *An Introduction to Numerical Weather Prediction Techniques*, CRC Press, Boca Raton FL USA.
- Schultz, D. M., W. E. Bracken, L. F. Bosart, G. J. Hakim, M. A. Bedrick, M. J. Dickinson and K. R. Tyle (1997), "The 1993 Superstorm cold surge: frontal structure, gap flow, and tropical impact", *Monthly Weather Review*, no. 125, pp. 5-39.
- García, E. (2003), "Distribución de la precipitación en la República Mexicana", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 50, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 67-76.
- Magaña, V. (ed.; 1999), *Los impactos de El Niño en México*, Dirección General de Protección Civil-Secretaría de Gobernación, México.

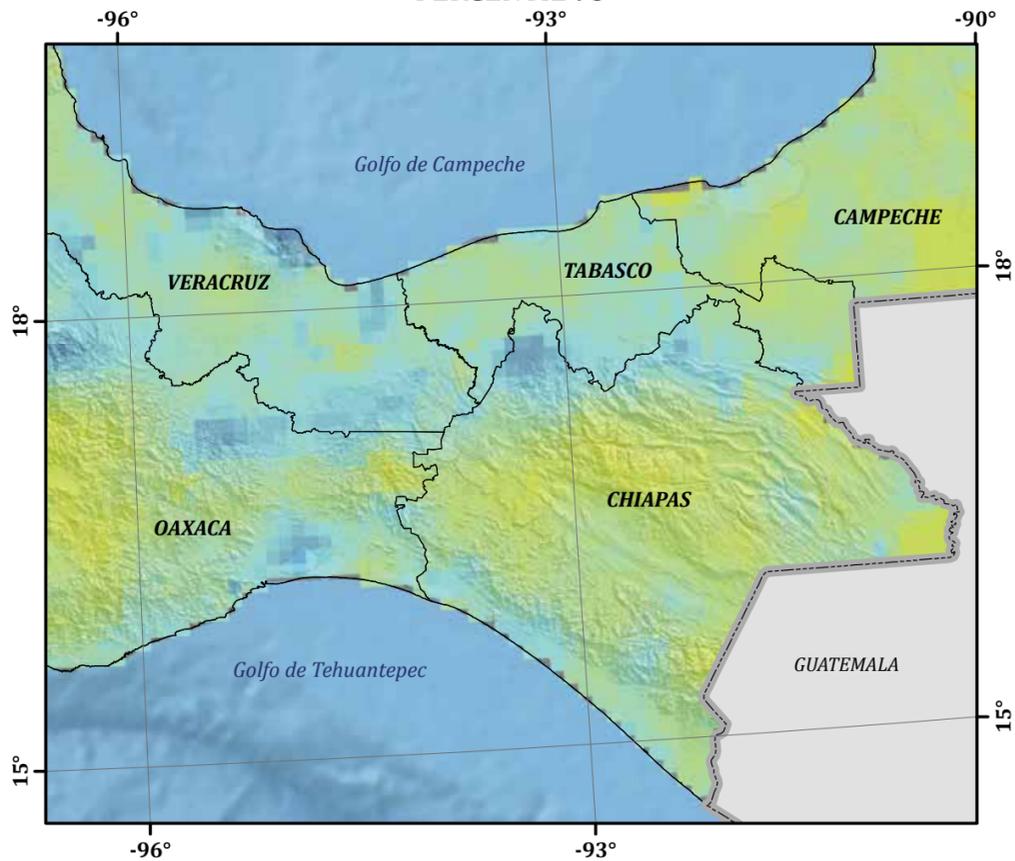
PRECIPITACIÓN EN VERANO



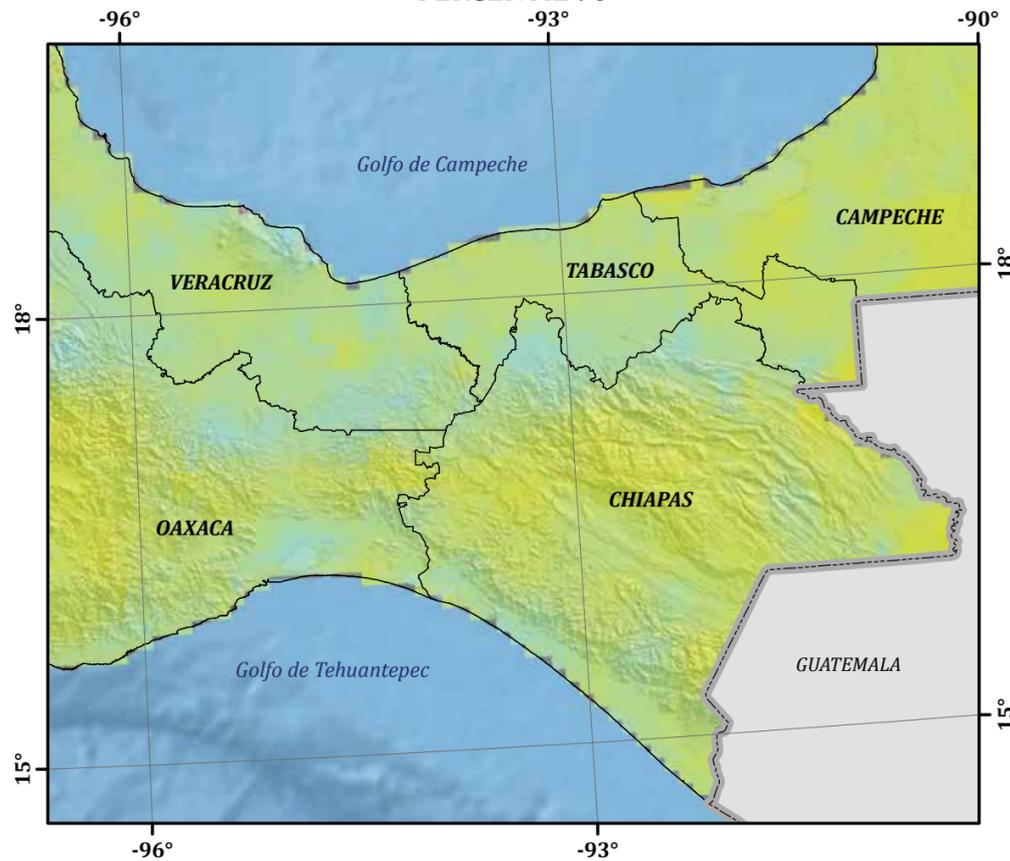
PRECIPITACIÓN EN INVIERNO



PERCENTIL 95

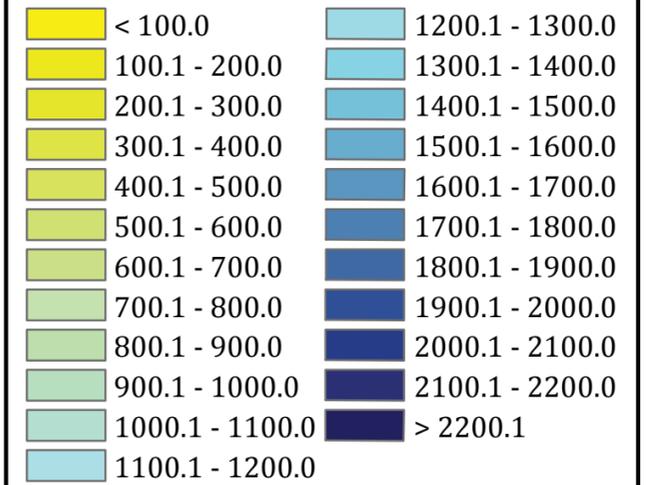


PERCENTIL 90



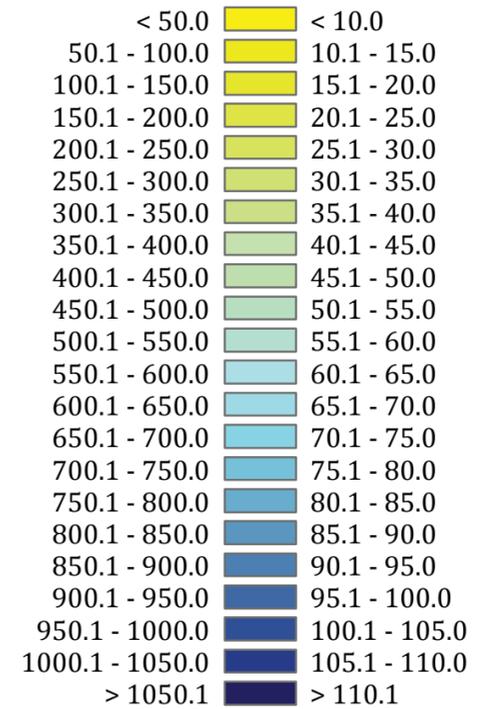
**LEYENDA DEL MAPA**

**Precipitación en verano (mm)**



**Invierno (mm)**

**Percentiles (mm)**



**FUENTE:**

Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).

**ESCALA 1:4 500 000**



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
Luis Clemente López Bravo  
Gustavo Vázquez Cruz

## II.11 Precipitación estacional y percentiles

Víctor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz

### Fuente de datos para los mapas de precipitación estacional y percentiles (II.11):

La fuente de datos se hizo a partir de la base de datos construida a 10 km, con resolución temporal diaria, del periodo de 1979 al 2011, la distribución de esta base de datos es mediante el Grupo de Clima y Sociedad del Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía UNAM.

### Metodología

Para la precipitación estacional se extrajo la variable de forma acumulada entre mayo y octubre para el periodo de 1979 al 2011. Para la precipitación percentil se extrajo la variable en todo el periodo y se calculan las cien partes.

### Descripción de la variable

Dadas las características de la estación lluviosa en México, se puede dividir el ciclo hidrológico en lluvias de invierno y de verano.

### Lluvias de invierno

Dada su ubicación geográfica, en México el régimen de lluvias durante el invierno está dominado por sistemas meteorológicos de latitudes medias, como los ciclones de latitudes medias y los llamados frentes fríos. Conforme la masa de aire frío, asociada a estos sistemas frontales, se desplaza hacia el Golfo de México, se experimenta una disminución en la temperatura, así como la presencia de lluvias que en ocasiones suelen ser intensas a lo largo de la vertiente del Golfo de México. Algunos de estos sistemas de latitudes medias logran avanzar hacia los Mares Intra-Americanos, convirtiéndose en los llamados "Nortes", que afectan el Golfo de México y sureste de México, e incluso en ocasiones hasta Centroamérica y el Caribe (Schultz *et al.*, 1997). La lluvia asociada al paso de estos sistemas ocurre principalmente en la vertiente del Golfo de México, sureste de México y península de Yucatán. Por su desplazamiento y características, los "Nortes" son una manifestación de la interacción entre los subtrópicos y trópicos (Figura II.11.1).

### Lluvias de verano

México tiene una gran variedad de climas, desde los más calurosos con condiciones secas en el noroeste del desierto de Sonora, con precipitación anual menor de 100 mm, hasta un clima tropical en la parte sur donde la lluvia anual puede superar los 3 500 mm (García, 2003), como

en Tabasco o Chiapas. En gran parte del país, más del 60% de la precipitación anual ocurre durante los meses de verano (junio-septiembre), aunque en algunas partes del sur de México la temporada lluviosa se extiende de mayo a octubre. En general, la mayor parte del territorio nacional tiene un clima de tipo monzónico, caracterizado por un periodo relativamente seco durante el invierno y uno lluvioso durante los meses de verano. La precipitación durante los meses de verano está modulada principalmente por los siguientes sistemas: Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT), Monzón Mexicano, Ondas del este y ciclones tropicales (Magaña, 1999).

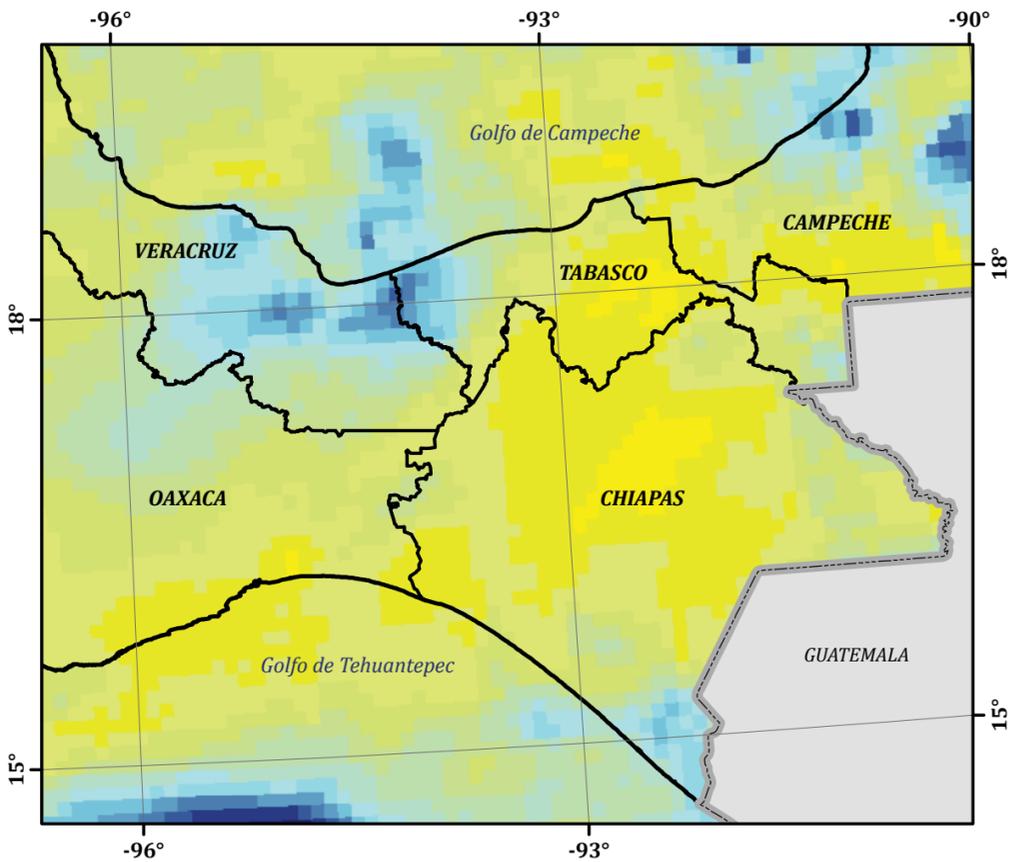
### Bibliografía

- Schultz, D. M., W. E. Bracken, L. F. Bosart, G. J. Hakim, M. A. Bedrick, M. J. Dickinson and K. R. Tyle (1997), "The 1993 Superstorm cold surge: Frontal structure, gap flow, and tropical impact", *Monthly Weather Review*, no. 125, pp. 5-39.
- García, E. (2003), "Distribución de la precipitación en la República Mexicana", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 50, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 67-76.
- Magaña, V. (ed.; 1999), *Los impactos de El Niño en México*, Dirección General de Protección Civil-Secretaría de Gobernación, México.

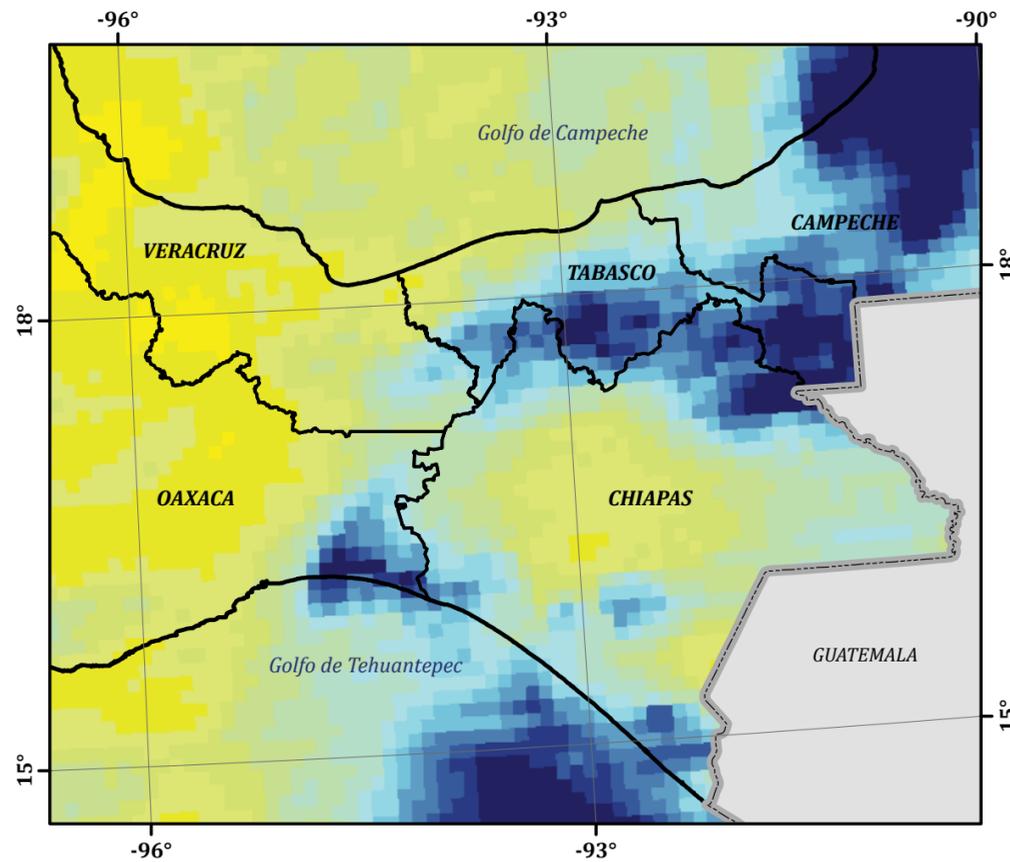


Figura II.11.1 Condiciones climáticas durante el otoño en la región del volcán Chichón.

HURACÁN STAN (LLUVIA ACUMULADA 1-5 OCTUBRE 2005)



HURACÁN ALEX (LLUVIA ACUMULADA 25 JUNIO-2 JULIO 2010)



**LEYENDA DEL MAPA**

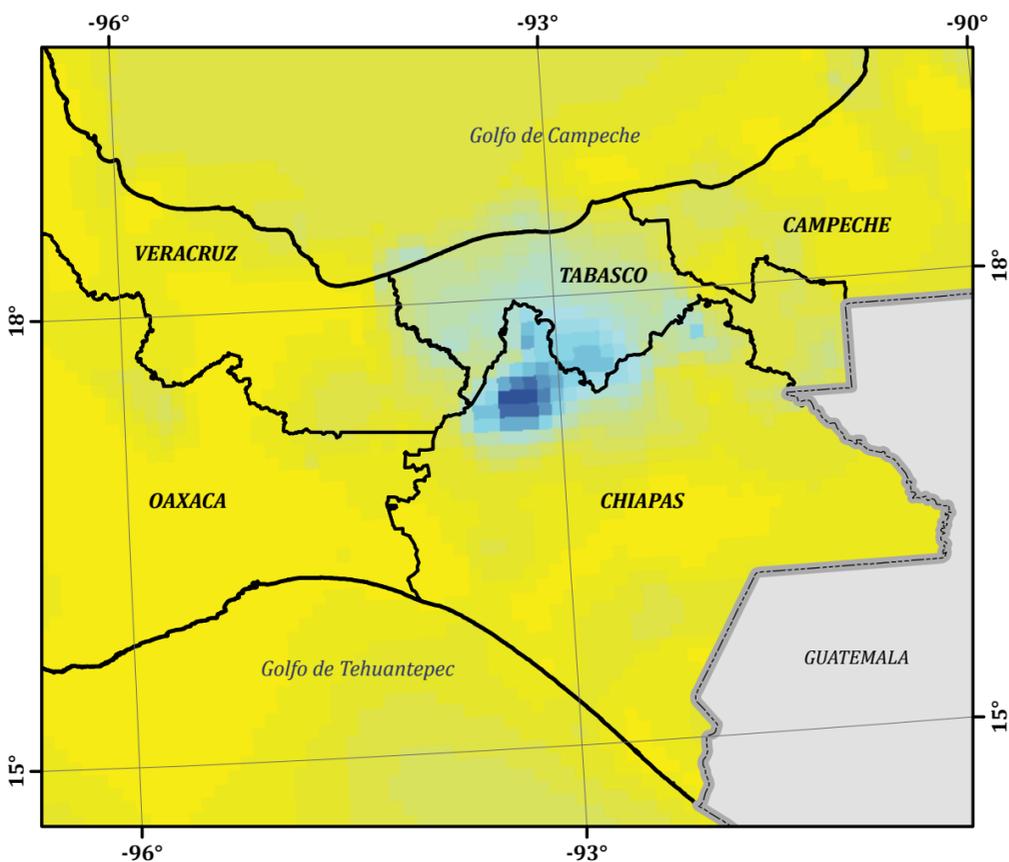
Precipitación acumulada durante los huracanes Stan y Alex (mm)

< 10.0	150.1 - 170.0
10.1 - 30.0	170.1 - 190.0
30.1 - 50.0	190.1 - 210.0
50.1 - 70.0	210.1 - 230.0
70.1 - 90.0	230.1 - 250.0
90.1 - 110.0	250.1 - 270.0
110.1 - 130.0	> 270.1
130.1 - 150.0	

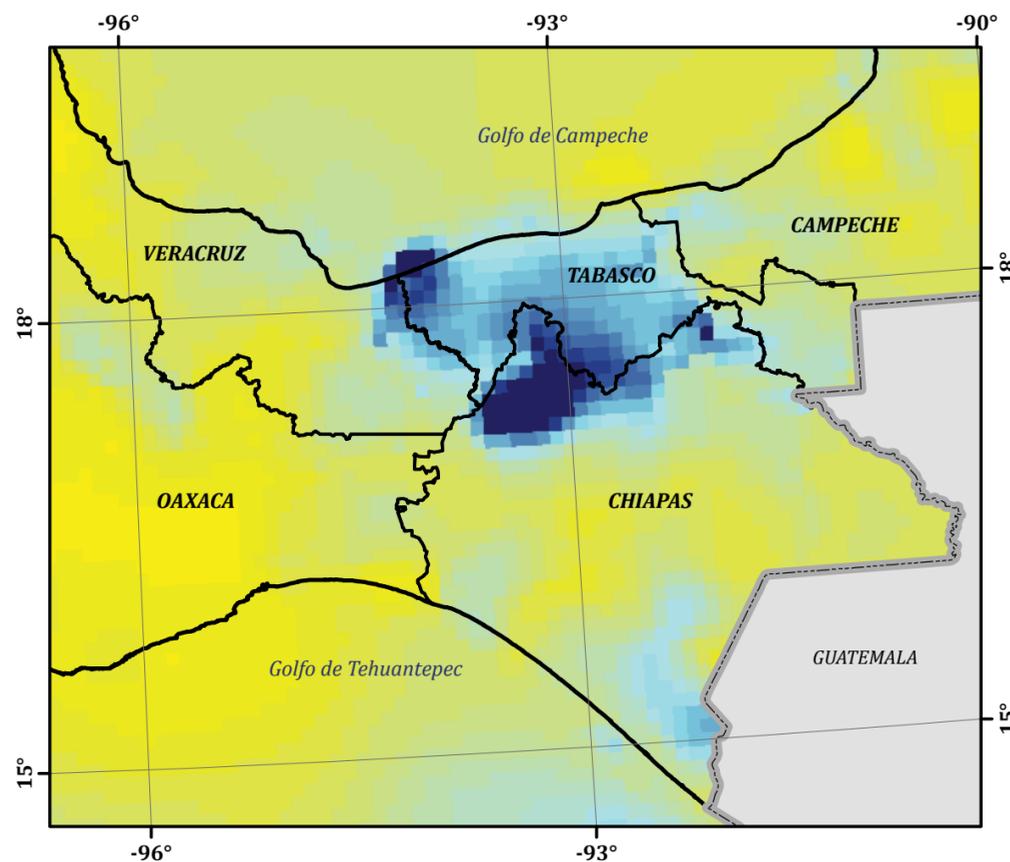
Precipitación acumulada en el evento de octubre de 2007 en Tabasco (mm)

< 50.0	550.1 - 600.0
50.1 - 100.0	600.1 - 650.0
100.1 - 150.0	650.1 - 700.0
150.1 - 200.0	700.1 - 750.0
200.1 - 250.0	750.1 - 800.0
250.1 - 300.0	800.1 - 850.0
300.1 - 350.0	850.1 - 900.0
350.1 - 400.0	900.1 - 950.0
400.1 - 450.0	950.1 - 1000.0
450.1 - 500.0	1000.1 - 1050.0
500.1 - 550.0	> 1050.1

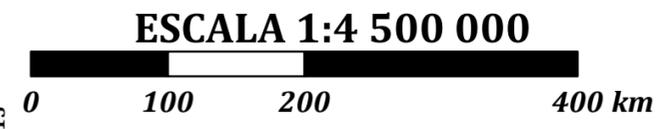
LLUVIA ACUMULADA 20-31 OCTUBRE 2007



LLUVIA ACUMULADA 1-31 OCTUBRE 2007



FUENTE:  
Producto obtenido a partir de la técnica CMORPH (CPC Morphing) de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
Luis Clemente López Bravo  
Gustavo Vázquez Cruz

## II.12 Eventos extremos de precipitación

Victor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz

### Fuente de datos:

Para las fuentes de datos para la observación del huracán Alex y Stan, se usó CMORPH (CPC MORPHing technique), distribuido por Climate Prediction Center de la NOAA, se encuentran en formato binario, con resolución horaria, resolución espacial de 8 km, el periodo de todo el mes de octubre de 2005 y junio de 2010. La obtención de los datos se hace mediante la página web [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/janowiak/cmorph\\_description.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/janowiak/cmorph_description.html)

La fuente de datos de lluvia acumulada se hizo a partir de la base de datos construida a 10 km, con resolución temporal diaria, por periodos pequeños, la distribución de esta base de datos es mediante el Grupo de Clima y Sociedad del Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía UNAM.

### Metodología

Para el análisis y monitoreo de eventos extremos de precipitación, se ha desarrollado una serie de índices extremos (Karl *et al.*, 1996). Algunos de estos índices miden el número anual de eventos por encima de un valor umbral, otros están enfocados en la intensidad y duración del evento extremo.

### Descripción de la variable

Dadas las características de la estación lluviosa en México, se puede dividir el ciclo hidrológico en lluvias de invierno y de verano.

#### Lluvias de invierno

Dada su ubicación geográfica, en México el régimen de lluvias durante el invierno está dominado por sistemas meteorológicos de latitudes medias, como los ciclones de latitudes medias y los llamados frentes fríos. Conforme la masa de aire frío, asociada a estos sistemas frontales, se desplaza hacia el Golfo de México, se experimenta una disminución en la temperatura, así como la presencia de lluvias que en ocasiones suelen ser intensas a lo largo de la vertiente del Golfo de México. Algunos de estos sistemas de latitudes medias logran avanzar hacia los Mares Intra-Americanos, convirtiéndose en los llamados "Nortes", que afectan el Golfo de México y sureste de México, e incluso en ocasiones hasta Centroamérica y el Caribe (Schultz *et al.*, 1997). La lluvia asociada al paso de estos sistemas ocurre principalmente en la vertiente del Golfo de México, sureste de México y península de Yucatán. Por su desplazamiento y características, los "Nortes" son una manifestación de la interacción entre los subtrópicos y trópicos.

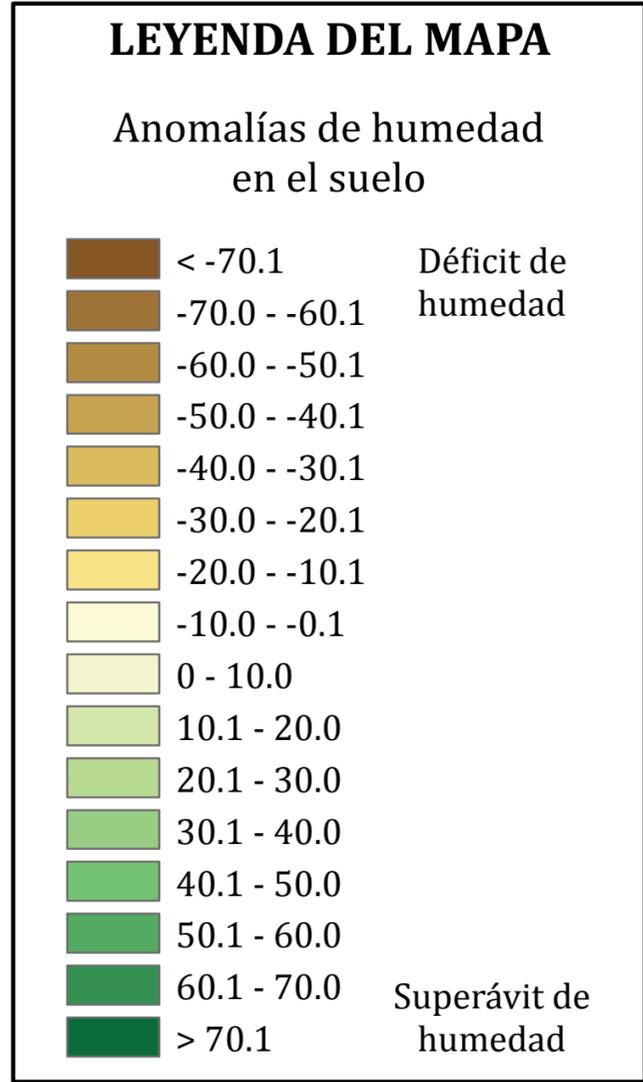
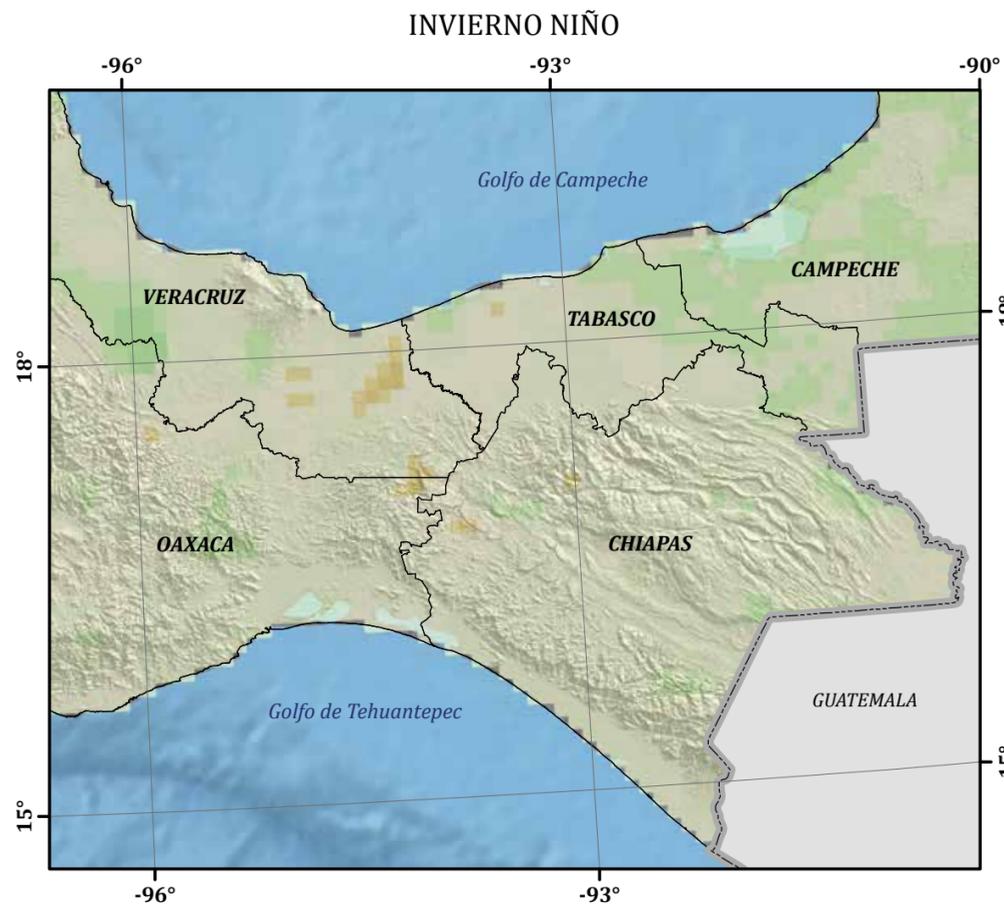
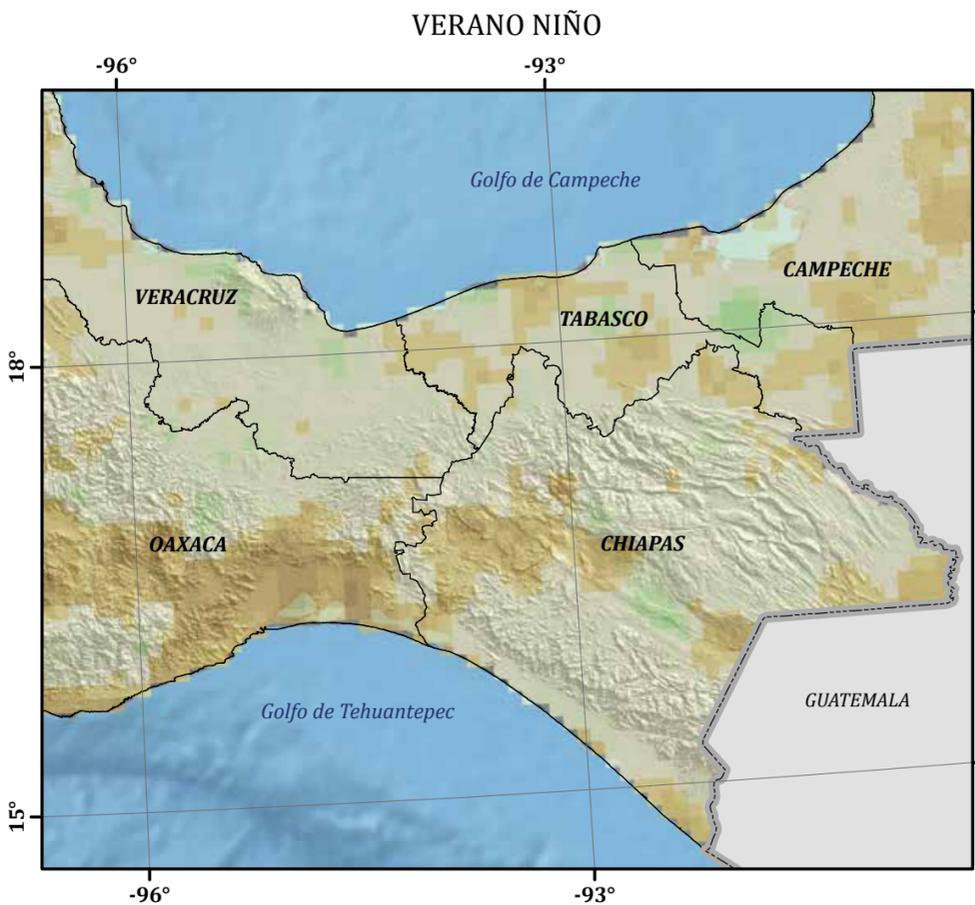
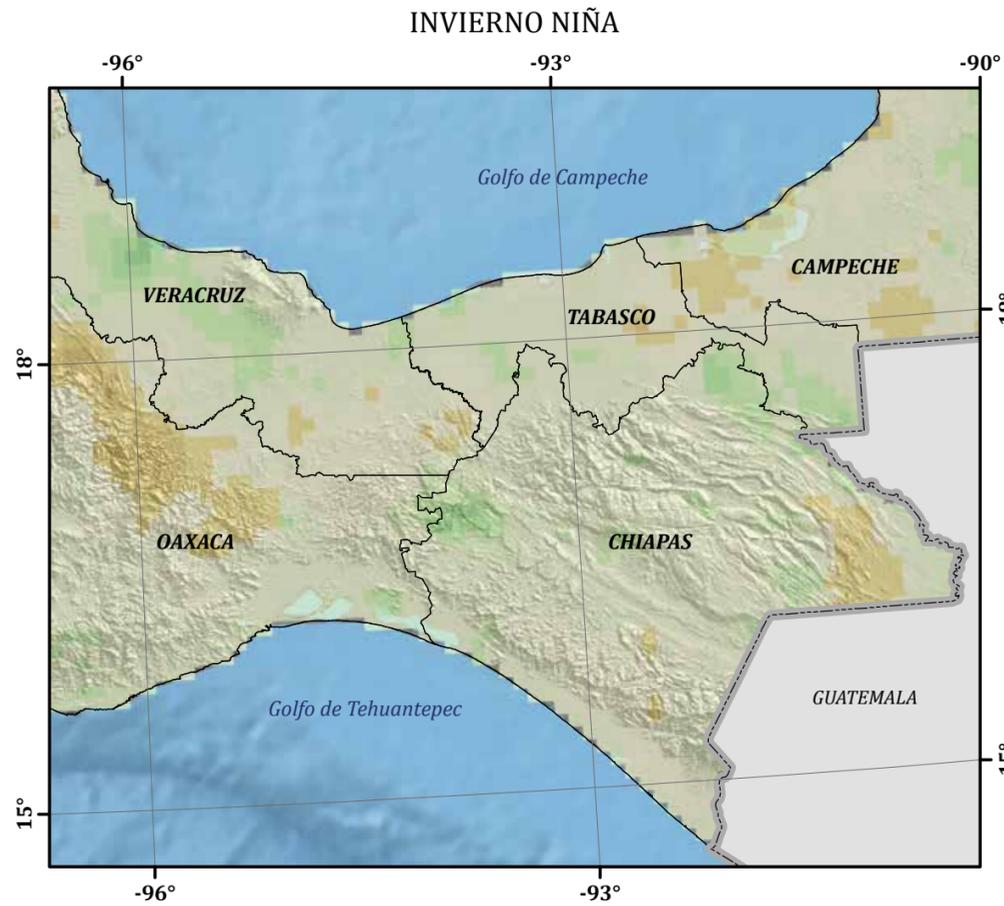
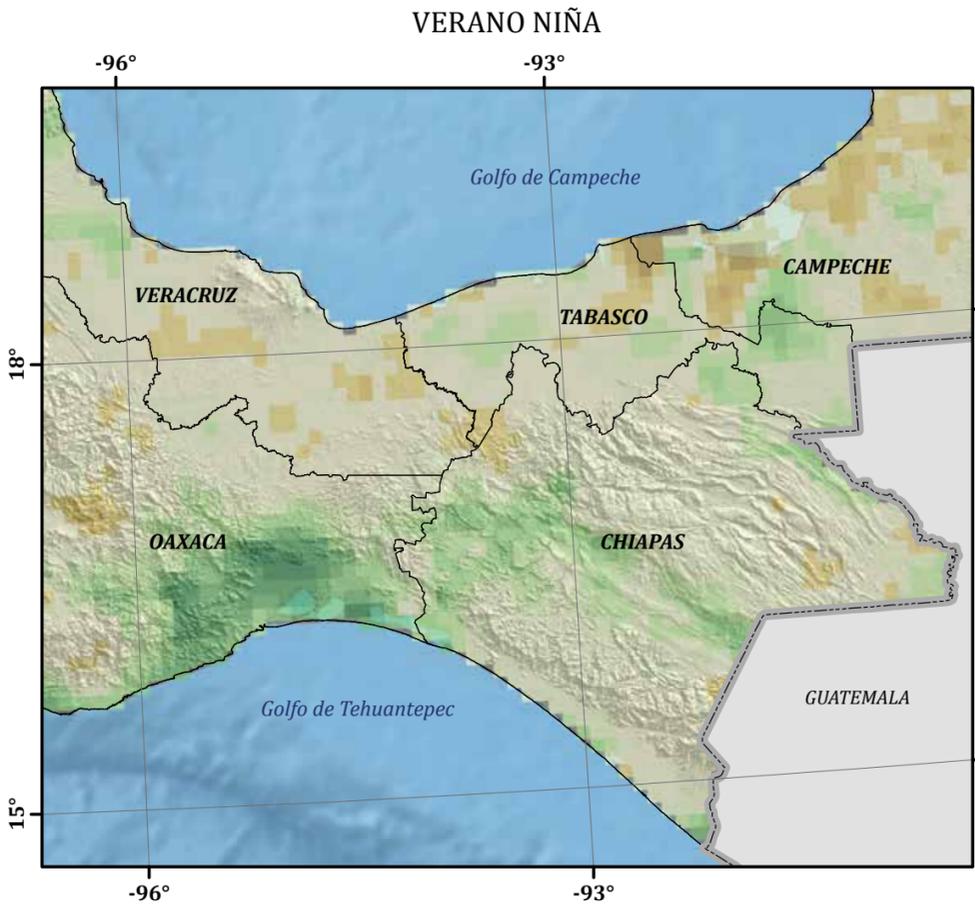
#### Lluvias de verano

México tiene una gran variedad de climas, desde los más calurosos con condiciones secas en el noroeste del desierto de Sonora, con precipitación

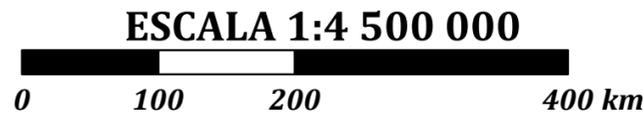
anual menor de 100 mm, hasta un clima tropical en la parte sur donde la lluvia anual puede superar los 3 500 mm (García 2003), como en Tabasco o Chiapas. En gran parte del país, más del 60% de la precipitación anual ocurre durante los meses de verano (junio-septiembre), aunque en algunas partes del sur de México la temporada lluviosa se extiende de mayo a octubre. En general, la mayor parte del territorio nacional tiene un clima de tipo monzónico, caracterizado por un periodo relativamente seco durante el invierno y uno lluvioso durante los meses de verano. La precipitación durante los meses de verano está modulada principalmente por los siguientes sistemas: Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT), Monzón Mexicano, Ondas del este y ciclones tropicales (Magaña 1999).

### Bibliografía

- Karl, T. R., R. W. Knight, D. R. Easterling and R. G. Quayle (1996), "Indices of Climate Change for the United States", *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, no. 77, pp. 279-292.
- Schultz, D. M., W. E. Bracken, L. F. Bosart, G. J. Hakim, M. A. Bedrick, M. J. Dickinson and K. R. Tyle (1997), "The 1993 Superstorm cold surge: Frontal structure, gap flow, and tropical impact", *Monthly Weather Review*, no. 125, pp. 5-39.
- García, E. (2003), "Distribución de la precipitación en la República Mexicana", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 50, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 67-76.
- Magaña, V. (ed.; 1999), *Los impactos de El Niño en México*, Dirección General de Protección Civil-Secretaría de Gobernación, México.



FUENTE:  
 Producto obtenido a partir del reanálisis regional para Norteamérica (NARR) y la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM).



Autores: Víctor Orlando Magaña Rueda  
 Luis Clemente López Bravo  
 Gustavo Vázquez Cruz

## II.13 Anomalías de humedad de suelo (1979-2011)

*Victor Orlando Magaña Rueda, Luis Clemente López Bravo  
y Gustavo Vázquez Cruz*

Fuente de datos:

Se hizo a partir de la base de datos construida a 10 km, con resolución temporal diaria, periodo de 1979 a 2010, usando la variable de humedad del suelo, la distribución de esta base de datos es mediante el Grupo de Clima y Sociedad del Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía UNAM.

### **Metodología**

Se cuenta con la base de datos de la humedad del suelo y se construyeron patrones compuestos para el Niño y la Niña, tomando un periodo base que es similar al 1979 a 2010 y de ahí se construye las anomalías para cada uno de los años. Determina la cantidad de humedad del suelo presente que lo asocia a impactos como estrés hídrico, salud de vegetación, incendios forestales.

### **Descripción de la variable**

La humedad del suelo es la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno (Figura II.13.1).



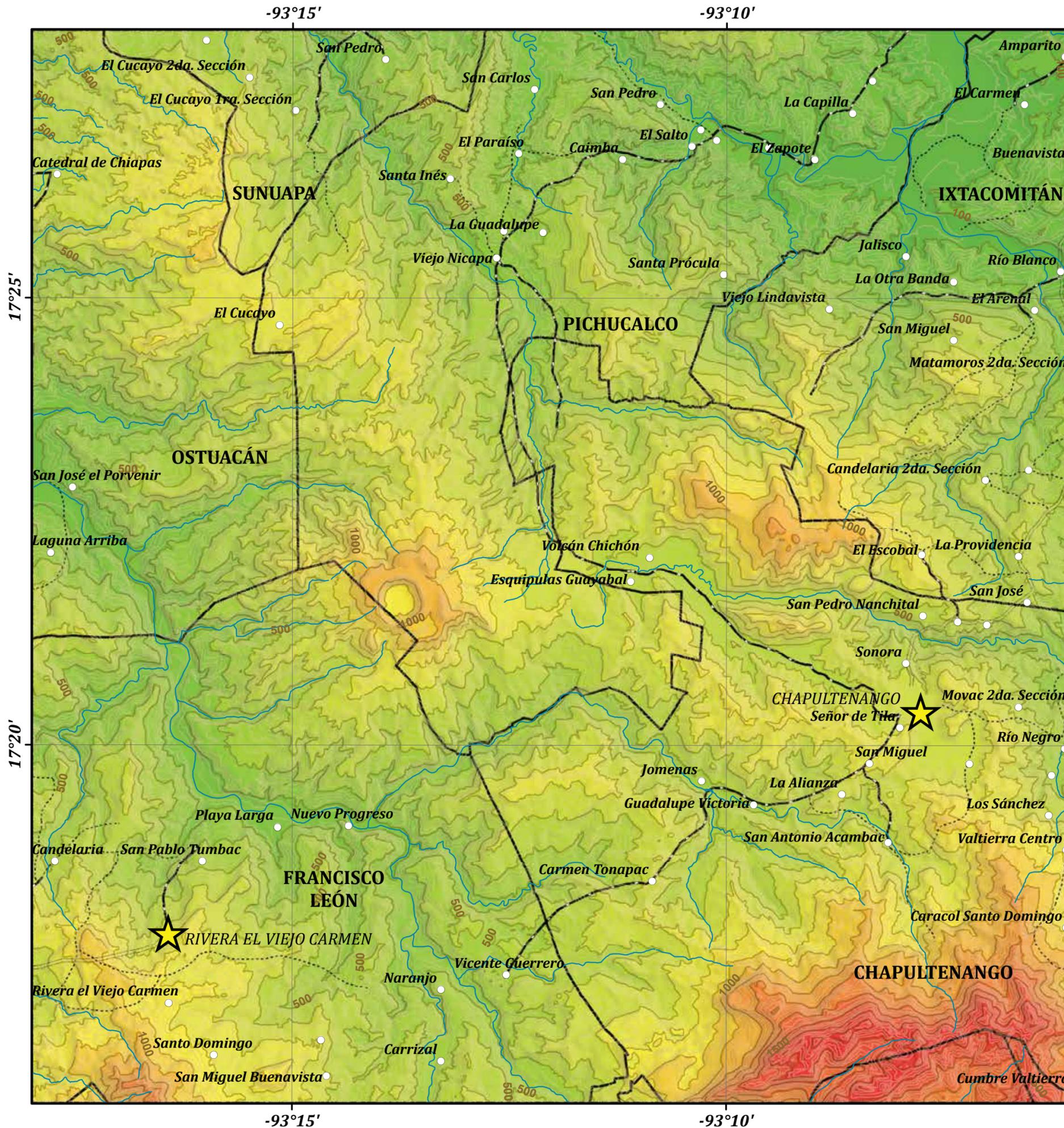
Figura II.13.1. A lo largo del año, el terreno presenta diferentes condiciones de humedad.



**III**

**Geomorfología**





### LEYENDA DEL MAPA

Clases altitudinales (msnm)

	< 100		800 - 899
	100 - 199		900 - 999
	200 - 299		1000 - 1099
	300 - 399		1100 - 1199
	400 - 499		1200 - 1299
	500 - 599		1300 - 1399
	600 - 699		1400 - 1499
	700 - 799		> 1500

— Curva de nivel maestra  
 — Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural

#### Vías terrestres

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

#### Rasgos naturales

- ~ Corrientes principales

FUENTE:  
 INEGI (2002), Base digital topográfica, escala 1:50 000.



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
 Guadalupe Hernández Moreno  
 Irasema Alcántara Ayala

### III.1 Hipsometría

Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno  
e Irasema Alcántara Ayala

El mapa hipsométrico brinda una visión general del relieve, en el cual se puede hacer una distinción entre las zonas más altas y las más bajas, así como inferir la dirección de las corrientes fluviales. Este mapa también es una herramienta útil para deducir los pisos bioclimáticos de la región, así como la posible distribución espacial de la vegetación.

El mapa hipsométrico es una de las bases para realizar estudios morfo-métricos del terreno. A partir de él es posible elaborar mapas temáticos como el de pendientes, orientación y geometría de las laderas, corrientes fluviales, densidad de disección, por mencionar solo algunos.

Este mapa se creó a partir de la interpolación de las curvas de nivel, éstas con equidistancia de 20 m. Una vez creado el Modelo Digital del Terreno (MDT), con resolución espacial de 20 m, se determinaron 16 clases altitudinales que abarcan un rango de valores que incluye aquéllos menores a 100 msnm, así como valores que sobrepasan 1 500 msnm. En la Figura III.1.1 se puede observar el porcentaje de superficie que cubre cada rango altitudinal, la mayor superficie del área cuenta con valores de altitud que van de los 400 a los 700 msnm.

La estructura del volcán Chichonal, objeto de este estudio, si sitúa aproximadamente, entre 300 y 1 060 msnm.

En la región de estudio hay un predominio de valores altitudinales que van de los 300 a los 800 msnm. Destaca la porción sureste, cercano a la comunidad de Cumbre Valtierra, donde el relieve presenta valores mayores a los 1 500 msnm, con un porcentaje menor al 2% del área, sin embargo, es la única zona en donde se ha conservado el bosque méso-filo (Mapa I.12, uso del suelo y vegetación). El relieve de menor altitud

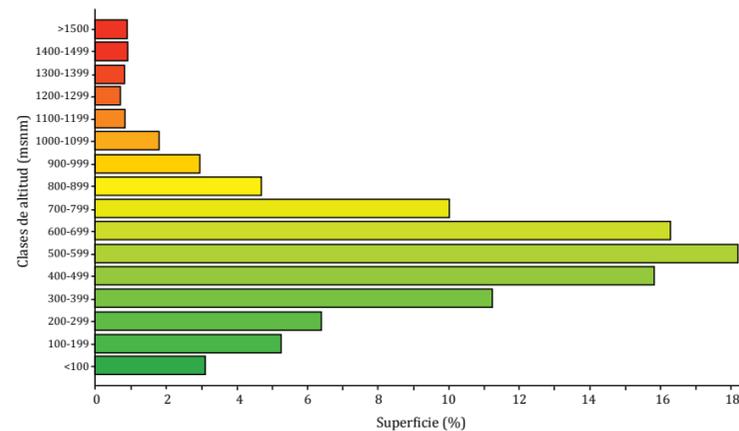


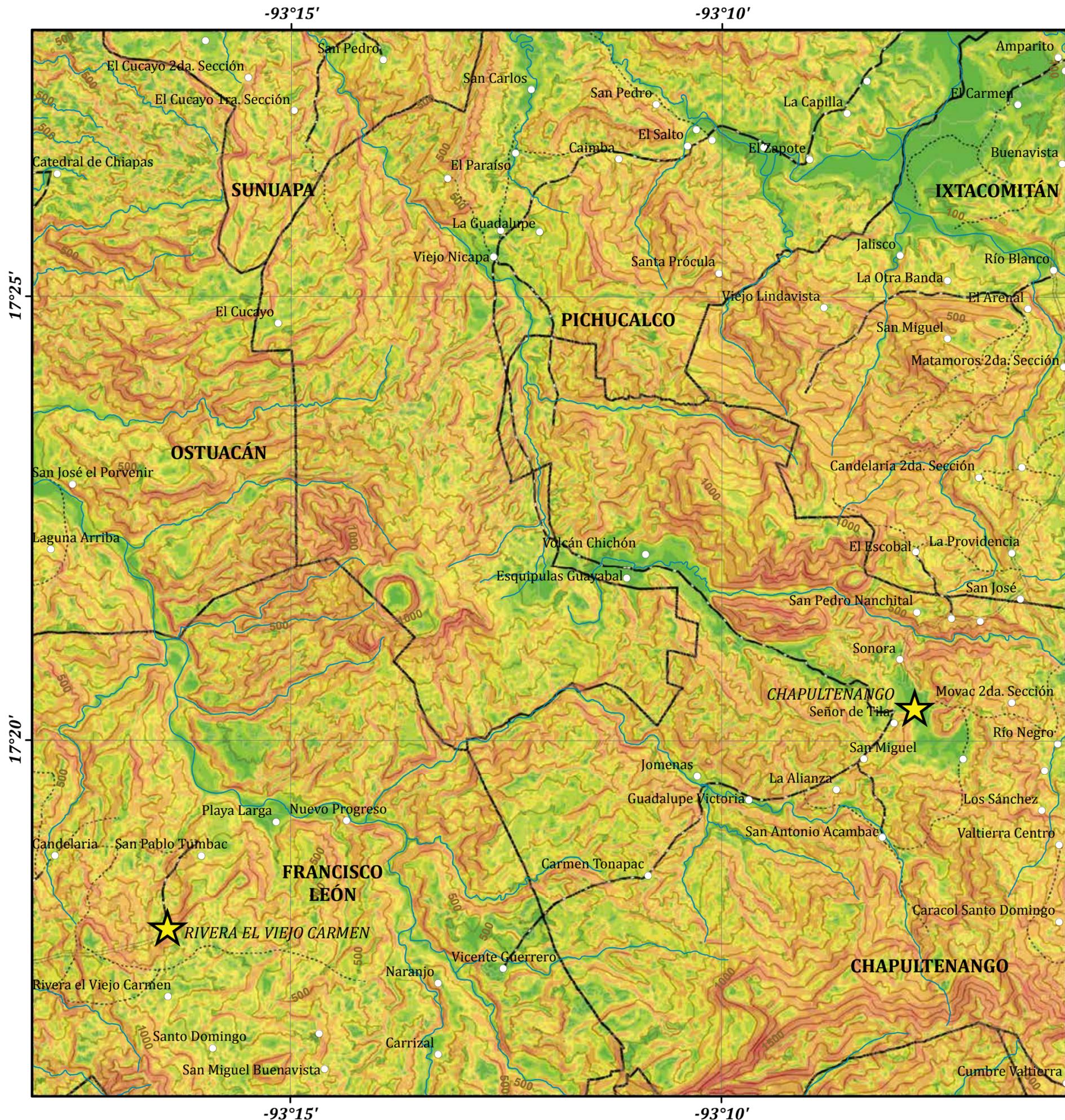
Figura III.1.1. Rangos altitudinales.

(< 300 msnm) se encuentra en la sección noreste, en dirección de las localidades Ixtacomitán y Pichucalco, esta última una localidad urbana con más de 14 000 habitantes y el desarrollo económico más importante de la zona. (Figura III.1.2)

La cabecera municipal de Chapultenango se encuentra en una planicie aluvial que está sujeta a inundaciones y a la probabilidad de futuros lahares (flujos de lodo) provenientes del volcán Chichonal (véase Mapas IV.2 Peligros volcánicos y IV.5 Inundaciones).



Figura III.1.2. Configuración del relieve actual al norte del volcán Chichón.



### LEYENDA DEL MAPA

Clases de pendientes

- < 3.0°
- 3.1 - 6.0°
- 6.1 - 12.0°
- 12.1 - 18.0°
- 18.1 - 30.0°
- 30.1 - 45.0°
- > 45.1°

— Curva de nivel maestra  
 - - - Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural

**Vías terrestres**

- == Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- - - Brecha

**Rasgos naturales**

- ~ Corrientes principales

FUENTE:  
 INEGI (2002), Base digital topográfica, escala 1:50 000.



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
 Guadalupe Hernández Moreno  
 Irasema Alcántara Ayala

## III.2 Pendientes

Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno  
e Irasema Alcántara Ayala

El objetivo principal de este mapa es mostrar la distribución de los rangos de pendiente del terreno. Su análisis permite establecer relaciones entre los procesos naturales y humanos, por ejemplo la distribución de las posibles amenazas naturales y la distribución de la población vulnerable a su impacto.

El mapa de pendientes es un instrumento de ayuda a la planeación agrícola, forestal, el uso del suelo y del agua.

Para calcular el mapa de pendientes se utilizó el MDT creado a partir de las curvas de nivel. Para determinar la pendiente del terreno se utiliza la fórmula siguiente (Figura III.2.1):

$$\alpha = \tan^{-1} (DV/DH).$$

Una vez obtenido el mapa de pendientes se establecieron clases de acuerdo con ciertos criterios morfológicos. En el caso específico de este mapa se emplearon rangos que permiten caracterizar diferentes formas del terreno como puede observarse en la Tabla III.2.1.

En el mapa predomina un relieve con valores de pendiente que van de los 12 a los 30° (casi el 60% de la superficie de la región, Figura III.2.2). Esto

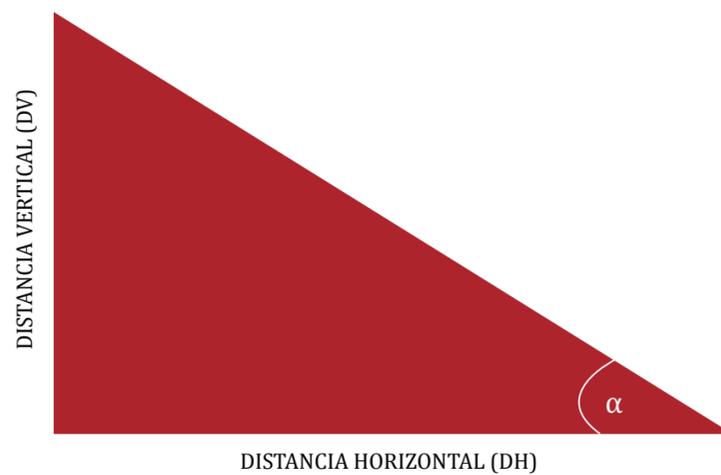


Figura III.2.1. Representación del cálculo de la pendiente.

es relevante ya que en función del tipo de roca y el régimen de precipitación, la pendiente influye en las condiciones de susceptibilidad a procesos de remoción en masa del terreno, a la erosión del suelo y a los flujos torrenciales. De manera contrastante se observan muy bien delimitadas aquellas áreas llanas o de pendiente suave que son susceptibles a eventos de crecida de los ríos, así como a posibles flujos de lodo provenientes del volcán Chichón (Figura III.2.3). De estas áreas de pendiente suave destaca la porción oriental del volcán, en donde se encuentran las localidades Esquipulas Guayabal y Volcán Chichón, ambas ubicadas sobre la planicie la cual es susceptible a inundaciones y lahares (Mapas IV.2 y IV.5, peligros volcánicos e inundaciones).

El mapa también permite inferir, de forma general, aquellas zonas en donde existe el contacto entre distintos tipos de roca, así como la presencia de fallas o fracturas (Mapa I.5, geología). Se puede observar, al noroeste de la zona en estudio, la presencia de un gran escarpe, el cual coincide en gran parte con la zona de contacto entre dos tipos de rocas, los conglomerados y las intercalaciones de lutitas-areniscas. En el caso de las fracturas es muy evidente la presencia de una de ellas en la porción sureste, donde se puede ver un escarpe en la zona que coincidentemente es la de mayor altitud en la región (Mapa III.1. Hipsometría).

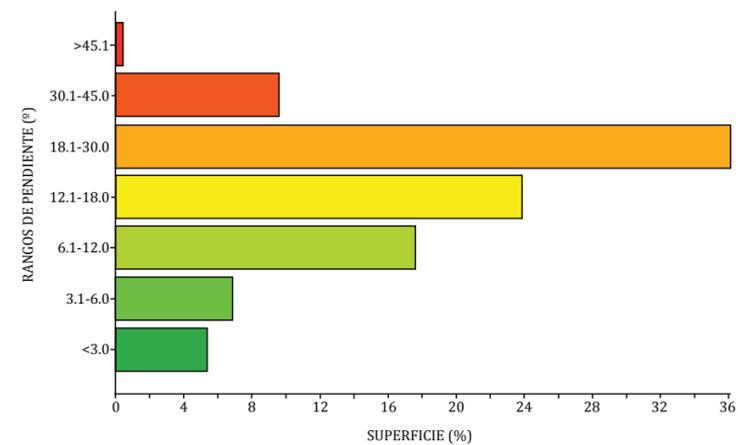


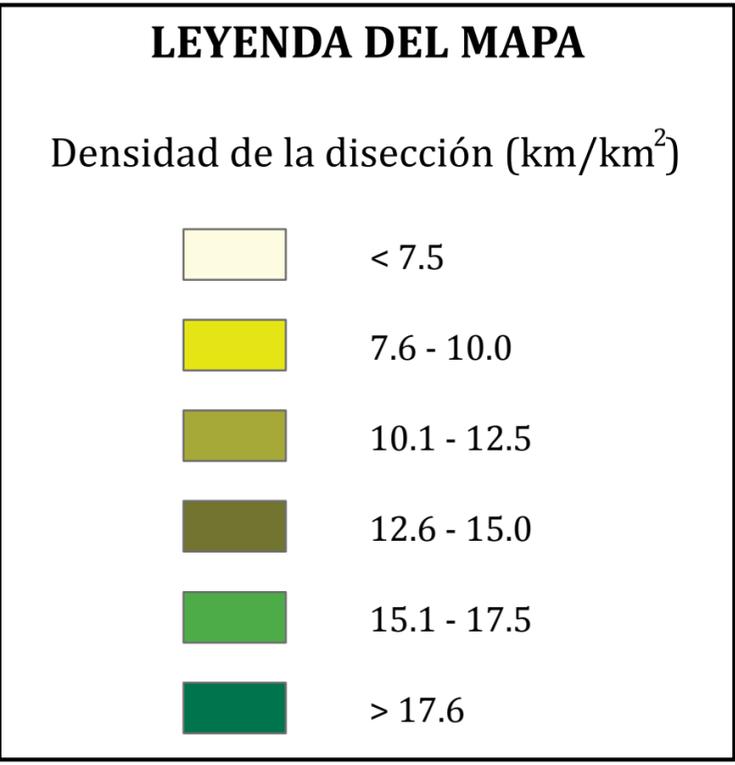
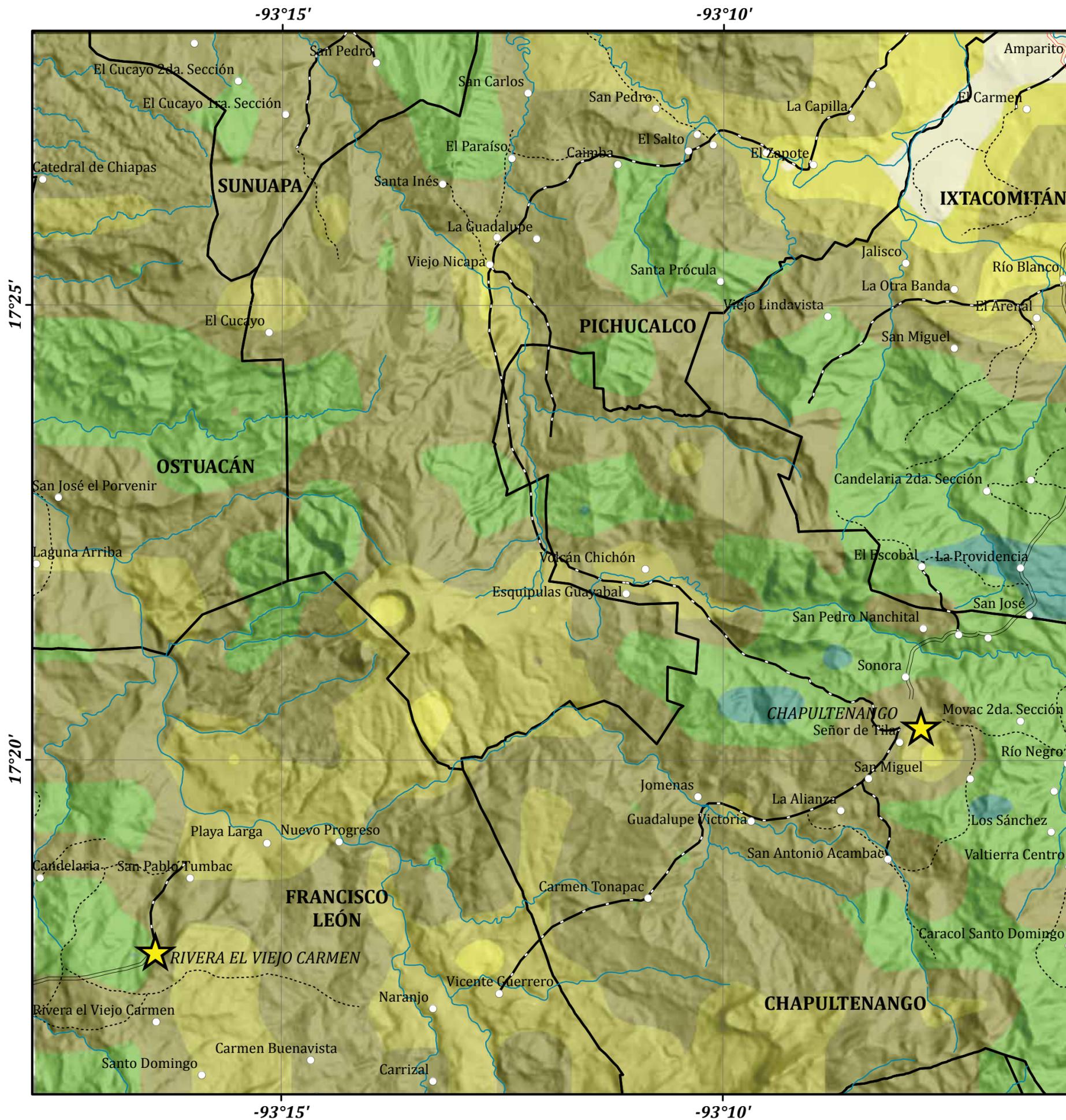
Figura III.2.2. Rangos de pendiente en el área en estudio.

Tabla III.2.1. Rangos de pendientes, formas y procesos geomorfológicos asociados

Clases en grados	Formas dominantes	Procesos
< 3.0	Terrazas y planicies fluviales	Procesos denudativos, procesos de transporte y depositación
3.1 – 6.0	Terrazas	Acumulativo-denudativo
6.1 – 12.0	Abanicos aluviales, piedemontes	Denudativos
12.1 – 18.0	Superficies cumbreales alargadas, cárcavas	Erosión del suelo, procesos denudativos
18.1 – 30.0	Cárcavas, laderas pronunciadas	Inestabilidad de laderas, erosión, flujos torrenciales
30.1 – 45.0	Formación de cárcavas, laderas pronunciadas	Inestabilidad de laderas, erosión, flujos torrenciales
> 45.1	Taludes y conos de detritos, corredores de escombros	Procesos gravitacionales, caída de rocas y detritos



Figura III.2.3. Contraste entre las planicies y el relieve escarpado en la región del volcán Chichón.



Autor: Carlo Emilio Mendoza Margáin

### III.3 Densidad de disección

Carlo Emilio Mendoza Margáin

El mapa de densidad de la disección se construye a partir de la medición longitudinal del total de talwegs dentro de una unidad de superficie determinada, por lo cual se convierte en un documento que proporciona datos cuantitativos sobre la erosión fluvial y permite interpretar la ocurrencia e importancia de los procesos asociados a la acción de la escorrentía concentrada en un territorio. De manera indirecta permite analizar información relacionada con la edad relativa del relieve, las características litológicas-estructurales del terreno, la competencia erosiva de los sustratos, la inclinación y geometría de las laderas, así como la predominancia de procesos erosivo-acumulativos (Figura III.3.1).

Para la elaboración de este documento se retoman los métodos clásicos de cartografía geomorfológica (Zamorano, 1990; Lugo, 1991). Se utilizó el mapa topográfico de la zona amplificado a escala 1:25 000, mismo que fue dividido en una malla de medición de 1 km<sup>2</sup>, a partir de las coordenadas UTM. En esta base se trazan las principales corrientes fluviales y se infieren todos sus afluentes. Una vez trazados todos los talwegs se mide su longitud, con lo que se obtiene el valor total en kilómetros para cada uno de los kilómetros cuadrados que se delimitaron. Los datos son capturados e importados al programa ArcGis 10 como un mapa de puntos al cual se le aplica una interpolación con la técnica Natural Neighbor. El resultado es un documento cartográfico con valores de densidad de la disección que se subdividen en rangos para poder facilitar su interpretación.

**> 17.5 km/ km<sup>2</sup>**

Estos valores son los más altos en toda el área en estudio, se distribuyen hacia el extremo oriente del mapa a manera de alvéolos y franjas con orientación E-W. Su ubicación se presenta sobre superficies cumbrales y laderas de fuerte inclinación asociadas con la porción sur del anticlinal Caimba en su frontera con la zona de fallas normales Chapultenango, cerca del poblado que lleva el mismo nombre.

El principal factor que determina estos valores es la cercanía con la falla San Juan que controla los procesos tectónicos a nivel local (García-Palomo *et al.*, 2004), lo que favorece sustratos fracturados asociados a los esfuerzos disyuntivos, desniveles topográficos de 200-300 m en distancias



Figura III.3.1. Procesos erosivos en las faldas del volcán Chichón.

cortas e inclinaciones superiores a 30°, que permiten el establecimiento de una densa red de drenaje. Otro de los factores que permite la gran densidad de cauces es la reciente deposición con dirección E-NE de las tefras de 1982 (Carey y Sigurdsson, 1986), las cuales al no ser materiales consolidados son competentes a la erosión fluvial.

### 15 - 17.5 km/ km<sup>2</sup>

Este rango de valores indica una fuerte disección fluvial favorecida por la presencia de laderas inclinadas de gran amplitud y materiales competentes a la erosión. Su distribución a manera de alvéolos y franjas presenta un arreglo espacial disperso con dirección general NW-SE, donde la mayor cobertura se localiza hacia los extremos orientales y occidentales del mapa, así como zonas aisladas que ocupan la porción suroccidental.

Los sectores oriente, centro y norte se ven asociados con laderas pertenecientes al anticlinal Caimba mismo que ha estado sujeto a fuertes procesos tectónicos asociados a las fallas laterales siniestras (San Juan, Arroyo de Cal y Caimba) que han separado en bloques a la estructura plicativa (Duffield *et al.*, 1984; García Palomo *et al.*, 2004) favoreciendo el fracturamiento de los sustratos y por tanto el establecimiento de una densa red fluvial.

En el centro-oeste del mapa, donde se localiza el volcán Chichón, se distribuyen dos franjas de estos valores. La primera en la ladera NE (unida espacialmente con el área del anticlinal Caimba), se asocia con el trabajo erosivo sobre materiales piroclásticos con edades de ~370 y ~205-276 mil años (ka) provenientes de las estructuras volcánicas Pre-Somma y Somma, respectivamente (Layer *et al.*, 2009), así como depósitos volcánoclasticos generados durante la erupción de 1982 (Macías *et al.*, 1998). Por su parte, el sector NW presenta una importante cantidad de cauces fluviales debido a la fuerte inclinación y gran amplitud de las laderas que conforman al domo NW, el cual con una edad de cerca de 90 ka, se encuentra fuertemente disecado.

Los valores distribuidos en el extremo occidental se asocian con el sector del sinclinal Buenavista que hace frontera con el volcán Chichón. En esta área se presenta una serie de frentes escarpados intensamente disectados, producto del levantamiento de dicha estructura a causa de la deformación que ha provocado el establecimiento de la cámara magmática con la que se relaciona el vulcanismo (Duffield *et al.*, 1984). Aunado a lo anterior la presencia de la falla Arroyo de Cal, ha favorecido el fracturamiento de los sustratos y la incisión fluvial.

Las islas de valores del sector sur tienen relación con el anticlinal La Unión que se encuentra conformado por un plegamiento de tipo recumbente (Duffield *et al.*, 1984; García Palomo *et al.*, 2004), que favorece una fuerte fragmentación de los sustratos por los esfuerzos plicativos y por lo tanto un intenso modelado fluvial.

### 12.5 - 15 km/ km<sup>2</sup>

Los valores contenidos dentro de este rango son los más representativos y se distribuyen en gran parte del mapa, con importante presencia en el

norte y sureste, donde su cobertura engloba islas de distintos rangos de densidad de la disección. El factor predominante que controla la presencia de estas áreas es la inclinación de laderas de estructuras plicativas y volcánicas que en promedio es de 15°.

Estas áreas suelen presentarse en las porciones superiores de terrenos elevados en donde la morfología de laderas es homogénea en inclinación y longitud, por tanto existe una red de drenaje mejor integrada, conformada por afluentes que vierten sus aguas hacia un río colector principal. La dinámica erosiva es la predominante sobre todo hacia las porciones cumbres y los parteaguas (erosión remontante), sin embargo, con la disminución de la altitud, los procesos denudativos disminuyen y se conforma una zona de transición hacia rampas acumulativas donde los drenajes disminuyen su densidad.

Otra de las características de la distribución de este rango permite ver que la orientación es un factor importante, puesto que las superficies que miran al N, NE y NW, presentan estos valores como es notorio en el caso del volcán y el área definida por el sistema de fallas normales Chapulte-nango.

### 10 - 12.5 km/ km<sup>2</sup>

Las áreas comprendidas por este rango de valores se encuentran siempre en frontera con las del grupo anterior, por lo cual se presentan en franjas, alvéolos y áreas irregulares localizadas en el sur, centro, norte y noreste del mapa. Su presencia se asocia con una mayor integración de la red fluvial asociada a una disminución de las pendientes del terreno o la cercanía con un nivel de base local; llanuras aluviales intermontanas como la del río Susnubac-Magdalena, Cambac, Platanar y la llanura de inundación del río Pichucalco que se asocia a la cercanía con la región de la llanura costera de Tabasco (nivel de base regional).

Las áreas donde tienen mayor presencia estos valores son aquéllas en donde la pendiente no supere los 15° de inclinación e incluso disminuya hasta ser cercana a los 6°, lo que ocurre en las porciones inferiores de las laderas, tanto de los relieves plegados como volcánicos, que se disponen a manera de rampas y zonas de transición hacia relieves subhorizontales en donde el proceso típico es la acumulación del material. La ladera sur del Chichón no cumple con los parámetros mencionados, sin embargo, la baja densidad de cauces se asocia con la génesis y orientación de sus laderas, las cuales se han formado a partir de la deposición de materiales piroclásticos que favorecen la infiltración.

### 7.5 - 10 km/ km<sup>2</sup>

Los valores que representan este rango de densidad de la disección son zonas localizadas de manera preferencial en áreas subhorizontales a planas con inclinaciones menores a los 6°. Se trata de las zonas en donde los cauces fluviales se encuentran integrados o desembocan hacia el colector principal (*e.g.* río Pichucalco).

Existen otras zonas a manera de pequeñas islas y alvéolos, donde la parte más representativa se sitúa en el fondo del cráter del Chichón donde co-

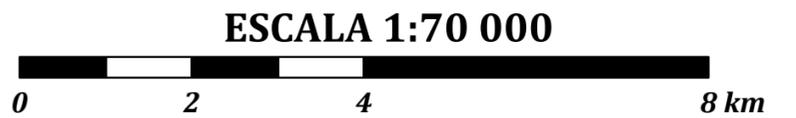
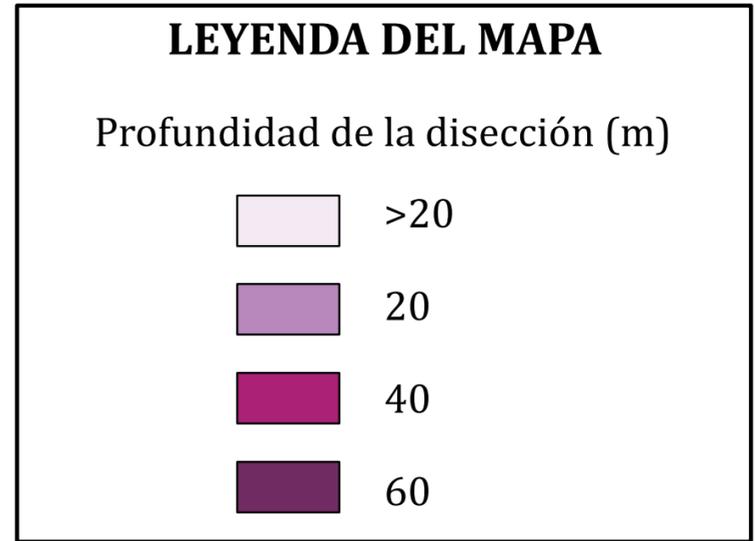
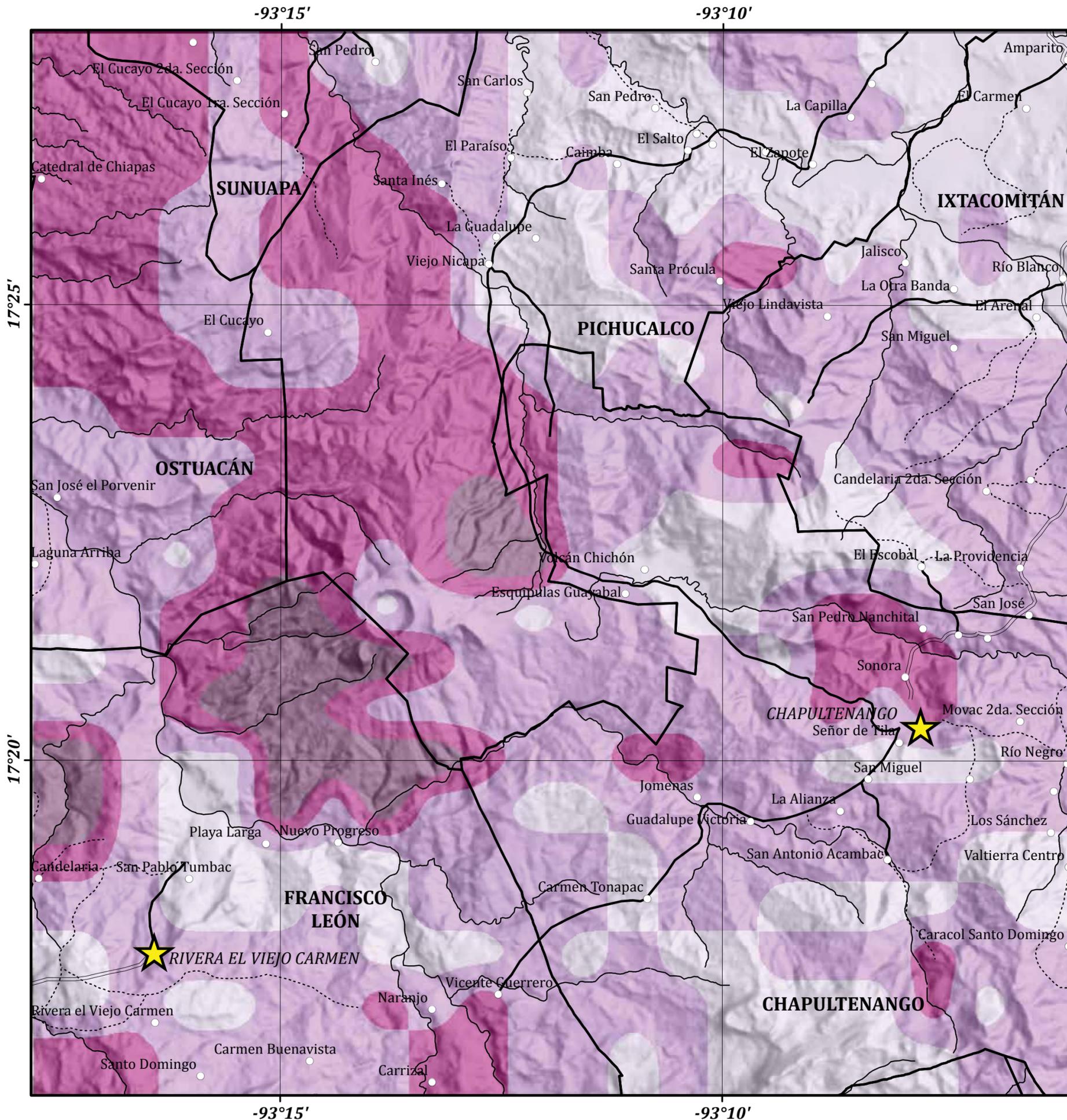
rrientes cortas y poco profundas aportan aguas y materiales a la porción más deprimida. Otra zona importante es la ladera S y SW del volcán en donde este rango de densidad de cauces se asocia a la acumulación continua de piroclastos que ha tenido lugar durante la historia eruptiva del Chichón (Espíndola *et al.*, 2000), misma que ha favorecido una colmatación de los cauces y rejuvenecimiento del relieve. La importancia de estas áreas de baja densidad es que se comportan como superficies donde la acumulación predomina sobre la erosión.

### 2.5 - 7.5 km/ km<sup>2</sup>

Es una franja que representa los valores de densidad más bajos de toda el área en estudio y corresponde con la llanura de inundación asociada al río Pichucalco localizada en el extremo NE de la zona. La altitud mínima de esta área se presenta en dicho territorio y es de 60 msnm, lo cual indica que el potencial de los procesos erosivos es muy bajo por lo que predomina el aluvionamiento, mucho más intenso debido a su cercanía con el nivel de base regional. Lo anterior fomenta que todos los escurrimientos existentes se concentren en el cauce del río mencionado, el cual corre a través de una amplia planicie.

### Bibliografía

- Carey, S. and H. Sigurdsson (1986), "The 1982 eruptions of El Chichón volcano, Mexico (2): Observations and numerical modelling of tephra-fall distribution", *Bulletin of Volcanology*, no. 48, pp. 127-141.
- Duffield, W. A., R. I. Tilling and R. Canul (1984), "Geology of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 20, pp. 117-132.
- Espíndola, J. M., J. L. Macías, R. I. Tilling and M. F. Sheridan (2000), "Volcanic history of El Chichón Volcano (Chiapas, Mexico) during the Holocene, and its impact on human activity", *Bulletin of Volcanology*, no. 62, pp. 90-104.
- García Palomo, A., J. L. Macías and J. M. Espíndola (2004), "Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 136, pp. 247-268.
- Layer, P. W., A. García Palomo, D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce y J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, México: Stages of evolution base don fiels mapping and 40Ar/39Ar geochronology", *Geofísica Internacional*, vol. 48, no. 1, pp. 33-54.
- Lugo Hubp, J. (1991), *Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Macías, J. L., J. M. Espíndola, M. Bursik and M. F. Sheridan (1998), "Development of lithic-breccias in the 1982 pyroclastic flor deposits of El Chichón Volcano, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 83, pp. 173-196.
- Zamorano, J. J. (1990), *Análisis ingeniero-geomorfológico de la cuenca de México*, tesis de Doctorado, Universidad Estatal de Moscú, Lomonosov, URSS (en ruso).



Autor: Carlo Emilio Mendoza Margáin

## III.4 Profundidad de disección

Carlo Emilio Mendoza Margáin

Este mapa muestra la intensidad del trabajo erosivo de los cauces fluviales en la vertical, lo cual tiene estrecha relación con la litología y arreglo de los sustratos, la presencia de estructuras disyuntivas o materiales competentes a la erosión, así como con contactos geológicos o geomorfológicos. Por tanto, este documento arroja datos de interés con respecto a las áreas que están más predispuestas a sufrir erosión lineal y aquéllas en donde domina la acumulación o los procesos fluviales en la horizontal.

Para la elaboración de este documento se retomaron los métodos clásicos de cartografía geomorfológica (Zamorano, 1990; Lugo, 1991). Se utilizó el mapa topográfico de la zona amplificado a escala 1:25 000, mismo que fue dividido en una malla de medición de 1 km<sup>2</sup>, a partir de las coordenadas UTM. La medición se hace en cada superficie delimitada tomando en cuenta las curvas de nivel cada 20 m, por lo que la profundidad del relieve representa la altura vertical que existe entre el talweg y la ruptura de pendiente que delimita el valle fluvial del cauce más representativo de cada kilómetro cuadrado. De esta manera los valores se expresan en metros, mismos que son capturados a una base de datos, importados al programa ArcGis 10 y se les aplica una interpolación con el método Natural Neighbor, de lo que resulta un documento cartográfico al cual se le asigna valores que corresponden a la incisión vertical de los ríos.

### 60 m

Se trata del valor que representan los ríos más profundos de toda el área en estudio, los cuales se encuentran asociados a las laderas del volcán Chichón. A pesar de que la edad de estos depósitos no es mucho mayor a 300 mil años (Layer *et al.*, 2009), se compone de productos volcánicos que en su mayoría son piroclásticos y muy competentes a la erosión fluvial misma que se emplaza sobre los límites entre cada unidad que compone la rampa de acumulación volcanoclástica del Chichón. Por lo tanto, entre más potentes sean los depósitos mayor será la profundidad de los cauces fluviales, lo que lleva a interpretar que dicha acumulación se ha dado hacia el SW y NE de manera preferente durante la historia eruptiva del volcán.

Por otra parte, la ocurrencia de un alvéolo localizado hacia el oeste, sobre el territorio que abarca el anticlinal la Unión, se encuentra asociado a la intensa erosión vertical de capas sedimentarias, mismas que pueden asociarse a una falla inversa localizada hacia el norte en las cercanías del pueblo de Xochimilco (García Palomo, 2004), sin embargo, otra interpretación es que se relacione con el frente del pliegue recumbente que forma

la estructura anticlinal, debido a que es en esa zona donde los sustratos sufrieron mayor deformación y por lo tanto se encuentran más susceptibles a la erosión fluvial.

### 40 m

Los ríos que adquieren esta profundidad se encuentran distribuidos en un área mayor y de manera preferencial en todo el sector occidental del mapa, sin embargo, también existen valores de este tipo en islas y alvéolos hacia la porción oriental. La gran zona de profundidad de disección con valores de 40 m se encuentra estrechamente ligada a las laderas del volcán Chichón y en general los ríos que adquieren dicha profundidad actúan a manera de fronteras geomorfológicas entre distintas unidades volcánicas, como lavas, flujos de bloques y cenizas, domos y edificios volcánicos.

Por su parte, los sectores que divergen en dirección NW representan los flancos del sinclinal Buenavista que al sufrir un proceso de abombamiento producto del magmatismo de la zona (Duffield *et al.*, 1984), ha favorecido que los frentes y flancos queden a merced de la intensa erosión fluvial favorecida por la precipitación que alcanza hasta los 4 000 mm/año (Inbar *et al.*, 2001). Estos sustratos y los arreglos que adquieren a manera de cuevas favorecen la incisión vertical de los ríos en los escarpes que los delimitan. Por otro lado, la porción NW de la misma estructura ha permitido el avance de la erosión remontante y la incisión fluvial dejando como testigo una superficie a manera de lomeríos.

Por su parte, los alvéolos que corresponden a la porción oriental del territorio presentan una dirección preferencial E-W, por lo que se puede argumentar que dichas profundidades de los cauces fluviales se encuentran asociadas a las estructuras disyuntivas laterales izquierdas que dominan la tectónica de la zona, tales como la falla San Juan, Arroyo de Cal, Caimba y hacia la porción sur por el sistema de fallas normales Chapultenango.

### 20 m

Los cauces fluviales que presentan este valor de profundidad son los más comunes y representativos de toda el área en estudio. Se distribuyen sobre todos los tipos de sustratos existentes, tanto sedimentarios como volcánicos y su presencia indica que, de manera general, los agentes exógenos que favorecen la incisión fluvial actúan de manera homogénea sobre la mayor parte de este territorio. Lo anterior puede deberse a que en las áreas donde se emplaza dicho valor, existe una amplitud de laderas que

no supera los 750 m, por lo cual la energía potencial de los procesos erosivos fluviales es muy semejante.

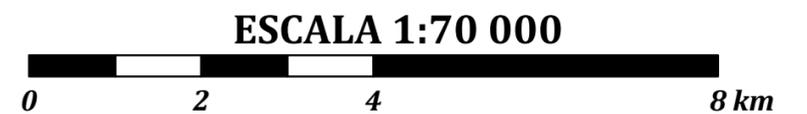
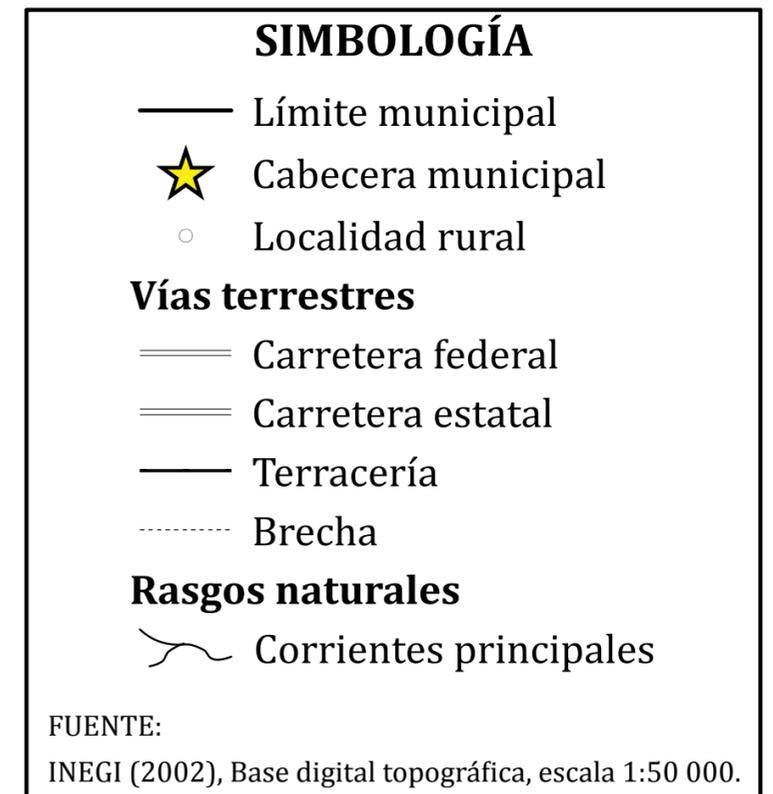
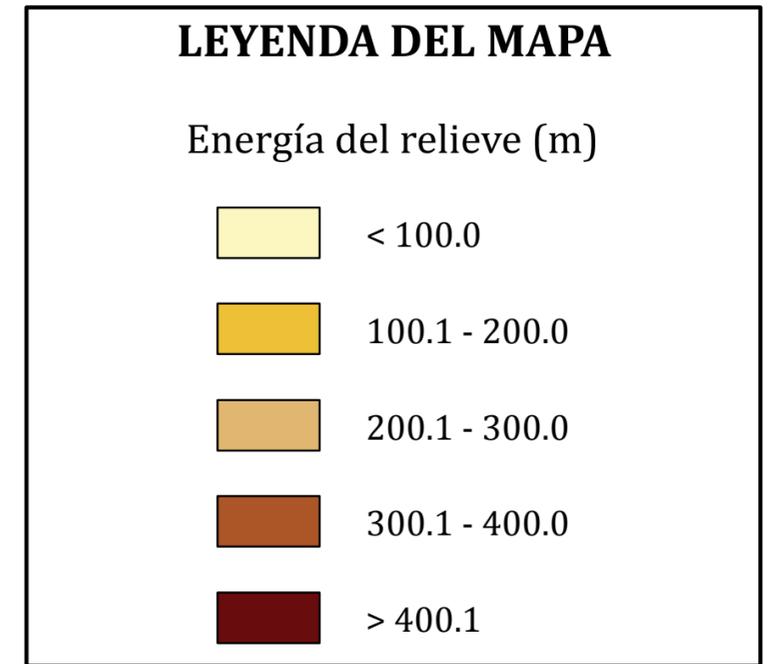
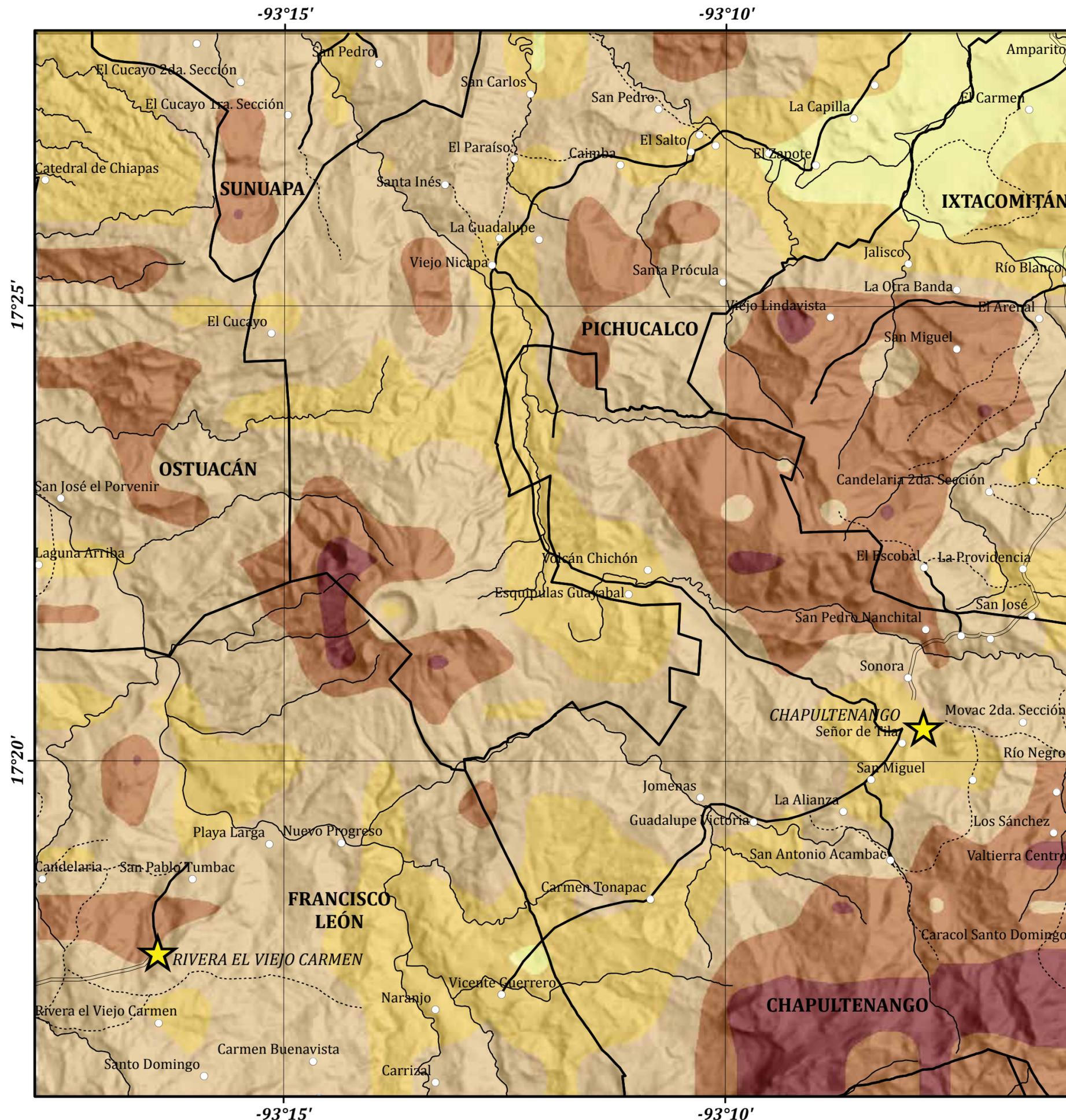
### < 20 m

Este valor representa aquellos cauces que tienen un valle poco definido o que se encuentran asociados a llanuras aluviales, por lo cual su presencia indica procesos acumulativos frente a los erosivos y una acción más efectiva de la escorrentía en la horizontal que en la vertical. Otra de las razones de su presencia es el cambio en la inclinación de las laderas que fomenta que la energía de los escurrimientos disminuya significativamente.

Por otra parte, su distribución sobre áreas cumbreales indica la poca eficacia que han tenido los agentes erosivos fluviales sobre los sustratos sedimentarios en arreglos subhorizontales como es el caso de la zona de fallas normales Chapultenango, o por la resistencia de la roca a ser disecada como ocurre en el núcleo del anticlinal Caimba. Por último, estos valores bajos se encuentran asociados a superficies de reciente creación en donde la erosión apenas comienza su trabajo en la vertical, tal es el caso del cráter de 1982.

### Bibliografía

- Duffield, W. A., R. I. Tilling and R. Canul (1984), "Geology of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 20, pp. 117-132.
- García Palomo, A., J. L. Macías y J. M. Espíndola (2004), "Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 136, pp. 247-268.
- Inbar, M., A. Reyes and J. Graniel (2001), "Morphological changes and erosion processes following the 1982 eruption of El Chichón volcano, Chiapas, Mexico", *Géomorphologie: relief, processus, environment*, no. 3, pp. 175-184.
- Layer, P. W., A. García Palomo, D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce and J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, México: Stages of evolution base don fiels mapping and 40Ar/39Ar geochronology", *Geofísica Internacional*, vol. 48, no. 1, pp. 33-54.
- Lugo Hubp, J. (1991), *Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Zamorano, J. J. (1990), *Análisis ingeniero-geomorfológico de la cuenca de México*, tesis de Doctorado, Universidad Estatal de Moscú, Lomonosov, URSS (en ruso).



Autor: Carlo Emilio Mendoza Margáin

## III.5 Energía del relieve

Carlo Emilio Mendoza Margáin

El mapa de energía del relieve representa el desnivel en altura relativa (metros) que se presenta en una superficie determinada (Figura III.3.1). De esta manera los valores que se observan en el mapa permiten interpretar la relación que existe entre la actividad de los procesos endógenos y exógenos. Lo anterior indica la intensidad con que actúa la energía interna de la Tierra a través de los movimientos tectónicos que causan fuertes desniveles topográficos y cómo éstos favorecen el potencial de acción de los agentes exógenos, esencialmente los gravitacionales y fluviales.



Figura III.5.1. Características del relieve en las cercanías de Ostucán.

Para la elaboración de este documento se retoman los métodos clásicos de cartografía geomorfológica (Zamorano, 1990; Lugo, 1991). Se utilizó el mapa topográfico de la zona amplificado a escala 1:25 000, mismo que fue dividido en una malla de medición de 1 km<sup>2</sup>, a partir de las coordenada UTM. A cada superficie de medición se le aplica un cálculo directo en el cual se extrae la diferencia entre la altitud mayor y menor del área delimitada, con lo que se obtiene la altura relativa. La base de datos generada se interpola en el programa ArcGis 10 con la técnica Natural Neighbor para la creación de un raster en el que se encuentran los valores de

energía del relieve. Posteriormente se separan en rangos de valores para poder realizar su interpretación.

### > 400 m

Son los valores más altos de toda la región, comprenden desniveles que van desde los 400 hasta los 520 m y se distribuyen en una franja bien definida al SE, alvéolos dispersos al centro-este del mapa y sobre las porciones cumbresales de la estructura volcánica del Chichón.

La zona más definida se presenta en la superficie de mayor elevación del sistema de fallas normales Chapultenango al SE del mapa, el cual presenta laderas escalonadas de fuerte desnivel que caen con rumbo NW definiendo un semigraben (García Palomo *et al.*, 2004). Por otra parte, los alvéolos dispersos y de menor área del sector centro y este del mapa se asocian con levantamientos o abombamientos locales producto de la dinámica de fallas laterales sinistras sobre los sustratos que componen al anticlinal Caimba (*Ibid.*).

Por su parte, los valores que se encuentran asociados al volcán Chichón, en su ladera occidental, se encuentran relacionados con los domos SW y NW (Macías, 2005) los cuales representan un fuerte desnivel debido a su génesis, en la que lavas viscosas se acumulan en torno al centro emisor favoreciendo el crecimiento de las estructuras volcánicas en la vertical. El alvéolo aislado hacia el sector SW del Chichón tiene su relación con la ladera interior de un antiguo cono de tobas denominado Guayabal (Layer *et al.*, 2009).

### 300 - 400 m

Este rango de energía del relieve se encuentra distribuido de manera heterogénea en toda el área en estudio, de manera general ocupa porciones cumbresales o frentes escarpados de las estructuras de plegamiento, del sistema de fallas normales Chapultenango y del volcán Chichón.

Las zonas más representativas se encuentran hacia el este, y ocupan las partes centrales del anticlinal Caimba donde la denudación ha actuado de manera intensa dejando el núcleo del anticlinal expuesto, mismo que se conforma por rocas calcáreas resistentes que mantienen morfologías de crestas con fuertes desniveles cuando las laderas de rocas más deleznable (areniscas, lutitas y limolitas; Duffield *et al.*, 1984) han sido erosionadas. Hacia el sector SE, el sistema de fallas normales presenta desniveles que han sido alcanzados por procesos de erosión remontante y la ocurrencia de remoción en masa, provocando que las diferencias altitudinales sean menores.

Otra de las áreas bien definidas es aquella que circunda la cumbre del volcán Chichón conformada tanto por las laderas de los domos adyacentes (NW y SE), del cono de Tobas Guayabal y las propias laderas del edificio Somma, las cuales al estar conformadas por materiales lávicos suelen conservar su morfología inclinada ante la acción de la erosión fluvial y los procesos gravitacionales.

El resto de los alvéolos de estos valores se encuentran asociados a los frentes de morfologías a manera de cuestas que presentan el sinclinal Buenavista, el anticlinal La Unión y las partes externas de los flancos del anticlinal Caimba. En estas unidades se conservan fuertes desniveles altitudinales que favorecen la acción de los procesos gravitacionales como caídas y deslizamientos, mismos que disminuyen paulatinamente la amplitud de los escarpes.

### 200 - 300 m

Este rango es el más representativo de la zona y su presencia implica que el área donde se emplaza el volcán Chichón es una superficie irregular con desniveles importantes en distancias cortas producto de la fuerte interacción de los procesos endógenos que conformaron el anticlinorio de Chiapas, la influencia que hoy en día tienen las fallas laterales asociadas con el sistema Polochic Motagua y la dinámica volcánica pleistoceno-holocénica relacionada con la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Norteamericana (Manea y Manea, 2008).

Estos valores de energía del relieve también representan una zona de transición geomorfológica al presentarse en las porciones inferiores de las laderas que conforman tanto al volcán Chichón como a las estructuras de plegamiento y la zona de fallas normales. Por tanto, son zonas que han estado sujetas a un modelado intenso por la acción gravitacional y la erosión fluvial remontante.

### 100 - 200 m

Estos valores son considerados como bajos dentro del área en estudio, su distribución es dispersa pero presenta una fuerte relación con laderas que delimitan llanuras aluviales intermontanas, con excepción del extremo NW donde los valores de energía tienen más relación con la morfología de esta superficie.

Las porciones más australes donde se encuentran estos rangos de desnivel se presentan en la frontera entre las fallas normales Chapultenango y el anticlinal La Unión en donde las capas sedimentarias que conforman estos territorios presentan un arreglo subhorizontal que favorece morfologías mesiformes en donde los desniveles no son tan abruptos y se encuentran cercanos a llanuras del sistema Susnubac-Magdalenita. Lo anterior no solo ocurre en las laderas sedimentarias, también se presenta en las morfologías de mesetas asociadas a la ladera sur del volcán Chichón.

Por otra parte, las franjas que se distribuyen en las cercanías del río Moba (al este), Platanar (norte) y Pichucalco (noreste), se presentan debido a las laderas que caen hacia sus llanuras aluviales correspondientes, dándoles la connotación de intermontanas. Para la porción NW de la zona se encuentra una zona dominada por estos valores, en donde la morfología de lomeríos con presencia fuerte de disección favorece desniveles topográficos de este rango.

### < 100 m

Este rango es el más bajo de toda la zona teniendo como valores mínimos 20 m de desnivel que en general se asocian a laderas que flanquean el valle y la llanura de inundación del río Pichucalco, en donde algunos de los promontorios que generan los bajos valores de energía, puedan ser relieves preexistentes sepultados por aluviones o bien las laderas más degradadas por los agentes exógenos.

### Bibliografía

- Duffield, W. A., R. I. Tilling and R. Canul (1984), "Geology of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 20, pp. 117-132.
- García Palomo, A., J. L. Macías y J. M. Espíndola (2004), "Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 136, pp. 247-268.
- Layer, P. W., A. García Palomo, D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce and J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, Mexico: stages of evolution base on field mapping and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology", *Geofísica Internacional*, vol. 48, no. 1, pp. 33-54.
- Lugo Hubp, J. (1991), *Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Macías, J. L. (2005), "Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, volumen Conmemorativo del Centenario: Temas Selectos de la Geología Mexicana, tomo LVII, núm. 3, pp. 379-424.
- Manea, M. and V. C. Manea (2008), "On the origin of El Chichón volcano and subduction of Tehuantepec Ridge: a geodynamical perspective", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 175, pp. 459-471.
- Zamorano, J. J. (1990), *Análisis ingeniero-geomorfológico de la cuenca de México*, tesis de Doctorado, Universidad Estatal de Moscú, Lomonosov, URSS (en ruso).



**LEYENDA DEL MAPA**

**Forma de la ladera**

	Convexo Divergente		Cónico Divergente
	Convexo Paralelo		Cónico Paralelo
	Convexo Convergente		Cónico Convergente
	Rectilíneo Divergente		
	Rectilíneo Paralelo		
	Rectilíneo Convergente		

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

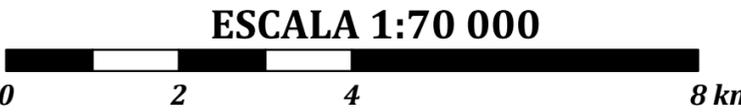
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTE:  
INEGI (2002), Base digital topográfica, escala 1:50 000.



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
Guadalupe Hernández Moreno  
Irasema Alcántara Ayala

## III.6 Geometría de laderas

Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno  
e Irasema Alcántara Ayala

Este mapa tiene como objetivo mostrar la distribución de los diferentes tipos de formas de las laderas, lo cual permite definir áreas en las que se concentran, se dispersan o se intensifican los flujos de materia y energía, así como también sus efectos, los torrentes, los corredores de escombros, conos de detritos e inundaciones.

La metodología para crear el mapa consistió en la utilización del Modelo Digital del Terreno (MDT) y la herramienta *curvature* en el software ArcGIS 9.3©. Esta herramienta permite la medición de dos parámetros relevantes para determinar la forma de una ladera. Por un lado se realiza la medición del perfil de la ladera, misma que se determina al realizar el cálculo de forma perpendicular, de forma ascendente o descendente, a la curva de nivel. De forma numérica es el cambio de la pendiente por unidad de distancia horizontal. La otra condición a medir es la forma de la ladera en planta, la cual se mide a lo largo del contorno de la curva de nivel. Este aspecto define o determina la posible dirección del flujo y la forma de la ladera, es decir, el tipo de perfil tiene una incidencia en el incremento o decremento de la velocidad de los flujos potenciales, por lo que es posible calcular el impacto de procesos tales como la erosión o la sedimentación (Figura III.6.1). En el primer caso, el perfil de la ladera se define como cóncavo, convexo o rectilíneo, y para el caso de la forma se divide en tres clases, divergente, convergente y paralelo. La combinación de ambos parámetros genera nueve tipos de laderas (Mapa III.6).

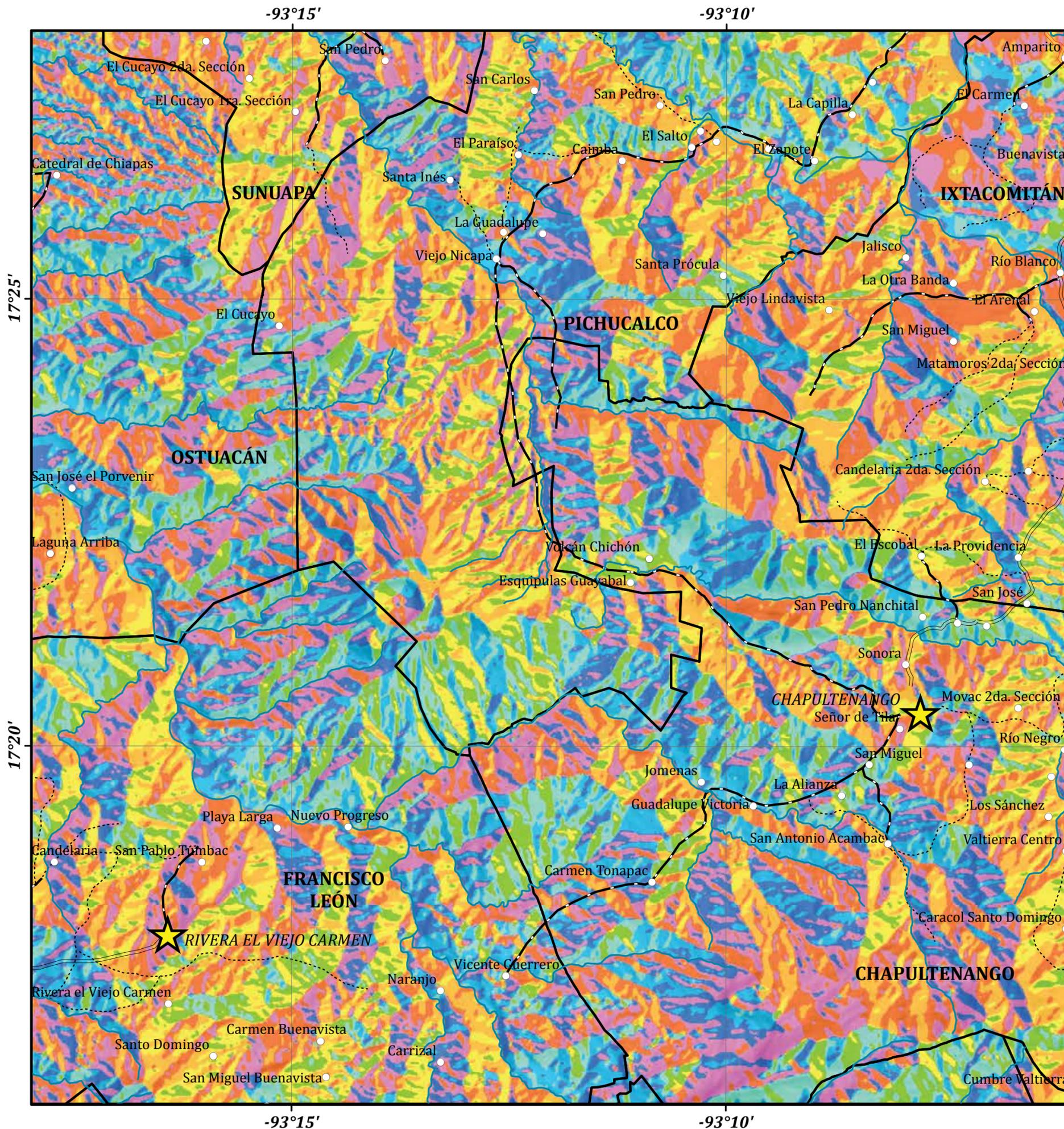
En la zona en estudio predominan las laderas convexo-divergentes (> 25%) y cóncavo-convergentes (> 24%). El primer caso es resultado de procesos de levantamiento rápido. Las laderas cóncavo-convergentes junto con las cóncavo-paralelo y cóncavo-divergente, que representan los procesos de disección y acumulación, suman un poco más del 42% del total, lo que indica que los procesos exógenos son más rápidos y de mayor magnitud que los endógenos. Por último, las laderas o sitios considerados dentro del grupo rectilíneo representan un porcentaje menor (< 20%) y se pueden identificar particularmente en las planicies aluviales de los ríos (Figura III.6.2).



Figura III.6.1. Laderas convexas del cráter externo (Somma) del volcán Chichón.



Figura III.6.2. Diferentes morfologías de ladera en el municipio de Francisco León.



### LEYENDA DEL MAPA

Orientación de la ladera

	Norte		Sur
	Noreste		Suroeste
	Este		Oeste
	Sureste		Noroeste

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

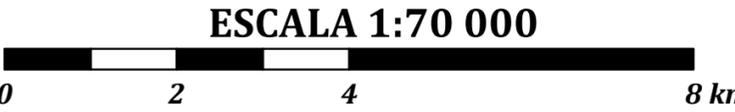
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTE:  
INEGI (2002), Base digital topográfica, escala 1:50 000.



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
Guadalupe Hernández Moreno  
Irasema Alcántara Ayala

### III.7 Orientación de laderas

Ricardo J. Garnica Peña, Guadalupe Hernández Moreno  
e Irasema Alcántara Ayala

Para la geografía, así como para otras disciplinas, es importante determinar la orientación que presenta el relieve. La orientación brinda información útil para diversos propósitos, tales como determinar el tiempo de exposición a la radiación solar que tienen las laderas, inferir cuáles laderas reciben mayor cantidad de precipitación, establecer la dirección que tienen las corrientes fluviales, entre otros ejemplos.

0-22.5	Norte
22.6-67.5	Noreste
67.6-112.5	Este
112.6-157.5	Sureste
157.6-202.5	Sur
202.6-247.5	Suroeste
247.6-292.5	Oeste
292.6-337.5	Noroeste
337.6-360	Norte

Figura III.7.1. Orientación de laderas empleada para la zona del volcán Chichón.

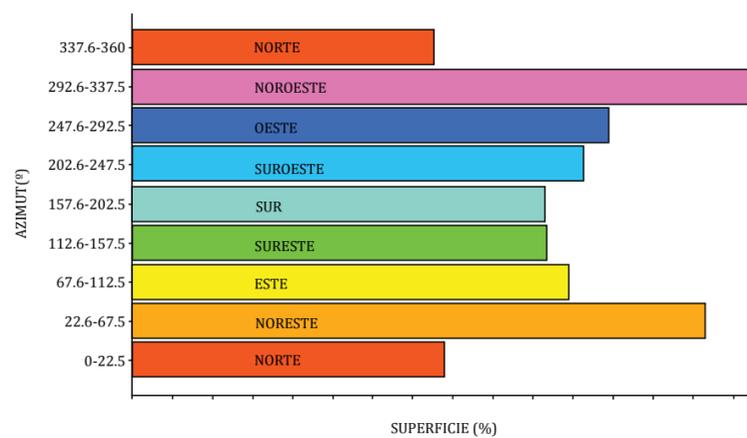


Figura III.7.2. Superficie del terreno en función de la orientación de laderas en la zona de interés.

En este mapa se muestra el punto cardinal hacia el cual está orientada una ladera. De acuerdo con el tipo de estudio puede ser a cuatro puntos (norte, sur, este u oeste) o a ocho, como es el caso del mapa aquí presentado.

Para crear el mapa de orientación de laderas fue necesario utilizar el Modelo Digital del Terreno (MDT) y la herramienta "aspect" en el software ArcGIS 9.3©. Esta herramienta calcula las diferencias, tanto en x como en y, de los valores de altitud y posteriormente calcula el azimut de la ladera para así determinar su orientación. De acuerdo con su valor de azimut, la ladera se puede clasificar de acuerdo con la Figura III.7.1.

Como puede observarse, en la Figura III.7.2, la orientación de las laderas se concentra particularmente al norte (> 45%), tomando en cuenta las laderas que están orientadas al noreste y noroeste. Esto tiene gran

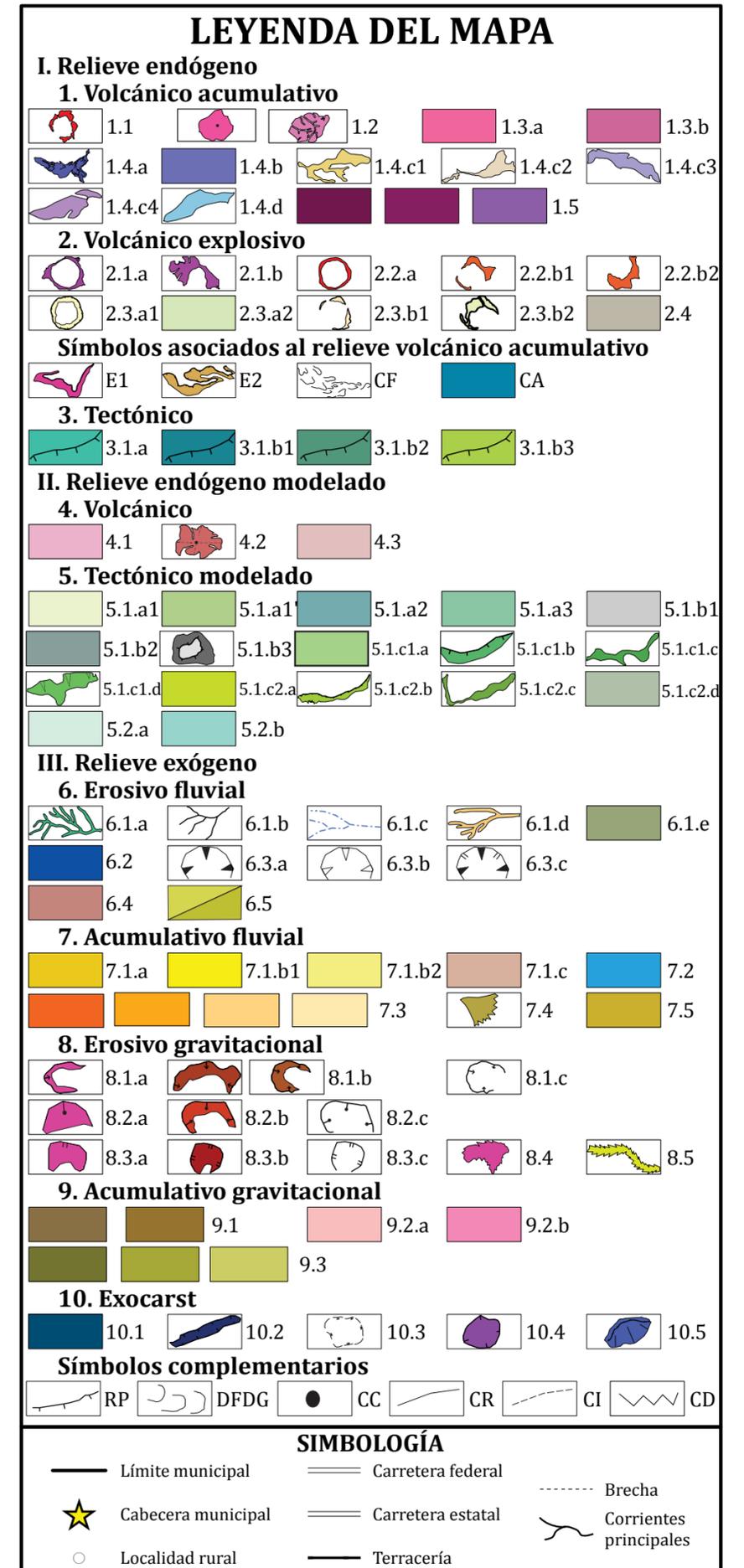
relevancia ya que indica que la mayor parte de los flujos tienden a movilizarse en esas direcciones (Figura III.7.3). Esto también se relaciona con la dirección de la cual provienen los vientos con humedad, los cuales, en la mayoría de los casos, provienen del Golfo de México ubicado al norte del área en estudio.

En cambio tienen menor distribución aquellas laderas que miran hacia el sur y sureste, ambas con casi el 20% de la superficie, lo que se traduce en que las corrientes fluviales, por ejemplo, se dirigen en menor medida hacia esas direcciones como puede ser comprobado en el mapa de red fluvial (IV.3).

Si se piensa en la ocurrencia de lahares o procesos de remoción en masa en el futuro, el supuesto sería que éstos tendrían su expresión en laderas con orientación hacia el norte, oeste y suroeste de la zona en estudio.



Figura III.7.3. Vista de la localidad de Ostucán, en donde se observa la orientación NE en las laderas de mayor altitud.



## LEYENDA DEL MAPA

### I. RELIEVE ENDÓGENO

#### 1. Volcánico acumulativo

- 1.1 Edificio Volcánico Principal: Somma-Chichonal
  - 1.2 Domos periféricos
  - 1.3 Coladas de lava:
    - 1.3.a Pre-Somma
    - 1.3.b Asociadas a edificios volcánicos pertenecientes al complejo volcánico Chichonal (domos y conos de toba)
  - 1.4 Relieves asociados a depósitos piroclásticos:
    - 1.4.a Con morfología lobular y en manto (1982)
    - 1.4.b Laderas asociadas a la estructura Somma
- Mantos y flujos asociados a:
- 1.4.c1 Estructuras pre-Somma
  - 1.4.c2 Domo Capulín
  - 1.4.c3 Cono de toba Guayabal
  - 1.4.c4 Domos y conos de toba periféricos
  - 1.4.d Con morfología lobular adosados en laderas fluviales
- 1.5 Depósitos laháricos sobre terrazas fluviales y fondos de cauces

#### 2. Volcánico explosivo

- 2.1 Estructuras volcánicas parcialmente destruidas:
    - 2.1.a Domo Central (pre-1982)
    - 2.1.b Domo NW
  - 2.2 Conos de toba:
    - 2.2.a Central (1982)
- Con morfología en herradura:
- 2.2.b1 Guayabal
  - 2.2.b2 Platanar
- 2.3 Cráteres:
    - Central (1982):
      - 2.3.a1 Laderas interiores de cráter
      - 2.3.a2 Fondo
- Abiertos:
- 2.3.b1 Volcán Somma
  - 2.3.b2 Conos de toba Guayabal y Platanar
- 2.4 Laderas de colapso de domo

#### Símbolos asociados al relieve volcánico acumulativo

Escarpes:

- E1 En coladas de lava
- E2 En laderas piroclásticas
- CF Crestas de flujo
- CA Cuerpo de Agua (abril 2008)

#### 3. Tectónico

- 3.1 Escarpes asociados a sistemas disyuntivos:
    - 3.1.a Chapultenango (fallas normales)
- San Juan-Agua de Cal-Caimba (fallas laterales siniestras); con expresión en planta:
- 3.1.b1 Sinuosos en laderas convexas del Cretácico (calizas, dolomitas y evaporitas)
  - 3.1.b2 Sinuosos en laderas rectas-convexas del Paleoceno (areniscas y lutitas)
  - 3.1.b3 Rectilíneos en laderas con arreglo en Chevron del Paleoceno-Oligoceno Temprano (areniscas, lutitas y brechas coralinas)

### II. RELIEVE ENDÓGENO MODELADO

#### 4. Volcánico

- 4.1 Laderas pre-Somma
- 4.2 Estructuras convexas
- 4.3 Coladas de lavas disectadas y/o parcialmente cubiertas por detritos aluviales

#### 5. Tectónico modelado

- 5.1 Laderas de montaña plegadas:
  - Anticlinal Caimba chevrons:
    - 5.1.a1 Dorsos y laderas
    - 5.1.a1' Frentes
    - 5.1.a2 Laderas con intensa disección en sustratos del Paleoceno-Eoceno Temprano (areniscas y lutitas)
    - 5.1.a3 Laderas convexas de fuerte inclinación en sustratos Cretácicos (calizas, dolomitas y evaporitas)
  - Anticlinal La Unión; Combe desarrollado en sustratos del Paleoceno-Mioceno Temprano (areniscas lutitas, brechas coralinas y conglomerados):
    - 5.1.b1 Superficies subhorizontales o en gradería
    - 5.1.b2 Laderas rectas con inclinación mayor a 15°
    - 5.1.b3 Mesas y muelas
  - Sinclinal Buenavista. Laderas y cuevas en sustratos del Mioceno Tardío (lutitas, areniscas y conglomerados):
    - 5.1.c1.a Dorsos y laderas
    - 5.1.c1.b Frentes
    - 5.1.c1.c Barras
    - 5.1.c1.d Hogback
  - Laderas y cuevas en sustratos del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (lutitas y areniscas):
    - 5.1.c2.a Dorsos y laderas
    - 5.1.c2.b Frentes
    - 5.1.c2.c Barras
    - 5.1.c2.d Relieves mesiformes
- Relieves asociados al Sistema de Falla Chapultenango; Laderas escalonadas de lutitas y brechas coralinas:
  - 5.2.a Con escarpes continuos
  - 5.2.b Con escarpes discontinuos y desarrollo de facetas triangulares

### III. RELIEVE EXÓGENO

#### 6. Erosivo fluvial

- 6.1 Valles fluviales:
  - 6.1.a Mayores a 20 m
  - 6.1.b De 20 m
  - 6.1.c Menores de 20 m
  - 6.1.d De fondo plano (40-60 m)
  - 6.1.e En depósitos piroclásticos (> 60 m)
- 6.2 Cauce permanente
- 6.3 Circos erosivos fluviales:
  - 6.3.a Activos
  - 6.3.b Inactivos
  - 6.3.c Complejos: fluvio-gravitacionales
- 6.4 Barranqueras (badlands)

- 6.5 Lomeríos y escarpes asociados con la exhumación del sinclinal Buenavista

#### 7. Acumulativo fluvial

- 7.1 Llanuras aluviales:
  - 7.1.a Mayores (río Pichucalco)
- Intermontanas
  - 7.1.b.1 Inundación estacional
  - 7.1.b.2 Inundación extraordinaria
  - 7.1.c Antiguas (no integradas al actual sistema fluvial)
- 7.2 Bancos aluviales
- 7.3 Terrazas fluviales
- 7.4 Abanicos proluviales
- 7.5 Rampas proluviales

#### 8. Erosivo gravitacional

- 8.1 Circos de deslizamiento:
  - 8.1.a Recientes
  - 8.1.b Recientes con desarrollo de cubierta vegetal
  - 8.1.c Antiguos
- 8.2 Circos de desprendimiento:
  - 8.2.a Recientes
  - 8.2.b Recientes con desarrollo de cubierta vegetal
  - 8.2.c Antiguos
- 8.3 Circos asociados a flujos de lodo:
  - 8.3.a Recientes
  - 8.3.b Recientes con desarrollo de cubierta vegetal
  - 8.3.c Antiguos
- 8.4 Laderas inestables afectadas por desprendimientos activos
- 8.5 Corredores de escombros

#### 9. Acumulativo gravitacional

- 9.1 Depósitos de deslizamientos de morfología lobular o escalonada
- 9.2 Depósitos coluviales:
  - 9.2.a Taludes
  - 9.2.b Rampas
- 9.3 Depósitos de flujos de lodo con morfología lobular

#### 10. Exocarst

- 10.1 Superficies de disolución subhorizontales
- 10.2 Valles de disolución-colapso
- 10.3 Cubetas de disolución
- 10.4 Dolinas
- 10.5 Torre karstica (hum)

#### Símbolos complementarios

- RP Rupturas de pendiente
  - DFDG Dirección de flujo en depósitos gravitacionales
  - CC Cimas convexas
- Contactos:
- CR Reales
  - CI Inferidos
  - CD Diferidos

## III.8 Geomorfología

Carlo Emilio Mendoza Margáin

La elaboración del documento se llevó a cabo a partir de la interpretación de 16 pares estereoscópicos de fotografías aéreas escala 1:40 000 del 2008, bajo los criterios cartográficos de Bashenina (1977) y la clasificación genética de Simonov (1985; en Zamorano, 1990). Lo anterior resulta en una cartografía detallada, con límites precisos y que agrupa el relieve en tres grandes rubros según su génesis: Endógeno, Endógeno Modelado y Exógeno.

### Relieve Endógeno

Está representado por las formas de relieve volcánicas y tectónicas asociadas con el complejo volcánico Chichonal (CVCh) y los sistemas de fallas. La emisión de magma en superficie ha sido constante desde hace por lo menos 372 ka (miles de años) en el CVCh (Layer *et al.*, 2009), dando lugar a un territorio volcánico en arreglo romboidal en el sector centro-occidente de la zona en estudio.

La evolución morfológica del complejo se plantea en tres etapas, la primera denominada pre-Somma caracterizada por coladas de lava sobreyacidas por flujos y mantos piroclásticos. La etapa siguiente abarca entre 276 a 55 ka y obedece a la construcción del edificio Somma, su cráter interior y las laderas piroclásticas asociadas. Por otra parte, se presenta la extrusión de los domos periféricos, siendo los más representativos el SW, Cambac, Capulín y NW (Duffield *et al.*, 1984; Layer *et al.*, 2009; Macías *et al.*, 2010). Asociados a estas estructuras existen coladas de lava, mantos, flujos y laderas piroclásticas.

Para el Holoceno la actividad se concentra al interior del cráter Somma con la construcción y destrucción de domos, así como la formación del cono de toba Guayabal (Macías, 2005; Layer *et al.*, 2009) y Platanar. La erupción de 1982 es un ejemplo de la actividad típica del Chichón desde hace por lo menos 8 000 años (Espíndola *et al.*, 2000) y las formas actuales dan cuenta de las modificaciones al relieve tras un evento explosivo tanto de morfologías asociadas a la explosión (cono de tobas y cráter 1982) como a la acumulación (lóbulos y mantos 1982). Por otro lado, los detritos volcanoclasticos fueron removilizados por vía fluvial, lo cual dejó como evidencia depósitos laháricos (Macías *et al.*, 2004) en los principales sistemas que drenan al complejo.

Por su parte, el origen de los escarpes asociados al relieve tectónico se relaciona con el régimen de desplazamiento lateral Miocénico (García Palomo *et al.*, 2004). Aquéllos que se vinculan con las fallas sinistras San Juan, Agua de Cal y Caimba presentan una dirección E-W y arreglo ondulado a rectilíneo. Por su parte, el sistema normal Chapultenango da lugar a escarpes continuos y discontinuos rectilíneos, con una dirección preferencial NW-SE.

### Relieve Endógeno Modelado

Agrupa las formas de relieve con un origen endógeno que han sido modeladas por agentes exógenos. Como parte de este grupo se encuentran las formas volcánicas erosionadas o parcialmente sepultadas por piroclastos y aluviones. Dos de estas unidades se encuentran en el CVCh y representan las laderas más antiguas del complejo. El resto se encuentra cerca del poblado de Chapultenango, en donde un enclave máfico relacionado con el ascenso del magma a través de las estructuras de debilidad de la falla San Juan, ha sido fechado en 1.1 Ma (*Ibid.*).

Por otra parte, los relieves asociados a estructuras plicativas cubren un importante extensión de la zona. El NE y E del área se encuentra ocupada por una sucesión montañosa perteneciente al anticlinal Caimba que del núcleo a los flancos exteriores adquiere diferentes morfologías: convexa de fuerte inclinación, de intenso modelado fluvial y laderas en Chevron. Hacia el sector NW se localiza el sinclinal Buenavista que presenta un arreglo en cuestas, barras y hogbacks. Al oeste y suroeste del Chichón



Figura III.8.1 Vista de uno de los valles de fondo plano que se encuentran en la porción oriental del volcán Chichón.

se localiza el anticlinal La Unión, que ha sido modelado dando lugar a un Combe, donde el arreglo de los sustratos de manera subhorizontal favorece una morfología de cimas planas escalonadas e incluso algunas mesas y muelas. Por último, la región montañosa al SE se ve definida por laderas en gradería y en facetas triangulares asociadas al sistema de fallas normales Chapultenango.

### Relieve Exógeno

El relieve que se agrupa en torno a este rubro genético es aquel formado por las condiciones exógenas predominantes en este caso definidas por el clima tropical y la intensa precipitación (Inbar *et al.*, 2001). Las formas más representativas y con mayor extensión son las fluviales, caracterizadas por una gran densidad de cauces de diferentes profundidades (entre <20 hasta >60 m), agrupados en patrones de drenaje determinados por el arreglo litológico-estructural de las superficies que disectan; incluso, unidades recientes como las asociadas a la erupción de 1982, ya presentan desarrollo de fluvios. Por otro lado, la acumulación aluvial se incrementa por los detritos generados a partir de los numerosos procesos gravitacionales y los piroclastos emplazados durante la última erupción, lo que genera una complejidad morfológica en las llanuras aluviales, conformadas por varios niveles de terrazas y superficies de inundación estacional y extraordinaria.

El otro grupo predominante del relieve exógeno son las formas asociadas a los procesos de remoción en masa que de manera general se pueden agrupar en tres tipos: deslizamientos, desprendimientos y flujos de lodo.

Los dos primeros están en estrecha relación con los trazos de las principales estructuras disyuntivas y zonas de debilidad sobre laderas montañosas, también se encuentran ligados a los escarpes, frentes y laderas de fuerte inclinación. Los flujos de lodo se desarrollan a partir de depósitos gravitacionales o de laderas donde existen potentes cortezas de intemperismo que se hidratan y movilizan ladera abajo como un flujo viscoso. De todos estos existen morfologías muy recientes que indican la inestabilidad continua del territorio.

Por último, la litología, arreglo estructural y condiciones climáticas han favorecido el desarrollo de superficies de carstificación las cuales se presentan sobre sustratos calcáreos fracturados en arreglo subhorizontal. Lo anterior hace que no haya buen drenaje, en cambio que haya infiltración y disolución de las rocas dando lugar a la formación de relieves exocársticos.

### Bibliografía

Bashenina, B. (1977), *Cartografía Geomorfológica*, Ed. Educación Superior, Moscú, URSS (en ruso).

Duffield, W. A., R. I. Tilling and R. Canul (1984), "Geology of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 20, pp. 117-132.

Espíndola, J. M., J. L. Macías, R. I. Tilling and M. F. Sheridan (2000), "Volcanic history of El Chichón Volcano (Chiapas, Mexico) during the Holocene, and its impact on human activity", *Bulletin of Volcanology*, no. 62, pp. 90-104.

García Palomo, A., J. L. Macías and J. M. Espíndola (2004), "Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, no. 136, pp. 247-268.

Inbar, M., A. Reyes and J. Graniel (2001), "Morphological changes and erosion processes following the 1982 eruption of El Chichón volcano, Chiapas, Mexico", *Géomorphologie: relief, processus, environment*, no. 3, pp. 175-184.

Layer, P. W., A. García Palomo, D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce and J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, Mexico: stages of evolution base don fiels mapping and 40Ar/39Ar geochronology", *Geofísica Internacional*, vol. 48, no. 1, pp. 33-54.

Macías, J. L. (2005), "Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, volumen Conmemorativo del Centenario: Temas Selectos de la Geología Mexicana, tomo LVII, núm. 3, pp. 379-424.

Macías, J. L., J. L. Arce, V. H. Garduño Monroy, D. Rouwet, Y. Taran, P. Layer, A. Jiménez y R. Álvarez (2010), *Estudio de prospección geotérmica para evaluar el potencial del volcán Chichonal, Chiapas*, Unpublished Report no. 9400047770 IGF-UNAM-CFE.

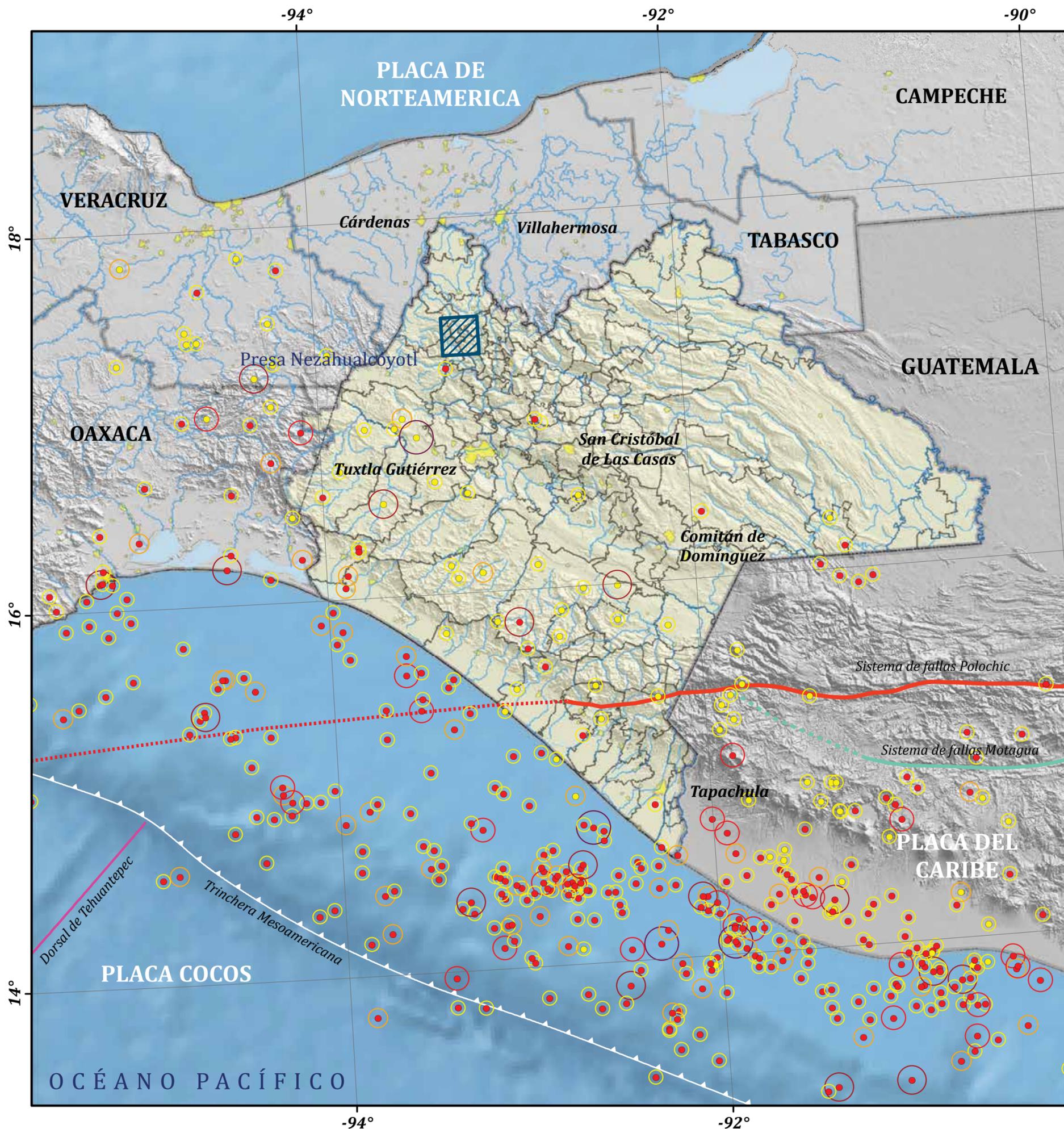
Macías, J. L., L. Capra, K. M. Scout, J. M. Espíndola, A. García Palomo and J. E. Costa (2004), "The 26 May 1982 breakout flows derived from the failure of a volcanic dam at El Chichón, Chiapas, Mexico", *GSA Bulletin* 116 (1/2), pp. 233-244.

Zamorano, J. J. (1990), *Análisis ingeniero-geomorfológico de la cuenca de México*, tesis de Doctorado, Universidad Estatal de Moscú, Lomonosov, URSS (en ruso).

# IV

## Amenazas de origen natural y socio-natural





### LEYENDA DEL MAPA

Magnitud y profundidad de sismos (1973-2013)

Profundidad (km)

- < 100.0
- > 100.1

Magnitud

- < 5.5
- 5.6 - 5.9
- 6.0 - 6.3
- 6.4 - 7.0
- > 7.0

- ▲ Trincheras Mesoamericanas
- Dorsal de Tehuantepec
- ⋯ Falla Polochic (probable)
- Sistema de fallas Polochic
- Sistema de fallas Motagua
- ⋯ Sistema de fallas Motagua (probable)

### SIMBOLOGÍA

- Límite internacional
- Límite estatal
- ⋯ Límite municipal
- Estado de Chiapas
- Localidad urbana
- ▨ Área en estudio
- Corrientes principales
- Cuerpos de agua

FUENTES:  
SMN (2013).  
Velez (1990).

**ESCALA 1:2 000 000**

Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
Ixtlitzin Yaocihuatl Bravo Carvajal  
Silvia G. Ramos Hernández  
Irasema Alcántara Ayala

## IV.1 Sismicidad

Ricardo J. Garnica Peña, Ixtlitzin Yaocihuatl Bravo Carvajal,  
Silvia Guadalupe Ramos Hernández e Irasema Alcántara Ayala

### Introducción

La configuración actual de México es consecuencia de su posición en relación con cuatro placas oceánicas que tienen movimiento simultáneo respecto al continente (placa de América del Norte): Pacífica, Rivera, Cocos y Caribe. Debido a esta interacción en el Pacífico Sur de México, la placa de Cocos es asimilada por la placa de América del Norte; esta subducción ocurre a lo largo de una fosa oceánica que se conoce como Trinchera Mesoamericana (Zamorano y Alcántara, 2010).

La región que comprende el estado de Chiapas es compleja, ya que los movimientos neotectónicos son evidentes en la actualidad como resultado de las condiciones sísmicas de la Trinchera Mesoamericana y la falla de Polochic-Motagua, la cual corta el continente del pacífico al Mar de las Antillas. A estas condiciones hay que añadir dos volcanes activos: el Chichón en el norte y el Tacaná en el extremo suroriental del estado (*Ibid.*).

De acuerdo con González y colaboradores (2012), los sismos que han afectado al estado de Chiapas han tenido cinco fuentes sismogénicas. La primera y más importante es la resultante del proceso de subducción de la placa de Cocos bajo la Norteamericana, misma que da origen a los sismos de gran magnitud ( $M > 7.0$ ) ocurridos en toda la República Mexicana (Suárez y Singh, 1986; Pardo y Suárez, 1995). Los sismos producidos por esta fuente han alcanzado magnitudes de 7.7, como en el caso de los sismos del 23 de septiembre de 1902 (Figuroa *et al.*, 1975) y recientemente del 21 de enero de 2002, con magnitud de 6.7.

La segunda fase sismogénica está constituida por la deformación interna de la placa subducida, lo cual produce sismos profundos o de mediana profundidad (desde 80 hasta 300 km), como en el sismo de Villaflores del 21 de octubre de 1995, con magnitud de 7.2, una profundidad focal de 165 km y un área de ruptura de 30 x 10 km (Rebollar *et al.*, 1999). La profundidad de subducción de la placa de Cocos es mayor, por lo que los sismos en las costas de Oaxaca, Guerrero y Michoacán no rebasan una profundidad de 80 km, mientras que en Chiapas los sismos profundos alcanzan valores cercanos a los 200 km (Ponce *et al.*, 1992; Barrier *et al.*, 1998).

Una tercera fuente corresponde a la deformación cortical debida a sistemas de fallas superficiales que originan temblores de pequeña profundidad (menores de 40 km) presentes en el estado, integrada por al menos 15 fallas importantes. Esta fuente origina sismos de magnitud moderada que producen daños locales. Ejemplo de esta fuente son los enjambres de sismos originados en Chiapa de Corzo entre julio y octubre de 1975 (Figuroa *et al.*, 1975).

Una cuarta fuente sismogénica está constituida por la presencia de los volcanes activos en el estado de Chiapas, el Tacaná y el Chichón o Chichonal. Este último mostró su potencial el 28 de marzo y el 3 y 4 de abril

de 1982 (Figura IV.1.1). El Tacaná hizo erupción el 8 de mayo de 1986, actividad que generó fumarolas importantes y un enjambre sísmico en la ciudad de Tapachula y, por ende, una alerta para la población (Gobierno del Estado de Chiapas, 2002).

La última fuente sísmica se debe a la falla lateral izquierda entre la placa Norteamericana y del Caribe, que ha producido sismos muy importantes como el del 18 de abril de 1902 el cual alcanzó intensidades de VIII en la zona del Soconusco en Chiapas (Belén *et al.*, 2001).

### Mapa de sismicidad en el estado de Chiapas, México

La sismicidad se refiere al estudio de las características que definen a los sismos tomando en cuenta factores regionales (fuentes sismogénicas, leyes de atenuación, etc.) y elementos locales (topografía, tipo de suelo, etc.), así como el análisis de la ocurrencia y distribución de estos eventos y de la cantidad de energía que liberan, medida por su magnitud (González *et al.*, 2012).

Para la elaboración del mapa de sismicidad de Chiapas se utilizaron las bases de datos sísmicos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) durante el periodo comprendido entre 1973 y 2006 y del United States Geo-

logical Survey-Global Earthquakes Search, para el 2006-2013.

De acuerdo con la información recabada, en el mapa se puede observar que los sismos corticales < 100 km son predominantes en el estado (continente) y los > 100 km ocurren en la parte oceánica que comprende la Trinchera Mesoamericana.

En la región N-NE del estado de Chiapas la actividad sísmica va de muy baja a nula. Únicamente se ha presentado actividad sísmica profunda con una magnitud < 5.5 cerca de los municipios Bochil, Ixtapa, Ixtapangajoyá, Chamula, Aldama, El Bosque, Jitotol y Santiago el Pinar; y actividad cortical < 100 km en los municipios de Ocosingo, San Juan Cancuc y Huixtán.

En la región oriental del estado la actividad sísmica es muy baja, se han presentado dos eventos sísmicos profundos con una magnitud < 5.5 en los municipios de Las Margaritas y Maravilla Tenejapa, y sismos poco profundos de la misma magnitud al norte de los municipios Maravilla Tenejapa y Tzimol.

De manera general toda la parte sur del estado de Chiapas presenta una actividad sísmica muy marcada debido a su cercanía con la zona de subducción anteriormente señalada. Específicamente, en la región SE se ha presentado actividad sísmica predominantemente cortical con profundi-



Figura IV.1.1. Estación sísmica Viejo Volcán, situada cerca del cráter.

dades < 100 km y con magnitudes < 5.5, con excepción de la parte oriental del municipio La Concordia, en donde se presenta actividad sísmica con magnitudes que van de 6.4 a 7, y al sur del mismo, pero con profundidades > 100 km. Otros eventos sísmicos profundos se han presentado en los municipios de Acapetahua, Mapastepec y Tapachula.

En la región SW la actividad sísmica de mayor magnitud (6.4-7.0) se ha presentado en la región del municipio de Jiquipilas, la cual es cortical (<100 km de profundidad). En los municipios de Arriaga, Tonalá y Villa Corzo se ha presentado actividad sísmica con magnitudes de 5.6 a 5.9, con sismos profundos en la región de Arriaga, y corticales cercanos a Villa Corzo.

En la región NW, en donde se localiza el volcán Chichón, la actividad sísmica es predominantemente poco profunda (<100km), con excepción de algunos eventos que se han presentado en Tecpatán y Larraínzar con profundidades >100 km (Figura IV.1.2).

Los eventos de mayor magnitud se presentan en Ocozacoautla de Espinosa con sismos que van de 5.6 a > 7.0. En la parte central del estado la

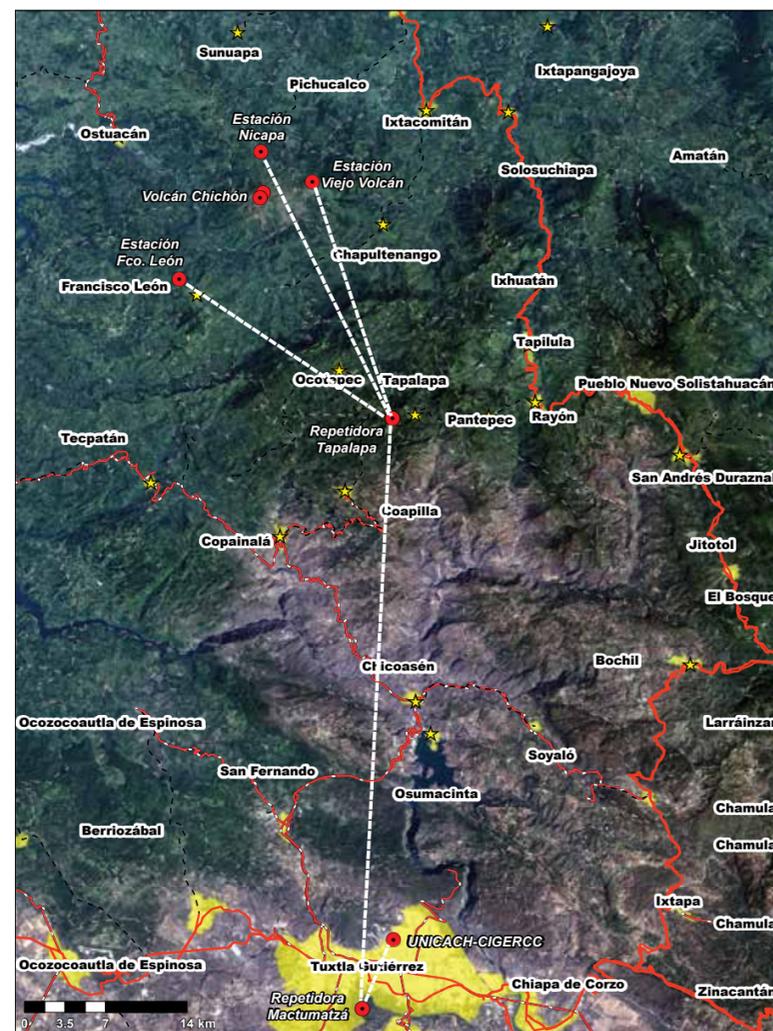


Figura IV.1.2. Red sísmica del volcán Chichón.

actividad sísmica es baja, únicamente se han presentado eventos corticales < 5.5 de magnitud, en los alrededores de San Cristóbal de las Casas.

La región con la mayor actividad sísmica es la que comprende la Margen Submarina del sur de México y la Trinchera Mesoamericana (García y Lugo, 2003), en donde se presentan sismos con profundidades mayores a 100 km y con magnitudes < 5.0 hasta > 7.0.

### Repercusiones e impactos de la sismicidad

No obstante los sismos registrados en la zona de interés no son de magnitudes muy importantes, es posible que desencadenen procesos de remoción en masa, los cuales constituyen amenazas que ocurren de manera frecuente en la región como resultado de la saturación de las laderas y la influencia de la deforestación, entre otros factores.

La sismicidad de tipo superficial en combinación con el tipo de construcciones a base de materiales muy débiles y con alto grado de susceptibilidad, ponen en relieve los daños potenciales que pueden sufrir las viviendas. La amenaza sísmica de la zona norte está regida por la amenaza sísmo-volcánica y por el fallamiento cortical de la región.

Los efectos más comunes asociados con eventos sísmicos en el país, y también en el estado de Chiapas, son los siguientes:

Destrucción de viviendas. Considerado como el efecto de mayor impacto y con un alto costo social para la población; está directamente relacionado con la calidad del diseño y con la construcción.

Incendios. Se producen cuando un terremoto ocasiona cortocircuito, escapes de gas o contacto de combustibles con artefactos eléctricos.

Destrucción de infraestructura (carreteras, líneas vitales y puentes). Además de los inconvenientes que generan durante la atención de los desastres, la destrucción de las vías de comunicación terrestre causan un impacto importante en la economía al impedir el transporte eficiente de productos, así como el intercambio de bienes y servicios con la región afectada.

Licuefacción del suelo. Suele ocurrir en los suelos arenosos sueltos, con alto contenido de agua; éstos pierden su capacidad de soporte durante un sismo, lo cual origina el hundimiento de las edificaciones.

Deslizamientos o derrumbes. Se originan en las laderas inestables.

Tsunamis o maremotos. Aunque estos fenómenos han tenido baja frecuencia en las costas del territorio nacional, la mayoría se originan por eventos sísmicos de gran magnitud con epicentro en el fondo del mar.

### Bibliografía

Barrier, E., L. Velasquillo, M. Chávez and R. Gaulon (1998), "Neotectonic evolution of Isthmus of Tehuantepec (Southern Mexico)", *Elsevier Science Tectonophysics*, no. 287, pp. 77-96.

Belén, B., E. Molina y L. Laín (2001), *Metodología para el estudio de amenaza sísmica en Guatemala, aplicación al diseño sismoresistente*, Reporte de investigación, Guatemala.

Figuroa, J., C. Lomnitz, A. Dawson, R. Meli y J. Prince (1975), *Los sismos de julio a octubre de 1975*, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

García Arizaga, M. T. y J. Lugo Hubp (2003), *El relieve mexicano en mapas topográficos*, Serie Libros, núm. 5, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Gobierno del Estado de Chiapas (2002), *Atlas Estatal de Riesgos*, Secretaría de Gobierno, Gobierno del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Gob. Edo. de Chiapas (2010), Plan Operativo Volcán Chichón. Protección Civil Chiapas. CMVS-UNICACH.102 p. Protección Civil Chiapas.

Gob. Edo. de Chiapas. 2010. Plan Operativo Volcán Tacaná. Protección Civil Chiapas. CMVS-UNICACH. Protección Civil Chiapas. CMVS-UNICACH.

Gob. Edo. de Chiapas. 2010. Plan Operativo por Riesgo Sísmico. Protección Civil Chiapas. CMVS-UNICACH.

González Herrera, R., J. A. Aguilar Carbone, J. C. Mora Chaparro, R. J. Palacios Silva y J. A. Figuroa Gallegos (2012), "Análisis estadístico del peligro e inferencia del riesgo sísmico en el norte del estado de Chiapas", *Ingeniería-Revista Académica de la Facultad de Ingeniería*, Universidad Autónoma de Yucatán, vol. 16, núm. 1.

Pardo, M. y G. Suárez (1995), "Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implication", *Journal of Geophysical Research*, no. 100, pp. 12357-12373.

Ponce, L., R. Gaulon, G. Suárez y E. Lomas (1992), "Geometry and state of stress of the downgoing Cocos plate in the Isthmus of Tehuantepec, Mexico", *Geophysical Research Letters*, vol. 19, no. 8, pp. 773-776.

Rebollar, C., L. Quintanar, J. Yamamoto and A. Uribe (1999), "Source process of the Chiapas, Mexico, Intermediate-Depth Earthquake of 21 October 1995", *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 89, no. 2, pp. 348-358.

SMN (2013), Base de datos sísmicos, USGS, Global Earthquake Search. Suárez G. and K. Singh (1986), "Tectonic interpretation of the Trans Mexican Volcanic Belt Discussion", *Tectonophysics*, no. 127, pp. 155-160.

Velez S., D. (1990), "Modelo transcurrente en la evolución tectónico-sedimentaria de México". Bol. AMGP, vol. XL, núm. 2, p. 1-35.

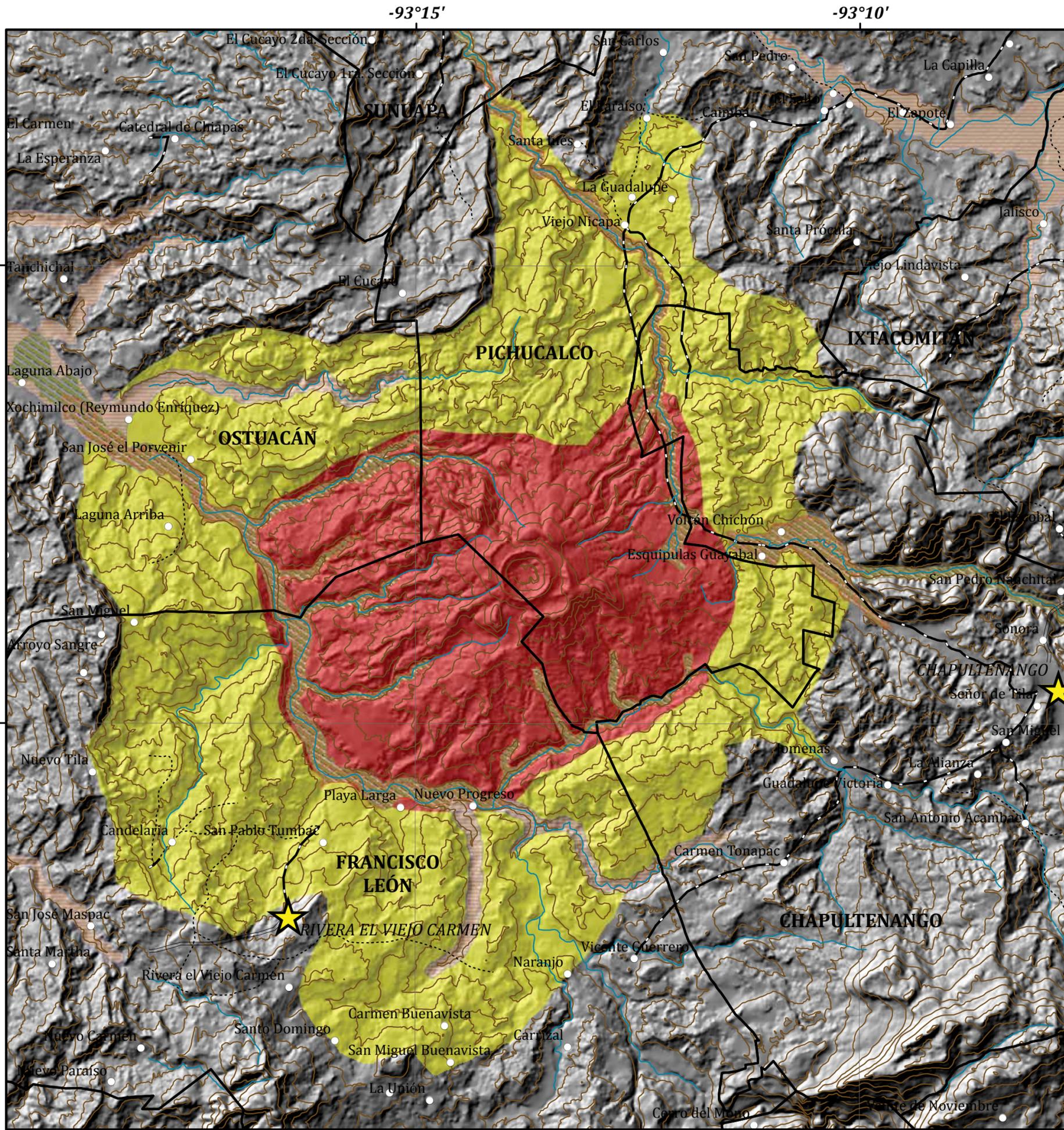
Zamorano, J. J. e I. Alcántara Ayala (2010), "Aspectos tectónicos y geomorfológicos de México", en Alcántara Ayala, I. y G. J. Delgado Campos (coords.), *Geografía Física de México*, Geografía para el siglo XXI, Serie Textos Universitarios, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México.

### Mesografía

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Simulacro de Evaluación. "¿Qué Consecuencias tienen los terremotos?" [http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/Con\_Los\_Pies\_en\_la\_Tierra/Columna1/Consecuencias. Fecha de consulta: marzo 2013].

SSN (2013), Base de datos de sismos desde enero de 1973 y hasta octubre de 2013, Instituto de Ingeniería, Instituto de Geofísica, UNAM, México [http://www.ssn.unam.mx/].

United States Geological Survey (2013), *Earthquake Search* [http://www.usgs.gov/].



**LEYENDA DEL MAPA**

Flujos volcánicos

- Flujos piroclásticos
- Oleadas piroclásticas

Lahares (millones de m<sup>3</sup>)

- 1
- 2
- 3

— Curva de nivel maestra

Equidistancia entre curvas de nivel cada 100 m.

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural

**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTE:  
Macías *et al.* (2012).



Autores: José Luis Macías  
Lucia Capra  
José Luis Arce  
Juan Manuel Espíndola  
Armando García Palomo+  
Michael F. Sheridan

## IV.2 Peligros volcánicos

José Luis Macías, Lucía Capra, José Luis Arce, Juan Manuel Espíndola, Armando García Palomo+ y Michael F. Sheridan

El mapa de peligros es fruto de un estudio sistemático de la historia eruptiva del volcán Chichón (mapeo geológico, estratigrafía, geoquímica y fechamientos de rocas con el método de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  y de paleosuelos y carbón con el método de radiocarbono). En la actualidad se sabe que la actividad del volcán tiene su inicio hace aproximadamente 300 000 mil años y continúa hasta el presente (Layer *et al.*, 2009), como se resume a continuación:

### Historia eruptiva

Hace 300 000 años A. P.<sup>1</sup> existía un volcán formado por un enjambre de domos que fue destruido por una erupción que originó un gran cráter conocido como Somma. Posteriormente se formaron nuevos domos fuera de este cráter; mismos que fueron denominados SW (hace 213 000 años A.P.), Cambac (hace 180 000 años) y Capulín (hace 153 000 años A.P.). Asociados a explosiones que destruyeron parcialmente estos domos, se formaron flujos piroclásticos hace 102 000 y 48 000 años A.P. Contemporáneamente, se produjeron flujos piroclásticos originados en el cráter Somma hace 55 000 años A.P. Finalmente, durante los últimos 10 000 años, la actividad volcánica del Chichón ha ocurrido dentro del cráter Somma (Figura IV.2.1) dando lugar a la formación de un cráter interno de 1 km de diámetro, en el que se produjeron erupciones hace 7 700, 2 600, 2 400, 2 000, 1 800, 1 600, 1 400, 1 250, 900, 550 A.P. y la erupción catastrófica del 28 de marzo al 4 de abril de 1982, que mató cerca de dos mil personas y destruyó nueve poblados. Durante los últimos ocho mil años el volcán ha tenido once erupciones violentas, similares a la de 1982, con periodos de recurrencia variables entre 100 y 600 años. Durante estas erupciones, se sabe que el volcán generó flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas, caídas de pómez (arena gruesa) y ceniza (arena), material que fue removido a lo largo de las barrancas en forma de lahares o inundaciones.

Con base en estos estudios, los peligros volcánicos que ha producido el Chichón, que deben representarse en el mapa de peligros, son:

**Flujos de lava:** flujos de roca fundida emanadas del cráter que avanzan por las laderas siguiendo generalmente las barrancas y lechos de ríos. Los flujos del Chichón son lentos, arrasan y queman todo lo que encuentran en su camino. En la erupción de 1982 no se produjeron lavas.

**Domos:** roca fundida que puede rellenar, parcial o totalmente, el cráter de un volcán y que desarrollan típicamente formas de cúpula. Un domo taponaba el cráter del Chichón, antes de la erupción de 1982.

<sup>1</sup> Antes del presente.

**Flujos piroclásticos:** son producidos por erupciones explosivas, como la de 1982, que los habitantes alrededor del volcán Chichón identificaron como fuego (fueron emitidos a unos 830° C). Son nubes calientes de gas y fragmentos de rocas de distintos tamaños que se mueven rápidamente al ras del suelo y arrasan y queman todo lo que encuentran a su paso. Las oleadas piroclásticas son flujos piroclásticos diluidos (de ceniza) que

son capaces de seguir las barrancas pero que también pueden remontar cerros o altos topográficos; las producidas el 4 de abril de 1982 fueron las causantes de la muerte de dos mil habitantes alrededor del volcán.

**Caída de piroclastos:** también conocidas como caídas o lluvia de ceniza, denominadas “arena” por los vecinos del Chichón en 1982, son produci-



Figura IV.2.1. Actividad fumarólica del volcán Chichón.

das por erupciones violentas que forman columnas de erupción (las de 1982 alcanzaron más de 20 km de altura sobre el volcán). Los fragmentos de roca contenidos por la columna de erupción son transportados por los vientos (en 1982 fueron hacia el noreste del cráter por kilómetros, hasta provocar caída de ceniza fina en Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas, Villahermosa, en la península de Yucatán y en el Golfo de México). Esta "arena" puede producir el colapso de los techos de las construcciones cuando se acumula, y el enterramiento de seres vivos e infraestructura y la fracción más fina problemas respiratorios, entre otros efectos negativos.

**Lahares o inundaciones:** son flujos de agua, lodo y fragmentos de rocas que se forman del material removido durante o después de una erupción. El material puede ser removido por el aporte de un gran volumen de agua

debido a lluvias extraordinarias, crecimiento de ríos, ruptura de represamientos temporales de escombros, deshielo de glaciares, ruptura del borde de un cráter. Estos lahares se desplazan por los cauces y arrasan todo a su paso. En 1982 corrieron por los ríos Magdalena y El Platanar, con sus afluentes que nacen en el volcán. Inundaron al poblado de Ostucán y causaron daños en la Presa Peñitas matando a una persona (Macías *et al.*, 2004).

### Zonificación de peligros

Con base en la recurrencia de los fenómenos volcánicos descritos, sus productos y su máxima zona de influencia, se realizaron simulaciones numéricas por computadora, para erupciones de diferente magnitud.

Los programas utilizados para las simulaciones fueron TITAN 2D para flujos piroclásticos, FLOW 3D para oleadas piroclásticas, LAHARZ para lahares y HAZMAP para caída de piroclastos.

En el caso de los flujos piroclásticos se empleó un coeficiente de fricción (H/L) de 0.2 utilizando el máximo alcance de este tipo de fenómenos reportado para la erupción ocurrida hace 7 700 años y volúmenes de ( $12.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). En el caso de las oleadas piroclásticas se empleó un coeficiente de fricción de 0.1, similar al de las oleadas generadas durante la erupción de 1982.

Para el caso de los lahares se emplearon flujos con volúmenes de 1, 2 y  $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ , este último es comparable al del lahar caliente producido por el rompimiento de la represa en el río Magdalena el 26 de mayo de 1982 que inundó el poblado de Ostucán.

Para zonificar la caída de ceniza se utilizó la dirección de los vientos dominantes sobre el volcán en los últimos veinte años consignados en la base de datos de la Air Resource Laboratory de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y se obtuvieron valores promedio a diferentes alturas para las cuatro estaciones del año (Figura IV.2.2).

### Bibliografía

- Espíndola, J. M., J. L. Macías, R. Tilling and M. F. Sheridan (2000), "Volcanic history of El Chichón volcano (Chiapas, Mexico) during the Holocene and its impact on human activity", *Bull Volcanol*, no. 62, pp. 90-104.
- Layer, P. W., A. García Palomo, D. Jones, J. L. Macías, J. L. Arce and J. C. Mora (2009), "El Chichón volcanic complex, Chiapas, Mexico: stages of evolution based on field mapping and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology", *Geofís. Int.*, no. 48, pp. 33-54.
- Macías, J. L., L. Capra, K. M. Scott, J. M. Espíndola, A. García-Palomo and J. E. Costa (2004), "The May 26, 1982, breakout flow derived from failure of a volcanic dam at El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico", *Bulletin of the Geological Society of America*, 116: 233-246
- Macías, J. L., L. Capra, J. L. Arce, J. M. Espíndola, A. García Palomo y M. F. Sheridan (2012), *Mapa de Peligros del Volcán Chichón*, escala 1:50 000.

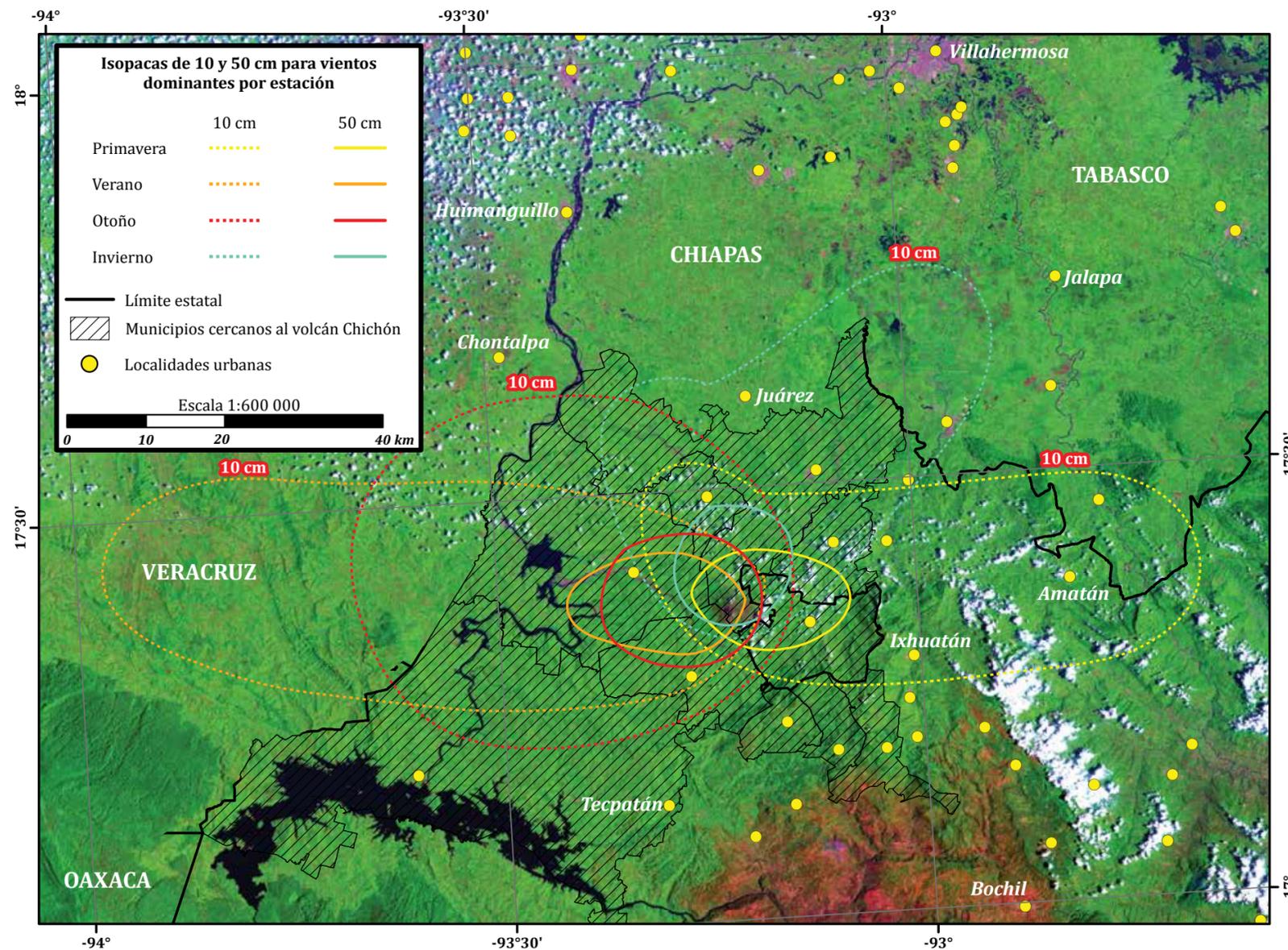
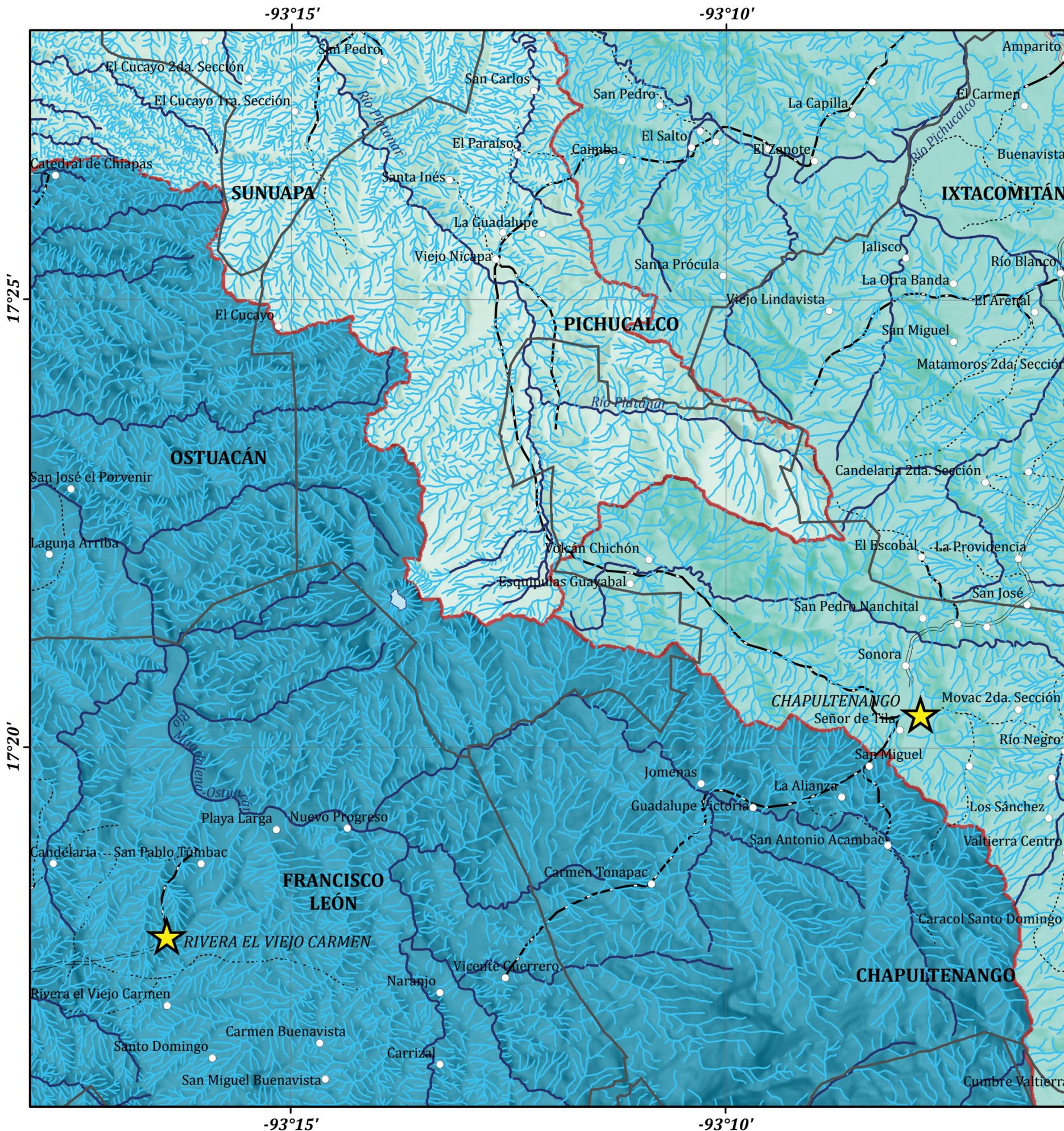


Figura IV.2.2. Isopacas de 10 y 50 cm para vientos dominantes por estación del año.



**LEYENDA DEL MAPA**

- Red fluvial**
- Perenne
  - Intermitente
  - Divisoria de subcuencas
- Subcuencas**
- Río Magdalena-Ostucán
  - Río Pichucalco
  - Río Platanar
- Patrones de la red fluvial**
- Dendrítico
  - Pinado
  - Paralelo
  - Radial—Centrípeto
  - Radial—Centrífugo
  - Anular

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
  - ★ Cabecera municipal
  - Localidad rural
- Vías terrestres**
- Carretera federal
  - Carretera estatal
  - Terracería
  - Brecha
- Rasgos naturales**
- Corrientes principales

FUENTE:  
INEGI (2002), Base topográfica digital, escala 1:50 000.  
Mapa de órdenes de corrientes, IV.4.

**ESCALA 1:70 000**



Autores: José Manuel Figueroa MahEng  
Oralia Oropeza Orozco

## IV.3 Red fluvial

José Manuel Figueroa MahEng y Oralia Oropeza Orozco

El sistema fluvial del área en estudio del volcán Chichón pertenece a la región hidrológica número 30 (Grijalva-Usumacinta), (DOF, 2010), que drena hacia el Golfo de México y es la más importante del país, no solo por el recurso hídrico sino además por todos los servicios ambientales que proporciona. Asimismo, la región hidrológica es “el almacén de la más alta biodiversidad conocida en México” (Toledo, 2003:19). Se caracteriza por ser una de las regiones más húmedas y donde se tiene la mayor disponibilidad de agua superficial per cápita (DOF, 2010). En algunas partes se registran precipitaciones superiores a los 4 000 mm anuales (PO, 2009) lo cual genera un considerable escurrimiento superficial estimado en más del 30% del país (Toledo, 2003).

Este mapa (IV.3) tiene como objetivo conocer la distribución espacial, la configuración y las subcuencas que integran la red fluvial en el entorno del volcán; para relacionarlo, por una parte, con diversos procesos como son las inundaciones, los movimientos de masa y la erosión/sedimentación y, por otra, con la potencialidad del recurso hídrico. Además, en el ámbito de las ciencias de la Tierra se reconoce que la red de drenaje proporciona información base para determinar los procesos endógenos y exógenos que ocurren en una zona o región y distinguir su dinámica.

Para elaborar el mapa se utilizó la base topográfica digital a escala 1:50 000 del INEGI (2002), así como el modelo de elevación del terreno, el modelo hipsométrico y el mosaico fotográfico, estos últimos creados para el trabajo. Con dichos materiales se trazaron los ríos principales, se infirieron los afluentes de acuerdo con la disposición de las curvas de nivel y se delimitaron las subcuencas.

El área objeto de análisis corresponde a la subregión Bajo Grijalva o Grijalva – Villahermosa, donde el cauce principal es el río Grijalva (DOF, 2010). A su vez, está conformada por parte de las subcuencas de tres ríos tributarios caudalosos (particularmente durante la época de lluvias): Magdalena-Ostuacán (Tzimbac), Pichualco y Platanar. Esta área tiene una superficie aproximada de 470.16 km<sup>2</sup>, está enclavada en la subprovincia fisiográfica “Sierras del Norte de Chiapas” (PEOT de Chiapas, 2005) y limita con los lomeríos de Tabasco. La orientación generalizada de las subcuencas es de este a oeste para el río Magdalena-Ostuacán que vierte sus aguas en la presa Peñitas (fuera del área en estudio); de sur a noreste para el Pichualco y de sureste a norte para el Platanar; solo este río nace en las cumbres del volcán y, por lo tanto, desde el punto de vista funcional, la subcuenca corresponde a una zona de captación o receptora, mientras que las otras dos subcuencas pertenecen a zonas de transporte o de transferencia. Esta situación debe tenerse en cuenta en el manejo in-

tegral de las mismas pues, aunado al peligro volcánico, las actividades del hombre inducen y aceleran procesos de erosión, inestabilidad de laderas e inundaciones cuyas repercusiones se sienten aguas abajo, como ocurre, cada vez con mayor frecuencia, en la planicie tabasqueña.

Las estructuras del relieve, uno predominantemente de origen volcánico circundado por otro de origen sedimentario, favorecen configuraciones diferentes de los patrones de la red de drenaje. La pendiente del terreno también juega un papel significativo.

Los patrones más importantes del sistema fluvial corresponden al dendrítico (arborescente) y subdendrítico (Mapa IV.3) los cuales se localizan en casi toda la zona en estudio. Los cursos de los afluentes generalmente son cortos e irregulares y al confluir con el río principal lo hacen formando todo tipo de ángulo. Cuando la pendiente es suave, la red se muestra con una configuración más extendida a lo ancho, mientras que al aumentar la pendiente esa configuración se alarga; asimismo, por el arreglo asimétrico de las laderas debido al control estructural muy marcado derivado de la tectónica activa del área, de un lado los tributarios tienen una longitud más corta que del otro.

Otro patrón que se presenta en el extremo noroeste del área en estudio es el pinado, su nombre se debe al parecido que tiene con las ramas de los pinos, también tiene semejanza con las plumas de las aves. Las corrientes son cortas y comúnmente pertenecen a los órdenes más bajos (primero y segundo). Entre los aspectos que contribuyen a su configuración se encuentran: materiales fácilmente erosionables, capas que muestran una disposición tabular u horizontal y rocas de moderada permeabilidad que favorecen el escurrimiento.

En el sector norte de la subcuenca del río Platanar se observa un patrón paralelo que se atribuye al trabajo de las corrientes sobre materiales que también se erosionan fácilmente, en laderas con control topográfico por la pendiente de moderada a fuerte y con una litología representada por lutitas. Las corrientes fluyen paralelamente entre sí independientemente de su orden o importancia jerárquica en el conjunto del drenaje.

En la zona del volcán se presentan dos patrones de drenaje uno de tipo radial y otro anular. El primero tiene dos subtipos: el radial centrífugo que muestra una red de drenaje sobre las laderas externas del cono volcánico, alejándose de manera radial con dirección dominante hacia el este. En las laderas bajas del volcán también predomina un drenaje radial centrífugo en todas direcciones, éste está constituido por barrancos

profundos con pendientes mayores de 30° y con caudales considerables en la temporada lluviosa (PO, 2009) aspectos que se relacionan con su funcionamiento en flujos torrenciales que pueden derivar en inundaciones “súbitas o relámpago” pues se producen en corto tiempo y adquieren gran velocidad. El drenaje radial centrípeto se observa en las paredes interiores del cráter.

El patrón de drenaje anular se presenta solamente en los bordes internos del cráter denominado “Somma” que es el relicto del anterior borde del cráter y en los bordes exteriores del cráter actual (Mapa IV.3).

Es importante insistir en un manejo integral de las subcuencas, teniendo en consideración las zonas funcionales (de captación, transferencia o tránsito y depositación), así como los procesos naturales e inducidos por el hombre y los diversos usos del suelo, pues todas las actividades mal dirigidas que se realizan en las cabeceras o zonas de captación tienen grandes repercusiones o consecuencias en las zonas bajas, tanto a nivel local como regional (problemas de azolvamiento en la presa Peñitas e inundaciones en Tabasco). Por otra parte, se cuenta con grandes recursos hídricos superficiales y subterráneos que deben manejarse de manera holística y sustentable, para su preservación. El mapa que se presenta es un insumo importante que contribuye a comprender mejor la dinámica de las inundaciones y los fenómenos asociados a ellas.

### Bibliografía

- DOF (2010), “Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de las subregiones hidrológicas Alto Grijalva, Medio Grijalva y Bajo Grijalva de la Región Hidrológica No. 30 Grijalva-Usumacinta”, *Diario Oficial de la Federación*, 5 de abril de 2010.
- INEGI (2002), *Base topográfica digital*, escala 1:50 000, México.
- PEOT (2005), Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Chiapas, Secretaría de Hacienda, Gobierno del Estado de Chiapas-Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, CEIEG, ECOSUR, INEGI, CONAPO, SEDESOL, SOPyV, SEMARNAT, UNAM-IG.
- PO (2009), Gobierno del Estado de Chiapas-Plan Operativo de Protección Civil, Volcán Chichón, Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres, Chiapas.
- Toledo, A. (2003), *Ríos, costas, mares: hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México*, SEMARNAT, INE, El Colegio de Michoacán, México.



**LEYENDA DEL MAPA**

Órdenes fluviales

- Primero
- Segundo
- Tercero
- Cuarto
- Quinto
- Sexto
- Séptimo
- Divisoria de subcuencas

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural
- Vías terrestres**
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha
- Rasgos naturales**
- ~ Corrientes principales

FUENTE:  
INEGI (2002), Base topográfica digital, escala 1:50 000.

**ESCALA 1:70 000**



Autores: José Manuel Figueroa MahEng  
Oralia Oropeza Orozco

## IV.4 Órdenes de corrientes

José Manuel Figueroa MahEng y Oralia Oropeza Orozco

En todo sistema o red fluvial se puede establecer la jerarquía de cauces (órdenes de corrientes) como parte de las propiedades hidromorfológicas lineales de una cuenca, mismas que permiten deducir las interacciones entre el sistema fluvial y las características ambientales como son la litología, las morfoestructuras, la energía del relieve, la pendiente, los suelos, la vegetación y el uso del suelo y las amenazas que ocurren en un determinado lugar. Con base en Horton (1945) y Strahler (1964), citados en Schumm (1977), se designan por órdenes numéricos todos los afluentes y se establecen sus relaciones con los procesos evolutivos del relieve (Lugo, 1988).

El objetivo del Mapa IV.4 es mostrar los diferentes órdenes de corrientes, el nivel de organización jerárquica de todos los tributarios o afluentes que conforman la red fluvial de las subcuencas de la zona en estudio. Se utilizó la base topográfica digital a escala 1:50 000 de INEGI (2002), en la cual se aplicó un método morfométrico sencillo que consiste en interpretar la configuración de las curvas de nivel para ir complementando los cauces fluviales que no aparecen dibujados en el mapa y, a partir de estos afluentes se van marcando los cauces de primer orden, los más extremos de la red, que se encuentran muy cerca de la línea divisoria de aguas donde se inicia el escurrimiento, después, desde los puntos de confluencia de dos cauces de primer orden, al segmento se le asigna con el valor de segundo orden; los cauces de tercer orden resultan de la unión de dos cauces de segundo orden y así de manera sucesiva hasta llegar al colector principal que es el de mayor orden (Tabla IV.4.1).

Los ríos que conforman los tres primeros órdenes están relacionados con procesos de carácter erosivo. Los de primer orden son cauces de formación reciente, dan origen a cárcavas y barrancos incipientes de algunos metros de incisión vertical. Los de orden dos muestran indicios de incisión vertical que supera las decenas de metros. Los de orden tres oscilan

Tabla IV.4.1. Órdenes, número de corrientes y porcentajes del sistema fluvial en la zona del volcán Chichón

Orden	Núm. de corrientes	Longitud (km)	%
1	9 600	2 211.10	64.06
2	1 953	652.76	18.91
3	442	323.69	9.38
4	91	148.95	4.32
5	21	70.46	2.04
6	5	28.55	0.83
7	2	15.91	0.46
	12 114	3 451.42	100.00

entre las decenas y cientos de metros de incisión como consecuencia de un alto poder erosivo, las corrientes acarrear grandes volúmenes de materiales rocosos y sedimentos.

Cuando se pasa del orden tres al cuatro los procesos erosivos muestran una etapa de evolución mucho más avanzada, pero a la vez más antigua en términos de desarrollo de la red de drenaje y por consiguiente del relieve. Cabe señalar que los órdenes de corrientes de valor superior a cuatro reflejan de manera directa la influencia que ejerce la litología y la tectónica, lo cual es un claro ejemplo del control estructural sobre la red fluvial. Esto trae como consecuencia que de manera natural se aprecie, a simple vista, la delimitación de grandes morfoestructuras, que en muchos de los casos tienen una configuración geométrica de tipo romboidal, sugiriendo con esto, a manera de hipótesis, un control directo de la tectónica regional (fallas transcurrentes, fracturas, morfoalineamientos y plegamientos, entre otros) sobre el relieve.

En la zona en estudio se reconoció hasta el orden siete en la jerarquía de corrientes a los ríos Pichucalco y Magdalena-Ostuacán (Mapa IV.4). Este orden es alto debido, por una parte, a la estructura y conformación de la red fluvial y, por otra, a las características litológicas que imperan, tratándose de rocas sedimentarias antiguas y depósitos de materiales de origen volcánico que en su mayoría son fuertemente susceptibles a los procesos erosivos. Todo esto favorecido por la intensa precipitación que ahí se registra.

El número de ríos que integran el orden uno es de 9 600 superando en 3.8 veces la suma total del resto de los demás órdenes. Esto muestra una red fluvial muy desarrollada, principalmente en las cabeceras de los valles y barrancos, que es a su vez en donde da inicio el escurrimiento concentrado así como la formación de un gran número de procesos de remoción en masa. Resalta la longitud acumulada de los cauces de primer orden, con un valor de 2 211.10 km, lo que representa el 64.06% del total de cauces, mientras que la longitud de las corrientes de séptimo orden tan solo registran una longitud de 15.91 km y representan el 0.46% de la longitud total.

La zona en estudio, por el orden de jerarquía fluvial, por la longitud de las mismas y su número de afluentes, se distingue por presentar un alto nivel de organización del drenaje y por registrar una alta capacidad de recepción fluvial. Estas características le confieren una vulnerabilidad muy elevada por lo cual debe dársele una atención prioritaria en cuestiones de manejo integral y prevención de desastres.

### Bibliografía

- INEGI (2002), *Base topográfica digital*, escala 1:50 000, Hoja Ixhuatán, Clave E15-C39, México.
- Lugo Hubp, J. (1988), *Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Schumm, S. A. (1977), *The fluvial system*, John Wiley & Sons.

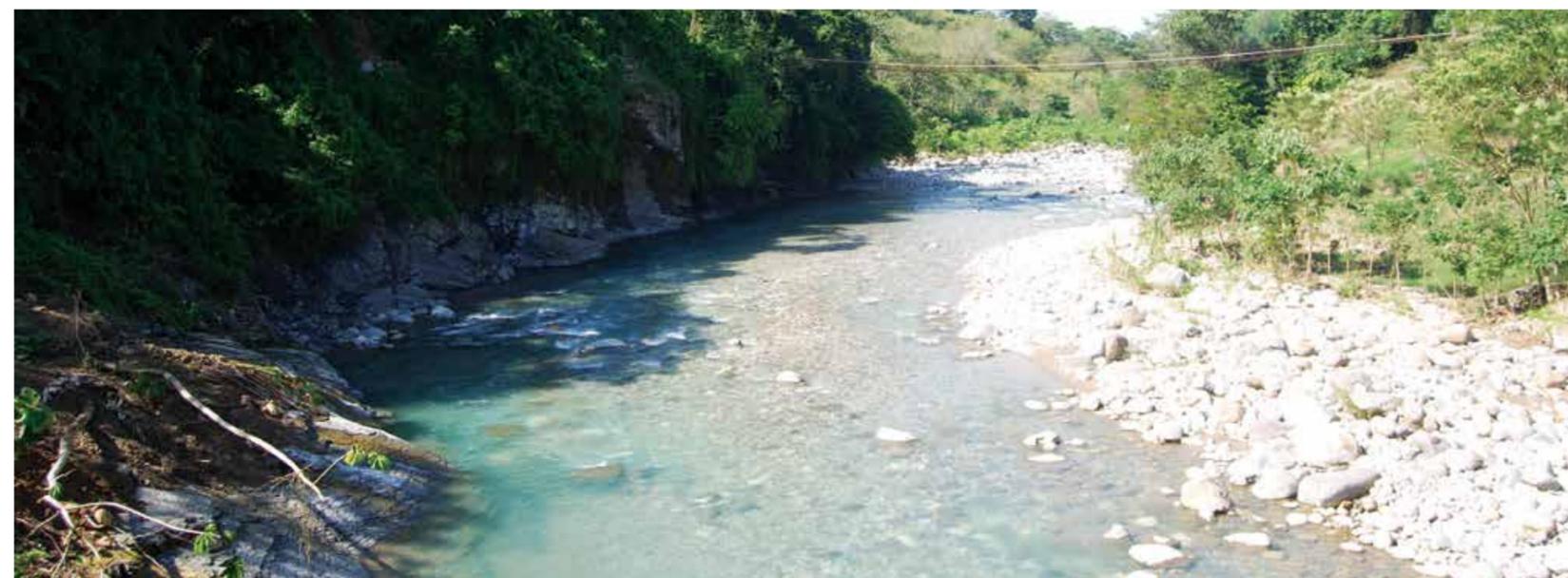


Figura IV.4.1. Corriente fluvial ubicada en las proximidades de la localidad de Vicente Guerrero, al SE del volcán Chichón.



### LEYENDA DEL MAPA

Zonas susceptibles a inundaciones fluviales

**Localidades con registro de inundaciones fluviales y pluviales**

- Alto
- Susceptible a inundaciones
- Medio

**Eventos históricos relacionados con la erupción volcánica de 1982**

Embalse por el depósito de materiales volcánicos

- Anterior al mes de agosto
- Posterior al mes de agosto

▨ Diques formados por los depósitos de material volcánico que obstruyeron el drenaje

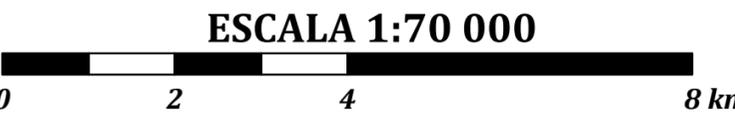
**Red fluvial**

- Perenne
- Intermitente
- Divisoria de subcuencas
- Lago cráter

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- Carretera estatal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural
- Carretera federal
- Brecha
- Terracería

FUENTES:  
 PNUD (2011).  
 PNUD (2012).  
 Palacio (1983).



Autores: Oralía Oropeza Orozco y José Manuel Figueroa MahEng

## IV.5 Inundaciones

Oralia Oropeza Orozco y José Manuel Figueroa MahEng

En el estado de Chiapas se ha documentado un incremento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos que ocurren: lluvias torrenciales por huracanes u otros tipos de perturbaciones atmosféricas, sequías y ondas de calor y, aunado a éstos se encuentran los movimientos de masa, las inundaciones y el azolve en los ríos y lagos debido a la deforestación y a la erosión, provocando desastres e impactos ambientales significativos para la población por las pérdidas y daños que causan. Además, los escenarios climáticos apuntan a aumentos en la temperatura y la precipitación en el estado (PACCCCH, 2011), lo cual agravará la situación de no tomar las medidas preventivas y de adaptación necesarias para enfrentar el riesgo/desastre.

En la zona en estudio, la amenaza por inundaciones, en general, se cataloga de media a muy alta (Gobierno del Estado de Chiapas-PNDU, 2011 y 2012), además se asocia a otras amenazas como la inestabilidad de laderas, erosión/sedimentación, la misma actividad volcánica, la deforestación y el mal manejo de las actividades agropecuarias.

Por su origen, las inundaciones que se presentan en el entorno del volcán Chichón se clasifican en pluviales y fluviales; sin embargo, dada la complejidad de los fenómenos y factores que intervienen para que se manifiesten, se pueden considerar de origen "socionatural". En cuanto a las afectaciones asociadas a las lluvias extraordinarias y las inundaciones, se suelen clasificar por sus efectos o consecuencias en primarios cuando afectan directamente a la población, sus bienes y al ambiente, al entrar en contacto con el agua cuando ocurre el fenómeno y, en secundarios y terciarios cuando los daños son indirectos y se presentan después de que sucedió el fenómeno, a mediano y largo plazos (Murck *et al.*, 1997). Bitrán (2001) señala que las consecuencias a largo plazo se reflejan principalmente en la economía de un país, pero también en una región o localidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, entre los efectos primarios que se han detectado, mediante entrevistas y fuentes hemerográficas (por ejemplo: noticiasnet.mx, 2011), en los municipios que conforman la zona en estudio se encuentran: pérdidas de vidas humanas y heridos, desaparecidos, pérdida total de la vivienda, daños a cultivos y al ganado, desbordamiento de ríos y arroyos, problemas de erosión y sedimentación, daños a la infraestructura vial y pérdidas económicas. De los efectos secundarios y terciarios se mencionan: enfermedades, interrupción de servicios, fallas en la comunicación, movimientos de masa y también pérdidas económicas acumuladas.

La precipitación anual registrada en las estaciones meteorológicas de Chapultenango y Pichucalco muestra un total superior a los 4 000 mm (PO, 2009). Aunque llueve todo el año, las lluvias se concentran de junio a octubre, siendo septiembre el mes más lluvioso con más de 500 mm. Los sistemas meteorológicos que influyen en el régimen de precipitaciones son, en el verano, la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT), el Mon-

zón Mexicano, las Ondas del Este y los ciclones tropicales (Magaña, 1999) y, en el invierno, los ciclones de latitudes medias y los frentes fríos, estos últimos, al avanzar hacia el sur, por las interacciones de los subtropicales y trópicos se convierten en los "Nortes" los cuales llevan humedad al sureste del país. Dada la gran cantidad de agua que se precipita, la zona es muy propensa a las inundaciones pluviales y fluviales.

En el Mapa IV.5 se muestran las zonas susceptibles a inundaciones, las principales localidades que tienen registros de inundaciones fluviales y pluviales y, los eventos históricos que provocaron inundaciones relacionados con la actividad volcánica de 1982. Para identificar y conocer las zonas susceptibles a las inundaciones se parte del concepto de zonas de vulnerabilidad geomorfológica, entendida como zonas potencialmente expuestas a un determinado fenómeno peligroso dentro de un contexto morfogénico caracterizado por el dominio de procesos exógenos. Entre los criterios que se utilizaron para la delimitación de las zonas susceptibles se hallan los: geológicos (depósitos aluviales), geomorfológicos (formas del relieve como valles, planicies fluviales y terrazas), topográficos (pendientes menores a 3°) e hidrológicos (tipo y densidad de las corrientes). Como apoyo en la interpretación se usaron: el mosaico que se elaboró para este proyecto (Osorno, 2011) a partir de fotografías aéreas a escala 1:5 000 del INEGI (2010), la base topográfica digital a escala 1:50 000 de INEGI (2002), la geología de Canul-Dzul *et al.* (1983) y, los Mapas IV.3 y IV.4 de este Atlas.

Se reconocieron cinco zonas susceptibles a inundaciones, la primera corresponde a las llanuras y terrazas fluviales del río Magdalena-Ostuacán. Aproximadamente desde la confluencia con el arroyo Sospuc, cerca de la localidad Naranja hasta donde termina el área en estudio por el oeste, próxima a San José el Porvenir. De acuerdo con el Plan Operativo de Protección Civil del volcán Chichón (PO, 2009), el río Magdalena y sus afluentes que bajan del volcán constituyen una amenaza muy grande por las inundaciones y flujos de lodo.

Tres zonas más, propensas a inundaciones, que también pertenecen al relieve fluvial son las llanuras y terrazas de los afluentes (Carnichagua, Jubac y Mabac) y del río Pichucalco. La primera de ellas se encuentra hacia el extremo centro-oriente, donde está la localidad de Chapultenango; la segunda es una franja que se localiza al poniente de Chapultenango, tiene una dirección W-E y a la altura de la localidad Volcán Chichón, por un marcado control estructural, cambia de dirección hacia el este. La tercera zona corresponde a la llanura fluvial del río Pichucalco que es la más amplia de todas y se encuentra en el extremo noreste.

Una última, la del río Platanar, se encuentra a la altura del poblado Nicapa. A ésta llegan numerosas corrientes que vienen del volcán por lo que a la amenaza por inundaciones se debe agregar la de los flujos de lodo de los que más adelante se hablará.

Respecto a las localidades de las que se encontraron registros de inundaciones fluviales y pluviales, se muestran en el Tabla IV.5.1. No todas aparecen en el mapa pues algunas se encuentran dentro de los municipios pero fuera del área en estudio.

En este trabajo se refieren dos eventos históricos relacionados con la erupción del volcán en 1982, son los embalses que se formaron por lahares o flujos de lodo derivados de la actividad volcánica. Es importante considerar los lahares ya que constituyen una amenaza permanente y

Tabla IV.5.1. Localidades con registro de inundaciones en los municipios del entorno del volcán Chichón

Municipio	Localidad
Chapultenango	Chapultenango Guadalupe Victoria Volcán Chichón (Viejo Volcán)
Francisco León	San José Maspac San Miguel (La Sardina) Rivera El Viejo Carmen La Fuerza Naranja Playa Larga San Pablo Tumbac Vicente Guerrero Nueva Trinidad (Tzimbac)
Ixtacomitán	Santa Catarina 1ª Sección Ixtacomitán
Ocotepec	Ocotepec San Pablo Huacano San Francisco Ocotal
Ostuacán	Ostuacán Plan de Ayala Xochimilco (Reymundo Enríquez)
Pichucalco	Nicapa Nuevo Nicapa Plutarco Elías Calles Platanar Abajo 1ª Sección (La Crimea) Tectuapan
Tecpatán	Tecpatán Adolfo López Mateos San Fernando Díaz (Maritano) El progreso (Chintul) Achiote

Fuentes: Gobierno del Estado de Chiapas – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2011 y 2012.

se asocian a las inundaciones. Además, no solo se forman durante una erupción volcánica sino también en su fase tranquila y sobre todo cuando existen las condiciones propicias como sucede en el Chichón (abundancia de materiales sueltos, altas precipitaciones, fuertes pendientes del terreno, mal manejo de las actividades humanas). Son altamente peligrosos, se desplazan a grandes velocidades aprovechando los valles y cauces fluviales, pueden rebasar fácilmente cualquier barrera topográfica. Son muy destructivos pues arrasan con todo lo que encuentran a su paso (cultivos, viviendas, puentes, carreteras, etc.) o lo sepultan (Figura IV.5.1).

En el Mapa IV.5 se muestran los principales diques formados por los depósitos de material volcánico que obstruyeron el drenaje del río Magdalena-Ostuacán y sus afluentes y, las superficies que alcanzaron los embalses formados antes y después del mes de agosto de 1982, de acuerdo con Riva Palacio-Chiang (1983). Este autor menciona que debido a las erupciones del Chichón se acumularon considerables cantidades de materiales volcánicos en los cauces del río Sayula (Magdalena) y sus afluentes que fluyen por la parte sur del volcán. Al inicio de la temporada de lluvias se produjeron grandes corrientes de lodo que se concentraron en tres puntos de estrechamiento que coinciden con las confluencias de los principales tributarios (entre ellos el río Susnubac). Esto provocó el bloqueo

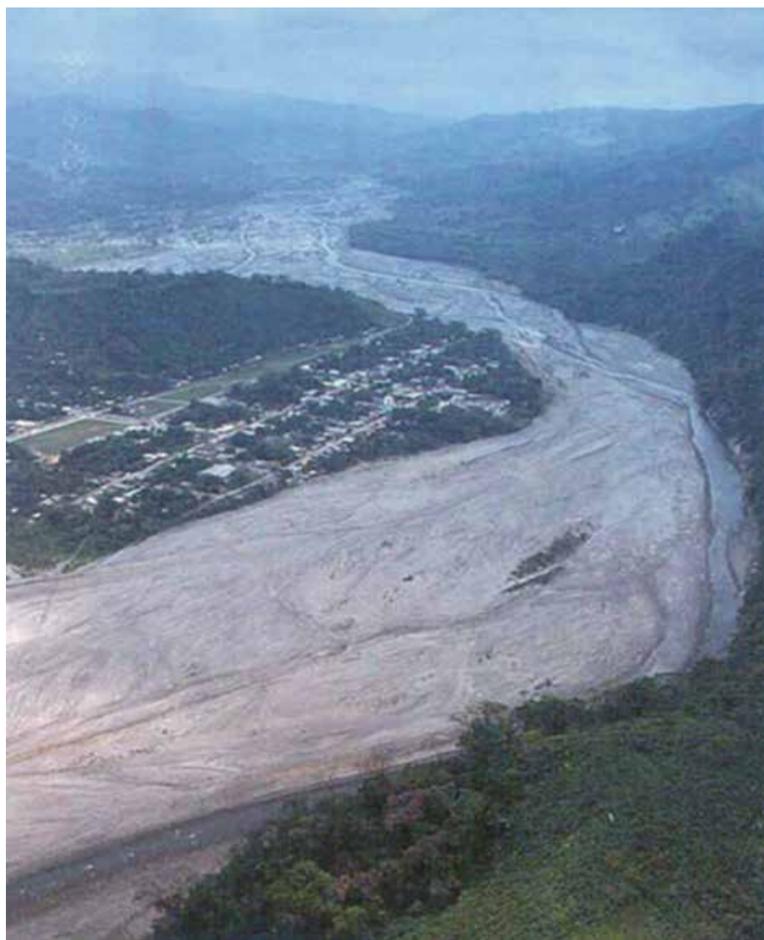


Figura IV.5.1. Lahar formado durante la erupción del volcán Chichón en 1982. El flujo inundó parcialmente al poblado de Ostuacán, Chiapas. Fotografía de José Luis Macías (29 de julio de 1996), tomada de Limón, 2005.

del drenaje, propiciando, tan solo en el dique principal, un embalse que acumuló casi 100 millones de m<sup>3</sup>, el agua alcanzó un tirante aproximado de 30 m de altura; posteriormente se produjo la ruptura de los diques trayendo como consecuencia una enorme avenida estimada en 4 000 m<sup>3</sup>/seg de agua a altas temperaturas y gran velocidad. La avenida llegó a la presa Peñitas (que aún estaba en construcción), situada a 35 km aguas abajo del dique, con una temperatura de 70° C.

Uno de los efectos relevantes de las inundaciones y los lahares en la zona, es la acumulación de sedimentos que modifican la dinámica y los cauces fluviales, lo cual, a su vez, crea otras amenazas como por ejemplo le resta vida útil a la presa Peñitas y al azolverse rápidamente pierde capacidad para la retención de agua, facilitando las avenidas y desbordes e incluso el rompimiento de la cortina, lo que conlleva un riesgo muy alto para las poblaciones situadas aguas abajo de la presa.

A continuación se muestra una secuencia temporal (1986, 1999, 2011) de imágenes de satélite LANDSAT, en un compuesto RGB 345, a fin de resaltar los sedimentos provenientes de la zona del volcán Chichón que son arrastrados por el río Magdalena hasta la presa Peñitas (Figura IV.5.2).

Con la información de los Planes de Contingencias para la Temporada de Lluvias y Ciclones Tropicales (2011 y 2012), elaborada por el Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres del Estado de Chiapas se construyeron dos mapas complementarios, en el primero se expresa el grado de amenaza por inundaciones, lluvias e inestabilidad de laderas (Figura IV.5.3). En el segundo, se muestran los grados de riesgo y de vulnerabilidad global por inundaciones (Figura IV.5.4). En ambas figuras se observa que el municipio de Francisco León tiene las categorías más altas en cuanto a amenazas, vulnerabilidad y riesgo.

Lo anterior debe tenerse en cuenta dentro de los planes de manejo del volcán y su entorno, ya que los lahares y las inundaciones no solo se presentan en el momento de la actividad eruptiva sino que pueden ocurrir mucho tiempo después. De hecho, prácticamente cada año, estos fenómenos suceden durante la temporada de lluvias pero no se monitorean, por esto es fundamental el desarrollo de un sistema de alerta temprana que tome en consideración las diversas amenazas, así como la participación de todos los actores sociales incluyendo a la población indígena.

### Bibliografía

- Bitrán, D. (2001), *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-99*, México, D. F., Secretaría de Gobernación (SEGOB)-Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).
- Canul-Dzul, R. F., A. Razo Montiel y V. Rocha López (1983), "Geología e historia volcanológica del volcán Chichón, estado de Chiapas, El volcán Chichonal", Simposio sobre el volcán Chichonal, *VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*, UNAM, México, pp. 3-22.
- INEGI (2010), *Fotografías aéreas*, escala 1:5 000.
- INEGI (2002), *Base topográfica digital*, escala 1:50 000, Hoja Ixhuatán, Clave E15-C39, México.

Limón Hernández, C. G. (2005), *Análisis de la percepción del riesgo en los volcanes Chichón y Tacaná, Chiapas*, tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Magaña, V. (ed.; 1999), *Los impactos de El Niño en México*, Dirección General de Protección Civil-Secretaría de Gobernación, México.

Murk, B., B. Skinner and S. Porter (1997), *Dangerous Earth, an Introduction to Geologic Hazards*, USA, John Wiley & Sons, Inc.

Osorno Covarrubias, J. (2011), *Mosaico de la zona de volcán Chichón*.

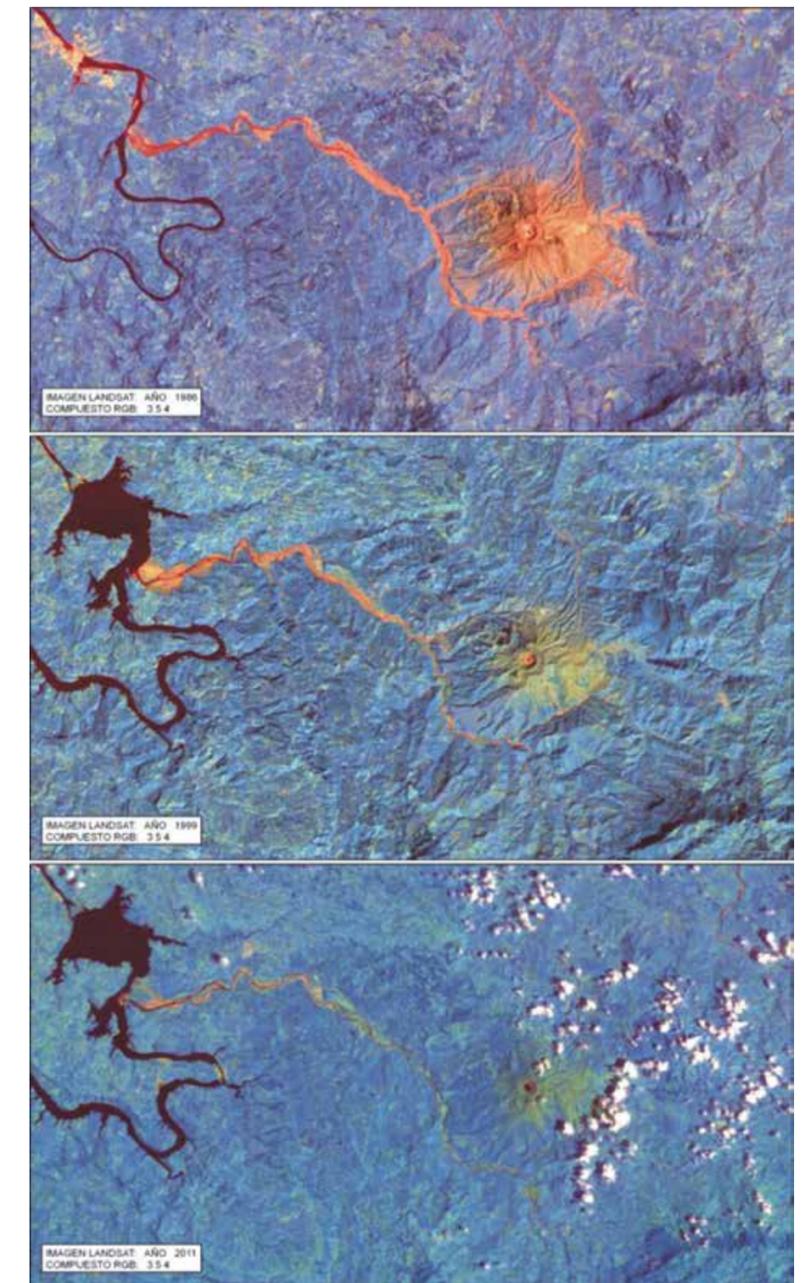
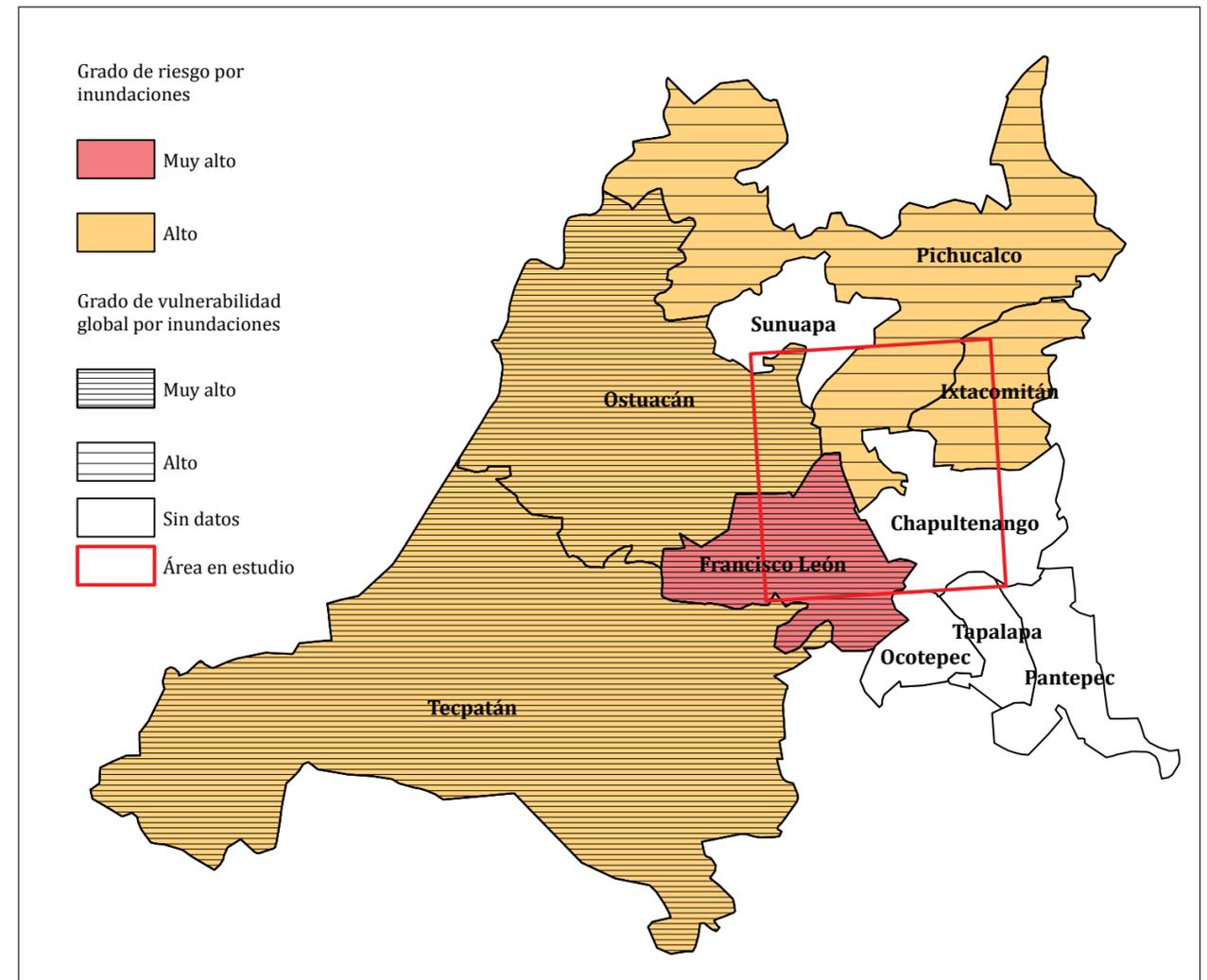
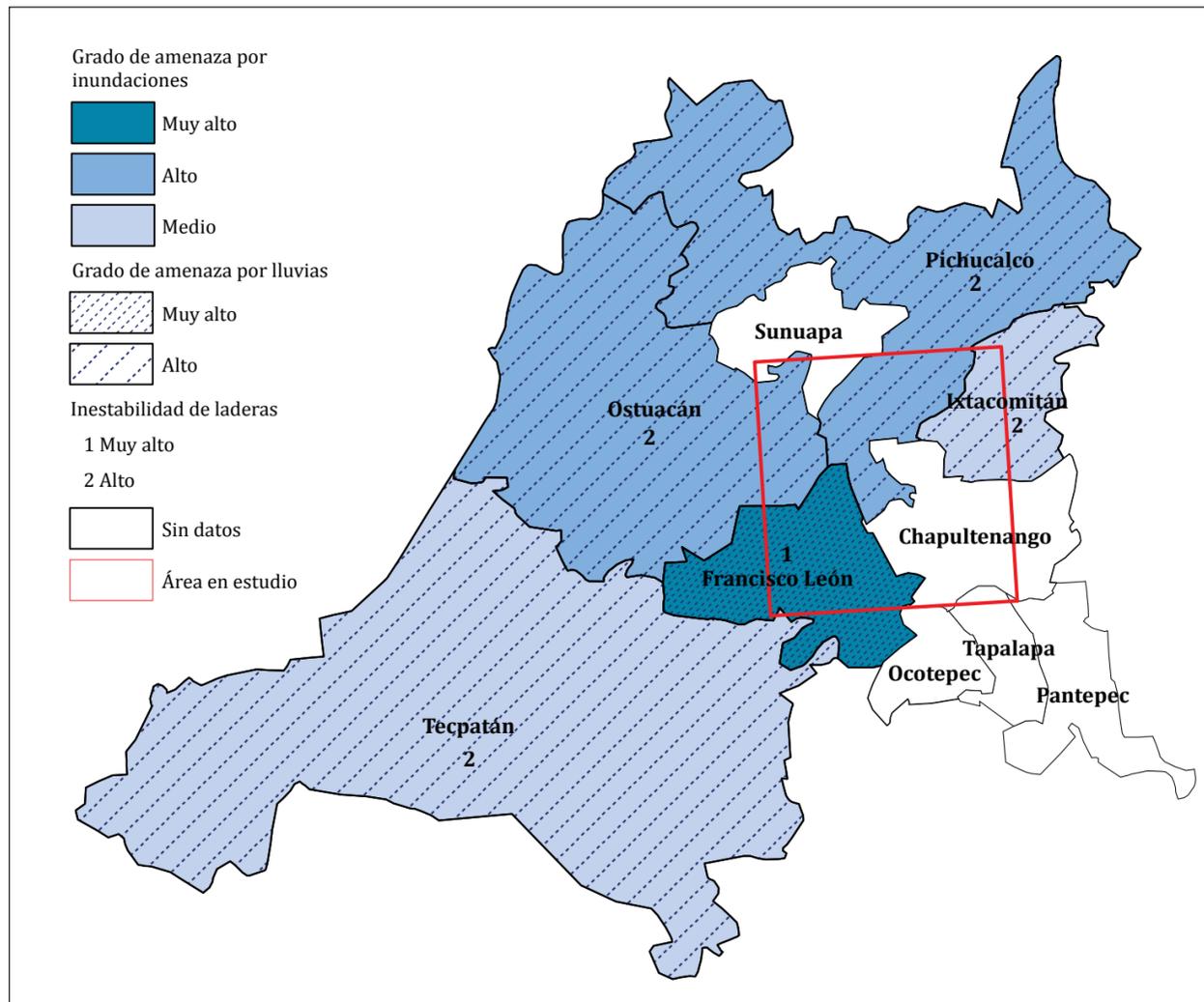


Figura IV.5.2. Compuestos RGB 345 de imágenes LANDSAT para resaltar los sedimentos derivados del volcán Chichón y su entorno en una secuencia temporal (1986, 1999, 2011).



Fuente: Gobierno del Estado de Chiapas-PNUD (2011 y 2012).

Fuente: Gobierno del Estado de Chiapas- PNUD (2011 y 2012).

Figura IV.5.3. Grado de amenaza por inundaciones, lluvias e inestabilidad de laderas en los municipios del área en estudio del volcán Chichón.

Figura IV.5.4. Grado de riesgo y de vulnerabilidad global por inundaciones en los municipios del área de estudio del volcán Chichón.

PACCCH (2011), Programa de Acción Ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas, Programa de Acción Climática para el Estado de Chiapas, Gob. Edo. de Chiapas, Embajada Británica, Conservación Internacional, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Ecosur, Colpos.

PO (2009), Gobierno del Estado de Chiapas-Plan Operativo de Protección Civil, Volcán Chichón, Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres, Chiapas.

PNUD (2011), Gobierno del Estado de Chiapas – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Plan de Contingencias para la Temporada de Lluvias y Ciclones Tropicales, Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres, Chiapas [<http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/site/descargas/descargas.php>].

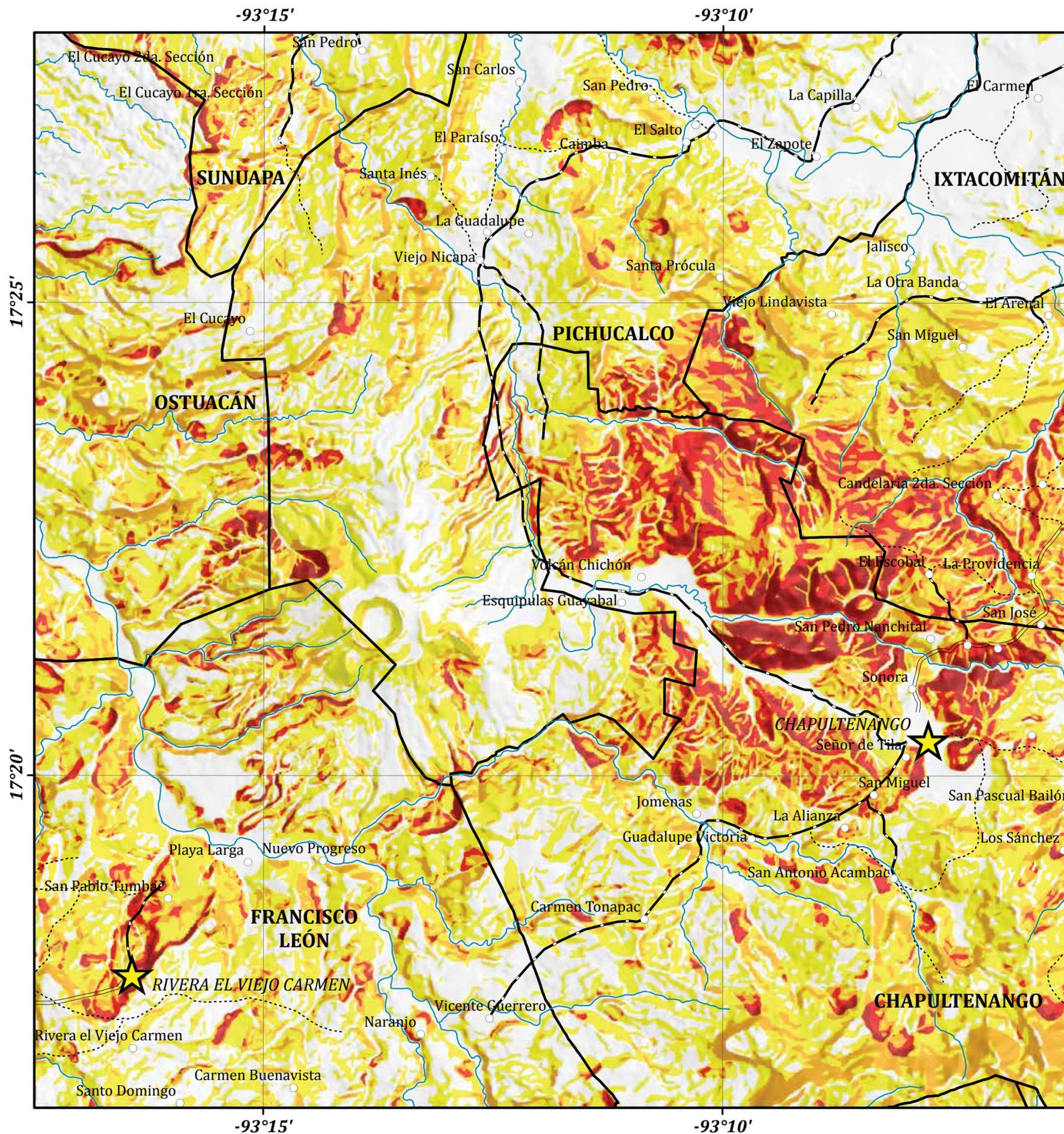
PNUD (2012), Gobierno del Estado de Chiapas – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Plan de Contingencias para la Temporada de Lluvias y Ciclones Tropicales 2012, Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres, Chiapas [<http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/site/descargas/descargas.php>].

Riva Palacio-Chiang, R. (1983), "Informe y comentarios acerca del volcán Chichonal, Chiapas", El volcán Chichonal, Simposio sobre el volcán Chichonal, VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana, UNAM, México, pp. 49-56.

**Fuentes hemerográficas:**

Noticiasnet.com. (22 octubre 2011), Declaran zona de desastre en 5 municipios del Norte (consultado 6/11/2011).

Noticiasnet.com. (22 octubre 2011), Severos daños en carreteras (consultado 6/11/2011).



**LEYENDA DEL MAPA**

Susceptibilidad a  
Procesos de Remoción en Masa

- Muy Alta
- Alta
- Media
- Baja
- Muy Baja

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

**FUENTES:**

I.5 Geología (Canul *et al.*, 1983, Duffield *et al.*, 1984, García *et al.*, 2004)  
 III.2 Pendientes (Garnica *et al.*, 2013)  
 III.8 Geomorfología (Mendoza Margáin, 2013)

**ESCALA 1:70 000**



Autores: Irasema Alcántara Ayala  
 Ricardo J. Garnica Peña  
 Guadalupe Hernández Moreno

## IV.6 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa

*Irasema Alcántara Ayala, Ricardo J. Garnica Peña  
y Guadalupe Hernández Moreno*

Para elaborar el mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa fue necesario contar con tres aspectos muy importantes: la geología, la geomorfología y el grado de inclinación de las laderas. El proceso consistió en otorgar un peso específico para cada una de las clases que componen a cada mapa. Dicho valor fue establecido a partir de la relevancia que tiene cada uno de los elementos de los mapas en relación con la susceptibilidad a este tipo de fenómenos gravitacionales.

En primer lugar, el mapa de pendientes, con valores en grados, fue re-clasificado para obtener cinco rangos (< 15, 16-21, 22-28, 29-32, > 33), y a cada uno se le asignó un peso de acuerdo con su relevancia para la susceptibilidad. De esta forma, el valor 0 le correspondió al primer rango y el valor 4 al último, es decir, laderas con una inclinación mayor a 33° tienden a tener mayor probabilidad de ocurrencia de un proceso de remoción en masa a diferencia de una con pendiente menor a 15°.

El siguiente paso fue establecer los valores para cada uno de los tipos de roca que forman parte de la zona en estudio. Este valor fue definido de acuerdo con su potencial para la presencia o ausencia de procesos gravitacionales. Para ello fue necesario determinar el tipo de roca sobre el cual se habían presentado procesos de remoción con anterioridad, ya que en donde ha ocurrido este tipo de procesos existe una importante probabilidad de que vuelvan a suscitarse (Figura IV.6.1). Se tomó en cuenta un inventario de procesos de remoción en masa realizado a partir de imágenes de satélite y fotografías aéreas. De esta forma, los valores altos de susceptibilidad corresponden a asociaciones de rocas como lutitas y areniscas, mientras que la baja susceptibilidad fue asignada a materiales del tipo de las tobas localizadas en pendientes suaves, en rocas tipo andesitas, traquibasaltos y en los depósitos aluviales en las llanuras de inundación de algunos ríos.

Por último, se empleó el mapa geomorfológico como insumo para determinar aquellas áreas o sitios que son potencialmente inestables como resultado de su carácter morfológico. En este caso, las formas del relieve con mayor susceptibilidad fueron unidades tales como los circos de deslizamientos, circos de desprendimiento, corredores de escombros, abanicos aluviales, zonas sujetas a flujos de lodo, depósitos de deslizamientos y procesos de remoción recientes. Por otro lado, las unidades con menor susceptibilidad fueron aquellas áreas morfológicas constituidas por rocas más sólidas y mayor nivel de agregación y cohesión, así como también las áreas bajas y de menor pendiente asociadas a las llanuras de inundación o lechos de los ríos.

Una vez asignados los pesos o valores para cada una de las clases, se procedió a realizar una sobreposición de mapas para determinar las zonas con mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa. El área principal con mayor potencial se ubica en la porción oriental de la zona en estudio. Esta región se caracteriza por presentar valores altos de

pendiente, así como la presencia de antiguos deslizamientos que han ocurrido tanto en rocas calizas del Cretácico superior como en lutitas del Paleoceno. En la porción occidental del mapa es posible observar algunas pequeñas franjas con susceptibilidad alta producto de laderas con fuerte inclinación, intercalaciones de rocas areniscas y lutitas, así como la presencia de procesos gravitacionales ocurridos con anterioridad. Cabe

mencionar que en este sector poniente del mapa existe ocurrencia potencial de flujos de lodo provenientes de las laderas del volcán; estos flujos pueden presentarse debido a la gran cantidad de material suelto que se encuentra en los barrancos que forman parte de la estructura volcánica. Tienen el potencial de afectar a la población de Ostucán, tal y como sucedió en 1982.

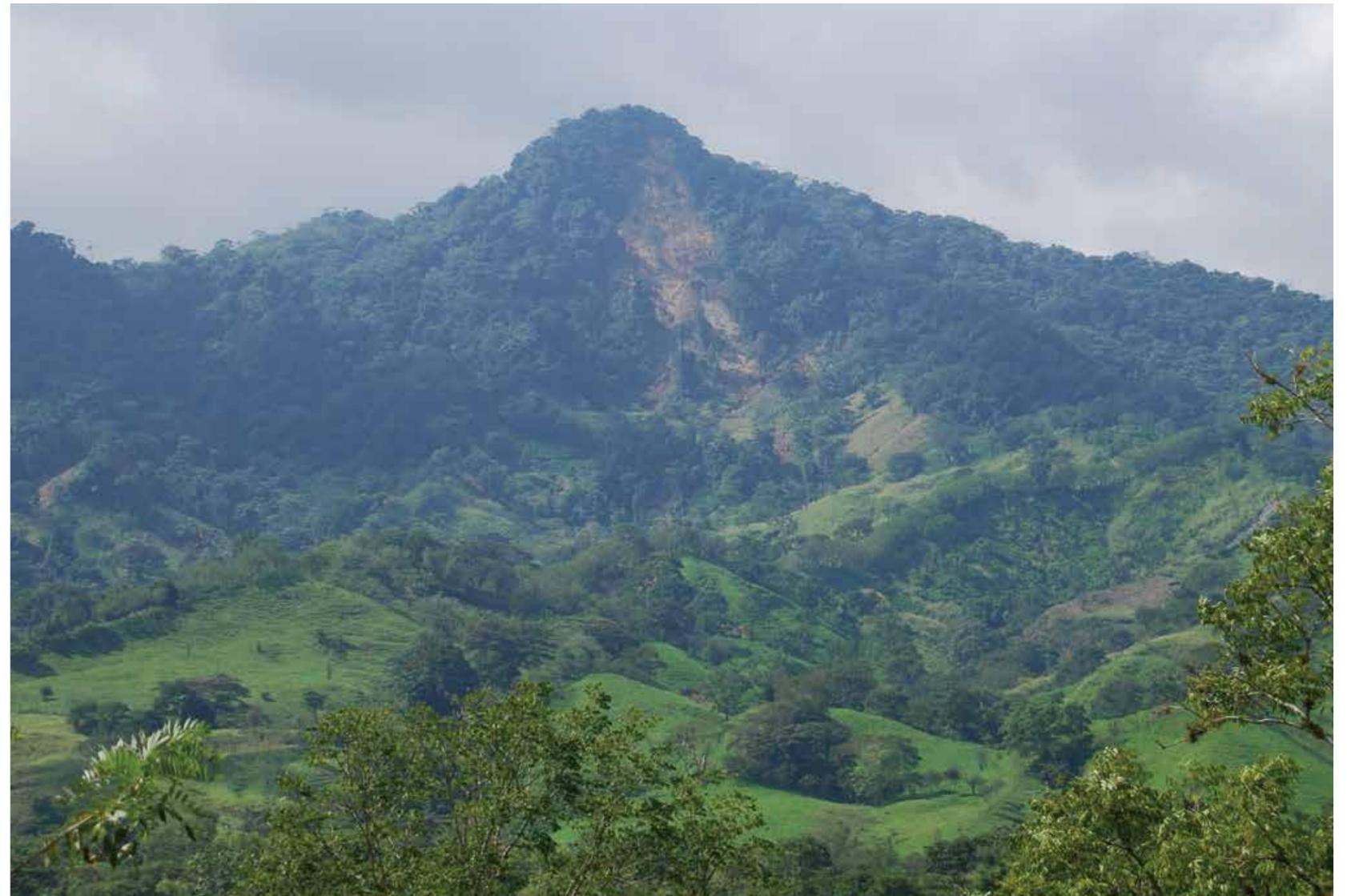
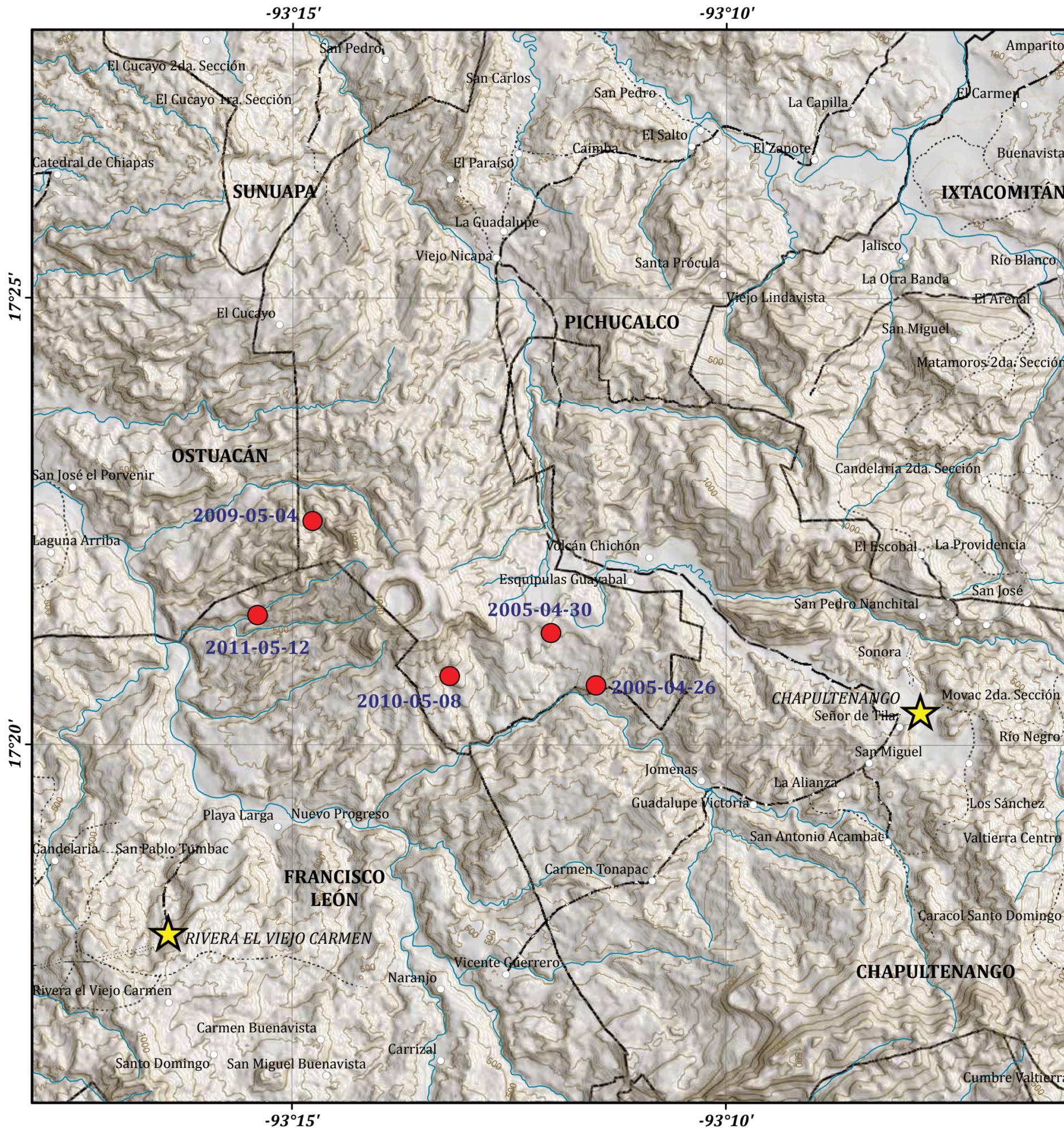


Figura IV.6.1. Inestabilidad de laderas por procesos de remoción en masa en las cercanías de la localidad de Nicapa.



**LEYENDA DEL MAPA**

- Incendios (puntos de calor)

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural

**Vías terrestres**

- == Carretera federal
- == Carretera estatal
- Terracería
- - - Brecha

**Rasgos naturales**

- ~ Corrientes principales

FUENTES:  
CONABIO (2012).  
USGS.



Autores: Lilia de Lourdes Manzo Delgado  
David Jonatán Cortés Navarrete

## IV.7 Incendios forestales (2005-2011)

Lilia de Lourdes Manzo Delgado y David Jonatán Cortés Navarrete

El mapa presenta los incendios activos que fueron detectados como puntos de calor en las imágenes MODIS en el periodo 2005-2011.

### Método

Los puntos de calor son detectados a partir de las imágenes MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) que corresponden al programa de alerta temprana de incendios forestales de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2012), cuyos resultados están disponibles en el portal de Internet (<http://conabio.gob.mx>). La detección de puntos de calor en las imágenes MODIS se realiza mediante un algoritmo desarrollado en la Universidad de Maryland, el cual considera la temperatura de brillo registrada en las bandas 22 y 31 ubicadas en las longitudes de onda del infrarrojo térmico (Giglio *et al.*, 2003). Cada punto de calor detectado rebasa los 58° C (331° K). La información proporcionada en el portal de CONABIO incluye la fecha, ubicación geográfica, municipio y tipo de vegetación afectada, entre otros datos.

El mapa de incendios se construyó a partir de las coordenadas centrales de los píxeles que registraron un punto de calor. Los píxeles tienen una resolución espacial de 1 km por lado; de tal manera que cada uno representa de manera general un incendio; sin embargo, puede haber más de un incendio activo. Debido a ello, se consideró importante validar cada punto de calor detectado utilizando imágenes Landsat ETM, cuya resolución espacial es de 30 m.

Tomando como base lo anterior, se buscaron y descargaron las imágenes Landsat ETM (path 22 row 48) antes y después de cada incendio (punto de calor), las cuales se encuentran disponibles gratuitamente en internet (<http://glovis.usgs.gov>). Posteriormente se construyeron compuestos RGB (543) para cada par de imágenes, se sobrepusieron los puntos de calor en ambas imágenes, se buscó en la imagen posterior al fuego la presencia de áreas quemadas en un radio aproximado de 1 km. Dichas áreas fueron reconocidas por el color rojo oscuro que presentan las superficies afectadas por el fuego, como resultado del carbón acumulado en el suelo (ceniza) y vegetación chamuscada (Pereira *et al.*, 1997). Al comparar dicha área con su correspondiente en la imagen de fecha anterior; si presentaba un color verde era porque aún no se había quemado la vegetación y por tanto se confirmaba que había ocurrido un incendio.

### Resultados

Durante el periodo 2005-2011 se registraron cinco incendios como puntos de calor entre febrero y junio. El 2005 registró dos incendios y los restantes solo uno. Por otra parte, tres incendios se presentaron en pasti-

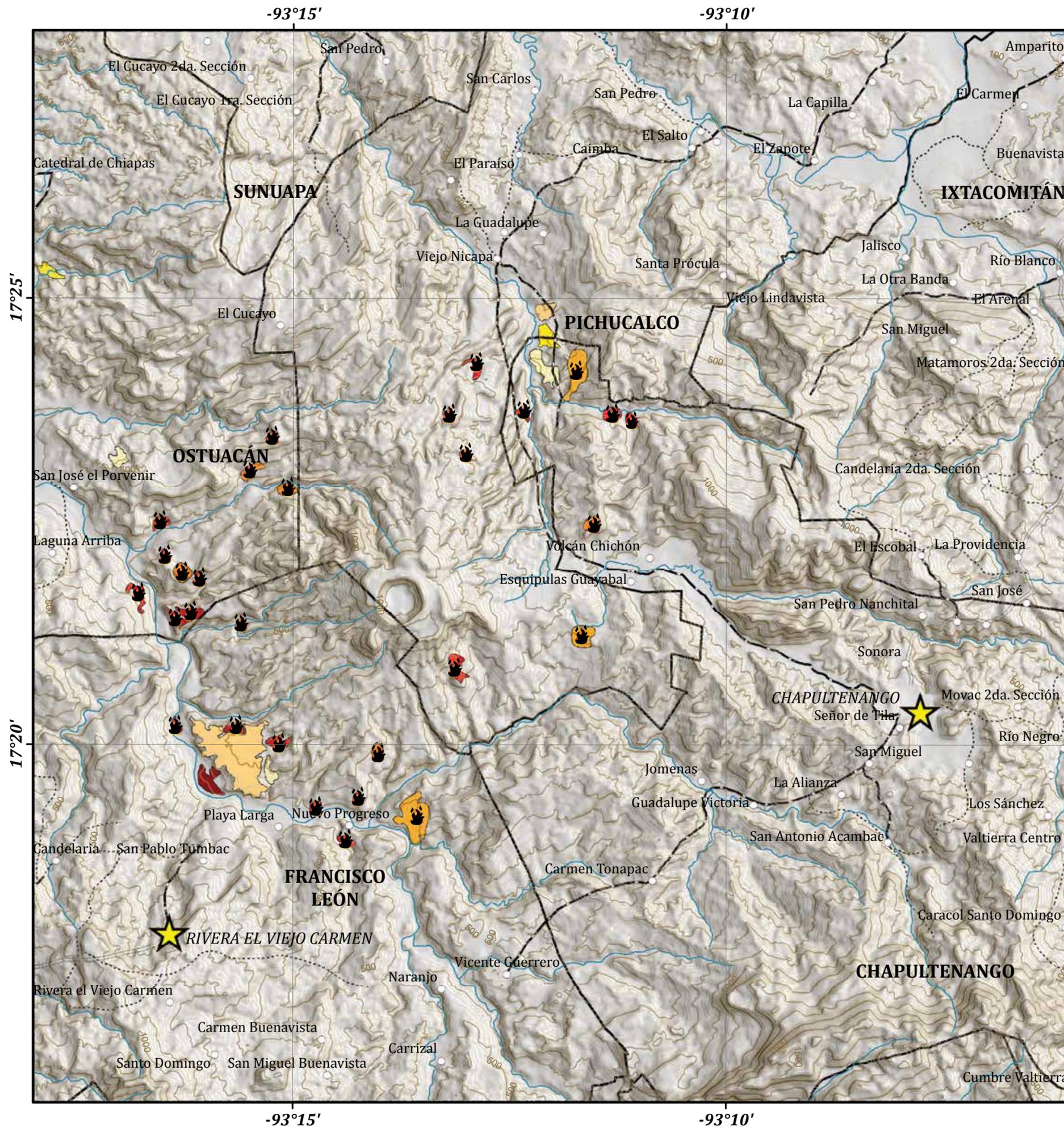
zales y dos en selva alta perennifolia (Figura IV.7.1). Asimismo, cuatro se registraron en el municipio de Pichucalco y uno en el de Francisco León. Mediante el proceso de validación se comprobó que a cada punto de calor le corresponde de una a tres áreas quemadas, lo cual confirma la eficiencia de este sistema de alerta temprana de CONABIO para monitorear incendios. Los resultados sugieren que los incendios en el área en estudio están relacionados con el uso del fuego para preparación de áreas de cultivos, así como para inducir el rebrote del pastizal en la época seca. La información proporciona datos sobre el número de incendios, fecha en que se presentan y tipo de vegetación afectada; sin embargo, carece de información referente a la ubicación y superficie afectada; debido a ello, se consideró importante elaborar un mapa de áreas quemadas.



Figura IV.7.1. Vegetación afectada por el incendio ocurrido el 8 de mayo de 2010 (foto tomada en noviembre de 2011).

### Bibliografía

- CONABIO (2012), *Puntos de calor detectados con imágenes de satélite de 2005-2011*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/puntos\\_calor/doctos/puntos\\_calor.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/puntos_calor/doctos/puntos_calor.html)].
- Giglio, L., J. Descloitres, Ch. O. Justice and Y. J. Kaufman (2003), "An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS", *Remote Sensing of Environment*, no. 87, pp. 273-282.
- U.S. Geological Survey Center (USGS) Global Visualization Viewer - Imágenes Landsat en [<http://glovis.usgs.gov>].
- Pereira, J. M. C., A. C. L. Sá, A. M. O. Sousa, J. M. N. Silva, T. N. Santos and J. M. B. Carreiras (1997), "Spectral characterisation and discrimination of burnt areas", in Chuvieco, E. (ed.), *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*, Springer, pp. 123-138.



### LEYENDA DEL MAPA

Áreas quemadas (2000-2012)

2000	2003	2010
2001	2005	2011
2002	2009	2012

Incendios (puntos de calor)

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

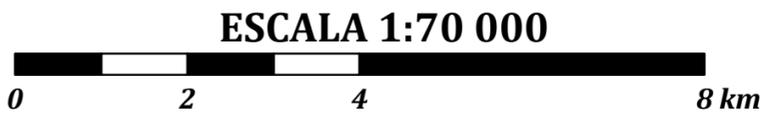
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTES:  
CONABIO (2012).  
USGS.



Autores: Lilia de Lourdes Manzo Delgado  
David Jonatán Cortés Navarrete

## IV.8 Áreas quemadas (2000-2012)

Lilia de Lourdes Manzo Delgado y David Jonatán Cortés Navarrete

El mapa presenta la distribución espacial y temporal de las áreas quemadas identificadas en las imágenes Landsat ETM para el periodo 2000-2012.

### Método

Los polígonos de las áreas quemadas se identificaron mediante la visualización de imágenes Landsat ETM, tomando como referencia la fecha y ubicación de los puntos de calor detectados por la CONABIO para el periodo 2005-2011 (<http://conabio.gob.mx>). Las imágenes Landsat ETM (path 22 - row 48), antes y después de los puntos de calor reportados se descargaron gratuitamente desde el Visualizador Global del Servicio Geológico de Estados Unidos (<http://glovis.usgs.gov>). Con la finalidad de ampliar el periodo en estudio, se revisaron las imágenes 2000-2004 y 2012, eligiéndose una al inicio y otra al final de la temporada de incendios (febrero-junio). De esta manera el periodo de información cubrió doce años de análisis: 2000-2012.

Para las imágenes asociadas a un punto de calor, se construyeron compuestos RGB (543) y el índice de áreas quemadas NBR (Normalized Burn Ratio). El índice NBR se calcula a partir de la expresión  $(B4 - B7)/(B4 + B7)$ , donde B4 corresponde a la banda del infrarrojo cercano y B7 a la del infrarrojo medio. Un marcado decremento entre el NBR anterior y posterior a la fecha del incendio confirma la presencia de un área quemada (Cocke *et al.*, 2005). Al sobreponer los puntos de calor a los compuestos RGB y a los índices NBR posterior al incendio, en un radio aproximado de 1 km, se identificaron aquellas superficies que presentaron un color rojo oscuro o morado en el compuesto RGB y un color oscuro (cercano al negro) en el NBR, considerándose que podían estar asociadas a los residuos de carbón y ceniza depositados después de la combustión vegetal (Pereira *et al.*, 1997), dichas superficies se comparaban visualmente con las imágenes de fecha anterior; si presentan un color verde se asociaba al estado fenológico y la actividad fotosintética de la vegetación antes del incendio; al mismo tiempo se identificaba como área quemada (Figura IV.7.1).

De esta manera se observó que alrededor de cada punto de calor se presentaban entre uno y tres polígonos de áreas quemadas; dado que algunas imágenes no tenían puntos de calor, otras áreas fueron identificadas por medio de comparación visual. Con apoyo del SIG ArcMap, cada área quemada se consideró como un polígono que fue digitizado y etiquetado con la fecha del punto de calor.

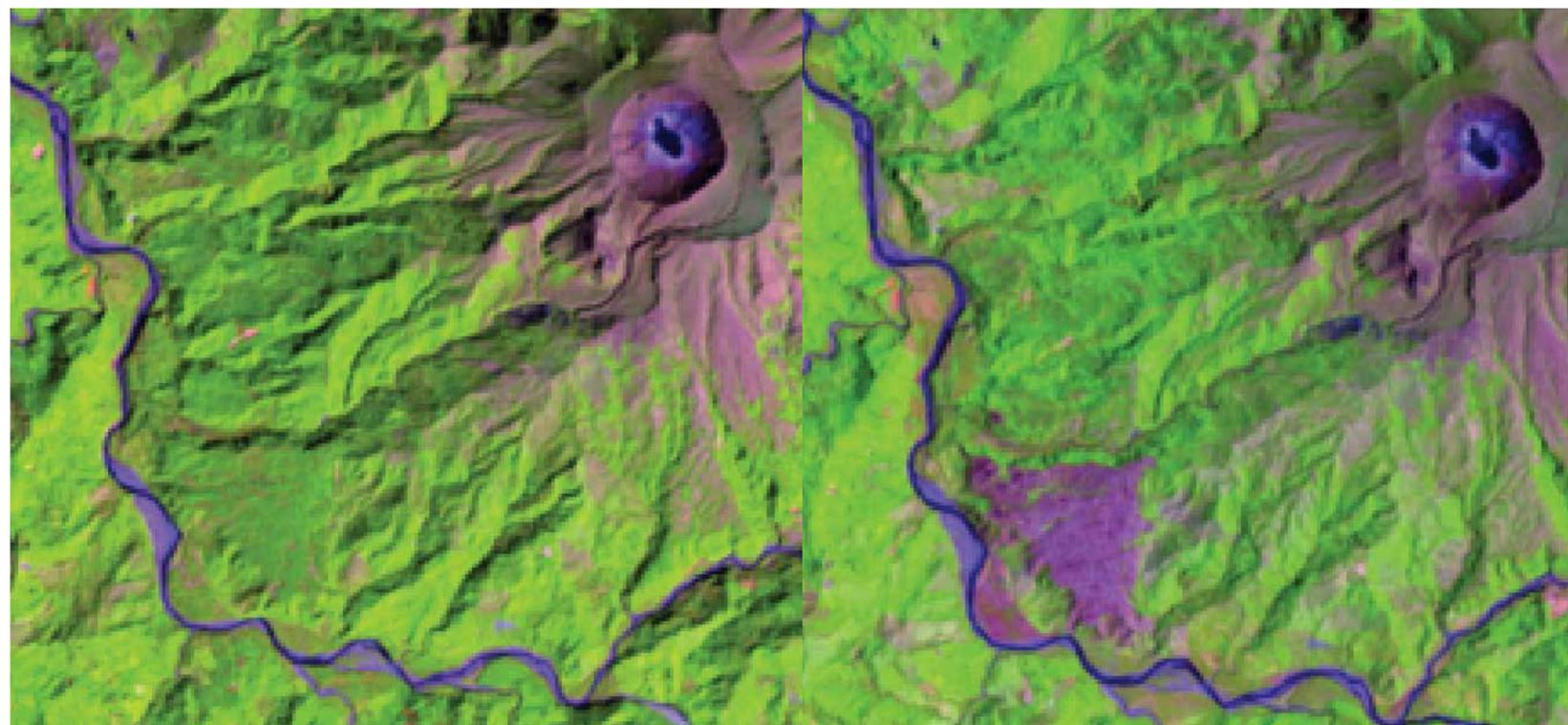


Figura IV.7.1. Identificación de un área quemada antes (3 de abril de 2003, izquierda) y después de un incendio (14 de febrero de 2003, derecha), la cual se presenta en color morado. En la esquina superior derecha de ambas imágenes se observa el volcán Chichón.

### Resultados

Durante 2000-2012, se identificaron 40 áreas quemadas, siete de las cuales se presentaron en selva baja y tres en pastizal. En conjunto afectaron un total de 475.9 ha; siendo 2003 el año más afectado con 143.8 ha, se-

Tabla IV.7.1. Áreas y superficie afectada por incendios (periodo 2000 -2012)

Año	Áreas quemadas	Superficie afectada (ha)
2000	3	40.6
2001	2	9.5
2002	3	42.7
2003	2	143.8
2004	0	0.0
2005	3	84.1
2006	0	0.0
2007	0	0.0
2008	0	0.0
2009	5	36.7
2010	13	62.7
2011	8	37.8
2012	1	18.1
Total	40	476.0

guido del 2005 con 84 y 2010 con 62; con excepción de cuatro años, los restantes presentaron entre 9 y 37 ha afectadas. Es importante resaltar que después de los años en que hubo una mayor superficie quemada, no hubo incendios (Tabla IV.7.1). Considerando los límites municipales, en el periodo en estudio, Francisco León presentó 232.9 ha afectadas por incendios, que representan 48.93% (232.9 ha) del total de área quemada en 12 años; Ostuacán ocupa el siguiente lugar con 22.75% (108.25 ha), seguido por Chapultenango 16.9% (80.4 ha) y Pichucalco 11.42% (54.4 ha).

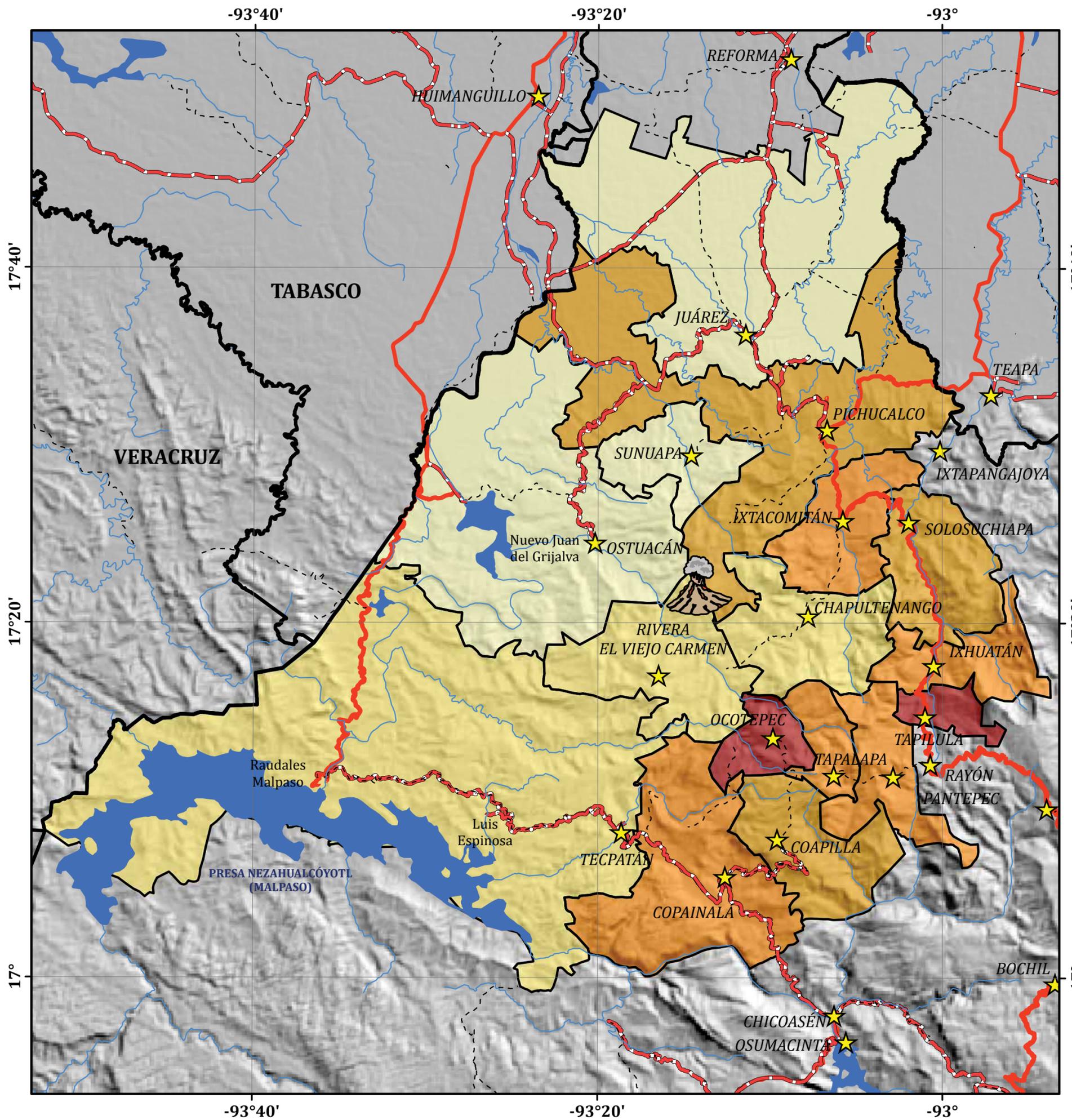
### Bibliografía

- CONABIO (2012), *Puntos de calor detectados con imágenes de satélite de 2005-2011*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/puntos\\_calor/doctos/puntos\\_calor.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/puntos_calor/doctos/puntos_calor.html)].
- Cocke, A. E., P. Z. Fule and J. E. Crouse (2005), "Comparison of burn severity assessments using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data", *International Journal of Wildland Fire*, no. 14, pp. 189-198.
- Pereira, J. M. C., A. C. L. Sá, A. M. O. Sousa, J. M. N. Silva, T. N. Santos and J. M. B. Carreiras (1997), "Spectral characterization and discrimination of burnt areas", in Chuvieco, E. (ed.), *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*, Springer, pp. 123-138.
- U.S. Geological Survey Center (USGS) Global Visualization Viewer - Imágenes Landsat. en <http://glovis.usgs.gov>.

**V**

**Caracterización de  
la vulnerabilidad  
socio-económica**





**LEYENDA DEL MAPA**

Densidad de población (habitantes/km<sup>2</sup>)

- < 30
- 31 - 45
- 45 - 60
- 61 - 100
- > 101

**SIMBOLOGÍA**

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal

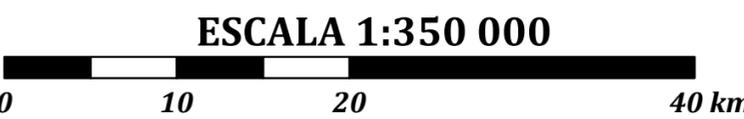
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro

**Rasgos naturales**

- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
INEGI (2010), SCINCE, Sistema para la consulta de información censal.



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor  
Genaro Javier Delgado Campos

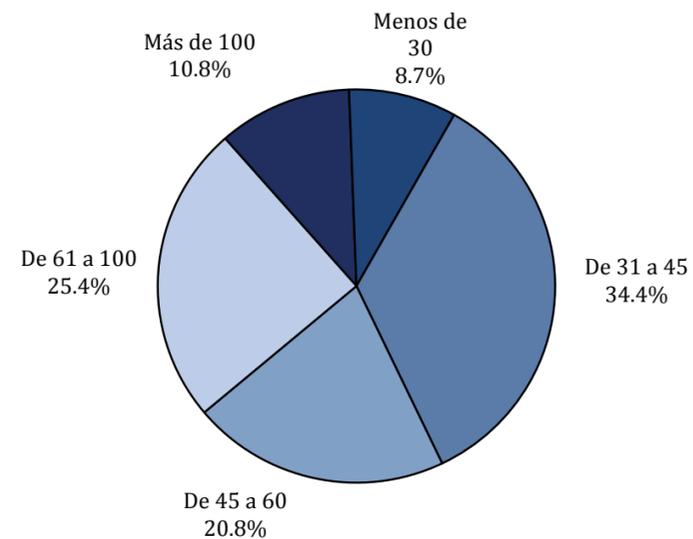
## V.1 Densidad de población municipal, 2010

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña,  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor y Genaro Javier Delgado Campos

La densidad de población es un indicador que permite conocer la intensidad de ocupación y la distribución demográfica de un lugar, al relacionar el número de personas y el espacio que ocupan. En el caso de este mapa, el indicador que se calculó fue de densidad bruta, ya que tomó en cuenta la superficie total del municipio, por lo que están involucrados todos los usos del suelo que se ahí se desarrollan, no exclusivamente las áreas ocupadas por las viviendas de los habitantes de las distintas localidades.

El valor de la densidad de población en la región en estudio, de 46.3 personas/km<sup>2</sup>, se puede clasificar como intermedio, este promedio no es bajo como para deducir que se trata de un área despoblada, como sí lo es Baja California Sur, con una densidad de 8.6 habitantes/km<sup>2</sup>, o Sonora, con 14.4 habitantes/km<sup>2</sup>; pero tampoco es alto, como en el Estado de México, con 707.1 habitantes/km<sup>2</sup> o el Distrito Federal, con 5 904.7 habitantes/km<sup>2</sup>; aunque esta cantidad es menor a la densidad media que se registró a nivel estatal, de 64.9 personas/km<sup>2</sup>. Sin embargo, lo que se puede distinguir en el mapa es una amplia diversidad en los valores de densidad de cada municipio, lo que nos señala que tanto la extensión superficial de los municipios como la población y la distribución de la población es muy desigual en la zona en estudio.

La amplia variación en el número de habitantes de los municipios del volcán Chichón abarcan desde 2 235 habitantes de Sunuapa, en el centro



Fuente: Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2010, México (fuente: INEGI, 2011).

Figura V.1.1. Distribución de la región del Chichón según niveles de densidad (habitantes por km<sup>2</sup>).

del área en estudio, hasta los 41, 045 de Tecpatán, en el extremo suroeste; al igual que la extensión territorial, desde los 40.4 km<sup>2</sup> de Tapilula, en el extremo sureste del volcán, hasta los 1 290.8 km<sup>2</sup> de Tecpatán, al sur.

Esta heterogeneidad, en parte explica la variedad en los valores de densidad media que resultaron, que van desde 20.8 personas/km<sup>2</sup> de Sunuapa (el municipio menos poblado de la región), hasta los 301.2 personas/km<sup>2</sup> de Tapilula, en el extremo sureste de la región (Figura V.1.1).

La distribución de la población según los diversos niveles de densidad de población que se registran en el mapa, muestra que los valores de

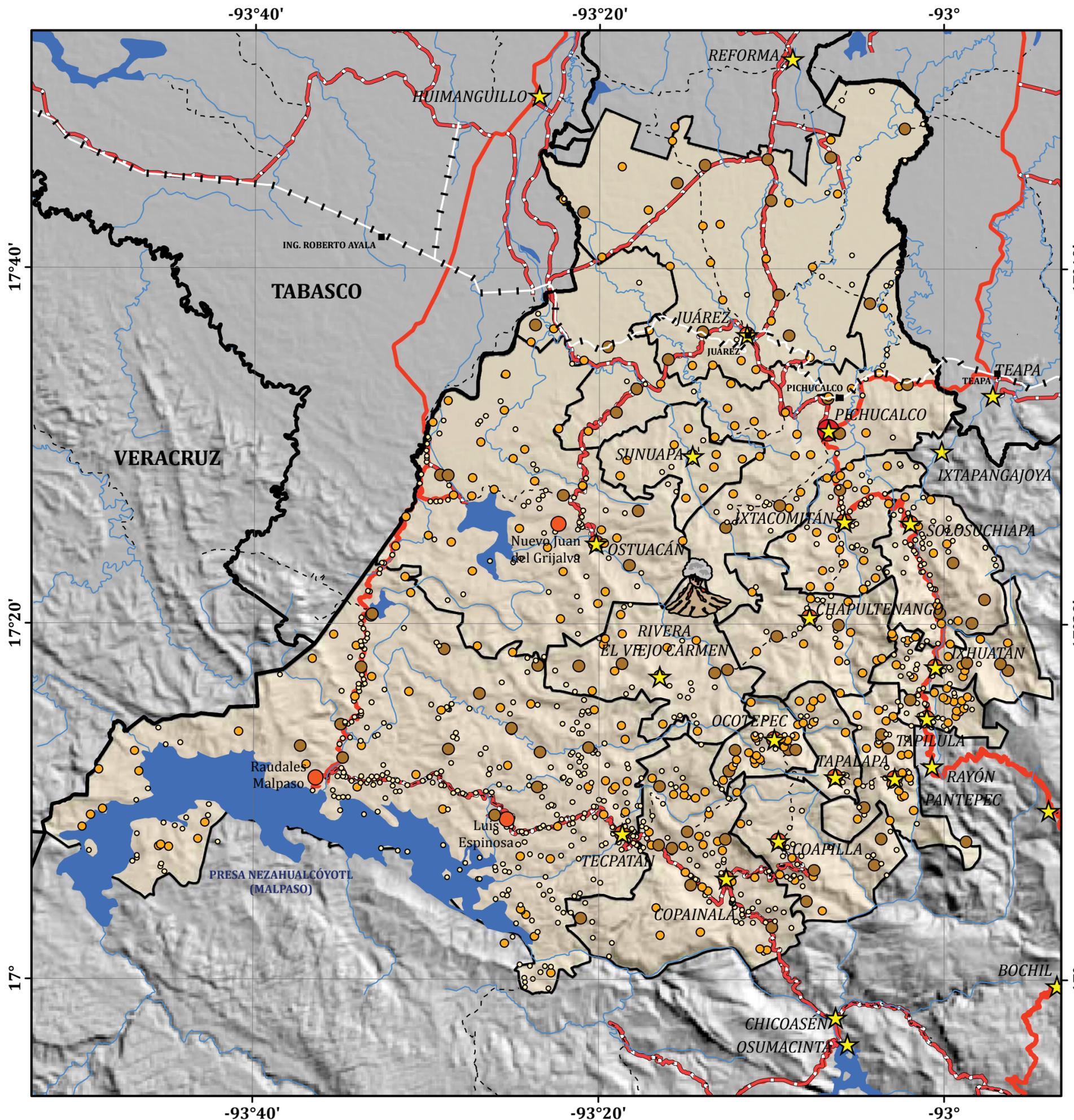
densidad intermedias son los que agrupan las mayores proporciones de la población, el 80.6%, mientras que ambos extremos concentran relativamente escasa población, la población con municipios con densidades muy bajas, menores de 30 habitantes/km<sup>2</sup>, agruparon al 8.7% de la población de la región, mientras que los municipios con densidades mayores a 100 habitantes/km<sup>2</sup> representan al 10.8% (Figura V.1.2).

Finalmente, en el mapa se puede observar una variación escalonada de los valores de densidad, desde el extremo sureste, donde se presentan los valores más altos, hacia las áreas noroeste del volcán Chichón y el extremo norte de la región, donde los valores son gradualmente más bajos.



Figura V.1.2. Vista aérea de la localidad de Chapultenango, municipio con baja densidad de población.

**DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR LOCALIDAD EN LOS MUNICIPIOS DE LA REGIÓN, 2010 V.2**



**LEYENDA DEL MAPA**

Localidades urbanas y rurales por tamaño de población (habitantes)

- < 100
- 101 - 500
- 501 - 1500
- 1 501 - 9 999
- > 10 000

Localidades rurales

Localidades urbanas

**SIMBOLOGÍA**

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro
- Estación del ferrocarril
- Vía férrea
- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
INEGI (2010), SCINCE, Sistema para la consulta de información censal.

**ESCALA 1:350 000**

Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
 Jorge González Sánchez  
 Genaro Javier Delgado Campos  
 María Teresa Gutiérrez de MacGregor

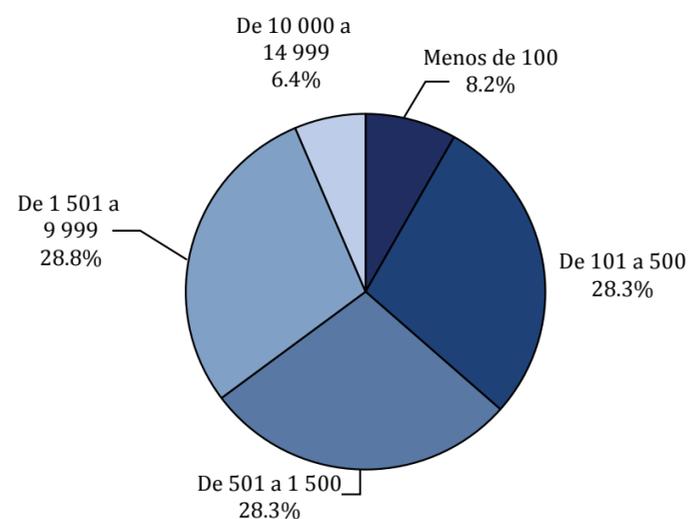
## V.2 Distribución de la población por localidad en los municipios de la región, 2010

Ricardo J. Garnica Peña, Jorge González Sánchez,  
Genaro Javier Delgado Campos y María Teresa Gutiérrez de MacGregor

La manera en que se distribuye la población en el territorio es resultado de la interrelación de múltiples factores, tanto físicos como sociales, económicos, políticos, históricos o demográficos. Originalmente factores como el clima, el relieve, la presencia de agua o la disponibilidad de otros recursos naturales fueron determinantes; sin embargo, factores económicos o sociales reducen relativamente la influencia de los factores físicos y, junto con el resto de los factores enunciados, determinan y acentúan la desigual distribución de la población en el espacio.

Las principales características de la distribución de la población en los municipios de la zona en estudio son su alta dispersión y la ausencia de aglomeraciones demográficas, ya que prácticamente no cuentan con localidades urbanas. Estos rasgos son indicadores de un relativo aislamiento y una ausencia de funciones y actividades especializadas, características de los lugares centrales; por lo tanto, es una región que para satisfacer muchos de sus requerimientos, por ejemplo en cuanto a suministros agropecuarios, depende de ciudades que están fuera de la región.

La dispersión demográfica en la zona se refiere a que un número reducido de habitantes se distribuyen en el territorio en numerosas localidades pequeñas: en este caso, el 65% del total de las localidades de la región son menores de cien habitantes y en ellas reside el 8.2% de la población total (Figura V.2.1).



Fuente: principales resultados por localidad (ITER). Censo de población y vivienda 2010, México (fuente: INEGI, 2011).

Figura V.2.1. Distribución de la población por tamaño de la localidad, 2010.

Generalmente la dispersión de la población está asociada con la falta de servicios, infraestructura y equipamiento básico en zonas con cierto grado de aislamiento geográfico, por localizarse en áreas con déficit de comunicaciones y escasa accesibilidad. Esta situación vuelve más complicada la inversión y dotación de servicios e infraestructura básica a la población dispersa. Todo esto en su conjunto genera condiciones de vida precarias, bajos niveles socioeconómicos y altos niveles de marginación, entre otros aspectos.

La alta dispersión de la población es un fenómeno característico del estado de Chiapas, que junto con Veracruz, registra el mayor número de localidades menores del país. Las 14 585 localidades con menos de cien habitantes que se identificaron en Chiapas en 2010, en números absolutos superan al total de localidades de las restantes treinta entidades del país.

Otro de los rasgos que definen la distribución de la población por tamaño de localidad en los municipios de la región es la ausencia de localidades urbanas, con la única excepción de Pichucalco, con 14.2 mil habitantes, por lo que se clasifica como una ciudad muy pequeña, con las implicaciones que esto significa. También destacan otras cuatro localidades que por su tamaño se clasifican como mixtas rurales-urbanas: Tapilula, con 7.4 mil, Juárez, con 7.2 mil, Raudales Malpaso, con 6.8 mil y Copainalá, con 6.5 mil habitantes.

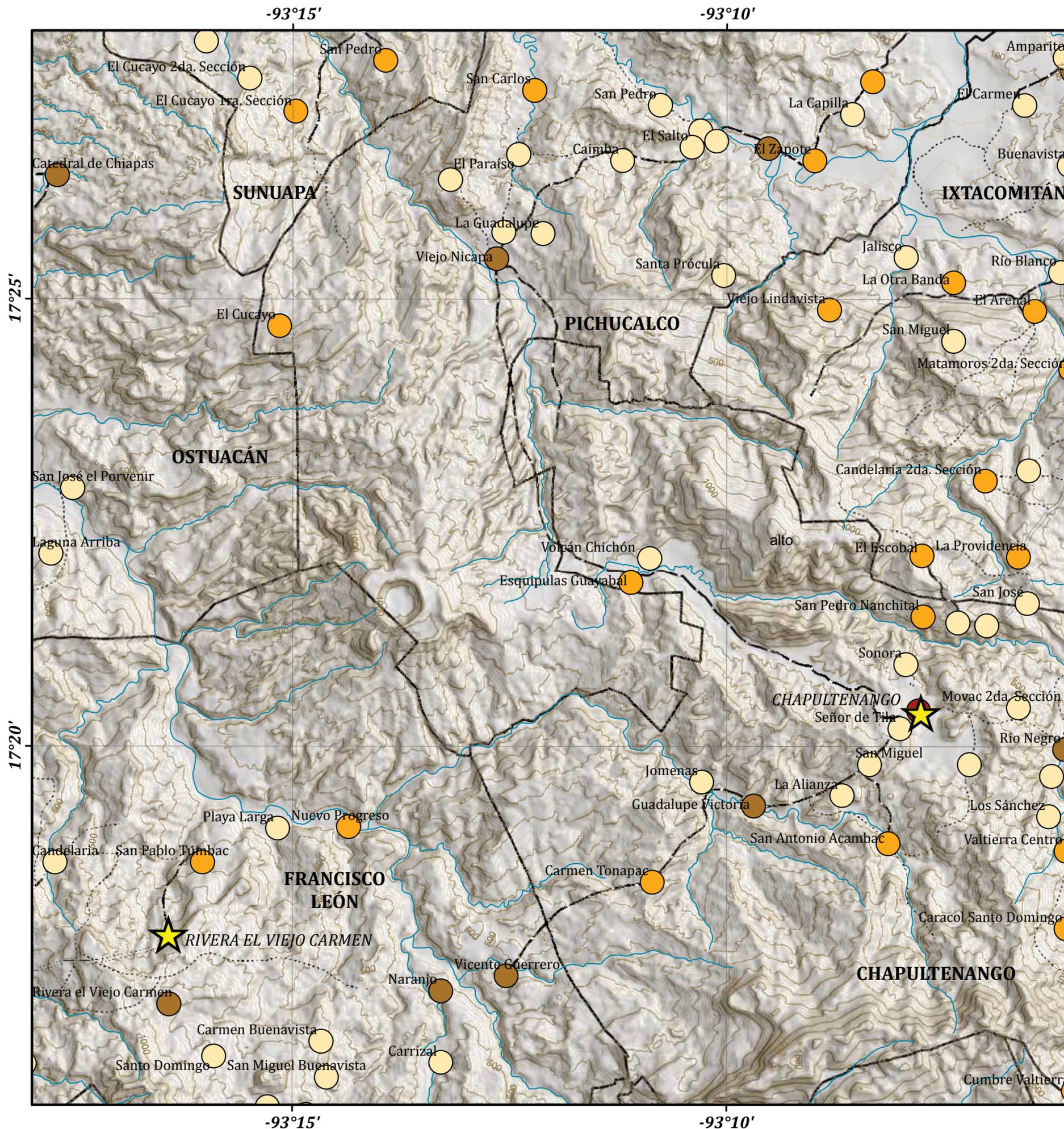
Entre mayor es el tamaño de la localidad, también son más abundantes y especializados los servicios y comercios que pueden brindar, no solo a la población local, sino también a las localidades pequeñas que se ubican en sus alrededores. Generalmente las de entre 5 y 15 mil habitantes proveen a las localidades más pequeñas diseminadas a su alrededor algunos servicios básicos, como educación o salud y pueden suministrar diversos satisfactores a través del comercio, finanzas o administración pública, etc., con lo cual constituyen sus áreas de influencia.

Los 222 589 habitantes de la región del Chichón se distribuyeron en 1 098 localidades de 16 municipios. El total de localidades en cada municipio varía considerablemente, desde Sunuapa, con 13, hasta Tecpatán con 354; cabe señalar que estos municipios no son ni el más pequeño ni el de mayor superficie de la región.

El tipo de localidades más abundantes, como ya se dijo, son las de menos habitadas: 765 tienen menos de cien habitantes; su distribución está muy asociada a la presencia de las distintas carreteras que atraviesan la zona, principalmente al sur, oriente y poniente. La siguen en cantidad 290 localidades con población de 101 a 500 habitantes; estos dos rangos de tamaño representan el 91.3% del total de las localidades de la región. Los municipios que registran el mayor número de localidades con menos de 500 habitantes son Tecpatán y Copainalá, que son también las que registraron mayor número de localidades totales. Cabe señalar que en nueve de los 16 municipios de la región las localidades menores de 500 habitantes representan más del 90% del total.

En cuanto a la distribución de la población por tamaño de localidad, resalta que en la región se registran similares proporciones de población en los tres rangos de tamaño intermedio: de 101 a 500, de 501 a 1 500 y de 1 501 a 9 999, cada uno de este tipo de localidades agrupa un poco más del 28% de la población total. Lo que contrasta con el número de localidades en cada uno de estos rangos: 290, 78 y 16, respectivamente; es decir, en la región del Chichón hay igual proporción de población en 16 localidades de 1 501 a 9 999 habitantes, que en 290 de 101 a 500 habitantes.

Los municipios con mayor proporción de su población en localidades menores a 500 habitantes son: Sunuapa, con el 63.9%, Tapalapa, con 52.9% y Pantepec, con 51.5%; en cambio, en Pichucalco, el 47.7% de su población se concentra en la cabecera municipal del mismo nombre, la localidad de mayor tamaño de toda la región.



**LEYENDA DEL MAPA**

Localidades rurales por tamaño de población (habitantes)

- < 100
- 100 - 500
- 500 - 1500
- 1 500 - 2 500
- > 2 500

- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- Cabecera municipal

**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTE:  
INEGI (2010), SCINCE, Sistema para la consulta de información censal.



Autores: Genaro Javier Delgado Campos  
Manuel Suárez Lastra  
Ricardo J. Garnica Peña  
Naxhelli Ruiz Rivera

## V.3 Distribución de la población a nivel localidad, 2010

Genaro Javier Delgado Campos, Manuel Suárez Lastra,  
Ricardo J. Garnica Peña y Naxhelli Ruiz Rivera

Se trata de una región en donde no hay lugares centrales locales, más bien es “predominantemente rural”, de acuerdo con diversos enfoques. Su población sería 32% urbana y 68% rural, si se considera a los 2 500 habitantes como el umbral de cambio (INEGI), esas proporciones cambian a 7 y 93%, respectivamente, si el umbral se establece en 10 mil habitantes como sugieren Gutiérrez y González (2001) o sería 100% rural de acuerdo con la propuesta clásica de Unikel *et al.* (1976) de situar este umbral en los 15 mil habitantes.

Detrás de esos diferentes criterios para establecer el umbral urbano rural de un territorio determinado, está una dificultad teórica para hacerlo, única o principalmente, en términos de tamaño de la población y no de funciones o actividades económicas, además. La idea de asociar a la población “rural” con una “campesina” o dedicada a la agricultura dejó de tener vigencia, por lo menos, desde los años setenta (Coll-Hurtado, 1982), cuando las poblaciones “rurales” mexicanas empezaron a albergar crecientemente actividades consideradas “propias de las ciudades”, como la industria rural o en baja escala, así como actividades terciarias. En los últimos años han surgido enfoques que cuestionan esa división y se inclinan más bien hacia la identificación de *franjas periurbanas* alrededor de los centros urbanos más dinámicos, más o menos extensas según el poder, no solo económico sino funcional del centro urbano más cercano y más o menos dispersas, según las condiciones geográficas y culturales de las áreas adyacentes a dichos centros (Galindo y Delgado, 2006; Ruiz y Delgado, 2008; Woods, 2009).

Tabla V.3.1. Localidades urbanas de la región en estudio (2010)

Municipio	Localidad	Población 2010
Pichucalco	Pichucalco	14 212
Tapilula	Tapilula	7 441
Juárez	Juárez	7 286
Tecpatán	Raudales Malpaso	6 817
Copainalá	Copainalá	6 550
Ixtacomitán	Ixtacomitán	4 835
Ocotepec	Ocotepec	4 663
Tecpatán	Tecpatán	4 530
Ixhuatán	Ixhuatán	3 621
Coapilla	Coapilla	3 187
Chapultenango	Chapultenango	3 129
Ostuacán	Ostuacán	2 979
	Total	69 250

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2010.

De acuerdo con los rangos propuestos por Unikel, en 2010 no había ningún centro urbano de más de 15 mil habitantes, Pichucalco, al norte, con 14 212, podría calificar como urbano según Gutiérrez y González (*op. cit.*). Sin embargo, según el INEGI, en el 2010, el “sistema urbano” de la región estaría compuesto por doce localidades urbanas (con más de 2 500 habitantes), con Pichucalco, al norte, como lugar principal más otras once localidades de más de 2 500 (Tabla V.3.1). El sistema rural estaría compuesto por un poco más de mil localidades, distribuidas en 78 poblados de entre 500 y 2 500 habitantes; 289 de entre 100 y 499 habitantes y 699 de menos de 99 (Tabla V.3.2).

Otra forma de medir el grado de “urbanización” es con la regla rango-tamaño según la cual, si se ordenan las localidades según el tamaño de su población, en algunas regiones, esos tamaños muestran alguna regularidad, la más sencilla es que la población de la ciudad de rango “r” sea de 1/n el tamaño de la ciudad más poblada, es decir:

$$Pr = Pp/R$$

Tabla V.3.2. Localidades rurales por número de habitantes en la región en estudio, 2010

Municipio	Número de localidades	Población 2010							
	< 99		de 100 a 499		> 500		Total		
1	Tecpatán	286	4 924	50	10 656	16	14 115	352	29 695
2	Juárez	14	711	22	4 796	11	8 291	47	13 798
3	Pichucalco	16	884	31	6 626	10	7 621	57	15 131
4	Copainalá	75	1 536	26	6 195	8	6 769	109	14 500
5	Ostuacán	62	1 564	32	5 956	6	6 568	100	14 088
6	Coapilla	22	592	6	1 270	4	3 395	32	5 257
7	Francisco León	22	936	11	2 343	4	3 058	37	6 337
8	Ocotepec	16	1 049	17	3 050	4	3 088	37	7 187
9	Pantepec	22	846	17	4 752	4	3 452	43	9 050
10	Solosuchiapa	44	1 242	8	2 244	4	2 544	56	6 030
11	Ixhuatán	24	2 868	14	2 829	3	2 868	41	8 565
12	Chapultenango	13	492	12	2 473	2	1 238	27	4 203
13	Ixtacomitán	38	973	17	3 828	1	540	56	5 341
14	Tapilula	31	780	12	2 626	1	1 323	44	4 729
15	Sunuapa	6	202	6	1 226	0	0	12	1 428
16	Tapalapa	8	482	8	1 699	0	0	16	2 181
	Total	699	20 081	289	62 569	78	64 870	1 066	147 520
	Promedio		29		217		832		138

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2010.

en donde **Pr** = la población de la ciudad de orden o rango r; **Pp** la población de la ciudad más poblada y **R**= rango que ocupa el ciudad en el sistema regional (Haggett, 1994).

Al graficar los logaritmos del rango contra los del tamaño relativo de la población, el resultado es una curva decreciente, más o menos pronunciada según la primacía relativa del lugar principal. Una distribución perfecta resultaría en una pendiente recta decreciente, lo que nunca ocurre. En nuestra región de estudio, la curva muestra un achatamiento en el extremo en donde se esperaría encontrar a las ciudades de mayor primacía o sea que no hay ningún lugar central, así como un ligero abultamiento en la parte media de la curva, que puede interpretarse como una tendencia, muy incipiente todavía, hacia la concentración en las localidades más cercanas al rango “urbano” (Figura V.3.1).

Para explicar esta conformación regional, una primera hipótesis de trabajo, es que los lugares principales se encuentran *fuera* de la región, esto es Tuxtla Gutiérrez en Chiapas y la ciudad de Villahermosa en Tabasco.

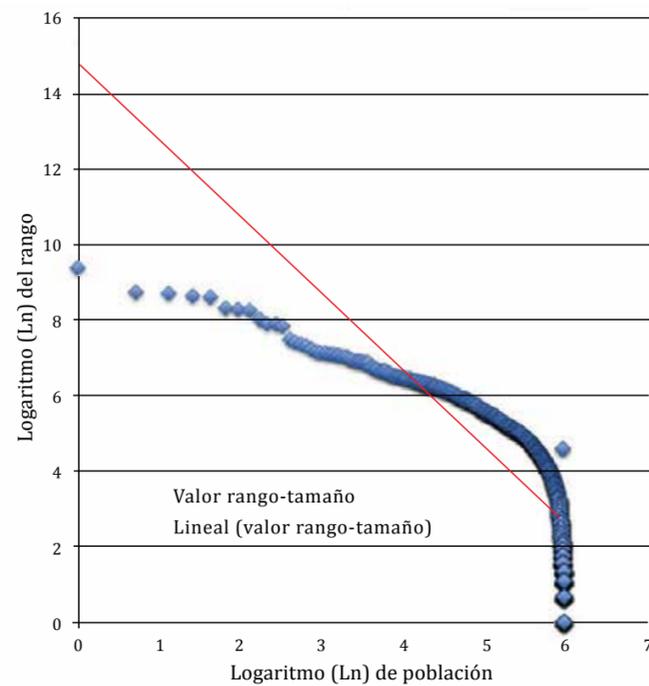


Figura V.3.1. Gráfica de la relación rango-tamaño de las localidades de la región en estudio, 2010 (fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2010).

Ello explicaría mejor la formación un corredor norte-sur, importante desde el punto de vista económico (véanse Mapas V.7 y V.15).

Una segunda hipótesis para explicar esa aparente debilidad de la estructura urbana regional, es que se trata de una zona intersticial (Delgado, 1997), y por lo tanto, marginal, provocada por la delimitación de fronteras estatales, que la hizo quedar en la frontera de tres estados (Chiapas, Tabasco y Veracruz). O una tercera que resalta lo anterior es que, visto desde la óptica de las intercomunicaciones terrestres, la zona se encuentra en medio de dos corredores longitudinales a nivel nacional (Chias *et al.*, 2007) que conectan, uno el centro del país con Mérida (y pasa por Villahermosa al norte de la región) y el otro que va de Oaxaca a Salina Cruz definitivamente muy alejado de nuestra región de interés.

Esta condición de alejamiento de los respectivos centros de esos estados ha sido reforzada a lo largo de muchos años, por la construcción de importantes obras públicas en “los alrededores” de la propia región, es decir, no tuvieron ninguna incidencia en impulsar centralidades internas. Sin poder profundizar en esta vertiente analítica y dejando fuera del análisis el factor indígena, esas obras han sido la construcción del ferrocarril del sureste que pasa al norte de la región, rozando incidentalmente al poblado de Juárez; la construcción de las presas de Malpaso y Chicoasén y la creación de un área natural protegida al norte, cerca de Villahermosa. La única obra importante en la propia región fue la reubicación en el Nuevo Grijalva, junto a la presa de Peñitas, de la antigua población original de Grijalva, después de sufrir un deslizamiento catastrófico.

Las localidades de la región se han desarrollado entonces en el margen de otras centralidades. Ello ha sido un proceso de largo plazo, por

lo menos desde el siglo XIX según la delimitación estatal, si no es que antes (Figura V.3.2).

En síntesis, es posible distinguir como resultados de esos procesos de larga duración, un patrón lineal de localidades en proceso de urbanización, a lo largo de dos carreteras importantes en la región: la primera y probablemente la más dinámica, que va de Tuxtla a Villahermosa y la segunda, el ramal que se desprende de esta carretera hacia la presa (véase Mapa V. 7).

Este patrón espacial define tres áreas principales de relativa concentración poblacional: dos con centros urbanos en formación, uno al norte con centro en Pichucalco y otro al sur, a lo largo de la presa con, al menos, tres pequeñas ciudades rurales y el tercero, intermedio entre estos dos. En conjunto forman un arco de poblamiento, dejando un hueco central de bajo poblamiento relativo que coincide con el área del volcán. Esta incipiente concentración es algo relativamente favorable para la planeación, en tanto que ninguno de los “centros” destaca más que otro, lo que podría favorecer una distribución equitativa, planeada, de servicios en sus respectivas áreas de influencia.

La tendencia a la urbanización, si bien incipiente, está ya presente.

### Bibliografía

Chias, L. L. López, H. Reséndiz y E. Carrascal (2007), “Transportes”, en Coll-Hurtado, A. (coord.), *Nuevo Atlas Nacional de México*, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Coll-Hurtado, A. (1982), *¿Es México un país agrícola? un análisis geográfico*, Siglo XXI, México.

Delgado, J. (1997), *Ciudad-región y transporte en el México central. Un largo camino de rupturas y continuidades*, Instituto de Geografía, Programa de Estudios sobre la Ciudad (PUEC) y Plaza y Valdés, México.

Galindo, C. y J. Delgado (2006), “Los espacios emergentes de la dinámica rural-urbana”, revista *Problemas del Desarrollo*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México, vol. 37, núm. 1476, octubre-diciembre, pp. 187-216.

Gutiérrez de MacGregor, M. T. y J. González Sánchez (2001), “Propuesta para fijar diez mil habitantes como límite de una localidad urbana”, en *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 44, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 103-118.

Haggett, P. (1994), *Geografía, una síntesis moderna*, Omega, Barcelona.

INEGI (2010), *Sistema para la consulta de información censal (SCINCE)* [www.inegi.org.mx].

Ruiz, N. y J. Delgado (2008), “Territorio y nuevas ruralidades: un recorrido teórico sobre las transformaciones de la relación campo-ciudad”, revista *EURE*, vol. XXXIV, núm. 102, agosto, pp. 77-95.

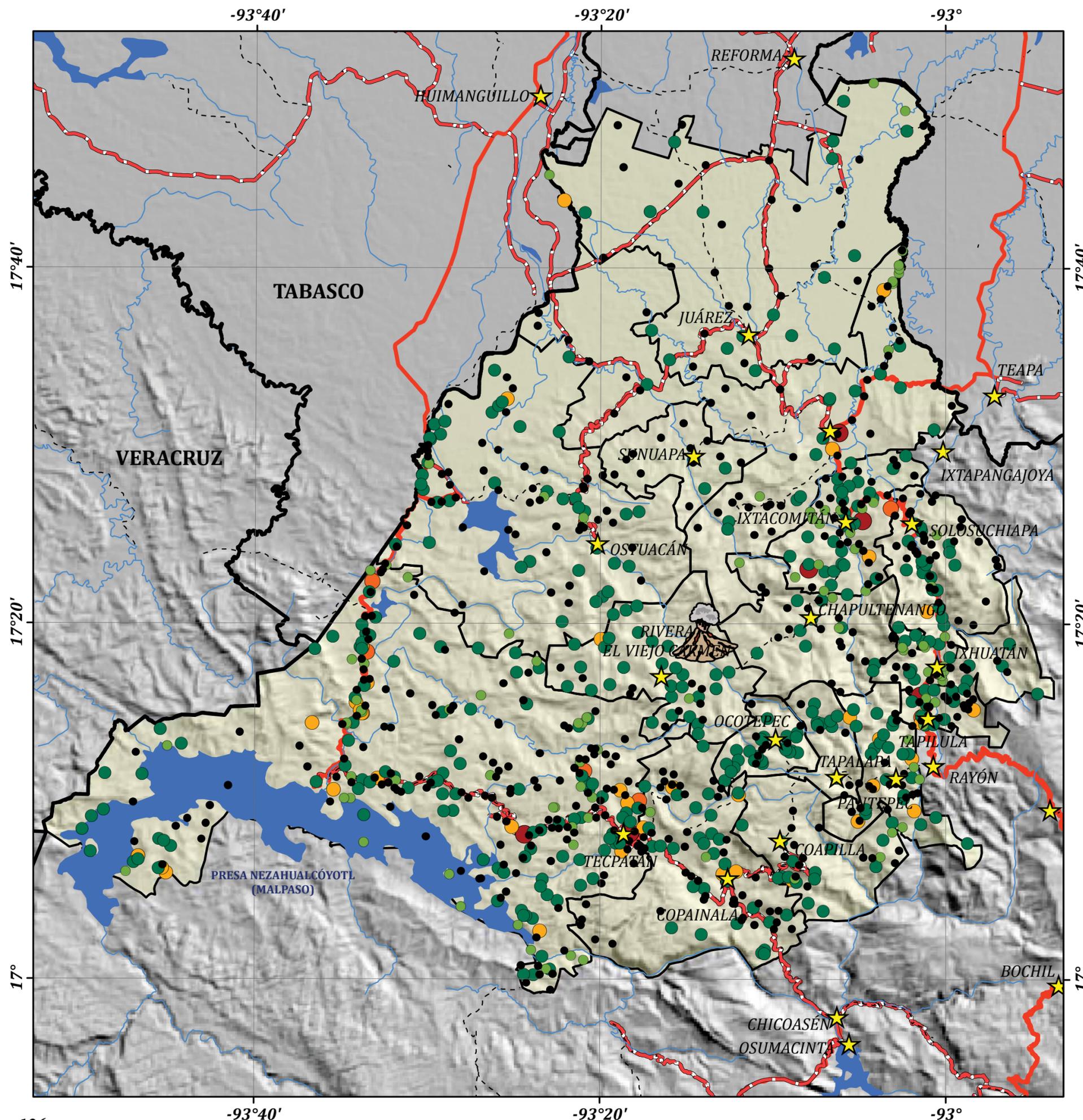
Unikel, L., C. Ruiz Chiapetto y G. Garza (1976), *El Desarrollo Urbano de México. Diagnóstico e implicaciones futuras*, El Colegio de México, México.

Woods, M. (2009), “Rural geography: blurring boundaries and making connections”, *Progress in Human Geography*, vol. 33, no. 6, UK, pp. 849-858.



Figura V.3.2. Vista panorámica de la localidad de Solosuchiapa.

# TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL A NIVEL LOCALIDAD (2000-2005) V.4



### LEYENDA DEL MAPA

Tasa de crecimiento de la población por localidad

- < -0.05
- -0.04 - 0.05
- 0.06 - 20.00
- 20.01 - 40.00
- 40.01 - 60.00
- > 60.01

### SIMBOLOGÍA

- Límite estatal
- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal

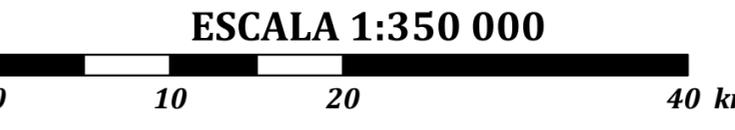
#### Vías terrestres

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro

#### Rasgos naturales

- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
 INEGI (2000), XII Censo de población y vivienda, Tabulados básicos.  
 INEGI (2005), II Conteo de población y vivienda.



Autores: Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera  
 Stéphane Couturier

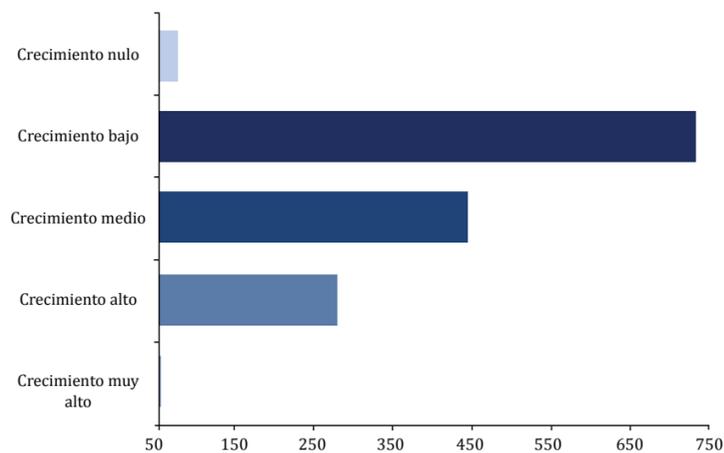
## V.4 Tasa de crecimiento poblacional a nivel localidad (2000-2005)

Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Stéphane Couturier

De las 1 581 localidades registradas en la región de estudio por el INEGI en el 2000, solo el 2.6% presentaron un crecimiento alto en el quinquenio 2000-2005, es decir, 42 de ellas. Sin embargo, las localidades de mayor crecimiento no son las cabeceras municipales o localidades consolidadas, sino asentamientos de reciente creación, producto en la mayoría de los casos, de reubicaciones o de retorno de población a sitios anteriormente poblados. En la Figura V.4.1 se puede identificar que el crecimiento predominante en las localidades de la región corresponde a un nivel bajo, este intervalo representa 46.9% del total y se puede observar en el Mapa V.4, que en general se distribuyen a lo largo de los caminos.

El perfil de alrededor de la mitad de las localidades es de un crecimiento bajo, con una tasa no mayor a 0.19%, el crecimiento medio lo registró 28.2% de las localidades, 17% un crecimiento alto y solo 2.6% un crecimiento muy alto que corresponde a las cabeceras municipales. Esta característica es representativa de áreas rurales con una distribución territorial dispersa, de bajo crecimiento y expulsora de población, pero con crecimiento en localidades importantes. A partir de las características montañosas de la zona, se registra una mayor densidad de localidades sobre las vialidades regionales, donde se concentran tanto los núcleos de población con mayor crecimiento, así como las localidades de menor crecimiento, pero contiguas a estos polos microregionales. Esta característica es particular en municipios de área de influencia indirecta (Figura V.4.2).

Mientras que en municipios de área de influencia directa al volcán Chichón, la distribución y el crecimiento de las localidades es más bajo, por tener condición dispersa y débil articulación al resto del sistema de localidades.



Fuente: INEI, 2005, 2010.

Figura V.4.1. Crecimiento de la población.

La tasa de crecimiento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Tc = \left[ \left[ \sqrt[t]{\frac{P_2}{P_1}} \right] - 1 \right] \times 100$$

en donde:

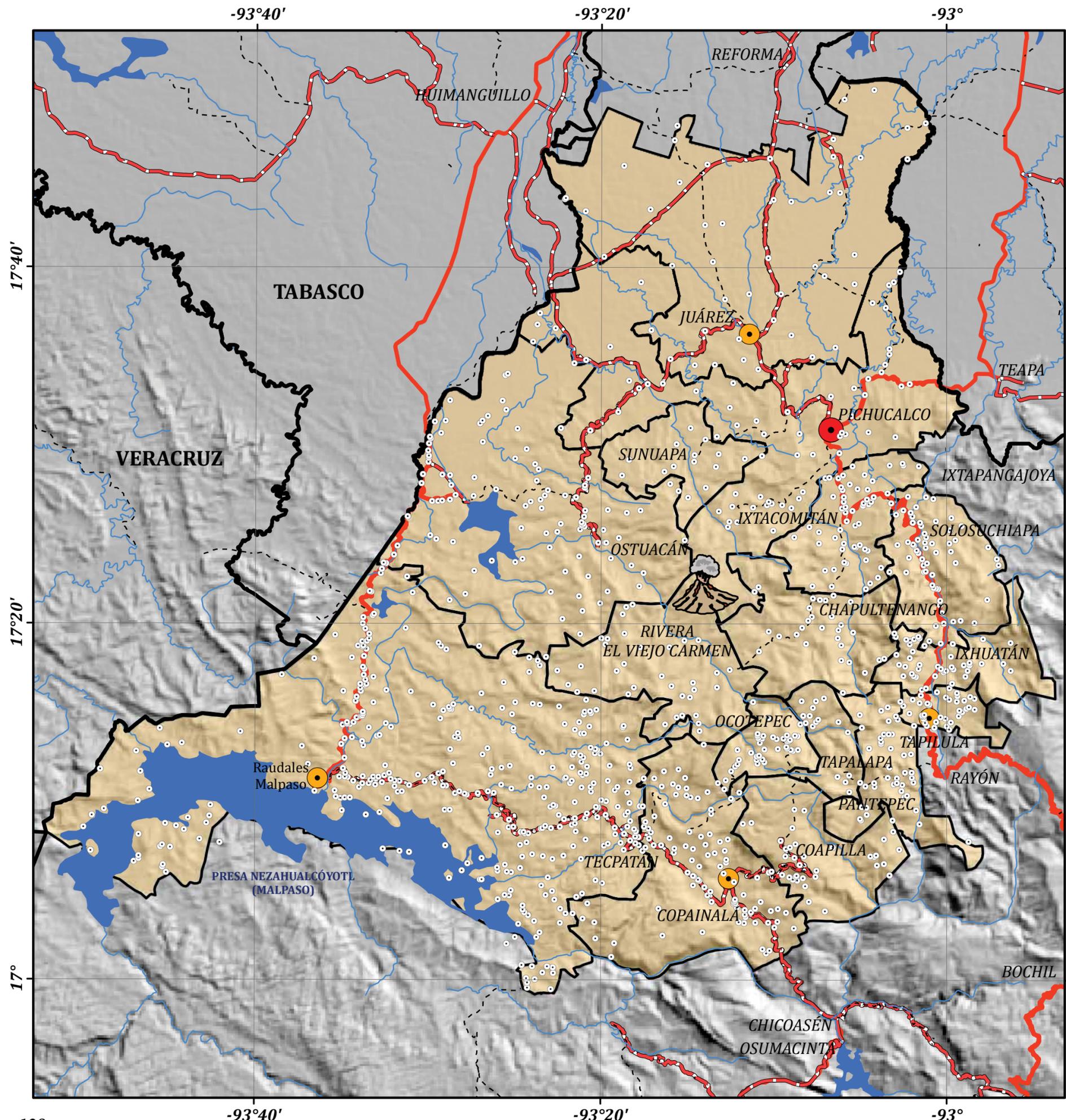
Tc = tasa de crecimiento demográfico,  
P1 = población inicial,  
P2 = población final en el periodo de referencia,  
t = número de años comprendidos en el periodo de referencia

### Bibliografía

- INEGI (2000), *II Censo de Población y Vivienda, 2005*. Tabulados Básicos, tomo I, Aguascalientes, México.
- INEGI (2005), *Censo de Población y Vivienda*, Tabulados básicos, Aguascalientes, Ags., México.
- Palacio, J. L. y Sánchez, M. T. (coord.). 2004. "Indicadores del subsistema Social y Urbano-Regional" en *Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial*, INE-SEMARNAT/Instituto de Geografía-UNAM, México.



Figura V.4.2. Niños en la localidad de Nicapa la cual presenta niveles bajos de crecimiento demográfico.



### LEYENDA DEL MAPA

Rango-Tamaño de acuerdo con el número de habitantes

- Rural (< 5 000)
- Mixto rural (5 000 - 10 000)
- Mixto urbano (10 000 - 15 000)

### SIMBOLOGÍA

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal

#### Vías terrestres

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro

#### Rasgos naturales

- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
INEGI (2005), II Censo de población y vivienda.



Autores: Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera  
Alicia Hernández Sánchez

## V.5 Jerarquía de las localidades de acuerdo con su rango-tamaño (2010)

Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Alicia Hernández Sánchez

A partir de las características rurales y de dispersión en los asentamientos de la región del volcán Chichón, no se distinguen localidades con jerarquías urbanas o vínculos con ciudades importantes del norte de Chiapas, tampoco existen localidades que figuren en el Sistema Urbano Nacional o vinculadas de alguna manera a éste.

Por tal motivo, para reconocer la jerarquía entre estas localidades de carácter rural, se generó una clasificación de cinco rangos con base en el tamaño de población a partir del criterio de Luis Unikel *et al.* (1974), el cual solo propuso cuatro rangos a escala nacional. Sin embargo, aquí se aplican cinco rangos, con base en la escala y el tamaño de población de las localidades para así conocer las diferencias rural-urbana en la región en estudio (Tabla V.5.1).

Tabla V.5.1. Clasificación convencional UNIKEL

	Número de habitantes	Clasificación ampliada	Número de habitantes
Urbana	> de 15 000	Urbana	> de 15 000
Mixta urbana	de 10 000 a 15 000	Transición	de 10 000 a 15 000
Mixta rural	de 5 000 a 10 000	Mixta urbana	de 5 000 a 10 000
Rural	< de 5 000	Mixta rural	De 2 500 a 5 000
		Rural	< de 2 500

Fuente: Unikel *et al.*, 1974.

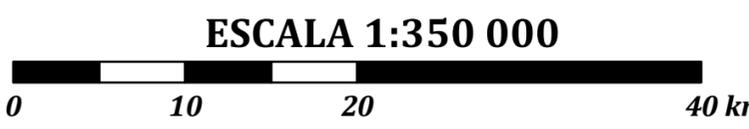
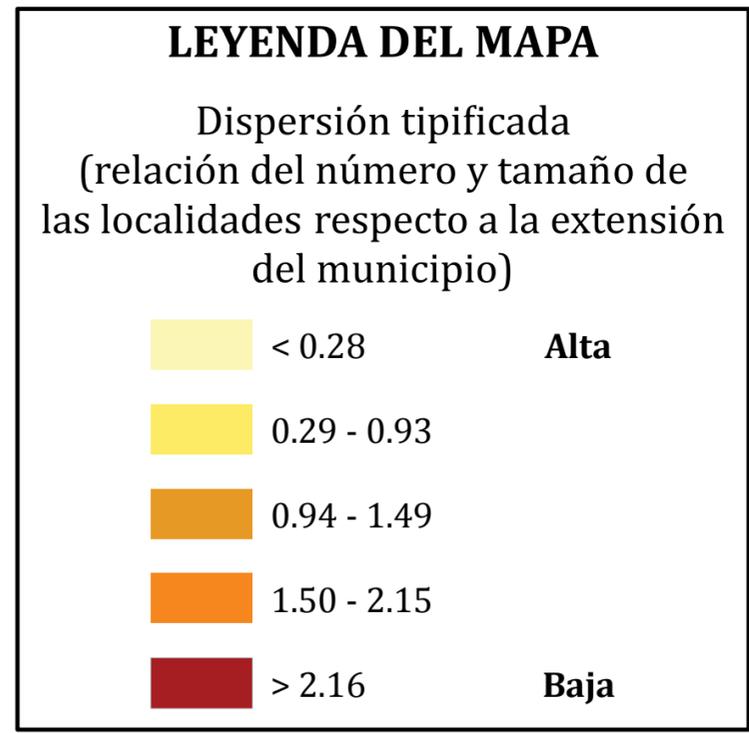
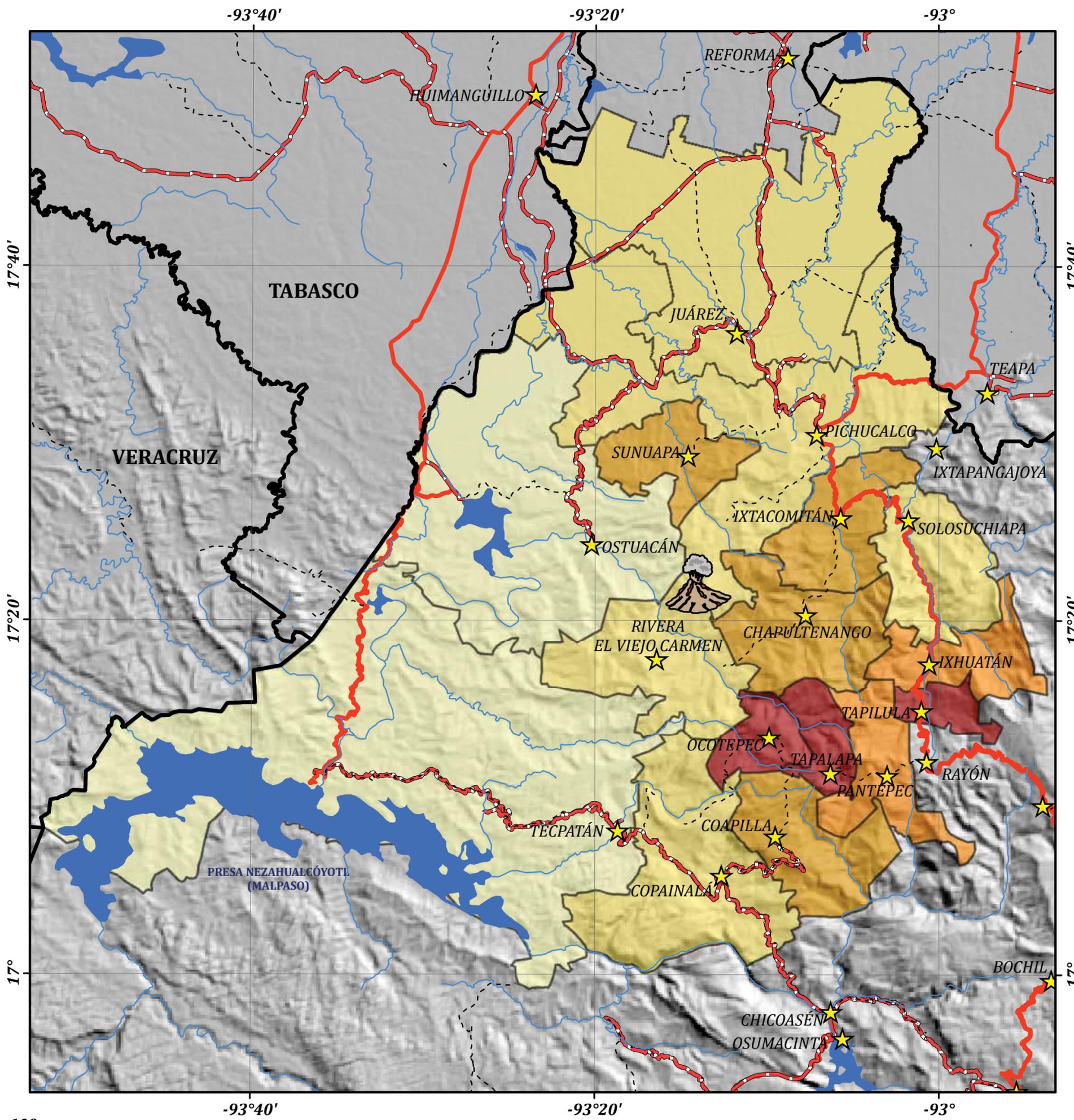
En efecto, la región en general carece de localidades que puedan tener un carácter nodal o articulador de manera significativa para las montañas Zoques. A pesar de que se sitúa en un corredor cultural y ambiental entre las ciudades de Tuxtla Gutiérrez y Villahermosa, ambas capitales estatales, solo la localidad de Pichucalco juega un papel central en la zona en estudio, pese a que en 2005 aún no era una localidad de 15 000 habitantes, mientras que Copainalá y Tapilula cuentan con una categoría mixta rural, ambas sobre la ruta de articulación Tuxtla Gutiérrez-Villahermosa, que atraviesa las montañas Zoques. En la misma categoría se identifica a Raudales Malpaso en Tecpatan, aunque desarticulada incluso de las localidades rurales del municipio. De esta forma, la parte central de la zona en estudio, carece de localidades con jerarquías importantes en la región (Figura V.5.1).

### Bibliografía

INEGI (2005), *II Censo de población y vivienda*, México.  
Unikel, L., G. Garza y C. Ruiz Chiapetto (1974), *El desarrollo urbano de México. Diagnóstico y perspectivas*, El Colegio de México, México.



Figura V.5.1. Población de la localidad rural Viejo Volcán ubicada al oriente del volcán Chichón.



Autores: Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera  
Alicia Hernández Sánchez

## V.6 Dispersión municipal

Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Alicia Hernández Sánchez

La dispersión territorial corresponde a la distribución no concentrada o localizada de procesos y acciones materializadas del hombre sobre el territorio. La acción más concreta de ello corresponde a los asentamientos humanos. En este sentido, la dispersión de la población o de localidades es una de las características más importantes en los estudios territoriales. Al respecto existen diversas formas de mostrar la dispersión poblacional, pero en general solo consideran la población dispersa, el número de localidades y la población total del municipio.

Estos elementos son importantes, particularmente cuando una o más localidades representan a ciudades de tamaño intermedio o grande en población; sin embargo, para estudiar las diferencias de dispersión en una zona de claro perfil rural como la del volcán Chichonal, donde se carece de localidades grandes, es necesario plantear otra forma de explicar la dispersión de asentamientos.

Para conocer la relación del número y tamaño de localidades por municipio respecto a su extensión territorial, se aplicó un índice de dispersión tipificado por el área municipal, con el que se analiza la dispersión poblacional en la zona en estudio. Esto permite identificar una relación de las localidades, pero respecto a su distribución municipal, para ello se aplica la fórmula:

$K = E * N / T$ , donde:

E= población total dispersa

N= número de localidades dispersas

T= población total del municipio

El índice corre de 0 a  $\alpha$ , por lo que 0 representa la dispersión máxima y  $\alpha$  la menor dispersión. De esta forma, en el primer sector, los municipios con más alta dispersión corresponden a Pichucalco, Francisco León y Ostuacán con 0.76, 0.69 y 0.28, este último con la dispersión más alta de los municipios de influencia indirecta al volcán Chichonal y el segundo en extensión territorial después de Tecpatán (Figura V.6.1).

Por su parte, los de menor dispersión son Sunuapa y Chapultenango con 1.49 y 1.45, además de ser los municipios de menor población, también presentan el menor número de localidades que se distribuyen solo en las rutas de acceso al municipio. No así el caso de Ixtacomitán que con una extensión territorial pequeña manifiesta un número importante y disperso de localidades.

En el segundo sector, se ubican los mayores contrastes de dispersión de toda la región en estudio, es el caso de Tecpatán que presenta la dispersión más alta a razón de 0.09, le siguen Copainalá y Juárez con de 0.56 y

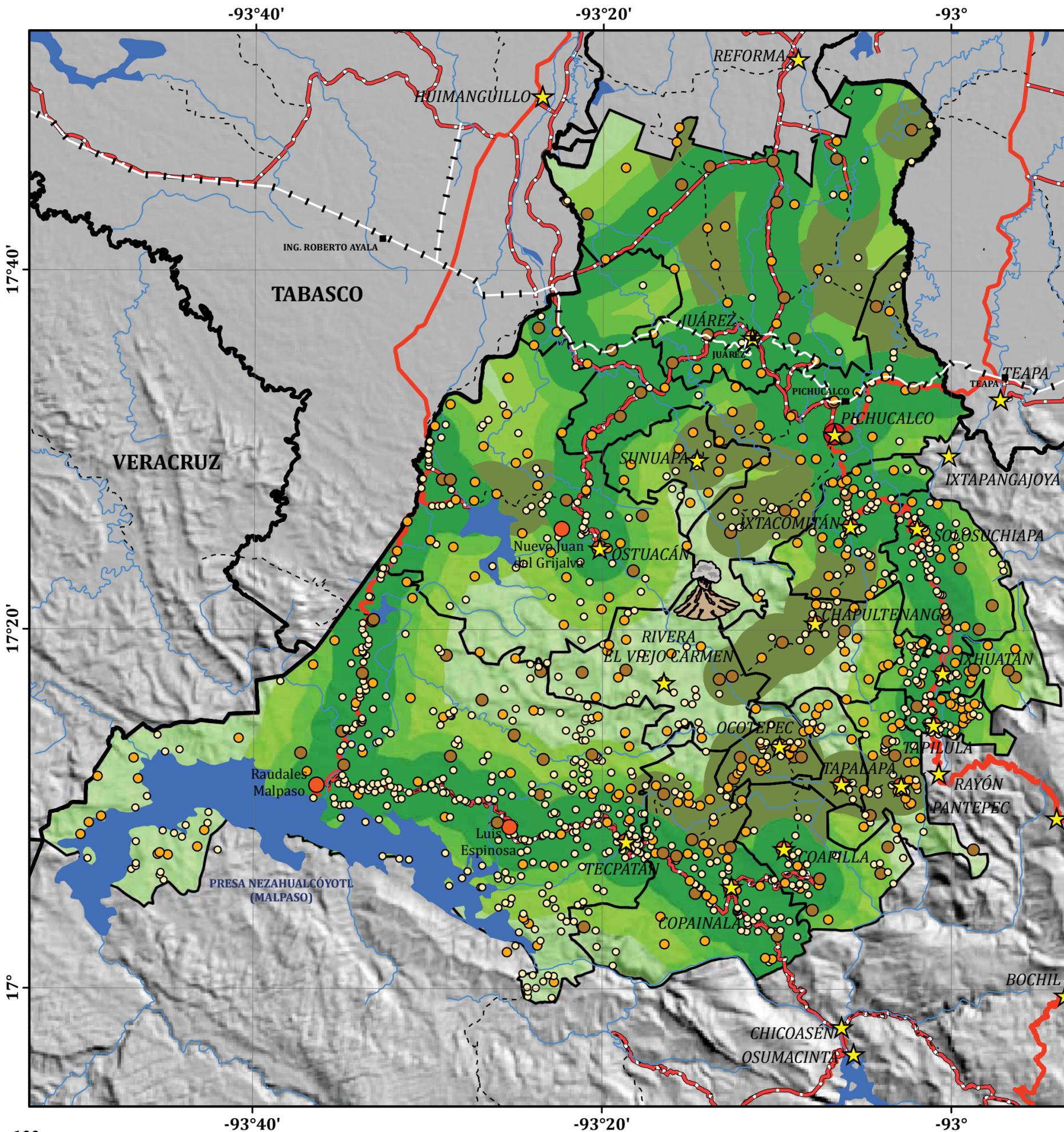
0.61, respectivamente. En conjunto, todo el sector de influencia indirecta también registra mayor dispersión que el de influencia directa a razón de 0.06, muy cerca del índice de toda la región que es de 0.04. Otro contraste a destacar es que los municipios de este sector reportaron más población, frente a los municipios de menor dispersión como Tapilula, Ocoatepec y Tapalapa a razón de 6.46, 5.64 y 4.16, respectivamente. Este grupo de municipios de limitado territorio corresponde a una zona de alto crecimiento poblacional al igual que Pantepec e Ixhuatán.

### Bibliografía

INEGI (2000), *Marco Geoestadístico Municipal* [[http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m\\_geoestadistico.aspx](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx)].  
INEGI (2005), *II Censo de Población y Vivienda, 2005*. Tabulados Básicos, tomo I, Aguascalientes, Ags., México.



Figura V.6.1. Vista del volcán Chichón desde la localidad de Rivera el Viejo Carmen perteneciente al municipio de Francisco León, en donde el nivel de dispersión de la población es muy alto.



### LEYENDA DEL MAPA

Localidades urbanas y rurales por tamaño de población (habitantes)

- < 100 Localidades rurales
- 101 - 500
- 501 - 1 500
- 1 501 - 9 999
- > 10 000 Localidades urbanas

Distancia a la carretera más próxima (km)

- < 3.0
- 3.1 - 5.0
- 5.1 - 8.0
- > 8.1

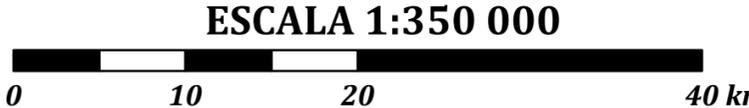
Distancia al camino rural más próximo (km)

- < 3.0

### SIMBOLOGÍA

- Límite estatal
- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro
- Estación del ferrocarril
- Vía férrea
- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
INEGI (2010), SCINCE, Sistema para la consulta de información censal.



Autores: Genaro Javier Delgado Campos  
Ricardo Javier Garnica Peña  
Manuel Suárez Lastra  
Lourdes Hermosillo Plascencia

## V.7 Cercanía de las localidades a las vías de comunicación

Genaro Javier Delgado Campos, Ricardo J. Garnica Peña,  
Manuel Suárez Lastra y Lourdes Hermosillo Plascencia

Uno de los factores fundamentales para alcanzar una estructura urbano regional robusta y funcionalmente integrada en una región determinada es la interconexión entre las ciudades de la región y entre éstas y el resto de sus localidades. Ello permite la circulación de bienes y personas, favorece el intercambio de productos, la prestación de servicios, sobre todo de los socialmente más necesarios, como la educación, la salud y el abasto.

En México, esta movilidad se hace principalmente a través del sistema de autotransporte, por lo que la interconexión depende de la disponibilidad de carreteras en cualquiera de sus modalidades (autopistas, carreteras federales y estatales, terracería, caminos y brechas). De acuerdo con Chias *et al.* (2007) en México el autotransporte moviliza 58.5% de la carga y 99% de los desplazamientos de las personas, ante la ausencia de una red ferroviaria o de otros medios de transporte. En el caso de la región en estudio esta dependencia de la accesibilidad a las vías de comunicación determina en gran medida la débil estructura urbano regional, ante la extrema lejanía de la región a puertos marítimos o cuando menos a algún aeropuerto, los cuales están situados precisamente en los dos lugares centrales externos a la región. Incluso, ninguna autopista permite acceder a ella y la población regional solamente dispone de carreteras es-

tatales, caminos revestidos, siendo terracerías y brechas las principales vías para comunicarse entre ellos y con el exterior.

Así, en cuanto a la densidad de carreteras, hacia 2007 la mayor parte de la región contaba con menos de 62 m/km<sup>2</sup> y únicamente los municipios del corredor Tuxtla-Villahermosa estaban entre 62 y 165 m/km<sup>2</sup> (Chias *et al.*, 2007).

Esta preeminencia del sistema vial como “estructurador” del territorio, define un patrón lineal sobre dos carreteras: la principal, que conecta Tuxtla con Villahermosa, en dirección norte-sur y la segunda sobre la vertiente norte del embalse de la Presa Netzahualcóyotl (Malpaso). Además de estos corredores, se empiezan a perfilar algunas penetraciones hacia el área central de la región, cercana al volcán, a través de terracerías pero una gran zona central no tiene comunicación permanente (brechas y caminos locales).

Esta subordinación a las carreteras hace que apenas la mitad de la población urbana (56.4%) se encuentre dentro de un *buffer* de tres kilómetros a la carretera más cercana, mientras que otro 41% está también a menos tres kilómetros, pero de una terracería. Los datos para las poblaciones

rurales son todavía más acuciantes, pues solo 41.9% se localiza en el *buffer* de los tres kilómetros, 11.5% está a una distancia de entre tres y cinco kilómetros y 15.5% en uno de hasta ocho kilómetros. Aun más separado está una tercera parte de la población rural a tres kilómetros de una terracería (Tabla V.7.1).

Vista en conjunto, no hay mucha diferencia en la distancia a la que se ubica la población, sea esta urbana o rural, pues en los primeros tres kilómetros, la proporción es respectivamente 48 y 52%. En cambio, toda la población que se ubica entre tres y cinco kilómetros es rural y casi toda (90%) también es rural en el segmento de cinco a ocho kilómetros. Si se trata de terracerías, la desventaja se reparte casi por igual entre pobladores urbanos (47.7%) y rurales (59.2%), (*Ibid.*).

¿Qué es lo que sensatamente se puede agregar a este patrón de ocupación? Por un lado un contexto geográfico muy abrupto que ralentiza las penetraciones por medio de caminos; segundo, un escaso desarrollo regional que estimule el intercambio de mercancías y personas entre las distintas localidades, y por último, y como consecuencia de lo anterior, de la ausencia relativa de lugares centrales desde el punto de vista económico, a lo largo de las carreteras. Ello confirma el supuesto del Mapa V3 de que las actividades importantes están en los extremos de las carreteras y que este poblamiento lineal se beneficia –de alguna manera hay que llamarlo–, del tránsito que originan.

Por ello, un elemento que deberá figurar en cualquier programa de desarrollo regional que se proponga, tendría que incluir un decidido programa de construcción de caminos que enlace a la mayor parte de la población, al mismo tiempo que un esfuerzo decidido para fortalecer por medio de servicios públicos aquellos centros que por su ubicación estratégica puedan incidir en una reestructuración del sistema económico. Economía, transporte y sistema urbano serían las tres aristas mínimas de un programa de ese tipo. Hace falta Estado.

### Bibliografía

Chias, L. L. López, H. Reséndiz y E. Carrascal (2007), “Transportes”, en Coll-Hurtado, A. (coord.), *Nuevo Atlas Nacional de México*, Instituto de Geografía, UNAM, México.  
INEGI (2010), *Sistema para la consulta de información censal (SCINCE)* [www.inegi.org.mx].

Tabla V.7.1. Distancia de localidades urbanas y rurales a las vías de comunicación, 2010

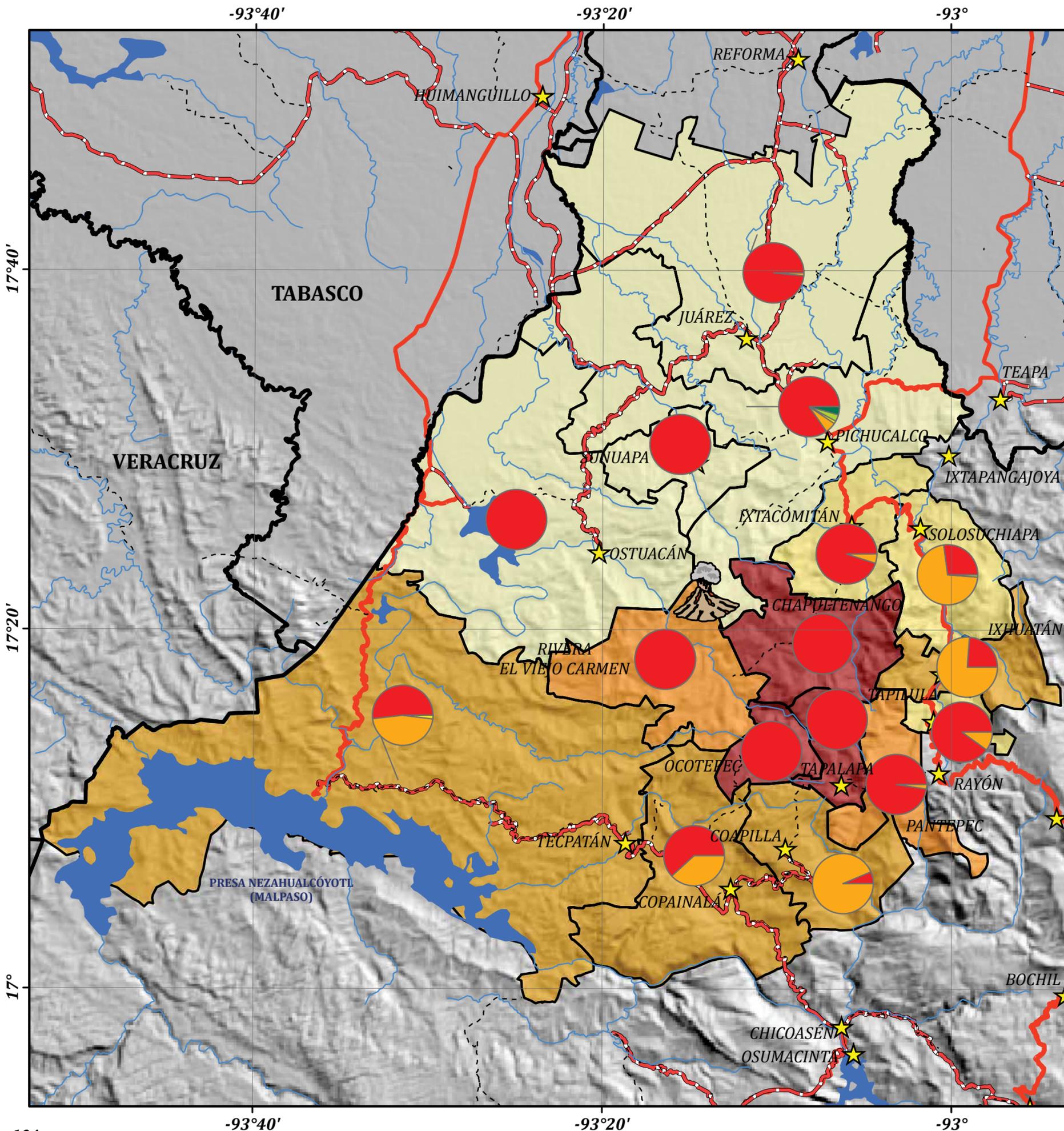
Distancia a carretera	LOCALIDADES RURALES				LOCALIDADES URBANAS				POBLACIÓN URBANA Y RURAL TOTAL	
	No.	%	Población	%	No.	%	Población	%	Población	%
3 km	537	46.4	68 523	41.9	11	47.8	63 493	56.4	132 016	47.8
5 km	140	12.1	18 786	11.5	0	0.0	0	0.0	18 786	6.8
8 km	165	14.2	25 246	15.4	2	8.7	2 627	2.3	27 873	10.1
<b>Subtotal</b>	<b>842</b>	<b>72.7</b>	<b>112 555</b>	<b>68.9</b>	<b>13</b>	<b>56.5</b>	<b>66 120</b>	<b>58.8</b>	<b>178 675</b>	<b>64.7</b>
<b>Terracería 3 km</b>	316	27.3	50 866	31.1	10	43.5	46 409	41.2	97 275	35.3
<b>Total</b>	<b>1 158</b>	<b>100.0</b>	<b>163 421</b>	<b>100.0</b>	<b>23</b>	<b>100.0</b>	<b>112 529</b>	<b>100.0</b>	<b>275 950</b>	<b>100.0</b>

Distancia a carretera	LOCALIDADES RURALES		LOCALIDADES URBANAS	
	%	Población	%	Población
3 km	51.9		48.1	
5 km	100.0		0.0	
8 km	90.6		9.4	
<b>Subtotal</b>	<b>63.0</b>		<b>37.0</b>	
<b>Terracería 3 km</b>	52.3		47.7	
<b>Total</b>	<b>59.2</b>		<b>40.8</b>	

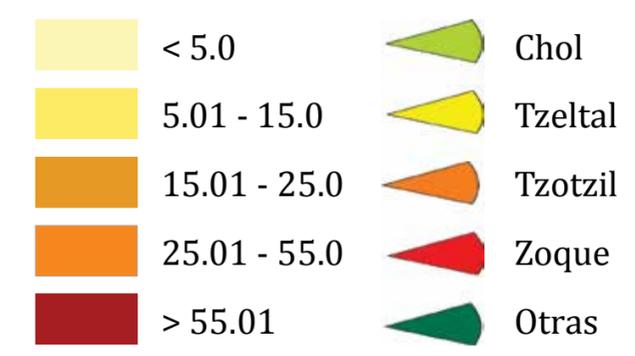
Fuente: INEGI, 2010.

# POBLACIÓN HABLANTE DE LENGUA INDÍGENA A NIVEL MUNICIPAL V.8



## LEYENDA DEL MAPA

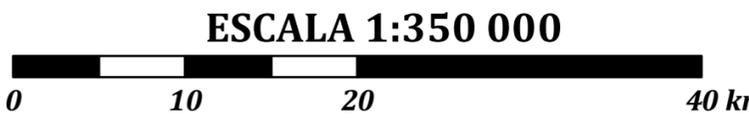
Población hablante de lengua indígena (% de la población total del municipio)



## SIMBOLOGÍA

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Vías terrestres**
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro
- Rasgos naturales**
- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTES:  
 INEGI (2000), Marco Geoestadístico.  
 INEGI (2005), II Conteo de población y vivienda.



Autores: Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera  
 Alicia Hernández Sánchez

## V.8 Población hablante de lengua indígena a nivel municipal

Marcelino Mauricio Ricárdez Cabrera y Alicia Hernández Sánchez

La población hablante de alguna lengua indígena en la región en estudio corresponde a 41 914 parlantes que equivale a 20.4% de la población total registrada en 2005. Estos datos estadísticos refieren una representatividad indígena muy baja, si se considera que es una zona con raíces indígenas importantes, principalmente de la lengua zoque y la relación estrecha con las zonas tzotzil y tzeltal. En este sentido, la migración, la pérdida de valores culturales y la marginación, son condiciones que llevan a muchos indígenas a omitir o no reportar su lengua en los censos.

En los municipios influenciados directamente con el área del volcán Chichón, la población indígena solo representa una cuarta parte (26.7%) del total de la población registrada con esta característica, mientras que la correspondiente a los municipios influenciados indirectamente fue de 73.2%. Las lenguas predominantes corresponden al zoque y tzotzil, que en conjunto representan el 99.3% de la población parlante registrada.

La lengua zoque es totalmente representativa de los municipios de influencia directa, donde la hablan 98.5% de los parlantes, mientras que el tzotzil alcanza solo 1%. A diferencia del segundo sector, donde la lengua tzotzil la habla 25.2% de la población hablante y 74% de lengua zoque. En el mapa se identifica la distribución de dos patrones generales en la distribución lingüística. El primero que corresponde a los municipios con mayor proporción de habitantes parlantes de alguna lengua y conforma una agrupación a lo largo de la porción sur que abarca municipios del primer grupo como del segundo, mientras que en el norte la población es muy inferior, sobre todo en municipios como Sunuapa y Pichucalco. Otra característica importante es la presencia de la población tzotzil hacia el sureste de la región en colindancia con los Altos de Chiapas.

En efecto, se identifica una diferencia significativa dentro de los municipios de influencia directa respecto a la población hablante de alguna

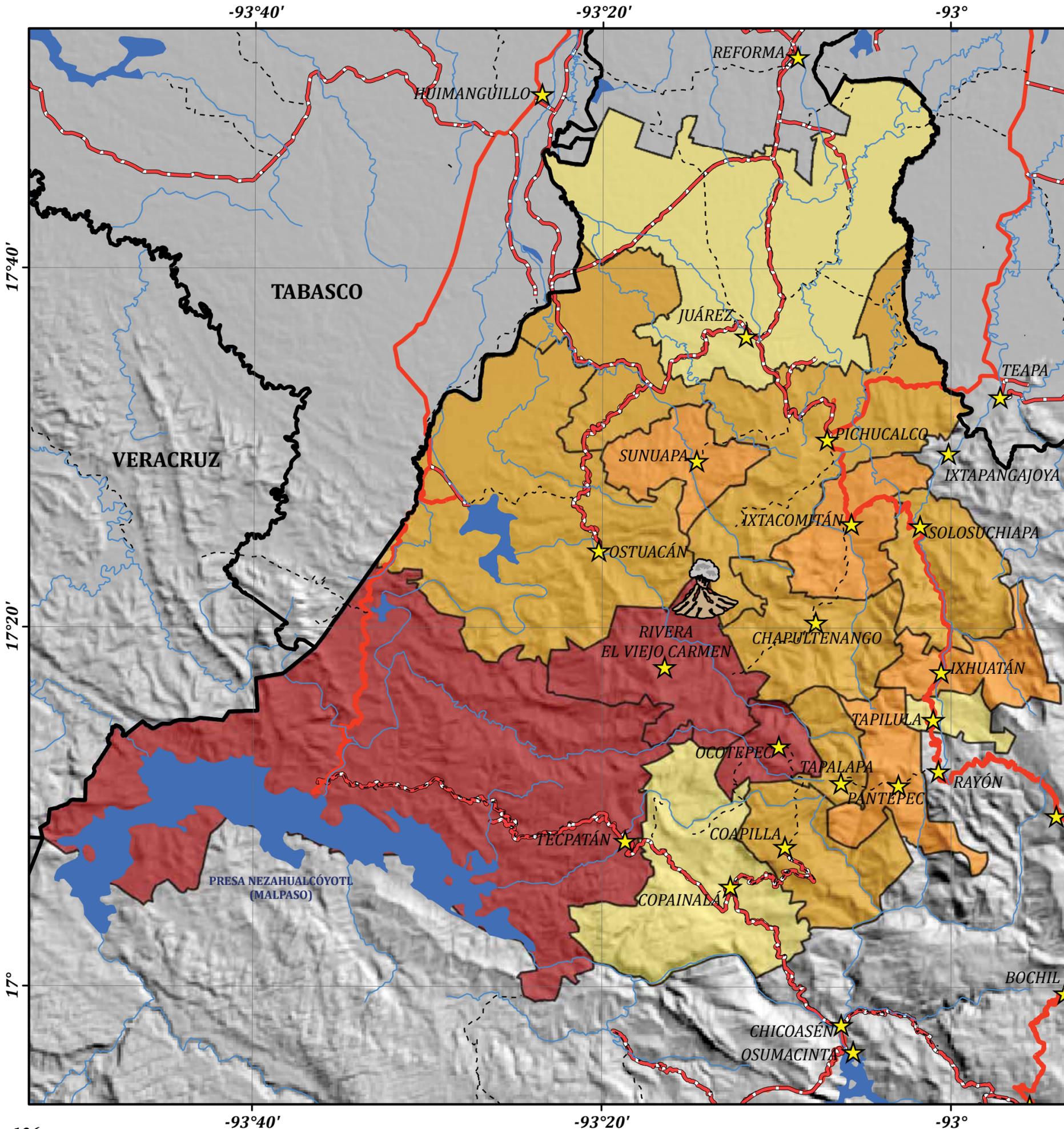
lengua indígena. Destacan los municipios de Francisco León y Chapultenango, con niveles altos de población indígena, mientras que Sunuapa y Pichucalco, presentan un rango muy bajo (Figura V.8.1). Cabe aclarar el hecho de la erupción del volcán en 1982, que motivó desplazamientos sobre todo de población indígena, como lo fue en el municipio de Francisco León que representa 74.9% del total municipal, así como en Chapultenango con 67.8%. Por su parte, en Ostucán y Sunuapa la presencia indígena es solo de 4.4 y 0.1%, respectivamente. No obstante, el retorno de población oriunda de estos municipios ha sido paulatino y es a partir del 2000 que se registra el mayor retorno de población, sobre todo en el municipio de Francisco León, donde se reporta la mayor afectación.

### Bibliografía

- INEGI (2000), *Marco Geoestadístico Municipal* [[http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m\\_geoestadistico.aspx](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx)].
- INEGI (2005), *II Censo de Población y Vivienda, 2005*. Tabulados Básicos, tomo I, Aguascalientes, Ags., México.



Figura V.8.1. Niños indígenas en el municipio de Chapultenango.



**LEYENDA DEL MAPA**

Población con seguridad alimentaria (% de la población total del municipio)

<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	< 26.6
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	26.7 - 31.5
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkorange; border:1px solid black;"></span>	31.6 - 33.6
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span>	> 33.7

**SIMBOLOGÍA**

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal

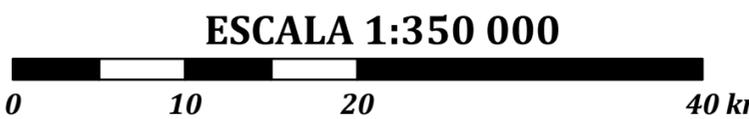
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro

**Rasgos naturales**

- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
CONEVAL (2010), Medición Municipal de la Pobreza.



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
Irasema Alcántara Ayala

## V.9 Inseguridad alimentaria municipal

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña  
e Irasema Alcántara Ayala

La carencia por acceso a la alimentación, es uno de los factores más significativos que definen no solo la incidencia sino también la profundidad e intensidad de la pobreza. Para el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), la inseguridad alimentaria es uno de los seis indicadores sobre la vulnerabilidad social de la población, que forman parte de un enfoque multidimensional que permite identificar a la población en situación de pobreza; bajo esta perspectiva es posible evaluar las privaciones de carácter social que también imponen fuertes limitantes al desarrollo físico y social de las personas.

A través de la firma de convenios internacionales, México ha reafirmado el derecho de todos los individuos a no padecer hambre y a gozar de acceso a una alimentación sana y nutritiva; sin embargo, todos sabemos que para una parte importante de la población del país, estos derechos no siempre se pueden ejercer de manera satisfactoria.

Debido a la complejidad que representa la evaluación de este derecho, el CONEVAL decidió tomar en cuenta el concepto de seguridad alimentaria que han propuesto diversos organismos e instituciones internacionales, como la FAO. La seguridad alimentaria implica que las personas deben tener acceso en todo momento a comida suficiente para llevar una vida activa y sana. Debido a su vinculación con el acceso a la alimentación, este concepto se consideró apropiado para generar un indicador de carencia alimentaria.

De acuerdo con los criterios del CONEVAL, un hogar carece de seguridad alimentaria si por falta de dinero, u otros recursos, se presenta una disminución de la cantidad de alimentos o si sus integrantes experimentan hambre. Es decir, si en el hogar no tuvieron una alimentación variada; se dejó de desayunar, comer o cenar; se comió menos de lo que debería comer; se quedaron sin comida; sintió hambre pero no comió; o hizo solo una comida o dejó de comer durante todo el día.

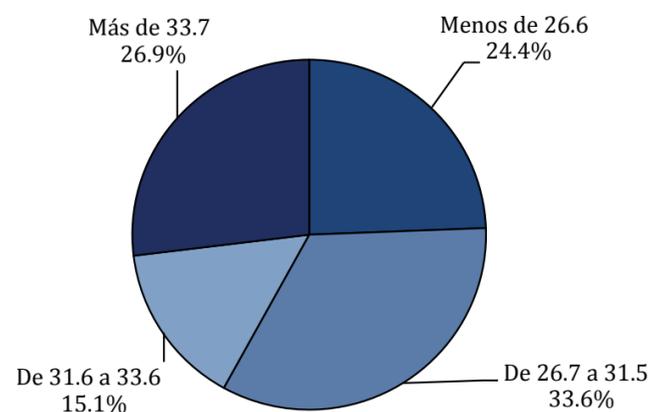
Al evaluar el acceso a la alimentación, es posible identificar dos situaciones en los hogares: *a)* cuando hay seguridad alimentaria y *b)* cuando hay inseguridad alimentaria; a su vez, esta última situación se subdivide en tres grados de intensidad: leve, moderada y severa. Para establecer la carencia por acceso a la alimentación, solo se consideran aquellos hogares donde la inseguridad alimentaria es moderada y severa; de esta forma se reconocen los factores culturales y contextuales que actúan en distintas partes del país y se asegura la comparabilidad entre hogares. Se debe mencionar que esta propuesta de medición de las carencias al acceso a la alimentación ha sido adaptada y validada para el caso de México.

A diferencia de otras carencias sociales, el acceso a la alimentación no se mide de manera directa a través de información censal, sino que se obtiene a través de métodos indirectos, que se derivan de la aplicación de encuestas nacionales que se preparan en estrecha colaboración con

el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); básicamente a la *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares* que realiza cada dos años el INEGI, se añadió un *Módulo de Condiciones Socioeconómicas* de donde se obtiene la información para definir la inseguridad alimentaria a nivel estatal y municipal.

A nivel nacional, Chiapas ocupó el quinto lugar por sus carencias en acceso a la alimentación, con el 30.3% de su población, muy por debajo del primer lugar, Guerrero, donde las carencias en este rubro alcanzaron al 42.6%. Aunque comparado con el promedio nacional, de 24.9%, el valor estatal no parece muy distante, se debe mencionar que a diferencia de otras carencias sociales que entre 2008 y 2010 han mostrado una evolución favorable, en el caso de la inseguridad alimentaria se registró un incremento preocupante, por las implicaciones que representa la agudización de las carencias alimentarias en la población, en dos años en Chiapas la población con carencias por acceso a la alimentación aumentó en una proporción de 4.1% del total de sus habitantes.

En la región, el municipio que registró el valor más bajo de inseguridad alimentaria fue Tapilula, en el extremo sureste, con 23.7% de su población con carencias por acceso a la alimentación; mientras que el valor más alto fue en Tecpatán, en el extremo suroeste, con 39.5%. En este caso la mayor proporción de la población de la región, el 33.6%, se identifica con niveles muy cercanos al valor estatal, y un poco más de la cuarta par-



Fuente: CONEVAL, 2010, Medición municipal de la pobreza, México.

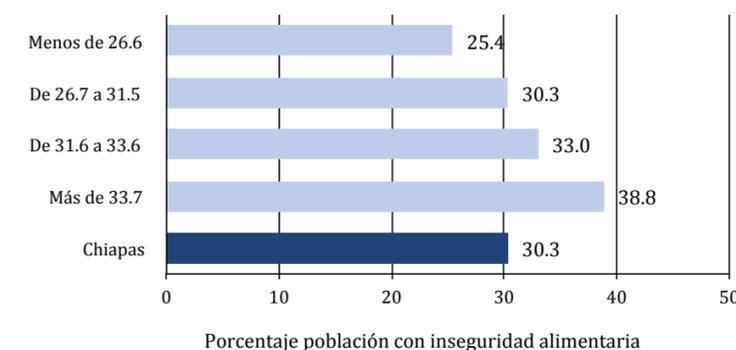
Figura V.9.1. Población según niveles de inseguridad alimentaria en los municipios de la región del volcán Chichón, 2010.

te, el 26.9%, registró niveles altos. Territorialmente, en el sur y suroeste se identifican valores altos, mientras en el norte, centro y este predominan valores bajos e intermedios (Figura V.9.1).

En cuanto a los valores promedio en los niveles que se utilizaron para representar territorialmente la incidencia de la inseguridad alimentaria, destaca el que en tres de los cuatro rangos, sus valores son iguales o mayores al promedio estatal, lo que representa a 13 de los 16 municipios de la región. De manera general, se puede afirmar que la inseguridad alimentaria en los municipios de la región del volcán Chichón es alta (Figura V.9.2).

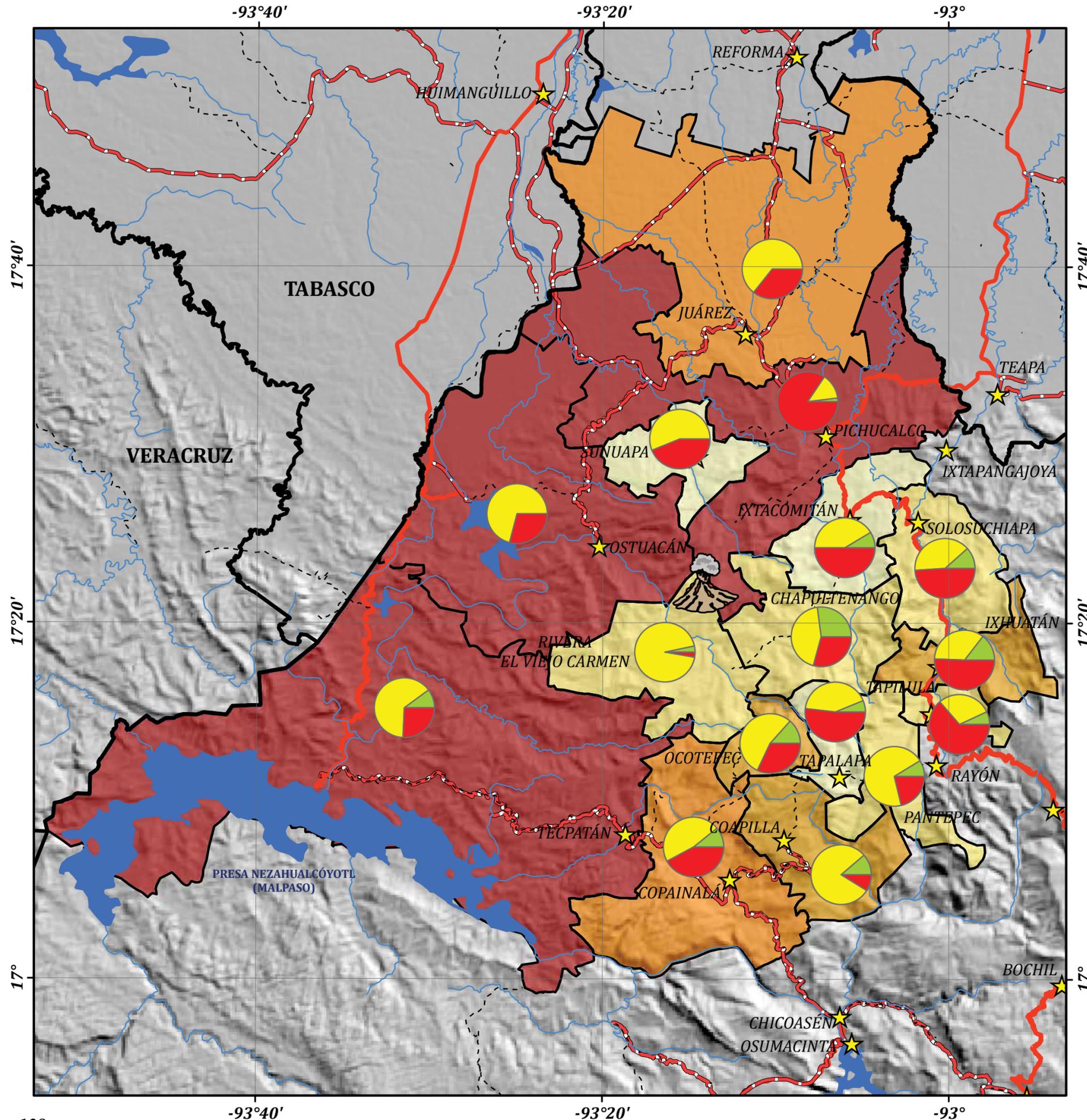
### Bibliografía

- CONEVAL (2009), *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México.
- CONEVAL (2012), *Metodología para la medición de la pobreza de los municipios de México, 2010*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, p. 64.
- CONEVAL (s/f), *Medición pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México [www.coneval.gob.mx].



Fuente: cálculos propios con base en CONEVAL, 2010, Medición municipal de la pobreza, México.

Figura V.9.2. Valores promedio de inseguridad alimentaria en los municipios de la región del volcán Chichón, 2010.



### LEYENDA DEL MAPA

Superficie sembrada (hectáreas)

- < 1 163
- 1 164 - 2 308
- 2 309 - 4 390
- 4 391 - 5 528
- > 5 529

Frijol  
 Maíz  
 Otros

### SIMBOLOGÍA

- Límite estatal
- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal

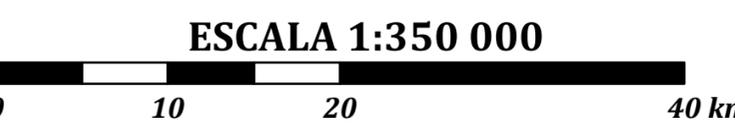
**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro

**Rasgos naturales**

- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
SAGARPA (2009), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor

## V.10 Superficie sembrada por municipio, 2009

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña  
y María Teresa Gutiérrez de MacGregor

Las actividades económicas primarias se basan en la explotación de los recursos naturales renovables y dependen directamente de la tierra; en este sector económico se encuentra la agricultura, la ganadería, la explotación forestal y la pesca; estas actividades en su conjunto definen un modo de vida rural, que a pesar de que ha perdido importancia nacional en las últimas décadas, todavía determinan a una amplia parte del territorio y siguen siendo las actividades productivas principales para gran parte de la población de algunos estados del país, como en Chiapas.

Dentro del sector primario, la agricultura es la actividad fundamental; en general, muestra una amplia variedad de condiciones de producción a lo largo del país, que abarca desde una agricultura comercial, intensiva y productiva, con inversiones de capital e insumos, fertilizantes, maquinaria, riego, etc.; hasta una agricultura tradicional de subsistencia, de bajo rendimiento, con mano de obra familiar y que se desarrolla en pequeñas parcelas de minifundios y en ejidos. Estas últimas características también definen a gran parte de las áreas con mayor marginación del país y Chiapas es uno de los estados con mayor volumen de población rural, pobre y marginada.

La principal actividad económica en los municipios de la región del volcán Chichón es la agricultura de temporal. De acuerdo con la información estadística de la SAGARPA, en 14 de los 16 municipios de la región el 100% de la superficie sembrada es de temporal, solo en Juárez y Ostuacán se registró una pequeña superficie de agricultura mecanizada, de 710 y 310 ha, respectivamente, que representan una escasa proporción respecto a la superficie sembrada de temporal.

En el mapa de superficie sembrada por municipio, en primera instancia, es posible advertir que la superficie sembrada en cada municipio está vinculada con su tamaño, lo cual es evidente en los rangos superiores; efectivamente Pichucalco, Ostuacán y Tecpatán son los de mayor tamaño en superficie total y sembrada. Sin embargo, en rangos inferiores esta asociación no es directa; como en el caso de los tres municipios más pequeños de la región: Tapilula, Tapalapa y Ocoatepec, cada uno de ellos se ubica en un estrato diferente de acuerdo con la superficie sembrada: Ocoatepec en la categoría media, por arriba de otros municipios de mayor tamaño; Tapilula, en el estrato bajo y Tapalapa en el muy bajo, cabe señalar que aunque es el municipio de menor tamaño en la región no se posicionó en el último lugar por superficie sembrada, lugar que ocupa Sunuapa, donde solo se plantaron 8.8 ha.

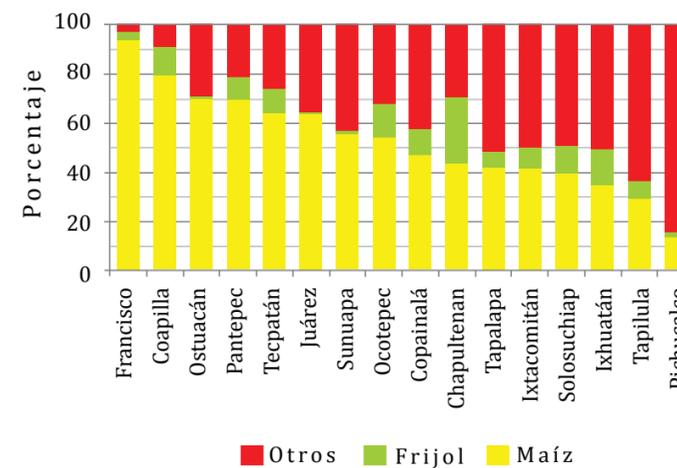
Los principales cultivos que se siembran en la zona son el maíz y el frijol; estos dos productos abarcan el 61.2% de la superficie sembrada total en los 16 municipios de la región (Figura V.10.1).

La siembra de maíz siempre ha estado asociada con la agricultura tradicional campesina, generalmente es de temporal, en su mayor parte para autoconsumo o de subsistencia y de bajo rendimiento, por falta de in-

versión en insumos necesarios (fertilizantes, semillas, riego) por falta de capital. Es por esto que también está asociada con áreas rurales pobres y marginadas.

En los municipios de la región, la proporción de superficie sembrada dedicada al maíz tiene una gran variación, desde solo el 13.4% que se registró en Pichucalco, hasta el 93.9% en Francisco León (el municipio donde se localiza el volcán Chichón); aunque en la mitad de los 16 municipios la siembra de maíz abarca más de la mitad de la superficie sembrada total, es decir, en ocho municipios prácticamente hay monocultivo de maíz.

La proporción de superficie sembrada de frijol es importante en Chapultenango, ya que abarca el 27.1% del total, por lo que es uno de los municipios con mayor diversificación de la agricultura. De igual modo, en Pichucalco, el rubro de otros cultivos abarca casi la totalidad de la su-



Fuente: SAGARPA, 2009, Servicio de información agroalimentaria y pesquera, México.

Figura V.10.1. Proporción de los cultivos de maíz, frijol y otros en los municipios de la región del Volcán Chichón, 2009.

perficie sembrada, con el 84.3% de la superficie total sembrada; también destaca por tener una amplia variedad de cultivos, además, hay otros cinco municipios donde el rubro de otros cultivos alcanzan más del 49% de la superficie sembrada, por lo que también se pueden clasificar como agrícolamente diversificados (Figura V.10.2).

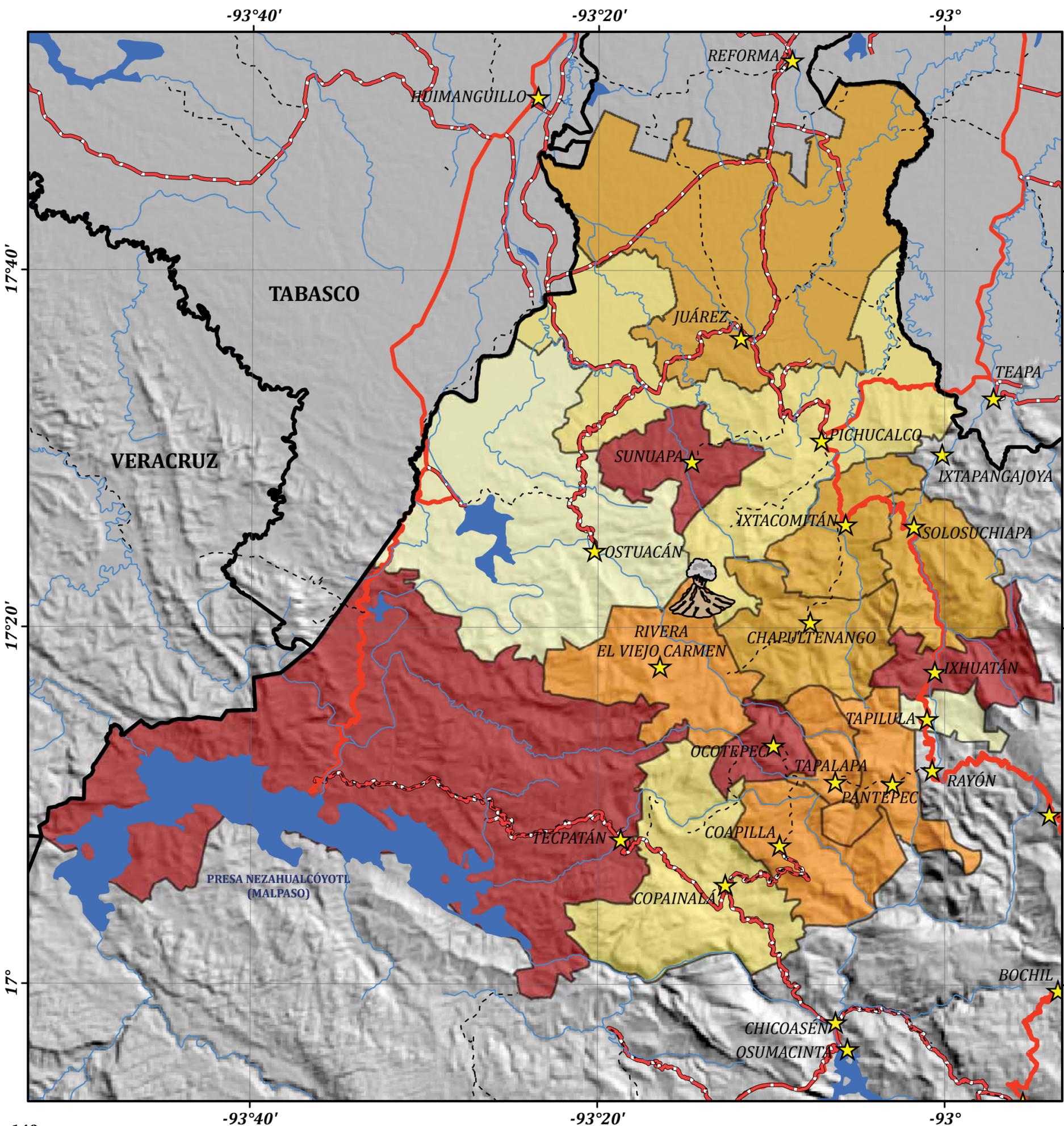
### Bibliografía

- Coll-Hurtado, A. (2005), *Geografía económica de México*, Colección Temas Selectos de Geografía de México (II.3), Instituto de Geografía, UNAM, México.
- SAGARPA (2009), *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*, México.



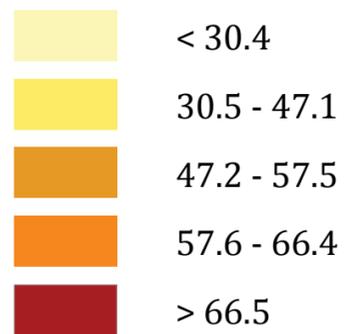
Figura V.10.2. Cultivo de cacao en el municipio de Ostuacán.

**POBLACIÓN CON ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS EN LA VIVIENDA A NIVEL MUNICIPAL V.11**



**LEYENDA DEL MAPA**

Población con acceso a servicios básicos en la vivienda (% de la población total del municipio)

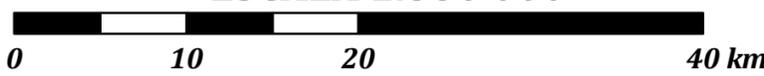


**SIMBOLOGÍA**

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Vías terrestres**
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro
- Rasgos naturales**
- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
CONEVAL (2010), Medición Municipal de la Pobreza.

**ESCALA 1:350 000**



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor  
Genaro Javier Delgado Campos

## V.11 Población con acceso a servicios básicos en la vivienda a nivel municipal

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña,  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor y Genaro Javier Delgado Campos

Uno de los aspectos que se deben tomar en cuenta para identificar a la población en situación de pobreza es reconocer las inadecuadas condiciones de habitabilidad en la que residen las personas en áreas marginadas del país; en este sentido, es importante considerar la manera en que la población cubre al menos cuatro de los servicios básicos en sus viviendas, es decir, cómo se abastece de agua, cuál es el tipo de drenaje del que dispone, si cuenta con luz eléctrica y qué combustible usa para cocinar.

Estas características de la vivienda son un componente fundamental del entorno donde las personas interactúan; por ejemplo, el contar con agua potable y electricidad en la vivienda, tiene un fuerte impacto en las condiciones sanitarias del hogar y en las diversas actividades que pueden desarrollar sus habitantes. Es por esto que una de las carencias sociales que identificó la CONEVAL para definir, identificar y medir la pobreza en México es el acceso a servicios básicos en la vivienda.

Este indicador resulta de la combinación de cuatro distintas variables censales que permiten establecer la situación de carencia por servicios básicos en las viviendas (Figura V.11.1):

a) cuando el agua que se usa se obtiene de un pozo, río, lago, arroyo, pipa, o por acarreo de otra de otra vivienda o de llave pública;

b) cuando no dispone de drenaje o cuando el desagüe tiene conexión a una tubería que va a dar a un río, lago, mar, barranca o grieta;  
c) cuando no cuenta con energía eléctrica, y  
d) cuando se usa leña o carbón como combustible para cocinar o calentar alimentos.

A nivel nacional, Chiapas ocupó el tercer lugar, con el 34.1% de su población, con carencias por acceso a servicios básicos en la vivienda, los dos primeros lugares fueron Oaxaca y Guerrero, con el 41.4 y 40.1%, respectivamente. A nivel nacional, solo el 16.5% de la población carece de estos servicios básicos en la vivienda.

Los municipios de la región del volcán Chichón registraron gran variación en la carencia por cobertura de los servicios básicos, el valor más bajo fue en Tapilula, en el extremo sureste, con 29.4%, mientras que Ocoatepec tuvo el más alto, con 74.2%, también al sureste del volcán. Sin embargo, hay que mencionar que en 14 de los 16 municipios de la región, el porcentaje de la población con carencias por este rubro superó a la media estatal de 34.1%, es decir, el 86.9% de la población de la región tiene carencias superiores al promedio del estado (Figura V.11.2).

Para valorar la intensidad de las carencias de los servicios básicos en las viviendas del área en estudio, se calcularon los valores promedio en los

distintos niveles que se generaron para representar territorialmente este indicador; de esta manera, es posible determinar que las carencias por este rubro que involucran a más de la mitad de su población están presentes en los tres niveles superiores en que se dividió el indicador, lo que representa a 12 de los 16 municipios de la región (64.1% del total de habitantes); además, en el extremo más alto, ocho de cada diez personas tienen limitaciones por carecer de acceso a los servicios básicos en la vivienda, lo que incluye a cuatro municipios que representan el 29.4% del total de habitantes de la región (Figura V.11.3).

### Bibliografía

CONEVAL (2009), *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México.  
CONEVAL (s/f), *Anexo estadístico. Pobreza 2010*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México [http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Medición/Anexo-Estadístico-Pobreza-2010.aspx].

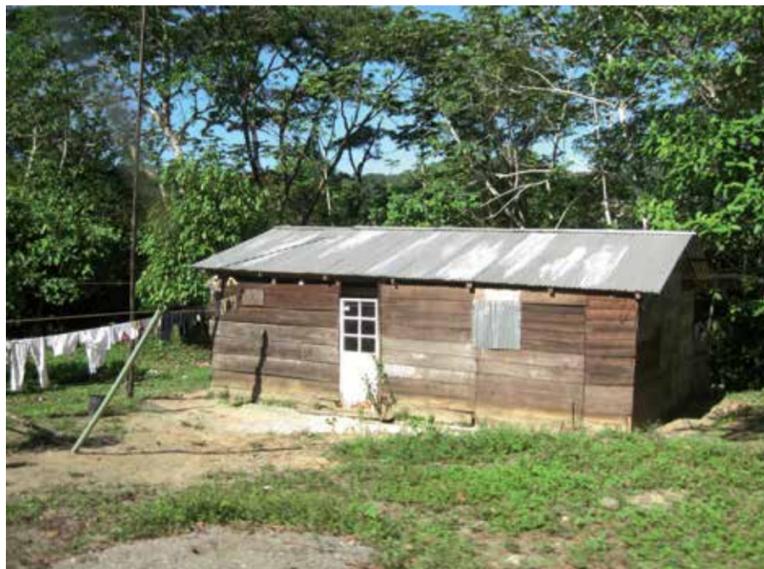
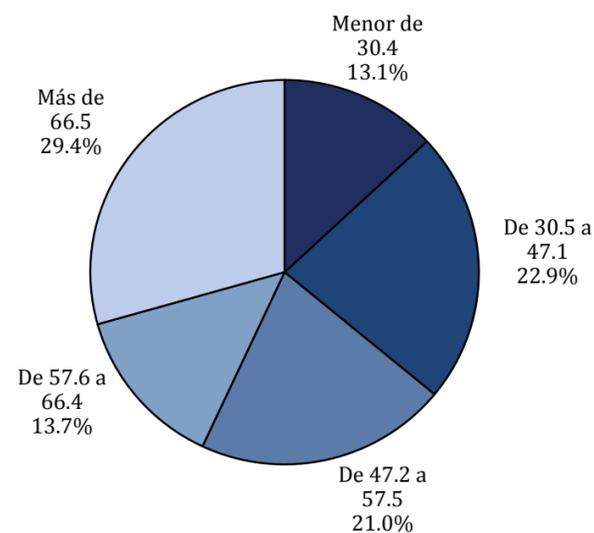
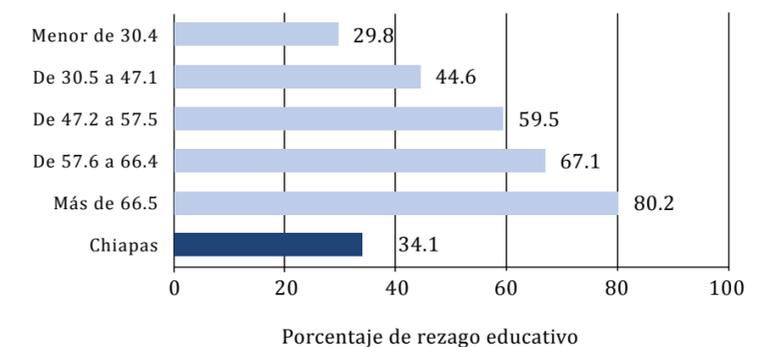


Figura V.11.1. Vivienda sin servicios básicos ubicada en el municipio de Sunuapa.



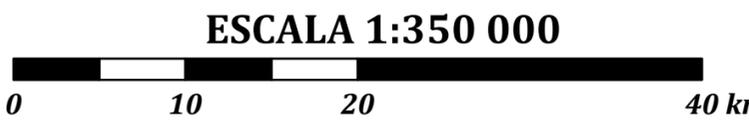
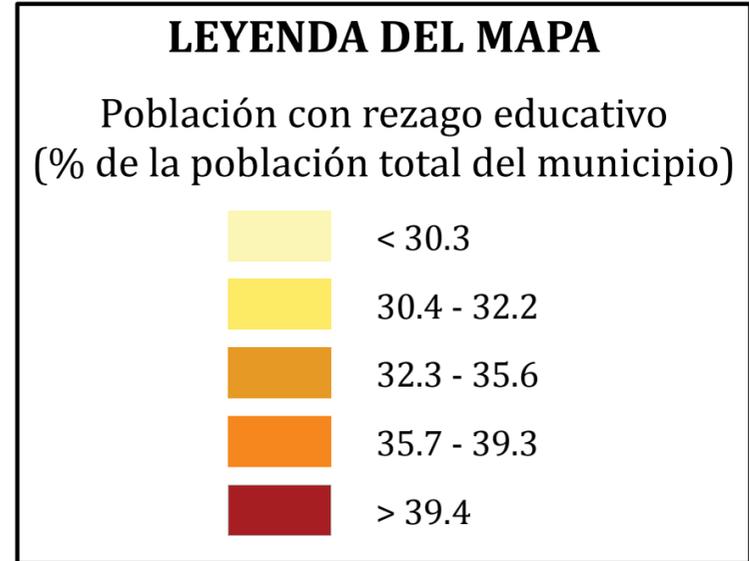
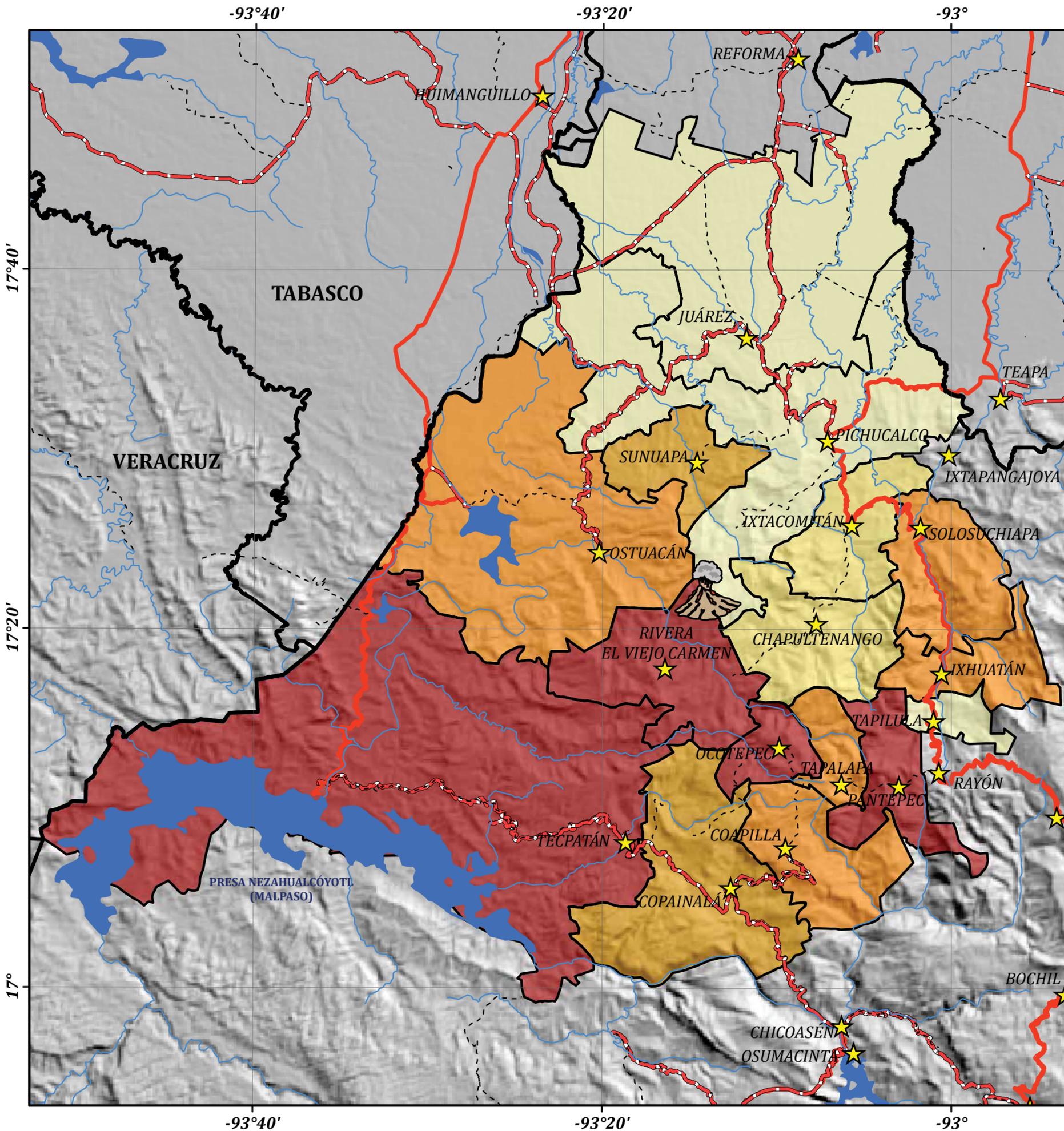
Fuente: CONEVAL, 2010, Medición municipal de la pobreza, México.

Figura V.11.1. Población según niveles de la carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda, en la región del volcán Chichón 2010.



Fuente: cálculos propios con base en CONEVAL, 2010, Medición municipal de la pobreza, México.

Figura V.11.2. Valores promedio de la carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda en los municipios de la región del volcán Chichón, 2010.



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor  
Irasema Alcántara Ayala

## V.12 Población con rezago educativo a nivel municipal

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña,  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), el rezago educativo es una de las seis carencias sociales que se deben medir para identificar la pobreza en nuestro país.

La creación del CONEVAL surgió a iniciativa del Congreso mexicano en 2004 para establecer lineamientos y criterios para definir, identificar y medir la pobreza, como una de sus funciones centrales. Derivado de este mandato, se estableció una metodología oficial que permite medir las múltiples dimensiones de las carencias y rezagos de la población más vulnerable; esta manera de definir a la pobreza permite no solo conocer el porcentaje de población en esta situación, sino también observar los niveles de carencias en cada uno de los indicadores involucrados.

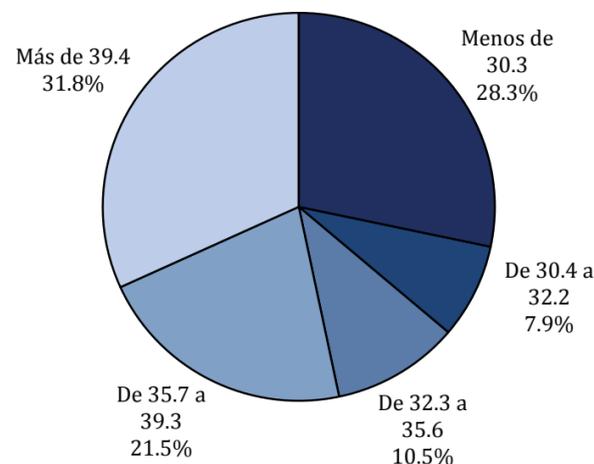
El rezago educativo es un indicador que permite conocer la proporción de la población que no asiste a la escuela y que no cuenta con los niveles de educación básica obligatoria; se obtiene de la suma de tres variables censales: a) la inasistencia escolar de la población de 3 a 15 años, b) la población que nació antes de 1982 y no cuenta con el nivel de educación obligatoria vigente en el momento (primaria completa), y c) la población que nació a partir de 1982 y no tiene el nivel de educación obligatorio (secundaria completa); cabe señalar que actualmente, la enseñanza básica obligatoria incluye los siguientes niveles: preescolar (a partir de 2002), primaria y secundaria.



Figura V.12.1. Escuela de nivel básico en la localidad de Chapultenango.

A nivel nacional, Chiapas destaca por ser el estado con mayor rezago educativo, en 2010 el 35.0% de su población, 1.68 millones, cuenta con esta carencia social; incluso por arriba de otros estados tradicionalmente pobres y marginados como Oaxaca, con 30.3% y Guerrero, con el 28.3% de su población, pero también muy por arriba del promedio nacional, que fue de 19.4%. Aunque, por otro lado, entre 2008 y 2010 Chiapas registró una reducción del rezago educativo en el estado, ya que en 2008 el 38.0% de la población carecía de este derecho social.

El rezago educativo de los municipios de la región del volcán Chichón es, en general, alto y muy alto. El municipio que registró menor rezago educativo fue Pichucalco, con el 27.3%, mientras que Ocoatepec, al sureste, fue el más alto, con 45.2%. Un factor que influye en estos resultados extremos es el tamaño de las localidades en la zona; una característica del área en estudio es su alta dispersión y la ausencia de localidades urbanas, con excepción de la cabecera municipal de Pichucalco, que es la de mayor tamaño en toda la región; en este caso, el tipo y variedad de servicios que ofrece una aglomeración urbana está íntimamente ligado a su tamaño, por lo que Pichucalco debe tener un número de escuelas primarias y secundarias mayor que en otros municipios, que le permiten atender tanto a su población local como a otras localidades vecinas. En cambio, en los lugares donde predominan localidades pequeñas (con menos de 500 habitantes), el número de escuelas debe ser menor y su ubicación muy bien seleccionada para cubrir las necesidades de educación básica de la población dispersa (Figura V.12.1).



Fuente: CONEVAL, 2010, Medición municipal de la pobreza, México.

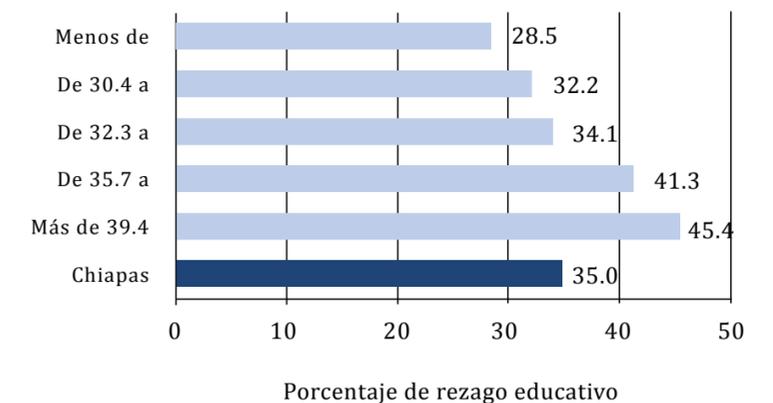
Figura V.12.2. Población según niveles de rezago educativo en la región del volcán Chichón 2010.

La mayor parte de la población de los municipios de la región tiene un rezago educativo considerable; más de la mitad, el 53.3%, registró una carencia superior al del estado (más del 35.0%), y casi una tercera parte, el 31.8%, tuvo un rezago muy alto, en estos municipios cuatro de cada diez habitantes cuentan con esta carencia, territorialmente se ubican al sur. Otra importante proporción de la población, el 28.3%, registró un rezago muy bajo para la región, con valores menores a 30.3%, son los dos municipios del norte de la región (Figura V.12.2).

Los valores promedio del rezago educativo en los municipios de la región, muestran la intensidad de esta carencia, todos registraron valores muy por arriba de la media nacional (de 19.4%); lo que demuestra que en la zona los niveles de educación de la población es una de las principales limitantes para mejorar su actual situación de vulnerabilidad y reduce su capacidad para tomar decisiones, interactuar y funcionar positivamente en su entorno social (Figura V.12.3).

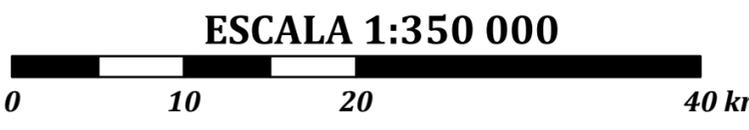
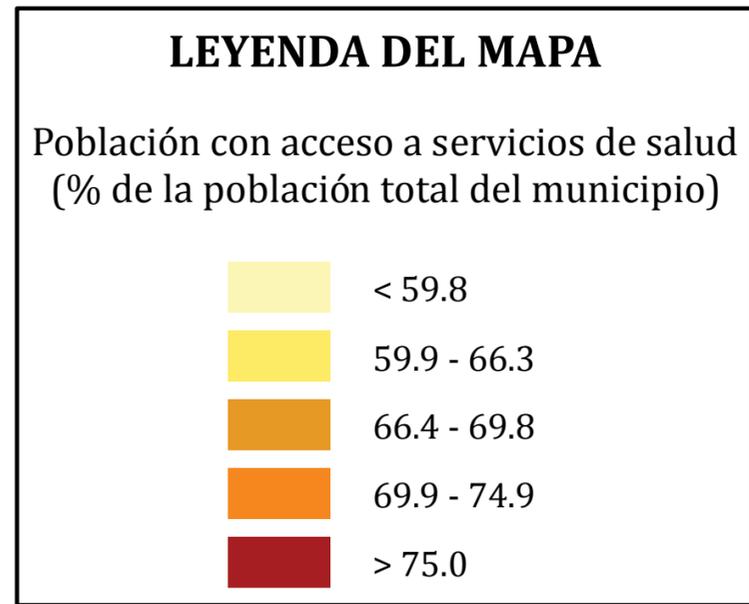
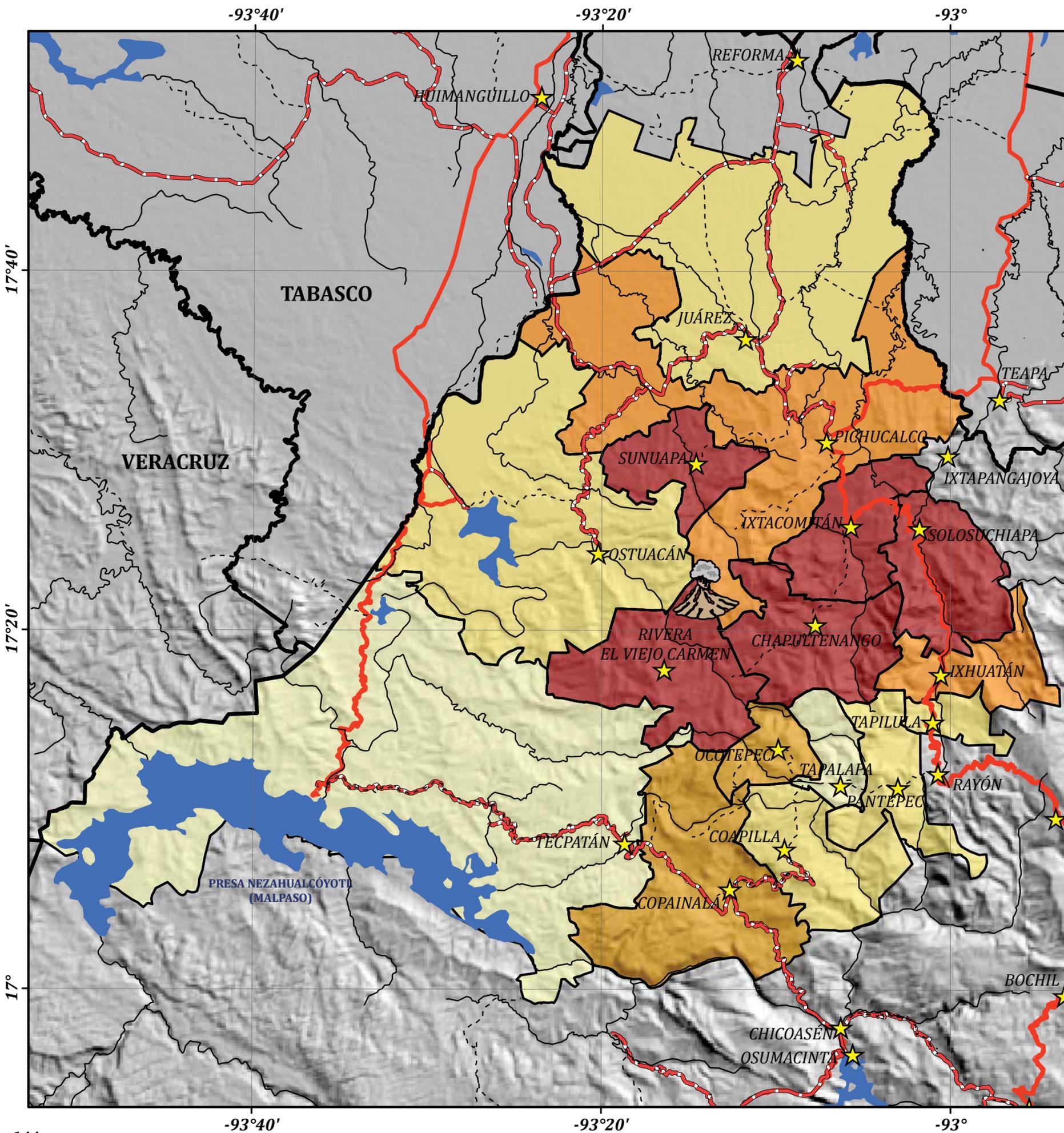
### Bibliografía

- CONEVAL (2009), *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México.
- CONEVAL (s/f), *Medición pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México [www.coneval.gob.mx].



Fuente: cálculos propios con base en CONEVAL, 2010, Medición municipal de la pobreza, México.

Figura V.12.3. Valores promedio del rezago educativo en los municipios de la región del volcán Chichón, 2010.



Autores: Ricardo J. Garnica Peña  
Jorge González Sánchez  
Ana Rosa Rosales Tapia

## V.13 Acceso a servicios de salud a nivel municipal

Ricardo J. Garnica Peña, Jorge González Sánchez  
y Ana Rosa Rosales Tapia

La derechohabencia a los servicios de salud es una característica demográfica que en la encuesta censal tiene poco tiempo de haberse incorporado, en 2000 se agregó por primera vez al cuestionario básico que se aplica durante el levantamiento censal que elabora el INEGI.

Los datos que arrojó esta primera evaluación fueron desalentadores, a nivel nacional el 57.0% de la población en 2000 carecía de aseguramiento médico; esta situación era más grave en entidades como Chiapas, que se caracterizan por sus elevados grados de marginación, donde el 77.8% de su población no tenía acceso a servicios médicos públicos o privados. La escasa cobertura de los servicios médicos se debe a que únicamente la población con un empleo formal tenía acceso a los diferentes sistemas de servicios de salud, mientras que el resto de la población, muchas veces la más vulnerable, no tenía opciones.

A principios de 2004 entró en vigor el *Sistema de Protección Social en Salud*, mejor conocido como un *Seguro Popular*, el cual representó un importante cambio en el sistema de salud del país, ya que fue diseñado para incorporar a la población no asalariada al aseguramiento médico público, lo que incluye servicios médico-quirúrgicos, farmacéuticos y hospitalarios, bajo esquemas de financiamiento flexibles, donde intervienen el gobierno federal, los gobiernos estatales y los propios afiliados.

El efecto de este ajuste, fue un importante aumento de la cobertura en el acceso a los servicios de salud de la población, por ejemplo, Chiapas pasó de tener solo el 17.6% de su población con derechohabencia a servicios médicos en 2000 al 56.8% en 2010.

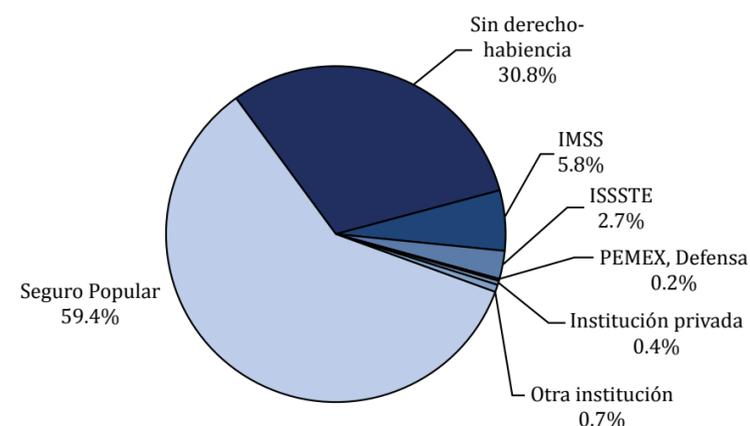


Figura V.13.1. Centro de Salud en la localidad de Nuevo Juan de Grijalva.

Una persona tiene derecho a servicio médico cuando: *a)* la empresa, la fábrica o la compañía para la que trabaja paga el servicio a una institución de salud pública o privada; *b)* cuando la persona paga al IMSS, de manera voluntaria o facultativa; *c)* si la persona está jubilada por una institución de seguridad social; *d)* si está inscrita en alguno de los programas del gobierno; *e)* cuenta con servicios médicos particulares de instituciones de salud privada; *f)* adquirió por su cuenta un seguro médico privado, o *g)* cuando es beneficiario por el titular del derecho del servicio (INEGI, 2010:87-88).

En la región, cerca de dos terceras partes de la población, el acceso a los servicios médicos es a través del sistema del Seguro Popular, es decir, se trata de familias con trabajos informales, por lo que no contaban con algún sistema de seguridad social hasta que surgió este sistema de aseguramiento médico; en cambio, solo el 9.3% cuenta con servicios de salud a través del IMSS, ISSSTE, PEMEX o instituciones privadas (Figura V.13.1).

Dentro de seguridad social de la población con empleo formal, destaca Ocotepéc, al sureste del volcán Chichón, por registrar la mayor cobertura de población asegurada al IMSS, con el 19.1%, y Pichucalco, al noreste, con la mayor cobertura del ISSSTE, de 4.1% de su población y de instituciones de salud privadas, con el 1.2%. Estos dos municipios, son también los que registraron mayor acceso a los servicios médicos de las distintas instituciones de seguridad social del país, el primero con el 23.1% y el segundo con el 14.1% de su población (Figura V.13.2).



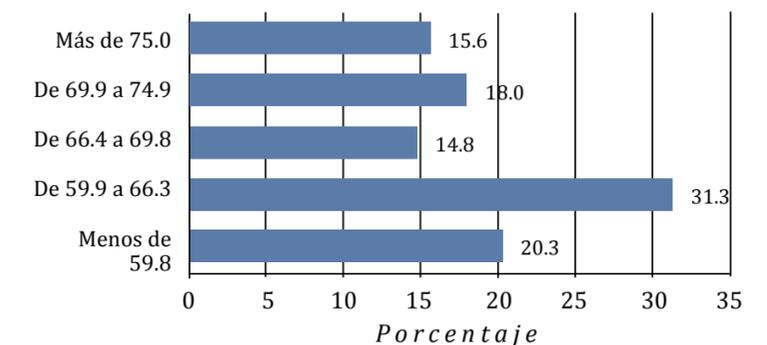
Fuente: INEGI, 2011.

Figura V.13.2. Acceso a los servicios de salud de la población de los municipios de la región del volcán Chichón en 2010.

En cuanto a los municipios de la región del volcán Chichón, llama la atención que el 68.6% de su población en 2010 cuenta con acceso a los distintos servicios de salud, un porcentaje mayor al que registró la entidad en 2010 (de 56.8%). Los municipios que registraron una mayor cobertura de aseguramiento médico fueron Francisco León (con 83.4% de su población), en el centro de la región, municipio donde está ubicado el volcán Chichón y Solosuchiapa, con 81.7%, en el extremo centro oriente de la región; los municipios que registraron menor cobertura fueron Tapalapa, con 59.3%, ubicado al sur oeste y Tecpatán, con 59.8%, al sureste del volcán. Cabe señalar que estos municipios también registraron los porcentajes más bajos y más altos, respectivamente, de población sin accesos a servicios de salud de ningún tipo (Figura V.13.3).

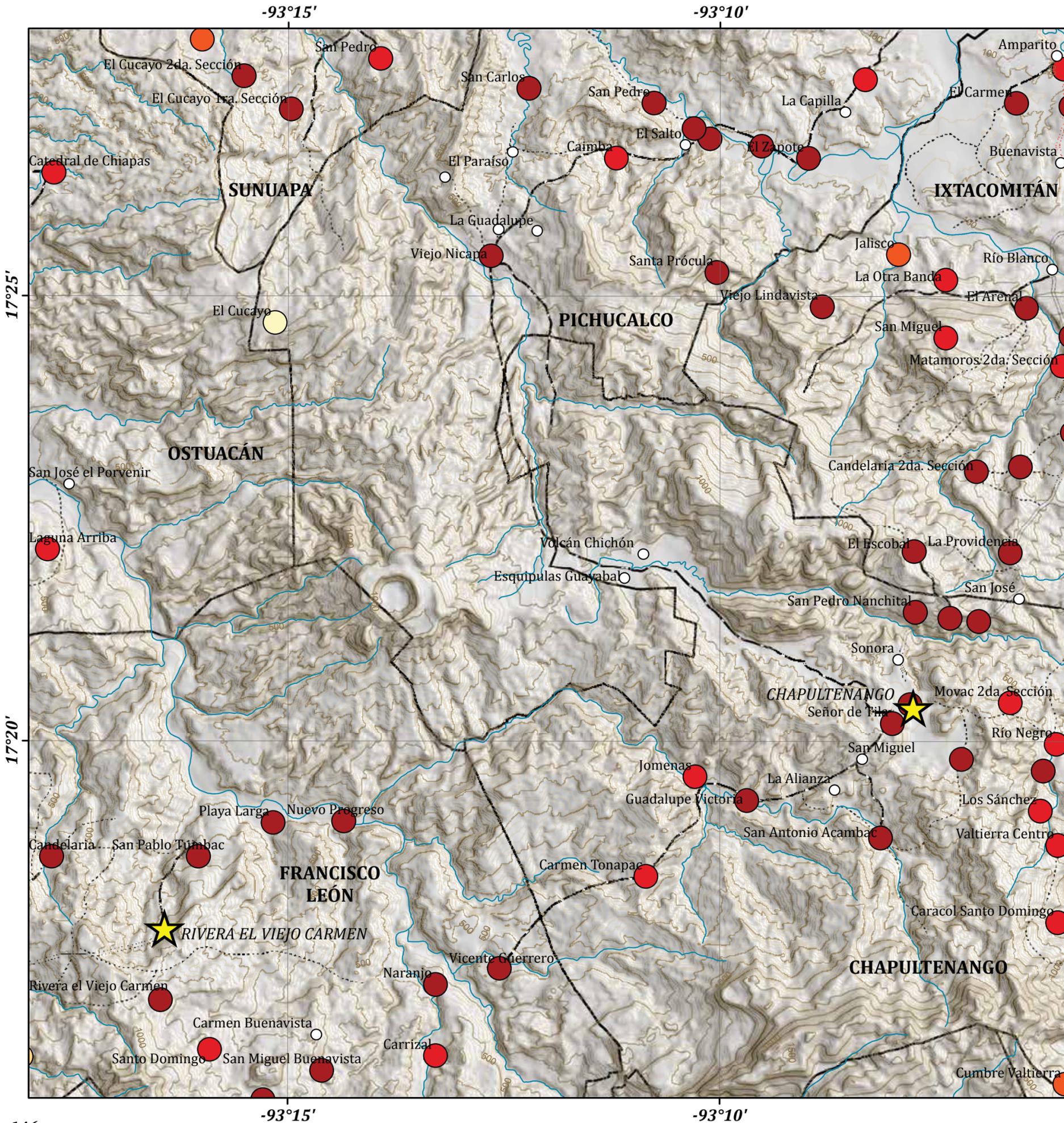
### Bibliografía

- Frenk Mora, J., J. Frenk, F. Knaul, O. Gómez-Dantés, E. González-Pier, H. Hernández-Llamas, M. A. Lezana, H. Arreola, S. González, A. Martínez-Valle, E. Ruelas, R. Tapia, C. Santos-Burgoa y R. Iturriaga, *et al.* (2011), *“Financiamiento Justo y Protección Social Universal: La Reforma Estructural del Sistema de Salud en México”* [[http://www.seguro-popular.salud.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=33](http://www.seguro-popular.salud.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=33)].
- INEGI (2010), *Censo de Población y Vivienda 2010. Levantamiento censal. Manual del Entrevistador del Cuestionario Básico*, México, pp. 87-88.
- INEGI (2011), *Principales resultados por localidad (ITER). Censo de población y vivienda 2010*, México.



Fuente: INEGI, 2011.

Figura V.13.3. Población con acceso a los servicios de salud en 2010.



**LEYENDA DEL MAPA**

Población con acceso a servicios de salud (% de la población total de la localidad)

- < 20.0
- 20.01 - 40.0
- 40.01 - 60.0
- 60.01 - 80.0
- > 80.01

Sin información

- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

**SIMBOLOGÍA**

Límite municipal

Cabecera municipal

**Vías terrestres**

Carretera federal

Carretera estatal

Terracería

Brecha

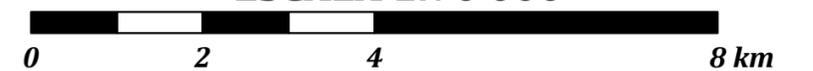
**Rasgos naturales**

Corrientes principales

FUENTE:

INEGI (2010), SCINCE, Sistema para la consulta de información censal

**ESCALA 1:70 000**



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
Ana Rosa Rosales Tapia

## V.14 Acceso a servicios de salud a nivel localidad, 2010

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña  
y Ana Rosa Rosales Tapia

Al analizar el acceso a servicios de salud a nivel de localidad, resalta el que la cobertura del aseguramiento médico es mayor al que registraron los municipios de la región: el 81.7% de la población de las localidades del área cuenta con servicios de salud, mientras que en los municipios de la zona esta proporción fue de 68.6%.

Al igual que en los municipios de la zona, la principal vía para disponer de servicios médico-quirúrgicos, farmacéuticos y hospitalarios, es a través del Seguro Popular; en este caso, nueve de cada diez personas (el 92.5%) dependen de este sistema de atención médica; mientras que el resto de las instituciones de seguridad social, cubren a una proporción de la población muy pequeña.

Una de las principales diferencias entre Seguro Popular y el resto de instituciones que brindan servicios médicos, es que el primero atiende a población que no cuenta con un empleo formal y que sus ingresos son esporádicos y variables a lo largo del año. De tal manera que estas características definen a más del 90% de la población de las localidades representadas en el mapa. En esta zona el Seguro Popular prácticamente

es la única opción para obtener los servicios médicos que la población demanda.

La mayoría de las localidades que se presentan en el mapa son muy pequeñas, el 56.6% tiene menos de cien habitantes, y se encuentra dispersa en los extremos norte, este y sur del área; algunas de ellas están vinculadas a través de carreteras de terracería o estatales; en cambio, otras se encuentran aisladas, donde predominan caminos de brecha. En estos lugares, una buena accesibilidad es una característica fundamental, que puede favorecer el que la localidad tenga acceso a los distintos servicios que ofrecen las autoridades o las diferentes instituciones del Estado. Es por esto que las localidades con baja cobertura de aseguramiento médico o aquéllas sin acceso a estos servicios, son también las más aisladas y dispersas (Figura V.14.1).

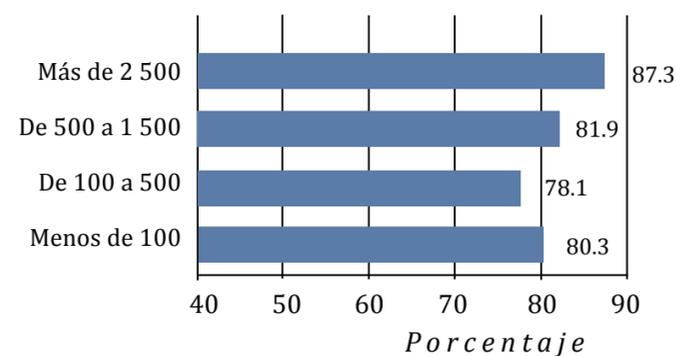
Los distintos niveles de cobertura que registraron las localidades no está relacionada con el tamaño de la localidad, en estos lugares otros factores son de mayor importancia, tales como el trabajo de los promotores del Seguro Popular o la accesibilidad al lugar.

La única localidad con más de 2 500 habitantes, Chapultenago, cabecera del municipio del mismo nombre, es la que registra el mayor porcentaje de cobertura de servicios médicos, y las 23 localidades de 101 a 500 habitantes, son las que registraron una menor cobertura (Figura V.14.2).

Sin embargo, resalta el que  $\frac{3}{4}$  partes de la población de la zona registró muy altos niveles de acceso a servicios médicos, es decir, el 74.5% de todos los habitantes de la zona tienen una cobertura de atención médica que supera el 80%; mientras que los niveles de cobertura menor agrupan solo una pequeña proporción de la población de la zona, menos del 2% (Figura V.14.3).

### Bibliografía

INEGI (2011), *Principales resultados por localidad (ITER)*. Censo de población y vivienda 2010, México.

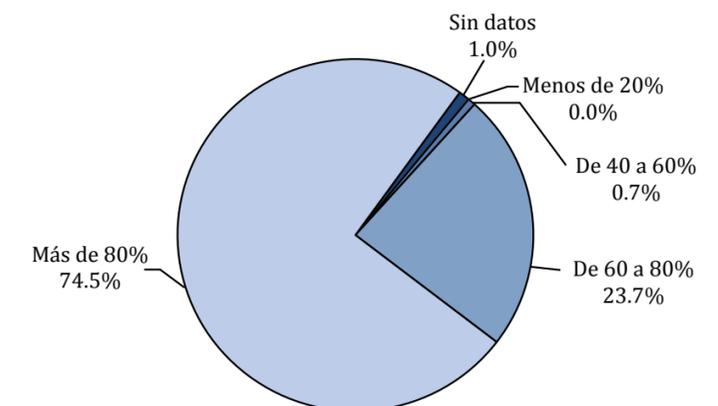


Fuente: INEGI, 2011.

Figura V.14.1. Población con acceso a los servicios de salud por tamaño de localidad en 2010.

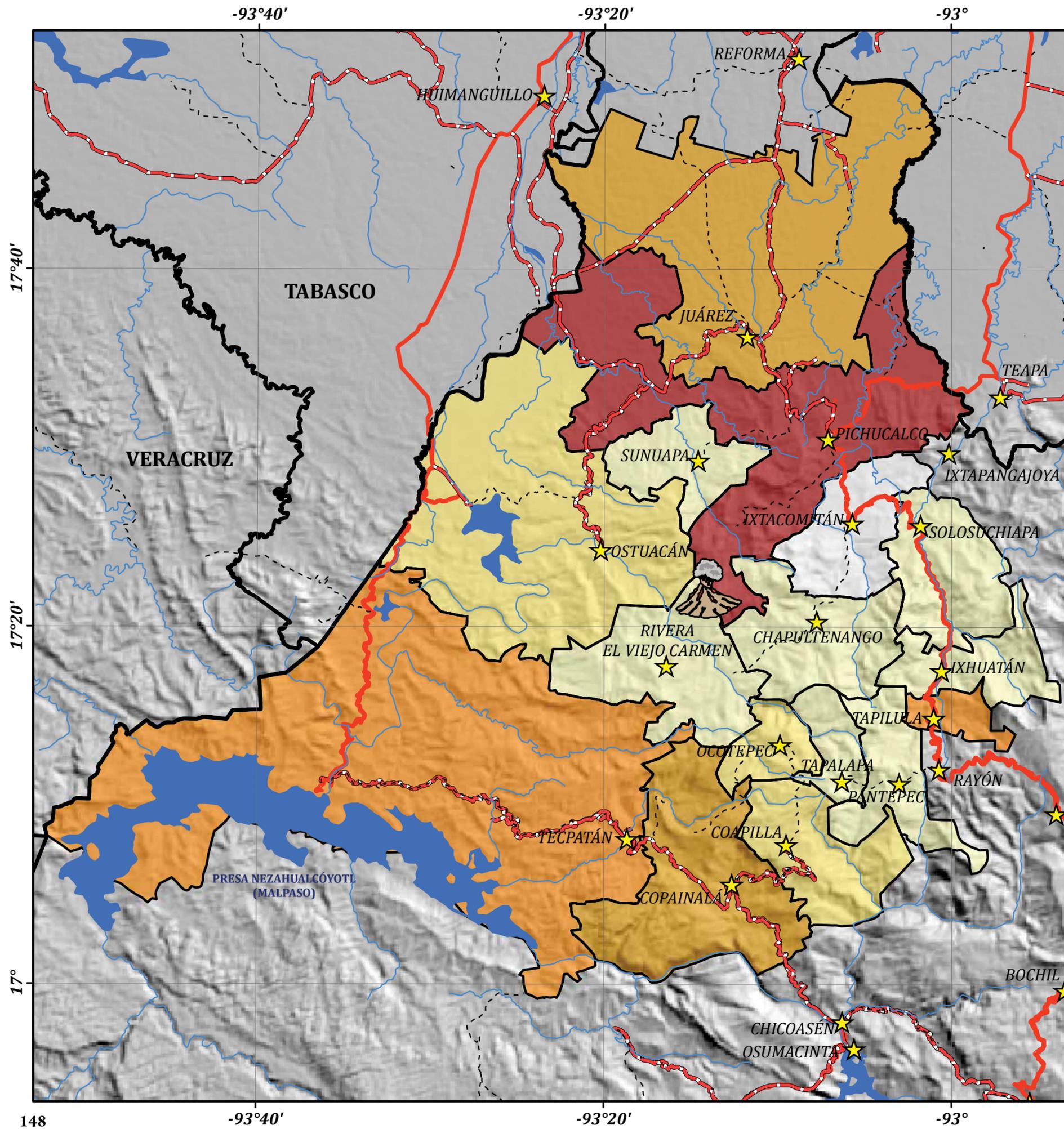


Figura V.14.2. Campañas de salud en la localidad de Chapultenago.



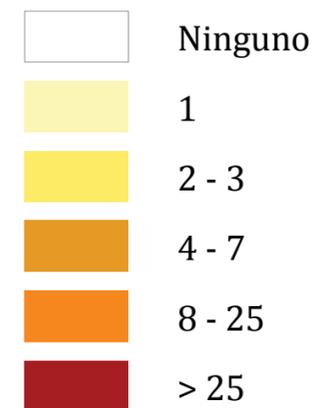
Fuente: INEGI, 2011.

Figura V.14.3. Distribución de la población según los niveles de cobertura de acceso a servicios médicos, 2010.



**LEYENDA DEL MAPA**

Médicos por municipio

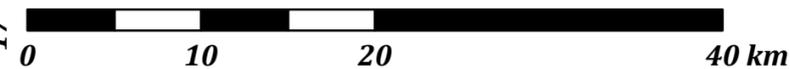


**SIMBOLOGÍA**

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Vías terrestres**
- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro
- Rasgos naturales**
- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
INEGI (2009), Anuarios estadísticos de los Estados.

**ESCALA 1:350 000**



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
Ana Rosa Rosales Tapia

## V.15 Número de médicos por municipio, 2008

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña  
y Ana Rosa Rosales Tapia

Este mapa muestra información complementaria sobre la cobertura de servicios médicos con los que cuenta la población de los municipios de la región del volcán Chichón. Cartográficamente solo está representando una información simple, el número de médicos que ejercen su actividad profesional en cada municipio; la idea de incluir este indicador es que permite conocer la capacidad de respuesta de las demandas de atención primaria de los habitantes de la zona.

Una primera evaluación de esta información es que la cobertura de atención médica directa es totalmente insuficiente en estos municipios; por ejemplo, en Ixtacomitán no hay ningún médico en todo el municipio, además en siete de los 16 municipios solo está registrado uno; es decir, la mitad de los municipios no cuentan con atención médica inmediata suficiente para cubrir las demandas que generan los 68.1 mil habitantes que se agrupan en estos ocho municipios. Lo cual muestra la grave falta de atención médica en la que vive gran parte de la población que reside en áreas rurales, dispersas y marginadas del país, todas estas son características se identifican plenamente en el área en estudio (Figura V.15.1).

La situación en el resto de los municipios, aunque hay un mayor número de médicos registrados, tampoco es mejor. En todos se advierte una baja presencia de personal médico en la zona, incluso en Pichucalco, el municipio que registró el mayor número de médicos en la región, más de 25, es evidente que es un número insuficiente para atender las demandas que representan más de 29 mil habitantes del municipio.

En este caso, el número de médicos en cada municipio está asociado a la existencia de localidades de mayor tamaño. La principal característica en cuanto a la distribución de la población en la región en estudio, es su alta dispersión en localidades muy pequeñas: el 96.1% del total de localidades de los municipios de la región son menores de 500 habitantes.

De tal manera que los municipios donde se ubican las localidades de mayor tamaño en la zona, son también los que registran una mayor presencia de personal médico, como es el caso de la cabecera municipal de Pichucalco, que es la localidad de mayor tamaño en la zona, con 14.2 mil habitantes, y además es el municipio que registró el mayor número de

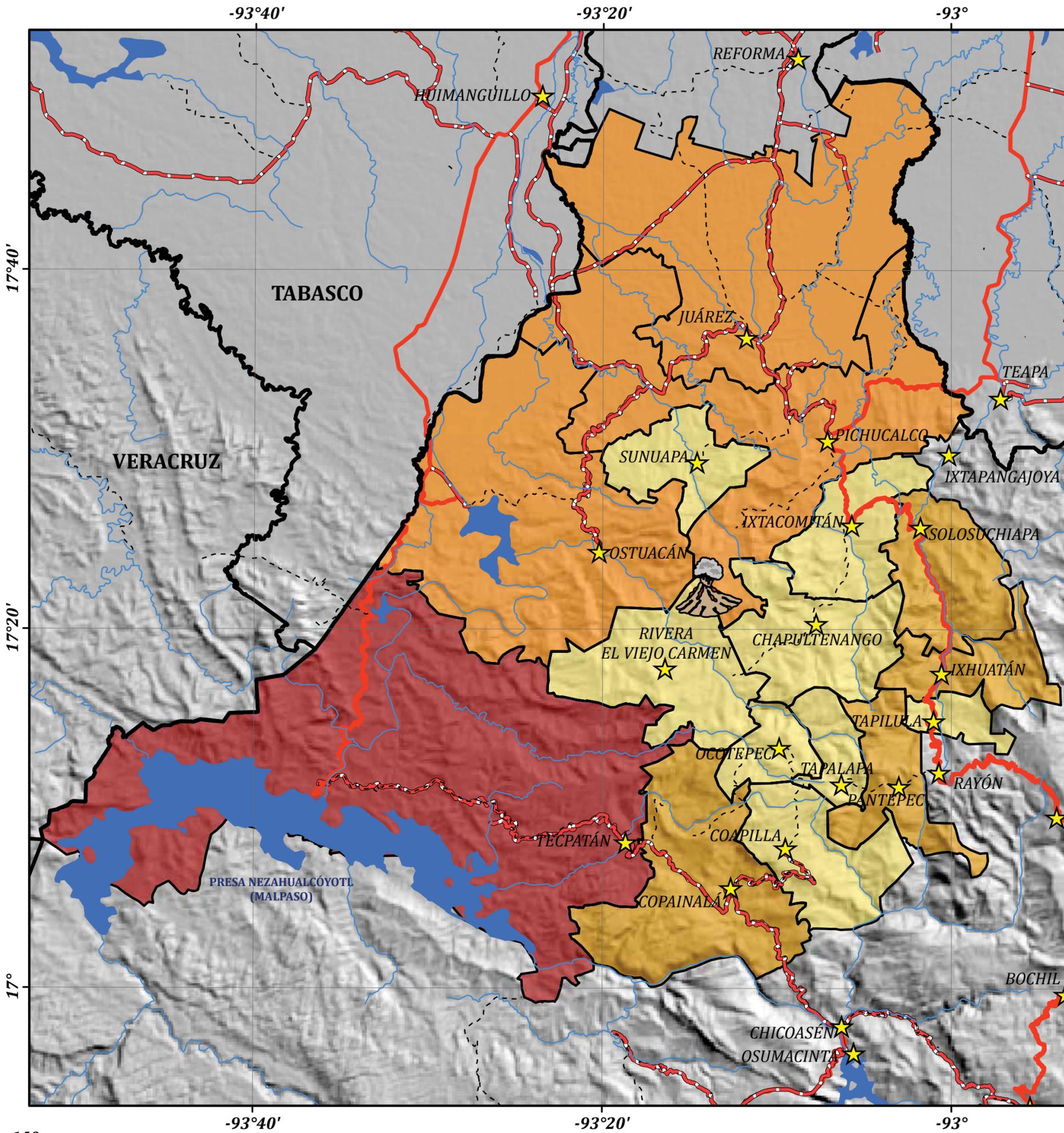
médicos; al igual que en Tapilula y Tecpatlán, en ambos municipios hay localidades de 7.4 y 6.8 mil habitantes y en el mapa se encuentran en el segundo rango de importancia por el número de médicos registrados.

Recordemos que entre mayor es el tamaño de una localidad, también son más abundantes y especializados los servicios y comercios que ofrece a la población local y a la que se ubica en sus alrededores. Este principio básico se cumple en la zona en estudio, pero, al mismo tiempo, se aplica para el resto del territorio; es decir, gran parte de los servicios especializados que demanda la población de los municipios de la región debe satisfacerse en localidades urbanas de mayor tamaño que, obviamente, se ubican fuera de esta región.

En este caso se puede concluir que gran parte de la población de la región de los municipios del volcán Chichón, cuando requiere atención médica, primaria o especializada, debe desplazarse a otras localidades urbanas fuera de la región; lo cual además de ser un rasgo de pobreza y marginación, al mismo tiempo se convierte en un factor más de vulnerabilidad social.



Figura V.15.1 Los municipios de Francisco León (izquierda) y Ostucán (derecha) cuentan con solo una ambulancia para atender a la población. Muestra fehaciente de la falta de recursos para cubrir las necesidades de salud de la región.



### LEYENDA DEL MAPA

Ingresos brutos  
(promedio anual en millones de pesos)

<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	< 23.3
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	23.4 - 39.34
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkorange; border:1px solid black;"></span>	39.35 - 77.3
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkred; border:1px solid black;"></span>	> 77.4

### SIMBOLOGÍA

- Límite estatal
- Límite municipal
- Cabecera municipal

#### Vías terrestres

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Carretera de cuota
- Otro

#### Rasgos naturales

- Cuerpos de agua
- Corrientes principales
- Volcán Chichón

FUENTE:  
INEGI (2012), Finanzas públicas estatales y municipales.

**ESCALA 1:350 000**

Autores: Genaro Javier Delgado Campos  
 Laura Ramírez  
 Ricardo J. Garnica Peña  
 Manuel Suárez Lastra

## V.16 Finanzas públicas municipales (2000-2011)

Genaro Javier Delgado Campos, Laura Ramírez,  
Ricardo J. Garnica Peña y Manuel Suárez Lastra

Para el análisis económico de la región se utilizó como *proxy* la variable de finanzas públicas municipales para estimar tanto el tamaño de la economía municipal como el desempeño económico (INEGI, 2013).

Este comportamiento económico se analizó a partir del dato medio anual por municipio entre 2000 y 2011 que resulta de la diferencia entre ingresos y egresos municipales<sup>2</sup> lo que se denomina ingreso en el presente análisis, con tres cortes en 2000, 2005 y 2011.

La escala de análisis fue primordialmente la regional (los 14 municipios de estudio) pero también se revisaron los promedios estatales de la Región Sur Sureste (RSS: Oaxaca, Chiapas y Guerrero) y del promedio nacional en el caso del ingreso per cápita y la velocidad del cambio para ponderar su importancia relativa. Los datos censales fueron deflactados con precios del 2011 para evitar las distorsiones causadas por la inflación (Tabla V.16.2) y hacer comparables las cifras entre los tres cortes.

1. En cuanto al promedio regional del ingreso total, seis municipios estuvieron por arriba suyo en alguno de los tres cortes y los ocho restantes por debajo, lo que permite identificar inicialmente una cierta polarización económica de la población regional. El mejor desempeño lo tuvieron Juárez, Pichucalco, Tecpan y Copainalá; los que bajan del promedio son dos Ixtacomitán y Pantepec y solo uno Ostuacán, ubicado en la zona del volcán, repunta en el último año (Tabla V.16.1).
2. En cuanto a la dinámica del ingreso, ocho municipios tuvieron tasas de crecimiento superiores al de la región: Tecpatán, Sunuapa, Francisco León (Rivera, el Viejo Carmen), Ostuacán, Chapultenango, Ixhuatán, Tapilula y Tapalapa. Sin embargo, el crecimiento no fue sostenido siendo muy elevado de 2000 a 2005 y menos pronunciado de 2006 a 2011, e incluso decreciente como en Juárez, Coapilla, Copainalá, Ixtacomitán y Pantepec (*Ibid.*).
3. El efecto de la dinámica económica se puede ponderar mejor a través del ingreso per cápita: el de la región fue mayor que el promedio estatal y también mayor que en la Región Sur Sureste en los tres cortes; solo resultó inferior al nacional en el 2000. En cambio, para el 2005 y 2011, el promedio regional del ingreso per cápita fue más alto que en el estado y el nacional (Tabla V.16.3.)

<sup>2</sup> Ingresos: impuestos, derechos, productos, aprovechamientos, contribuciones de mejoras, participaciones federales, aportaciones federales, otros ingresos por cuenta de terceros, financiamiento y disponibilidad inicial. Egresos: servicios personales, materiales y suministros, servicios generales, subsidios, transferencias y ayudas, adquisición de bienes muebles e inmuebles, obras públicas y acciones sociales, recursos federales y estatales a municipios (uso estatal), aplicación de recursos federales (uso municipal), otros egresos, por cuenta de terceros, deuda pública y disponibilidad final (INEGI, 2013).

4. Al interior de la región, son nuevamente entre cinco y ocho municipios que mantienen un ingreso per cápita mayor al de la región en estudio y con variaciones, al estatal de la RSS o al nacional. En Tapalapa, Pantepec, Pichucalco, Juárez e Ixtacomitán fue mayor en los tres cortes, en cambio Soluchiapan, Tapilula y Sumaya repuntan solo en los dos últimos cortes.

En síntesis, se puede decir, primero, que la región en estudio tuvo un mejor desempeño económico que en el estado y, según algunos indicadores, mejor que en la RSS e incluso que a nivel nacional (2000-2005). Es probable que ello se deba a una política expresa de apoyo presupuestal por los gobiernos estatal o federal. Este mejor desempeño fue más evidente en los primeros cinco años de la década

En segundo lugar, se observa una marcada polarización económica entre los municipios que cuentan con alguna de las localidades urbanas, y el resto de la región. En términos de su localización espacial, estos municipios exitosos se encuentran, principalmente, sobre el corredor que conecta a Tuxtla Gutiérrez, capital del estado, con Villahermosa en el estado vecino de Tabasco; en segundo lugar, destaca el corredor que corre sobre la rivera norte a lo largo del embalse en dirección este-oeste, aunque no llega a ningún lugar importante antes de bajar a la planicie costera en Tabasco y a ello tal vez se deba el menor dinamismo respecto al corredor norte-sur (véase Mapa V. 7). En tercer término, destaca un sector geográfico en el centro mismo de la región en estudio, en donde se ubica el volcán, predominantemente rural, muy mal comunicado con el resto de la región y con muy pocas localidades factibles de alcanzar un rango urbano sin políticas expresas de desarrollo económico regional.

Tabla V.16.1. Ingresos municipales 2000-2010, precios nominales y deflactados a diciembre 2010

Municipio	Cifras nominales en pesos			Cifras reales en pesos deflactados a diciembre de 2010		
	2000	2005	2010	2000	2005	2010
Pichucalco	23 414 347	52 454 793	123 807 767	36 318 442	65 235 972	123 807 767
Tecpatán	12 006 849	71 821 271	112 169 835	18 624 054	89 321 303	112 169 835
Ostuacán	9 417 257	32 812 189	82 933 626	14 607 288	40 807 235	82 933 626
Juárez	23 414 347	37 379 765	71 765 672	36 318 442	46 487 750	71 765 672
Solosuchiapa	4 598 714	17 048 330	50 190 399	7 133 153	21 202 341	50 190 399
Ocotepec	5 147 866	19 579 938	38 816 370	7 984 954	24 350 802	38 816 370
Pantepec	12 497 123	20 102 700	38 351 357	19 384 527	25 000 941	38 351 357
Ixhuatán	4 876 688	21 025 422	31 375 726	7 564 324	26 148 494	31 375 726
Sunuapa	2 871 806	9 295 033	27 578 890	4 454 513	11 559 869	27 578 890
Chapultenango	3 390 337		25 529 213	5 258 817	0	25 529 213
Ixtacomitán	10 414 140	16 899 856	24 144 318	16 153 572	21 017 689	24 144 318
Tapilula	4 715 882	15 598 505	23 976 708	7 314 895	19 399 250	23 976 708
Tapalapa	3 673 776	11 724 381	20 751 462	5 698 464	14 581 154	20 751 462
Coapilla	5 747 274	17 703 803	20 539 839	8 914 707	22 017 527	20 539 839
Copainalá	15 030 029			23 313 366	0	0
Francisco León	2 604 720	14 595 196		4 040 231	18 151 474	0
Total regional	143 821 155	358 041 182	691 931 182	223 083 749	445 281 799	691 931 182
Chiapas	2 344 664 238	6 084 518 610	11 023 079 485	3 636 853 629	7 567 077 559	11 023 079 485
Región	6 725 080 102	13 823 741 686	27 020 510 349	10 431 400 614	17 192 046 274	27 020 510 349
Nacional	85 349 433 000	165 669 232 331	280 901 109 194	132 387 141,011	206 036 337 565	280 901 109 194

Nota: la actualización se hizo con base en el Índice de precios al consumidor (Tabla V.16.2).

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2013.

Tabla V.16.2. Índice Nacional de Precios al Consumidor

Años	Fin de mes	Factor act.
2000	64.30330726	1.610352631
2001	67.13490247	1.542431674
2002	70.96191376	1.459247567
2003	73.78372973	1.40343949
2004	77.61373118	1.334184022
2005	80.20039583	1.291153229
2006	83.45113886	1.240857841
2007	86.588099	1.195903377
2008	92.24069566	1.122617292
2009	95.53695186	1.083884277
2010	99.74209209	1.038187568
2011	103.551	1

Fuente: INPC Índice Nacional de precios al consumidor.

Hace falta profundizar en el estudio económico para explicar el comportamiento particular de su desempeño y las probables causas de estos procesos y sobre todo, poder predecir su comportamiento probable y sugerir políticas *ad hoc* para disminuir el rezago de la mayor parte del territorio.

### Bibliografía

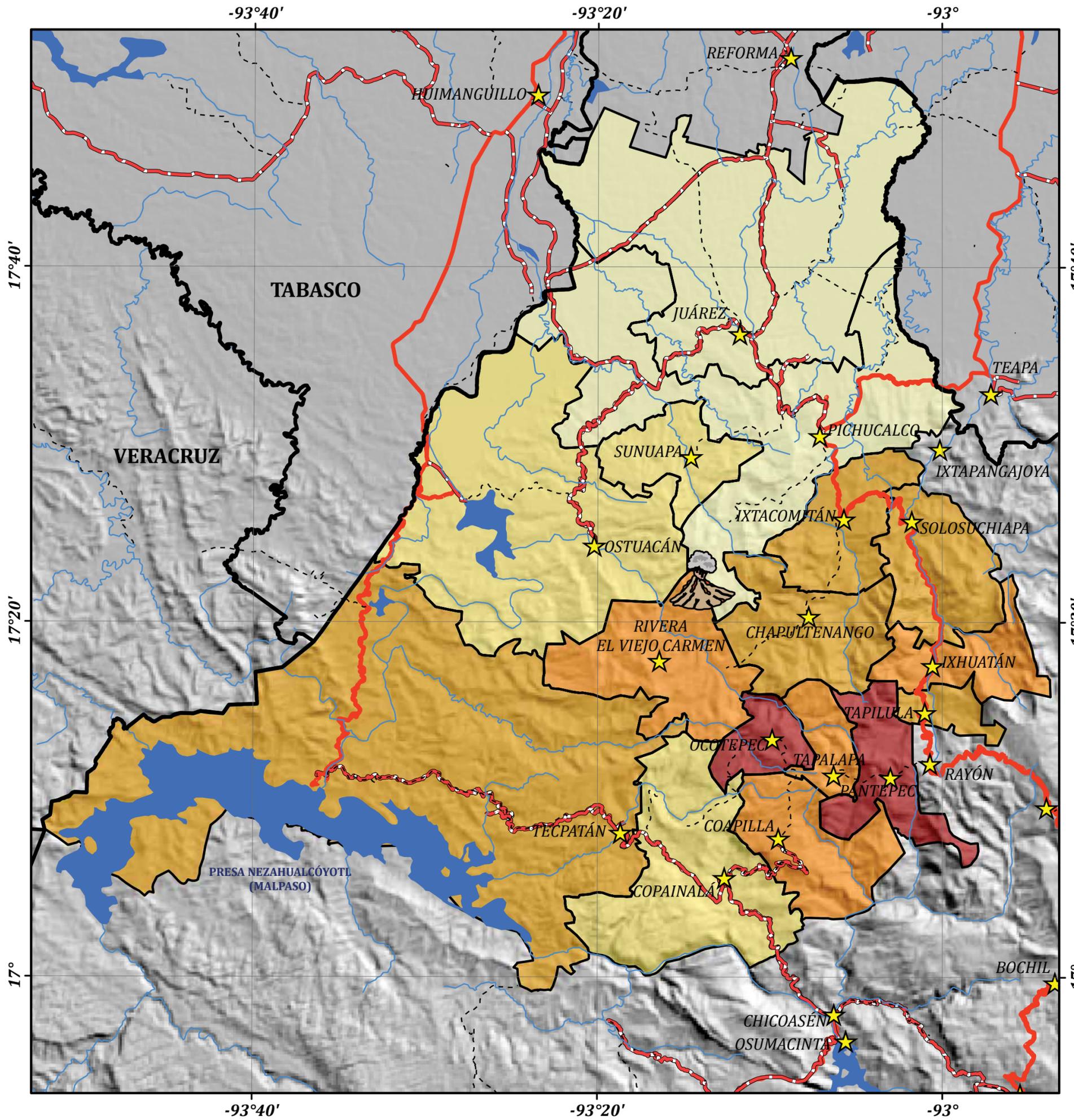
INEGI (2013), *Finanzas públicas estatales y municipales* [[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/metadatos/continuas/efpem\\_336.asp?s=est&c=10969](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/metadatos/continuas/efpem_336.asp?s=est&c=10969)].

Tabla V.16.3. Ingresos municipales per cápita y tasa de crecimiento quinquenal

Municipios	Cifras en pesos reales de diciembre 2010			Tasas reales de crecimiento quinquenal	
	2000	2005	2010	2000-2005	2005-2010
Sunuapa	850.75	1 791.12	3 939.84	1.11	1.20
Ostuacán	380.57	1 086.95	2 020.55	1.86	0.86
Pichucalco	1 819.93	3 233.83	5 872.12	0.78	0.82
Ocotepec	468.99	1 485.53	2 274.35	2.17	0.53
Juárez	1 881.98	2 294.90	3 409.30	0.22	0.49
Región estudio	1 164.44	2 272.00	3 288.60	0.95	0.45
Región Sur Sureste	999.24	1 575.01	2 254.09	0.58	0.43
Pantepec	2 685.95	3 254.91	4 541.85	0.21	0.40
Tapalapa	2 943.42	6 983.31	9 284.77	1.37	0.33
Chiapas	927.56	1 762.47	2 298.11	0.90	0.30
Nacional	1 358.05	1 995.25	2 500.53	0.47	0.25
Tecpatán	634.40	3 019.35	3 762.45	3.76	0.25
Tapilula	800.05	2 000.75	2 356.20	1.50	0.18
Ixhuatán	815.91	2 480.18	2 641.50	2.04	0.07
Ixtacomitán	1 819.71	2 406.42	2 358.07	0.32	-0.02
Coapilla	861.41	2 216.38	1 687.74	1.57	-0.24
Francisco León	580.08	2 547.93	0.00	3.39	-1.00
Copainalá	2 721.62	0.00	0.00	nd	Nd

Fuente: elaboración propia con base en la Tabla V.16.1.

**POBLACIÓN CON INGRESO INFERIOR A LA LÍNEA DE BIENESTAR A NIVEL MUNICIPAL V.17**



**LEYENDA DEL MAPA**

Población con ingreso inferior a la línea de bienestar (% de la población total del municipio)

	< 75.3
	75.4 - 83.4
	83.5 - 87.5
	87.6 - 91.7
	> 91.8

**SIMBOLOGÍA**

- Límite estatal
- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal

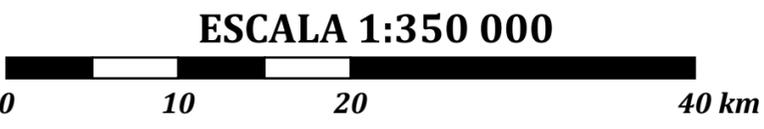
**Vías terrestres**

- 
- 
- 
- 

**Rasgos naturales**

- 
- 
- 

FUENTE:  
CONEVAL (2010), Medición Municipal de la Pobreza.



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor  
Irasema Alcántara Ayala

## V.17 Población con ingreso inferior a la línea de bienestar a nivel municipal

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña,  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala

El ingreso en los hogares comúnmente se ha considerado como el determinante principal en la medición de la pobreza. En la metodología multidimensional que desarrolló el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) para identificar a la población en situación de pobreza, el bienestar económico en los hogares sigue siendo muy importante, pero su análisis se complementa con la evaluación de otras carencias de tipo social.

El bienestar económico se mide a partir del ingreso corriente de las personas, ya que esto determina la adquisición en el mercado de bienes y servicios que permiten a las familias satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias. Para identificar a la población con ingresos insuficientes y hacer un análisis comparativo entre hogares con distinta composición (tanto por tamaño, edad de sus integrantes u otras características), se hicieron diferentes cálculos y ajustes para establecer un nivel de ingreso a partir del cual sea posible satisfacer los diferentes requerimientos de los hogares en nuestro país.

Tomando en cuenta ese nivel de ingresos común para las familias, es posible reconocer si un hogar cuenta con recursos monetarios suficientes o insuficientes para adquirir los bienes y servicios que demanda. De esta forma se estableció un ingreso corriente de \$2,318.00 por persona en áreas urbanas y de \$1,485.00 en áreas rurales, que equivale al valor de la canasta alimentaria y no alimentaria, a este nivel de ingresos se definió como línea de bienestar y permite distinguir a la población que no cuenta con los recursos suficientes para cubrir sus requerimientos.

Al mismo tiempo se estableció una línea de bienestar mínimo, de \$1,120.00 por persona en áreas urbanas y de \$799.00 en áreas rurales, lo que representa el valor de la canasta alimenticia, la cual hace posible identificar a la población que aunque utilice todo su ingreso en comprar alimentos, no puede adquirir lo indispensable para tener una adecuada nutrición.

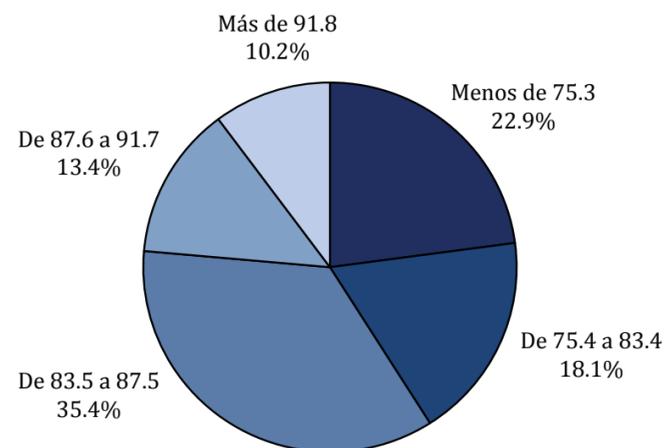
Este mapa presenta la proporción de la población con ingresos inferiores a la línea de bienestar en los municipios de la región del volcán Chichón. En primer lugar hay que hacer notar que los valores que se presentan en el mapa son en general muy altos, en 15 de los 16 municipios más de las cuartas partes de su población tienen ingresos inferiores al valor de la canasta alimentaria y no alimentaria, solo Pichucalco tuvo una proporción menor, de 68.7% de su población; en cambio en Ocotepéc el 95.2% de su población tienen ingresos por debajo de la línea de bienestar y en otros cinco municipios esta proporción es superior al 90%.

A nivel nacional, Chiapas ocupa el primer lugar por la cantidad de personas con ingresos económicos bajos, el 80.9%, una proporción muy por arriba del segundo lugar, Guerrero con el 69.5%, y del valor nacio-

nal de 52.0%. Además, hay que señalar que en comparación con el valor que registró la entidad en 2008, este indicador presentó un incremento de 2.4% para 2010; es decir, en Chiapas la situación de pobreza por bienestar económico tiende a desarrollarse, con las graves implicaciones que este ensanchamiento implica para la población en situación de pobreza económica.

A nivel territorial, el centro y el norte de la región destacan por presentar las proporciones más bajas de población por debajo de la línea de bienestar, mientras que el sureste se encuentran los municipios con mayores proporciones de población con escasos recursos económicos.

Respecto a la distribución de la población según los diferentes niveles que se generaron para su representación cartográfica, solo el 10.2% de la población de los municipios de la región tiene las mayores proporciones de ingresos inferiores a la línea de bienestar, más del 91.8%; mientras que un poco más de la tercera parte, el 35.4%, agrupa proporciones intermedias, entre 83.5 y 87.5% de su población con ingresos menores a la línea de bienestar (Figura V.17.1).



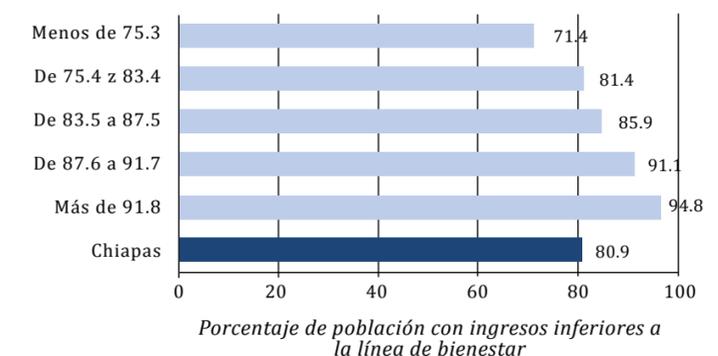
Fuente: CONEVAL, 2010.

Figura V.17.1. Población según niveles de ingresos inferiores a la línea de bienestar, en la región del volcán Chichón, 2010.

Los valores promedio de este indicador en los diferentes niveles que se establecieron en el mapa, muestran que las proporciones de población con ingresos bajos son altas y muy altas; incluso en las cuatro categorías mayores sus valores promedio son mayores al valor medio estatal (Figura V.17.2).

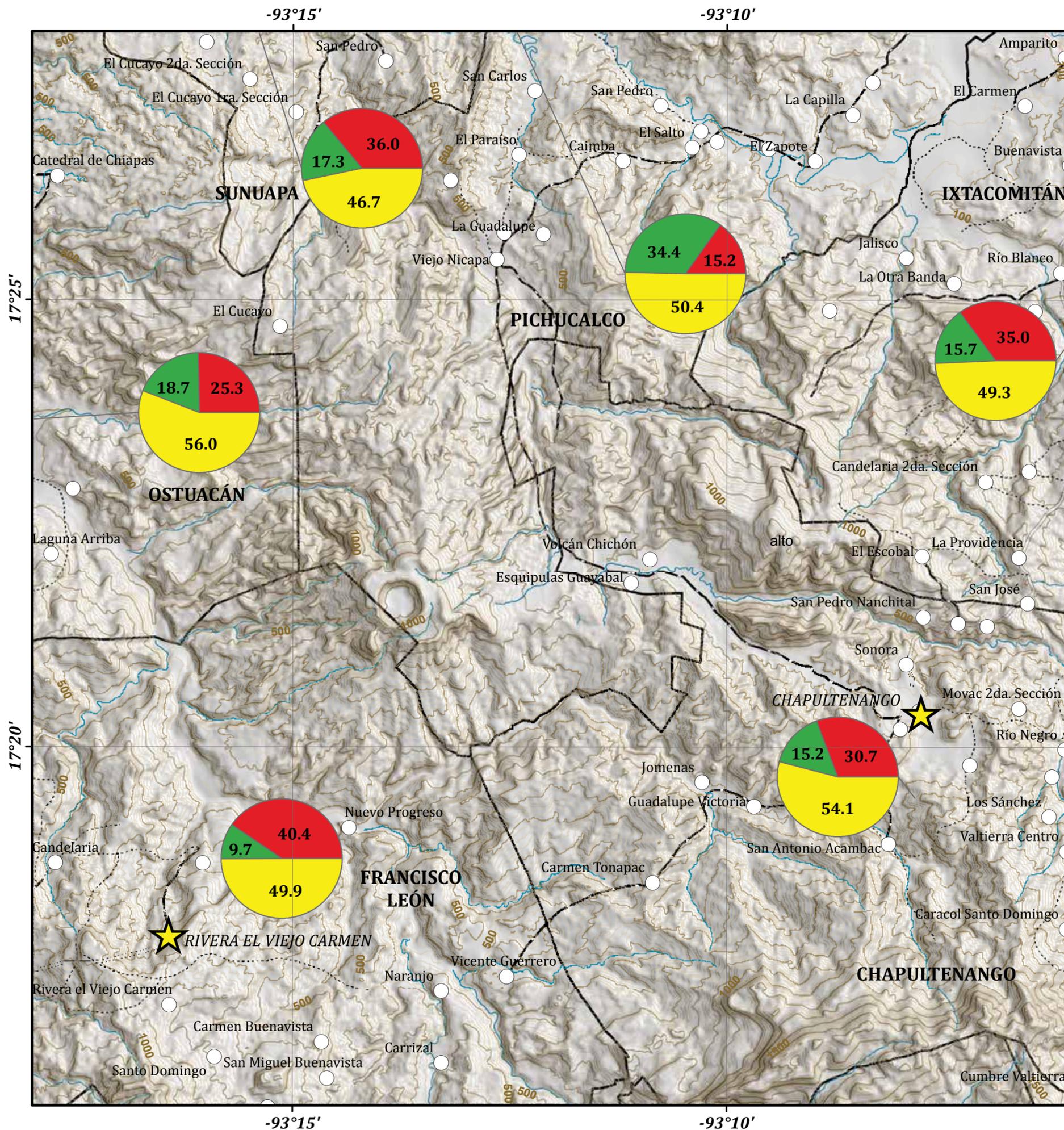
### Bibliografía

- CONEVAL (2009), *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, p. 128.
- CONEVAL (2012), *Metodología para la medición de la pobreza de los municipios de México, 2010*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, p. 64.
- CONEVAL (s/f), *Medición pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México [www.coneval.gob.mx].



Fuente: cálculos propios con base en CONEVAL, 2010.

Figura V.17.2. Valores promedio de población con ingresos inferiores a la línea de bienestar en los municipios de la región del volcán Chichón, 2010.



### LEYENDA DEL MAPA

Población en situación de pobreza (% de la población total del municipio)

- Por encima del nivel de pobreza
- Moderada
- Extrema
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- Cabecera municipal
- Localidad rural

#### Vías terrestres

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

#### Rasgos naturales

- Corrientes principales

FUENTE:  
CONEVAL (2010), Medición Municipal de la Pobreza.



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor  
Irasema Alcántara Ayala

## V.18 Población en situación de pobreza a nivel municipal, 2010

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña,  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala

En México el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), es la institución encargada de emitir los lineamientos y criterios para la definición, identificación y medición de la pobreza. Esta dependencia surgió por decisión del Congreso Federal, en 2004 los senadores y diputados aprobaron la *Ley General de Desarrollo Social*, de la cual derivó la creación del CONEVAL, que inició actividades en 2006, con la indicación expresa de realizar una adecuada medición de la pobreza en México, a través de la utilización de un enfoque multidimensional, que permitiera reconocer no solo las carencias de tipo monetario, sino también las de carácter social.

En 2009 el CONEVAL presentó los primeros resultados de la aplicación del enfoque multidimensional para determinar la incidencia de la población en situación de pobreza en México, con la ventaja de que también calculó la profundidad e intensidad de las carencias económicas y sociales de la población más vulnerable del país. Al mismo tiempo, la información obtenida a través de esta nueva forma de identificar a la pobreza, permitió validar la propuesta metodológica que desarrolló el CONEVAL.

De acuerdo con la *Metodología para la Medición Multidimensional de la Pobreza en México*, para identificar con mayor exactitud a la población en situación de pobreza, es necesario considerar al menos ocho distintos indicadores sobre las carencias económicas y sociales: *a)* por ingreso, *b)* por rezago educativo, *c)* por acceso a servicios de salud, *d)* por acceso a seguridad social, *e)* por calidad y espacios de la vivienda, *f)* por acceso a servicios básicos en la vivienda, *g)* por inseguridad alimentaria y *h)* por el grado de cohesión social.

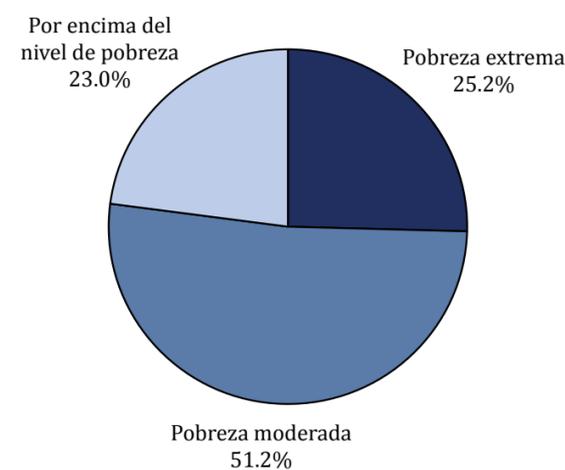
De esta manera, de acuerdo con los lineamientos del CONEVAL, una persona se encuentra en situación de *pobreza* cuando tiene al menos una carencia social y un ingreso menor al costo de las necesidades básicas. La *pobreza extrema* se define cuando se presentan tres o más carencias sociales y el ingreso es menor al valor de la canasta alimentaria. La *pobreza moderada* es cuando una persona es pobre, pero no está en situación de pobreza extrema.

Bajo la óptica de esta metodología multidimensional, también es posible identificar otras situaciones de la población respecto a la combinación de insuficiencias de tipo económico o social; una población es *vulnerable por carencia social*, cuando su ingreso es superior a la línea de bienestar, pero presenta una o más carencias sociales; se es *vulnerable por ingresos*, cuando no se presentan carencias sociales pero el ingreso es inferior a la línea de bienestar y, finalmente, una población puede ser *no pobre y no vulnerable*, cuando su ingreso es superior y no tiene ninguna carencia social. En el caso de este mapa, todas estas situaciones se presentan bajo el concepto de *población por encima del nivel de pobreza*.

A diferencia de otros mapas sobre las carencias sociales de la población en la región en estudio, en este mapa se decidió ampliar la escala para analizar con mayor detalle únicamente a seis municipios que se ubican en los alrededores del volcán Chichón, en vez de considerar los 16 municipios de la región.

En los seis municipios que se presentan en el mapa, la mayor proporción de población corresponde a personas que se encuentran en situación de pobreza moderada, más de la mitad, el 51.8%; prácticamente todos los municipios tienen esta proporción, solo Sunuapa registró un valor más bajo, de 46.7%. Otra cuarta parte, el 25.2% se definió como población en pobreza extrema (Figura V.18.1), lo que equivale a 19.3 mil habitantes; los municipios con mayor proporción de población en esta situación fueron Francisco León, con 40.4%, el municipio donde se encuentra el volcán Chichón, Sunuapa con 36.0% y Ostuacán, con 35.0%; en cambio Pichucalco fue el municipio que registró una menor proporción de población en pobreza extrema, con el 25.3%. En cambio, menos de una cuarta parte del total de habitantes de los seis municipios, el 23.0%, se encuentra por encima del nivel de pobreza; en Pichucalco es donde hay una mayor proporción de población en esta situación, con el 34.4%, mientras que Francisco León registró el valor más bajo, de 9.7%.

Sin embargo, al considerar los valores absolutos de la población en situación de pobreza en cada uno de los seis municipios, es posible advertir que existe una gran diversidad en su distribución. Destaca que en todos



Fuente: CONEVAL, 2010.

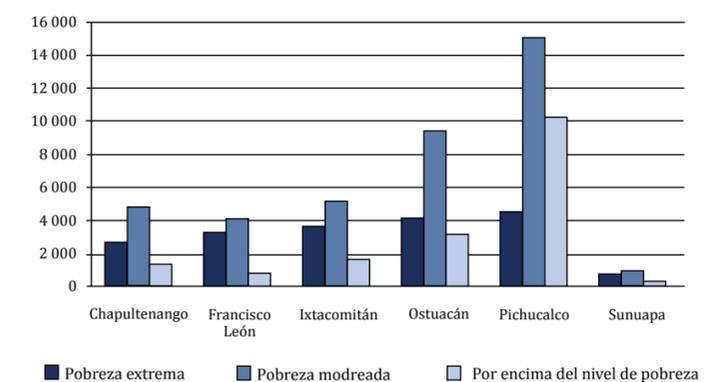
Figura V.18.1. Población según niveles de pobreza en seis municipios de la región del volcán Chichón, 2010.

los municipios predomina población en pobreza moderada, aunque su importancia varía dependiendo del total de habitantes en el municipio; por ejemplo, Pichucalco, el más poblado, con 29.8 mil habitantes, también presenta el mayor volumen de población en pobreza moderada, con 15.1 mil, en cambio en Sunuapa, el menos poblado, con 2.2 mil habitantes, sólo 1.1 mil se encuentra en esta situación (Figura V.18.2).

Finalmente, se debe hacer notar que a nivel nacional Chiapas ocupó el primer lugar por la cantidad de población en pobreza extrema, tanto en valores absolutos como relativos, con 1 580.6 mil personas, el 32.8%; este valor triplica al promedio nacional de 10.4% y se coloca cuatro puntos porcentuales por encima del segundo lugar: Guerrero, que registró el 28.8%; aunque también hay que reconocer que, respecto al valor que registró en 2008, Chiapas muestra una pequeña reducción de -2.8%. En cambio, en pobreza moderada, a nivel nacional Chiapas ocupó el quinto lugar, con 45.6% de su población, el primer lugar fue Tlaxcala, con el 51.2%.

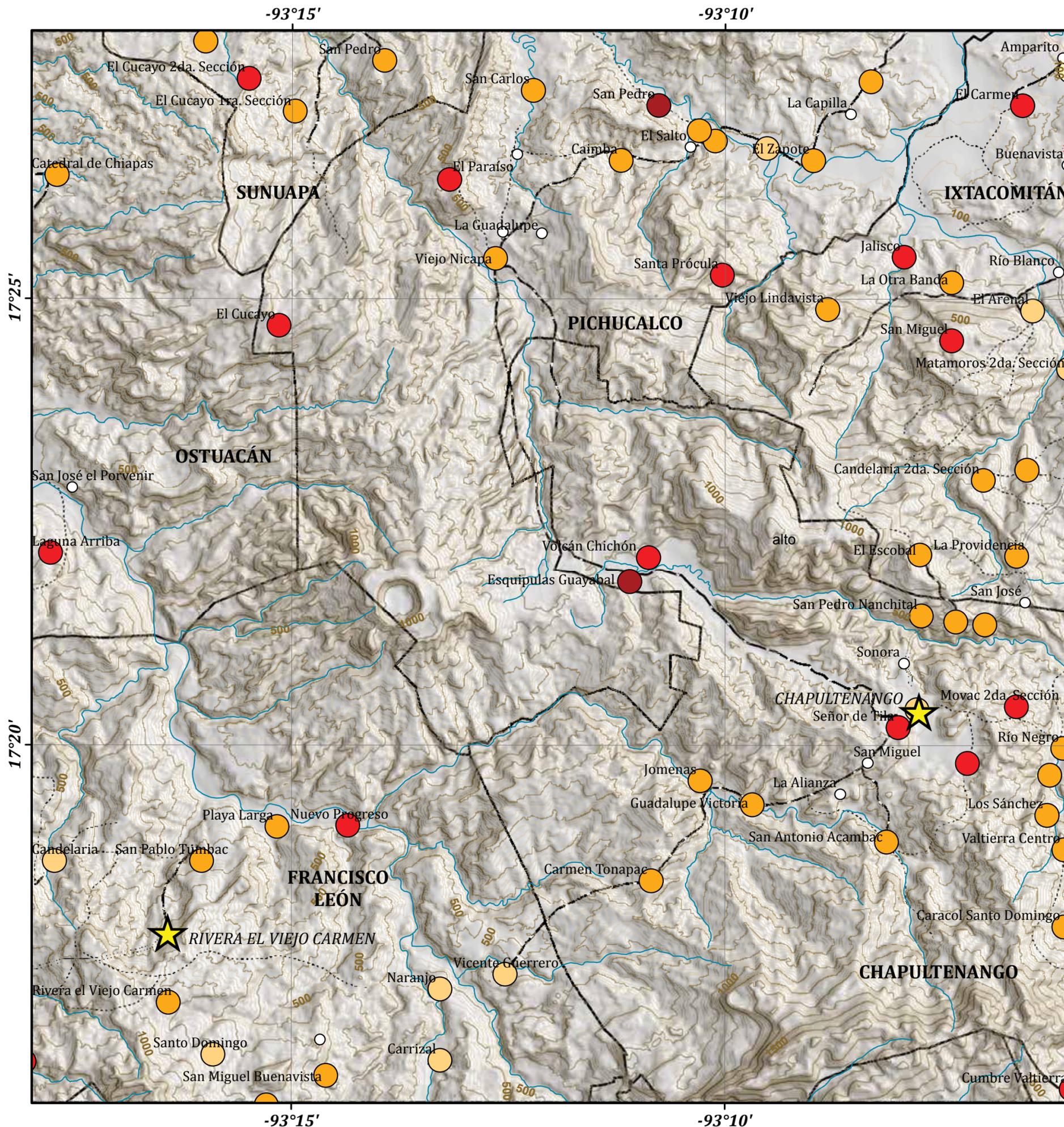
### Bibliografía

- CONEVAL (2009), *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, p. 128.
- CONEVAL (2012), *Metodología para la medición de la pobreza de los municipios de México, 2010*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, p. 64.
- CONEVAL (s/f), *Medición pobreza en México*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México [www.coneval.gob.mx].



Fuente: cálculos propios con base en CONEVAL, 2010.

Figura V.18.2. Población según sus niveles de pobreza en seis municipios de la región del volcán Chichón, 2010.



**LEYENDA DEL MAPA**

Índice de rezago social  
(con base en indicadores de educación, salud,  
vivienda y bienes)

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Sin información

- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- Cabecera municipal

**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- Corrientes principales

FUENTE:

CONEVAL (2010), Índice de rezago social a nivel localidad.

**ESCALA 1:70 000**



Autores: Jorge González Sánchez  
Ricardo J. Garnica Peña  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor  
Irasema Alcántara Ayala

## V.19 Rezago social a nivel localidad, 2010

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña,  
María Teresa Gutiérrez de MacGregor e Irasema Alcántara Ayala

El indicador de rezago social fue creado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), como una medida ponderada que sintetiza e integra distintas variables sociales y habitacionales de la población, como un instrumento que complementa el análisis sobre la incidencia, profundidad e intensidad de la pobreza en nuestro país.

Para su cálculo se tomaron en cuenta once variables censales distintas, cuatro sobre aspectos sociodemográficos y siete sobre características habitacionales, las cuales se pueden agrupar en los siguientes apartados:

Educación: *a)* población de 15 años o más analfabeta, *b)* población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela y, *c)* población de 15 años y más con educación básica incompleta.

Acceso a servicios de salud: *d)* población sin derechohabencia a servicios de salud.

Servicios básicos en la vivienda: *e)* viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública, *f)* que no disponen de drenaje y *g)* que no disponen de energía eléctrica

Calidad y espacios en la vivienda: *h)* viviendas con piso de tierra y *i)* viviendas que no disponen de excusado o sanitario

Bienes en la vivienda: *j)* viviendas que no disponen de lavadora y *k)* viviendas que no disponen de refrigerador

El índice de rezago social se calculó a través de la técnica de estadística multivariada, *componentes principales*, la cual permite combinar la información de los once indicadores en un solo valor que resume numéricamente las carencias sociales y sintetiza las diferentes dimensiones del rezago social de la población. Este índice agregado se puede calcular tanto para estados, municipios y localidades, dependiendo del nivel de desagregación de la información estadística y permite ordenar las unidades de observación

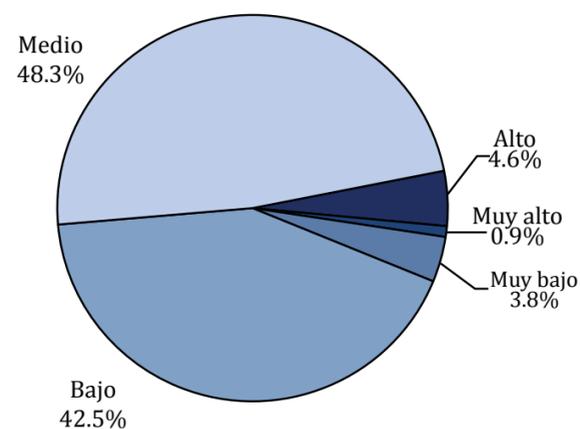
Por otra parte, es una técnica estadística que otras instituciones también utilizan para calcular diferentes indicadores demográficos, por ejemplo el Consejo Nacional de Población (CONAPO) emplea este método estadístico para generar los índices de marginación y de intensidad migratoria a México-Estados Unidos, entre otros.

En la etapa final, el valor numérico resultante se estratificó en cinco categorías, buscando que dentro de cada una de ellas las unidades fueran lo más homogéneas posible y entre los estratos, lo más distinto posible. Las categorías que se definieron fueron: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto rezago social. Cada uno de estos estratos identifica la intensidad de las carencias en los once indicadores que se utilizaron para generar el índice y van desde los que registran menores a mayores carencias en edu-

cación, acceso a los servicios médicos, en servicios básicos en la vivienda, en calidad, espacios y disposición de bienes en la vivienda.

Al analizar la distribución del rezago social en las localidades del área en estudio, llama la atención que están presentes las cinco categorías en las que se estratificó el índice, lo que nos da idea de la variedad de condiciones sociodemográficas y habitacionales que se presentan en la zona (Figura V.19.1). Aunque hay que señalar que el número de localidades que se identificó en ambos extremos de la estratificación es mínimo; en la categoría de muy bajo solo hay una localidad, Tectupan de 540 habitantes que pertenece al municipio de Pichucalco, de acuerdo con el índice de rezago social, en este lugar las carencias sociales son muy pocas; en la categoría de muy alto, hay dos pequeñas localidades, una de 107 y la otra de 16 habitantes, en estos lugares las carencias sociales son casi totales.

En cambio las mayores proporciones de la población se concentraron en los estratos con un rezago social medio, con el 48.3% y bajo, con el 42.8%; de tal manera que estas situaciones representan a la mayoría de las localidades de la zona.



Fuente: CONEVAL, 2010, Índice de rezago social a nivel localidad.

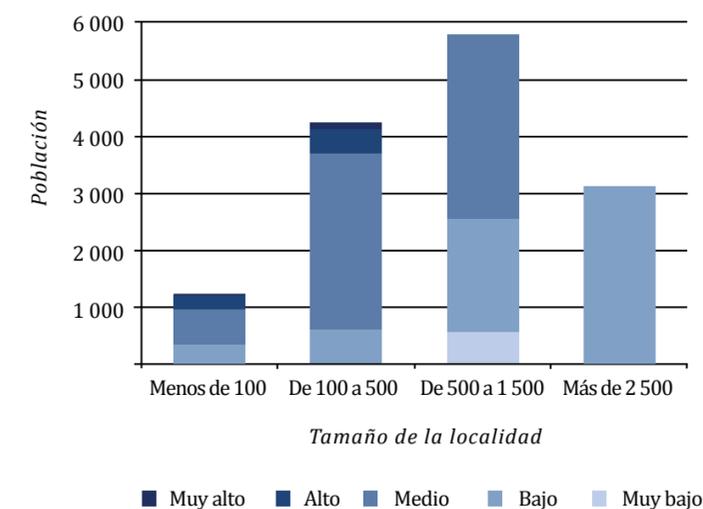
Figura V.19.1. Población según los niveles del índice de rezago social en las localidades de la región del volcán Chichón, 2010.

Al analizar la distribución del rezago social según el tamaño de la localidad, es posible advertir que las categorías de alto y muy alto están presentes en las localidades de menor tamaño y las categorías de bajo y muy bajo en las de mayor tamaño. En este caso, las carencias educativas y habitacionales están relativamente asociadas al tamaño de la localidad (Figura V.19.2).

### Bibliografía

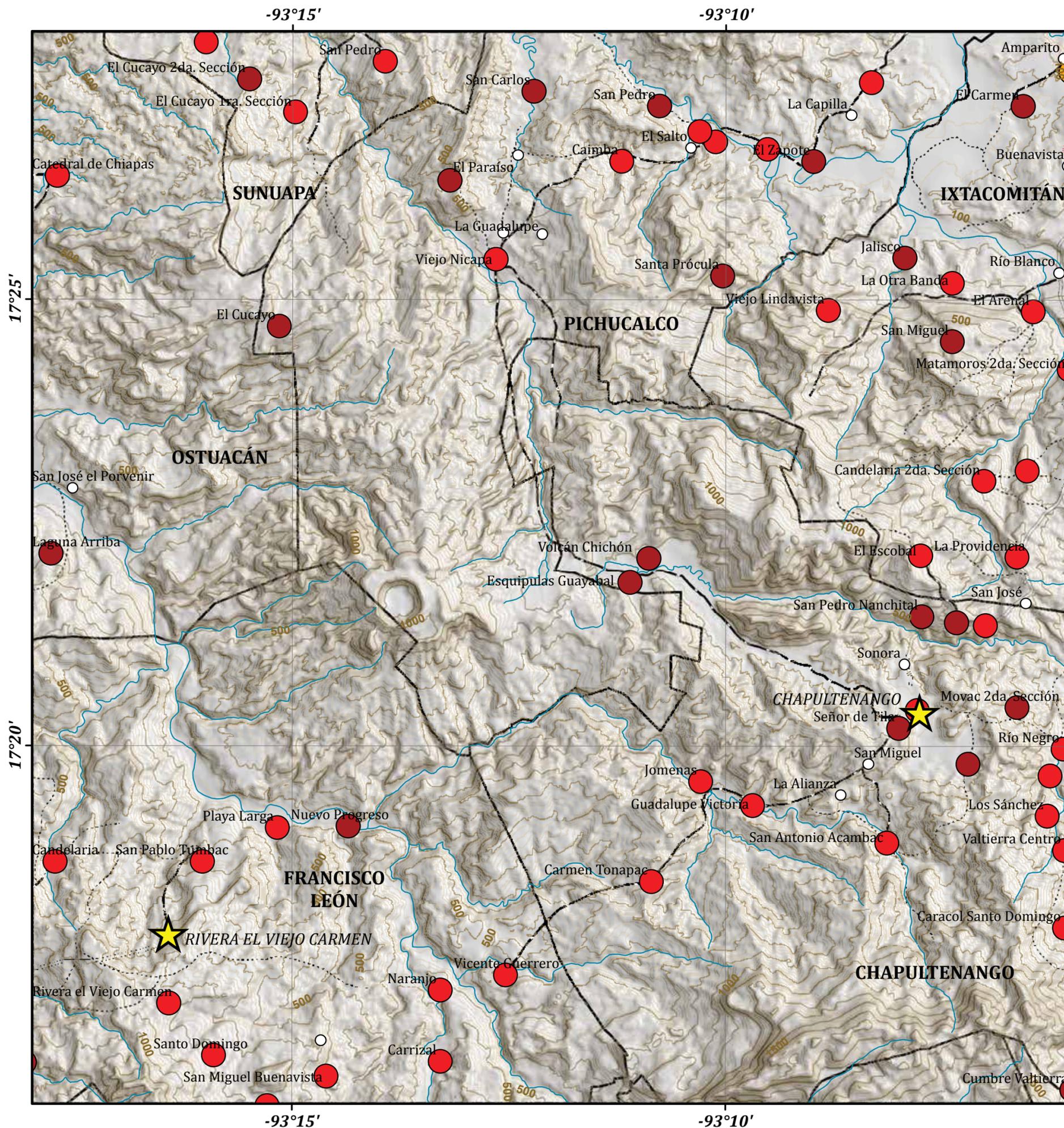
CONEVAL (2007), *Los mapas de pobreza en México. Anexo técnico metodológico*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, p.10.

CONEVAL (2012), *Informe de pobreza y evaluación en el estado de Chiapas, 2012*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México, p. 57.



Fuente: cálculos propios con base en CONEVAL, 2010, Índice de rezago social a nivel localidad.

Figura V.19.2. Población según categoría de rezago social y tamaño de la localidad, 2010.



**LEYENDA DEL MAPA**

Grado de marginación

- Media
- Alta
- Muy alta
- Sin información

- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel ordinaria

Equidistancia entre curvas de nivel cada 20 m.

**SIMBOLOGÍA**

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal

**Vías terrestres**

- Carretera federal
- Carretera estatal
- Terracería
- Brecha

**Rasgos naturales**

- ~ Corrientes principales

FUENTE:

CONAPO (2010), Índice de marginación a nivel localidad.

**ESCALA 1:70 000**



Autores: Jorge González Sánchez  
 Ricardo J. Garnica Peña  
 Genaro Javier Delgado Campos  
 Irasema Alcántara Ayala

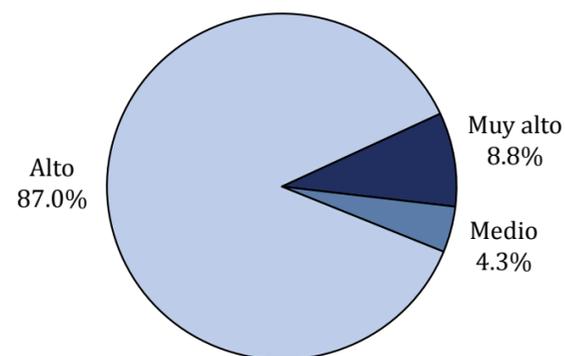
## V.20 Grado de marginación a nivel localidad, 2010

Jorge González Sánchez, Ricardo J. Garnica Peña,  
Genaro Javier Delgado Campos e Irasema Alcántara Ayala

Desde hace poco más de 15 años el Consejo Nacional de Población (CONAPO), es la institución encargada de calcular distintos índices de marginación, además de otros indicadores demográficos, que no solo permiten identificar las áreas y las localidades más rezagadas socialmente del país, sino que también se ha convertido en un importante instrumento de las políticas sociales para encausar los esfuerzos de la federación para mejorar la situación de marginación persistente en que vive una parte importante de la población de México.

El índice de marginación es un valor que resume ocho distintos indicadores sobre insuficiencias educativas, carencia de servicios básicos y de bienes en las viviendas, así como malas condiciones de residencia de la población. Esta forma de medir la marginación permite contar con una cuantificación analítica para identificar territorialmente y evaluar con precisión la situación de entidades, municipios y localidades.

En el estado de Chiapas persistentemente se han identificado niveles de marginación muy altos; junto con los estados de Oaxaca y Guerrero, integran una región donde se concentran los mayores rezagos sociales del país. Sin embargo, se debe destacar que en la cuantificación de la marginación de 2010, los indicadores que definen el índice de marginación en Chiapas registraron una reducción de su intensidad. Por ejemplo, el porcentaje de viviendas con piso de tierra en 2000 fue de 40.9% y en 2010 de 15.7%; la proporción de viviendas sin energía eléctrica, pasó de 12.0 a 3.8%; así como el porcentaje de población mayor de 15 años sin primaria completa, fue de 50.3% en 2000 y de 37.1% en 2010. Estas variaciones,



Fuente: CONAPO, 2010.

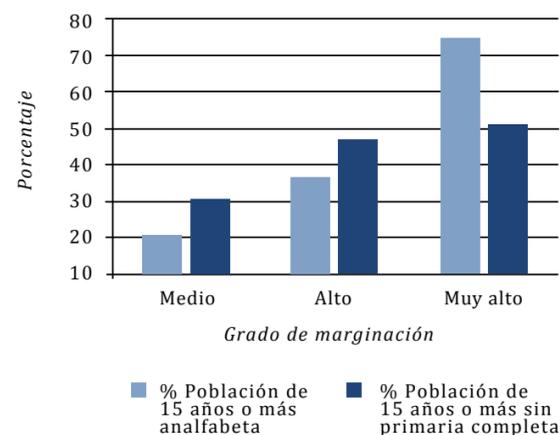
Figura V.20.1. Población de las localidades según su grado de marginación.

hicieron posible que la entidad dejara de ser la de mayor marginación del país, en 2010 ocupó el segundo lugar, mientras que Guerrero se posicionó como el estado con el mayor índice de marginación.

En cuanto a las localidades de la región en estudio, prácticamente todas, el 96.7% del total, registraron grados de marginación altos y muy altos, solo dos se clasificaron con marginación media, que además están ubicadas en el extremo noreste, casi fuera del área en estudio (Figura V.20.1).

En cambio la distribución de la población por grados de marginación muestra una mayoría absoluta en la categoría de marginación alta, el 87.0%, en parte debido a que la localidad de mayor tamaño del área en estudio, Chapultenango, se ubica en este grupo. Mientras que la mayoría de las veinte localidades del área en estudio, clasificadas con un grado de marginación muy alto, son muy pequeñas; la que registró mayor población tiene 159 habitantes y 29 viviendas, por lo tanto solo agruparon al 8.8% de la población de la zona.

Como se dijo anteriormente, el índice de marginación se construyó tomando en cuenta ocho diferentes variables estadísticas que señalan las carencias en educación y las insuficiencias en distintos rubros que registran las viviendas de las localidades del país. Para dar una idea de la magnitud de los rezagos que hay en la zona en estudio, se calcularon algunos de esos indicadores tomando en cuenta las localidades representadas en el mapa, tal como se muestran en las dos gráficas siguientes.



Fuente: INEGI, 2011.

Figura V.20.1. Indicadores de las carencias educativas de las localidades del área en estudio, 2010.

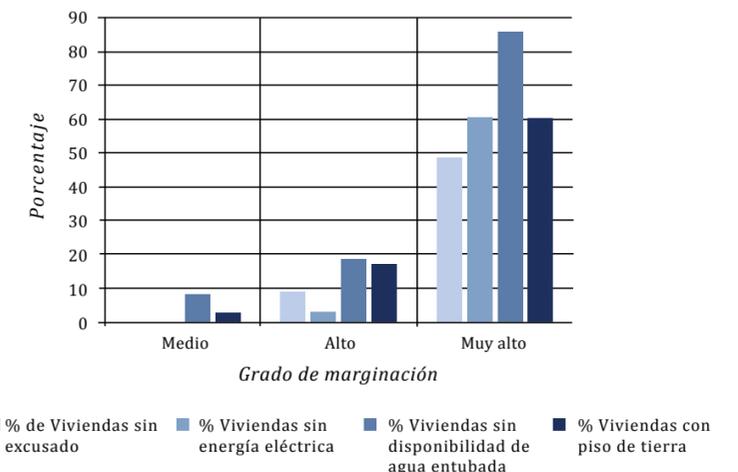
En la primera es posible advertir que las localidades con un grado de marginación muy alto tienen un enorme proporción de su población que no saben leer ni escribir, el 75.0%, y más de la mitad, el 51.1%, no terminó la primaria; en cambio estos indicadores son menos drásticos en las localidades con un grado de marginación medio, donde solo el 20.3% de su población es analfabeta y el 30.5% no cuenta con los estudios primarios completos (Figura V.20.2).

De igual modo ocurre con los indicadores de las carencias de servicios en las viviendas; mientras que los lugares que registraron un grado de marginación medio, el 100% de las casas cuentan con energía eléctrica y con sanitario de uso exclusivo, además, solo una pequeña proporción no dispone de agua entubada, el 8.1 y el 2.5%, respectivamente, tienen piso de tierra. Todo lo contrario a lo que registraron las localidades con un grado de marginación muy alto: el 86.0% no dispone de agua entubada, en el 60.4% de las viviendas el piso es de tierra, el 60.7% no tiene energía eléctrica y el 48.5% tampoco tienen excusado (Figura V.20.3).

### Bibliografía

CONAPO (2010), *Índice de marginación por localidad 2010*, Consejo Nacional de Población, México.

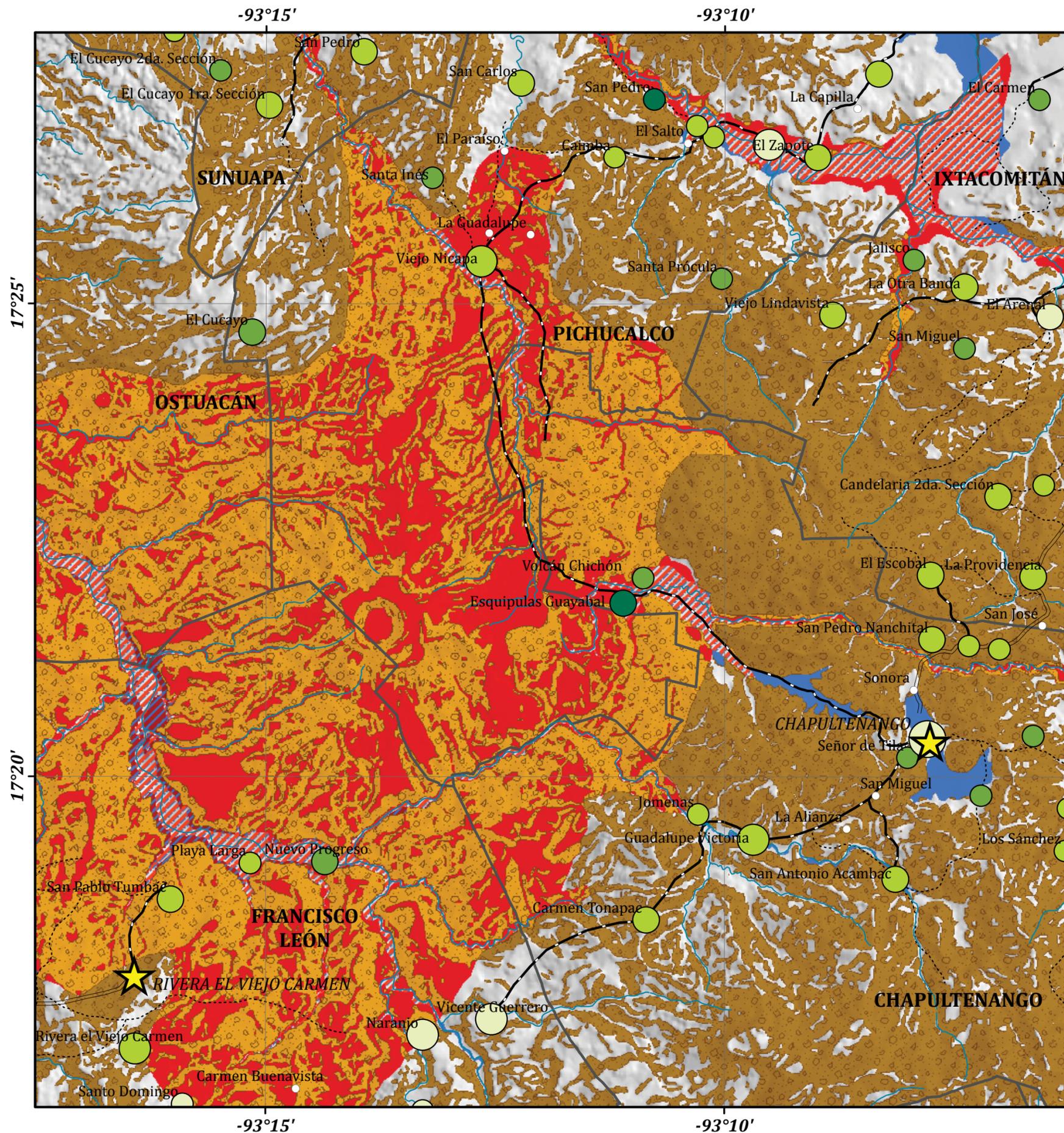
INEGI (2011), *Principales resultados por localidad (ITER)*. Censo de población y vivienda 2010, México.



Fuente: INEGI, 2011.

Figura V.20.2 Indicadores de las carencias en las viviendas de las localidades del área en estudio, 2010.

# ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y POBLACIONES POTENCIALMENTE AFECTADAS V.21



### LEYENDA DEL MAPA

**Tipos de amenazas naturales**

- Volcánicas
- Procesos de remoción en masa
- Inundaciones
- Volcánicas e inundaciones
- Volcánicas y procesos de remoción en masa
- Volcánicas, inundaciones y procesos de remoción en masa
- No susceptible

Tamaño de la localidad (habitantes)	Índice de rezago social
○ < 100	● Muy alto
○ 101 - 500	● Alto
○ 501 - 1500	● Medio
○ > 1501	● Bajo

### SIMBOLOGÍA

- Límite municipal
- ★ Cabecera municipal
- Localidad rural
- == Carretera federal
- == Carretera estatal
- Terracería
- Brecha
- ~ Corrientes principales

**FUENTES:**  
 IV.2 Peligros volcánicos (Macías *et al.*, 2012)  
 IV.5 Inundaciones (Oropeza *et al.*, 2013)  
 IV.6 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Alcántara *et al.*, 2013)  
 V.18 Rezago social a nivel localidad, 2010 (Garnica *et al.*, 2013)



Autores: Irasema Alcántara Ayala  
 Ricardo J. Garnica Peña

## V.21 Zonificación de amenazas y poblaciones potencialmente afectadas

Irasema Alcántara Ayala y Ricardo J. Garnica Peña

El objetivo de este mapa es presentar una zonificación de las áreas susceptibles a amenazas relacionadas con actividad volcánica, inundaciones y procesos de remoción en masa.

Para ello se efectuó una simple sobreposición de los mapas de peligros volcánicos (IV.2), inundaciones (IV.5) y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (IV.6). En el mapa resultante se identificaron siete clases, las cuales expresan la presencia de uno o más tipos de amenazas: (1) amenaza volcánica; (2) amenaza por procesos de remoción en masa; (3) amenaza por inundaciones; (4) amenaza volcánica e inundaciones; (5) amenaza volcánica y procesos de remoción en masa; (6) todas las amenazas; y, (7) sitios no susceptibles a estas amenazas.

Debido a la naturaleza del territorio, la mayor parte de la zona en estudio está expuesta a la amenaza volcánica y a la susceptibilidad a procesos gravitacionales; para la ocurrencia de estos últimos, la precipitación es un factor desencadenante muy importante. La dinámica volcano-tectónica

de la región implica una exposición natural a la futura actividad que pueda presentar el volcán Chichón. Las localidades que se encuentran dentro de la franja de un posible impacto se sitúan en los sectores norte, oriente, poniente y noreste.

En el sector norte, Viejo Nicapa y La Guadalupe, la primera con un nivel medio de rezago social (CONEVAL, 2011). Al oriente, Esquipulas Guayabal y Volcán Chichonal (también llamada Viejo Volcán), dos localidades que se encuentran muy cercanas al volcán (el recorrido geoturístico, Mapa I.14, se inicia desde esta última localidad) y están expuestas a un posible impacto asociado con actividad eruptiva, particularmente oleadas piroclásticas, lahares y caída de cenizas. La población de ambas localidades presenta niveles altos de rezago social, por lo que la vulnerabilidad de la población es alta y, por ende, también las condiciones de riesgo.

En el caso de la sección poniente, localidades como Nuevo Progreso, Playa Larga y San Pablo Tumbac, con niveles medios y alto de rezago, se

encuentran ubicadas en sitios que pueden ser afectados por la ocurrencia de peligros volcánicos, procesos de remoción en masa e inundaciones, particularmente Nuevo Progreso y Playa Larga se ubican en una zona donde la amenaza por inundaciones o lahares es muy alta.

Al noreste diversas comunidades, entre las que destacan El Salto y El Zapote, podrían ser afectadas por inundaciones o por flujos de lodo (lahares). En las zonas elevadas la susceptibilidad a procesos gravitacionales es alta y estos fenómenos podrían tener efectos adversos en Santa Prúcila, Viejo Lindavista y San Miguel.

En el caso de la cabecera municipal de Chapultenango, ésta podría ser afectada por inundaciones debido a su ubicación dentro de una planicie sujeta a las crecidas del río. Su nivel de rezago es bajo, sin embargo, al ser una cabecera la población afectada podría ser mayor que en cualquier otra localidad del área.

Por último, hay que destacar que hay una cabecera municipal, Ostucán (la cual no aparece dentro de la zona en estudio), que podría ser afectada tanto por inundaciones como por flujos de lodo provenientes del volcán Chichonal. La población afectada podría ser considerable a pesar de que la localidad presenta niveles bajos de rezago social (Figura V.21.1).

### Bibliografía

CONEVAL (2010), *Índice de rezago social a nivel localidad*, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México [www.coneval.gob.mx].



Figura V.21.1. La comunicación como herramienta fundamental para la reducción del riesgo de desastre.





*La región del volcán Chichón, Chiapas: un espacio potencial para su protección, conservación y desarrollo sustentable*, editado por el Instituto de Geografía y por la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, se terminó de imprimir el 20 de octubre de 2013, en los talleres de Ediciones del Lirio S.A. de C.V., Azucenas, núm. 10, col. San Juan Xalpa, Iztapalapa, México, D.F. El tiraje consta de 500 ejemplares impresos en offset sobre papel couché de 115 gramos para interiores y couché de 300 gramos para los forros. Para la formación de galeras se usó la fuente tipográfica Cambria en 18/18.5, 12/14.5, 11/14.5 y 9.5/14.5 puntos. Edición realizada a cargo de la Sección Editorial del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Revisión y corrección de estilo: Martha Pavón. Diseño y formación de galeras: Laura Diana López Ascencio. Colaboración especial de Diana Chávez González.  
Foto de portada: Ricardo J. Garnica Peña.

