



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Elaboración de material didáctico en  
el Proyecto DGAPA-UNAM  
RL100314. Edición digital del libro  
"Elementos de Cartografía  
Geológica"**

**MATERIAL DIDÁCTICO**

Que para obtener el título de  
**Ingeniera Geóloga**

**P R E S E N T A**

Karina Dolores Martínez Reyes

**ASESOR DE MATERIAL DIDÁCTICO**

Dr. Gilberto Silva Romo

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



## Agradecimiento

Este material didáctico fue elaborado en el marco del proyecto DGAPA-UNAM RL100314 para la edición digital del Libro de “Elementos de Cartografía Geológica”, bajo la responsabilidad de la Dra. Claudia Cristina Mendoza Rosales. Este trabajo lo realicé bajo la supervisión del Dr. Gilberto Silva Romo, corresponsable del proyecto. Agradezco a la DGAPA-UNAM por la beca otorgada para la conclusión de mis estudios y por la oportunidad de realizar mi servicio social.

Para Dr. Gilberto Silva Romo, con especial agradecimiento por el apoyo brindado y por su infinita paciencia, por estar siempre dispuesto a compartir sus conocimientos en este trabajo.

A los miembros del Sínodo, quienes dedicaron tiempo a leer esta tesina y aportar sus valiosas observaciones:

La doctora Claudia Cristina Mendoza Rosales, el doctor Enrique Alejandro González Torres, el maestro Emiliano Campos Madrigal y la doctora Mayumy Amparo Cabrera Ramírez.

Para Felicitas Reyes Rojas, mi madre, que siempre me ha impulsado a seguir mis sueños, sin nunca darme por vencida, por estar en cada momento de esta gran aventura en la Universidad.

Para Darío Eloy Martínez Hipólito, mi padre, por enseñarme a tener criterio, y ser responsable, Gracias.

Para Félix Darío, mi hermano, por ser un amigo incondicional, de toda la vida, Gracias.

Para Fátima, mi hermana, gracias por ser parte de esta aventura de universitaria y por compartir gratos momentos.

Para Douglas Alberto, mi primo que siempre ha estado en el camino de mi formación académica, gracias por todos tus consejos y por tu apoyo y ser como mi hermano mayor.

Finalmente, gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater que me ha brindado toda las condiciones para conocer el maravilloso mundo del conocimiento.

## Índice

Resumen .....	1
I.-Introducción .....	2
II.- El programa de Ediciones digitales de la DGAPA-UNAM .....	6
III.- Características y Objetivos del apéndice “F” Modelos fotogeológicos y bases topográficas. ....	9
IV Actividades Desarrolladas en la Edición digital.....	22
V.- Conclusiones y Recomendaciones .....	30

## Índice de Figuras

Figura 1. Gráfica de las publicaciones de libros reportados por área de conocimientos en Libros UNAM Open Acces (14 /Marzo/2017).....	8
Figura 2.- Ubicación de los modelos fotogeológicos dentro de las Provincias Geológicas de México.....	12
Figura 3.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 1. ....	13
Figura 4.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 2. ....	15
Figura 5.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 3. ....	17
Figura 6.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 4.....	19
Figura 7.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 5. ....	21
Figura 8.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 6.....	23
Figura 9.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 7. ....	25
Figura 10.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 8. ....	27
Figura 11.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 9. ....	29
Figura 12.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 10. ....	31

Figura 13.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 8. ....23

## Resumen

Esta tesina explica el trabajo que realicé para el proyecto Edición Digital del Libro de “Elementos de Cartografía Geológica” DGAPA-UNAM RL100314. Mi trabajo consistió en actualizar y elaborar los modelos topográficos del Apéndice F “Modelos fotogeológicos y bases topográficas” que requerían una reedición y actualización para mejorar la visibilidad de los rasgos topográficos y una homogeneización en los modelos cuya base comprenden dos cartas topográficas.

La nueva versión del Apéndice F contiene bases topográficas claras, nítidas y actualizadas. Adicionalmente elaboré una simbología general para las bases topográficas, elemento que no se incluía en la edición original del libro. El trabajo lo realicé utilizando el Gestor de Sistemas de Información Geográfica *QGIS* versión 2.10 y el editor de gráficos vectoriales *Inkscape* versión 0.91, ambos software libre de código abierto. Elaboré las bases topográficas desde cero, con información cartográfica obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Servicio Geológico Mexicano (SGM), ayudándome del “Catálogo de símbolos y especificaciones para las cartas topográficas” elaborado por el INEGI.

Esta actualización es relevante porque mejora y hace más legible el material didáctico que sirve como libro de ejercicio para los alumnos de Ciencias de la Tierra, profesionistas y público en general. El libro se encuentra disponible en la Web de Libros UNAM Open Access, en un formato electrónico ePub; el cual permite visualizar el libro en dispositivos electrónicos como Kindle, teléfonos celulares y tabletas. Para ser consultado en una computadora se requiere un gestor de libros electrónicos. En mi experiencia, recomiendo el programa de acceso libre *Calibre*. El Apéndice F en una versión PDF, se puede descargar de la misma plataforma.

## Introducción

La cartografía ha sido una herramienta valiosa en el crecimiento de los países desde el desarrollo de las primeras urbanizaciones hasta el momento actual, cuando existe una gran cantidad de información temática dispuesta en forma de mapas. Por lo tanto, es necesario que los estudiantes en las carreras de Ciencias de la Tierra conozcan los conceptos básicos de Cartografía: la forma de la Tierra, los sistemas de proyección, y los sistemas de coordenadas; y los procesos cartográficos que han cambiado con la evolución de técnicas de medición y de ubicación a través de los años y en el avance tecnológico.

La Cartografía Geológica es un tema fundamental para los estudiantes de Ciencias de la Tierra, es importante que los estudiantes comprendan los conceptos básicos de la expresión cartográfica y que conozcan las características de los mapas geológicos disponibles en México. La enseñanza de la cartografía geológica desarrolla un criterio profesional en los estudiantes para leer, interpretar o elaborar un mapa geológico a distintas escalas para un proyecto de investigación o aplicación. La necesidad de información geográfica hace que los geocientíficos utilicen la cartografía de dos maneras para su proyecto:

- 1) Como usuarios de la información disponible que han generado entidades públicas como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Servicio Geológico Mexicano (SGM).
- 2) Elaborando su propio mapa de acuerdo con el área específica del proyecto de investigación o aplicación.

El uso del Sistema Global de Posicionamiento (GPS, por sus siglas en inglés) en nuestra vida cotidiana ha crecido conforme ha avanzado la tecnología, y esto implica que los usuarios deben comprender las bases teóricas que sustentan a este sistema de posicionamiento.

El libro “**Elementos de Cartografía Geológica**” fue elaborado como un recurso en la enseñanza de la cartografía, por los académicos Gilberto Silva Romo, Claudia Cristina Mendoza Rosales y Emiliano Campos Madrigal. La publicación se realizó con el soporte del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La primera edición del libro fue publicada en el 2001 por la Facultad de Ingeniería con un tiraje de 500 ejemplares. La distribución del texto estuvo a cargo, únicamente, del Departamento de Publicaciones de la propia Facultad. Se realizó una primera reimpresión en 2006 y una segunda reimpresión en 2008. El texto contiene aspectos básicos de cartografía, descripción de los diferentes sistemas de proyección y una explicación detallada de los sistemas de proyección más usados en México. Describe las características principales de los mapas topográficos, así como los elementos de un mapa geológico. Entre los Apéndices del libro, se incluía el Apéndice G con ejercicios de cartografía mediante fotogeología destinados a los estudiantes de Ciencias de la Tierra.

Con el paso del tiempo, el libro requería mejorar las ilustraciones y una actualización de las bases topográficas del Apéndice G, que posteriormente se convirtió en el Apéndice F en la segunda edición (digital), en la que participé como becaria dentro del Proyecto DGAPA-UNAM RL100414 “Edición digital del libro: Elementos de Cartografía Geológica”. El desarrollo del proyecto se justificó porque se trata de un libro de texto en idioma español y con una alta demanda como material didáctico para Ciencias de la Tierra, incluido en los programas de estudio de varias carreras de la Facultad de Ingeniería.

El libro “Elementos de Cartografía Geológica” en su versión digital se encuentra disponible para descarga gratuita en Libros UNAM Open Access <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/395>, dentro del Área de Conocimiento de Ciencias Físico-Matemáticas y de las Ingenierías. El texto se encuentra en formato electrónico ePub que permite consultarlo en aparatos

electrónicos, como tabletas, kindle y teléfonos celulares. Para que el libro sea visualizado en una computadora personal se requiere descargar un software gestor de bibliotecas electrónicas que permita leer, convertir y catalogar libros electrónicos en los diferentes formatos. Se recomienda usar el software de acceso libre “*Calibre*”. El texto en esta segunda edición contiene un capítulo introductorio al uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El Repositorio institucional es administrado por la Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial para la publicación de Acceso Abierto (Open Access) de libros universitarios en formato electrónico bajo la licencia de distribución CC BY-NC-ND.

El objetivo de la actualización de Libro Elementos de Cartografía Geológica es contribuir a la enseñanza en el tema e ilustrar la importancia de la cartografía en los proyectos de investigación o de aplicación. Este texto favorece que los estudiantes del área de la Ciencias de la Tierra tengan conocimientos acerca de las características de los mapas topográficos o mapas geológicos en México.

Actualmente sólo existe un libro en español que trata el tema. Se trata del texto Mapas Geológicos de autor Martínez Álvarez publicado en 1985, este texto contiene una interpretación de los mapas geológicos y la construcción de secciones geológicas, pero no contiene los conceptos básicos de la cartografía.

El Apéndice F funciona como material didáctico, dado que se trata de una colección de ejercicios de fotointerpretación geológica para elaborar un mapa geológico. Los modelos fotogeológicos contienen tres fotografías aéreas en secuencia que permite observar y analizar el área de estudio mediante la técnica de fotogeología, el ejercicio se complementa con la transferencia de los rasgos interpretados a una base topográfica que reproduce el área de la fotografía central.

Mi contribución en el proyecto **fue mejorar y actualizar los mapas topográficos del Apéndice F**. La actualización consistió en elaborar cada mapa topográfico a partir de los archivos digitales disponibles en la página Web del INEGI. Los mapas topográficos los realicé en el software libre *QGIS* versión 2.10 (Soporte de un Sistema

de Información Geográfica) y el editor de gráficos vectoriales *Inkscape* versión 0.91, también de acceso libre.

El realizar estos mapas topográficos fue un reto motivador para mí, ya que aprendí a utilizar de manera autodidáctica las paqueterías *QGIS* e *Inkscape*. En este proceso de editar los mapas topográficos, adquirí nuevos conocimientos; conocí a detalle todos los elementos que componen una carta topográfica y sus características propias. Dichos elementos fueron consultados en el “Catálogo de Símbolos y sus Especificaciones para las Cartas Topográficas del INEGI”. Para realizar estos mapas, lo primero que hice fue buscar archivos de formato *shapefile*, que son archivos vectoriales que contienen información de puntos, líneas, área de los datos espaciales del lugar deseado y que se encuentran disponibles en el INEGI. Después, procesé la información en el software *QGIS* en donde edité todos los elementos topográficos y posteriormente use el software *Inkscape* para añadir detalles de color, tipografía y simbología. También aprendí a apreciar el arte de la cartografía y al mismo tiempo, a ser más crítica al momento de realizar o valorar algunos mapas.

El realizar la edición de los mapas me permitió visualizar el estado del arte en la Cartografía Geológica en México, así como comprender los métodos de registro y comunicación de los datos en interpretaciones geológicas.

## II.- El programa de Ediciones digitales de la DGAPA-UNAM

La Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) es una dependencia de la Universidad Nacional Autónoma de México, creada con el objetivo de coordinar, impulsar y administrar las acciones de apoyo a la carrera académica y los programas para la formación, superación y desarrollo del personal académico, así como las acciones del estímulo y reconocimiento a su obra. Esta dependencia administra varios programas, los cuales financian los proyectos de investigación, contribuyen a la consolidación de la vanguardia de investigación universitaria, así como a elevar la calidad de los académicos y fortalecer una mejor enseñanza de la UNAM. Los programas son los siguientes: Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME), Iniciativa para Fortalecer la carrera Académica en el Bachillerato de la UNAM (INFOCAB).

Esta dependencia impulso la convocatoria “Edición electrónica de libros PAPIIT, PAPIME e INFOCAB”, con el objetivo de lograr una mayor divulgación y una ampliación de la cobertura de los libros para los alumnos de la UNAM y el público en general, la convocatoria está dirigida a los autores de los libros publicados con recursos financieros de los programas PAPIIT, PAPIME e INFOCAB en coordinación con el Plan de Desarrollo de la Universidad (PDU), los textos por participar pueden ser en papel o en un formato PDF.

En la convocatoria se proponen dos modalidades para la edición virtual de los libros, los cuales son 1) ePub: (su acrónimo es Electronic Publication) creado por el *International Digital Publishing Forum* (IDPF). El cual es un archivo XHTML simple que permite leer los archivos en dispositivos electrónicos y móviles; y 2) epub3: permite que el libro o la obra sea interactiva.

Dentro de la convocatoria se tomaron en cuenta varios aspectos para el criterio de evaluación como el estado del arte del tema, el contenido de la obra, la actualidad y pertinencia del tema, la disponibilidad de recursos financieros y la demanda de la obra.

La nueva edición electrónica de nuestro libro se encuentra en la página Web de “Libros UNAM open Access”, la cual incluye un repositorio institucional administrado por la Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. Las publicaciones de Acceso Abierto (Open Access) se encuentran en un formato electrónico bajo licencia de distribución CCBY-NC-ND. Es importante aclarar que no todos los libros disponibles en esta página pertenecen a la convocatoria de la edición de libros electrónicos, ya que la mayoría de estos libros se encuentran solo en formato PDF, y la convocatoria solo maneja los formatos epub y epub3 esto hace que la convocatoria tenga un aporte tecnológico a nuestro tiempo ya que el uso de dispositivos móviles y aparatos electrónicos son de uso cotidiano. Todos los Libros que se encuentran en el repertorio pueden descargarse de manera gratuita y ser visualizados en cualquier dispositivo electrónico. Para poder visualizar el formato epub en una computadora portátil se requiere un software que sea un gestor y organizador de libros electrónicos. Con base en mi experiencia recomiendo “Calibre”, que es de acceso libre y permite visualizar el libro de manera clara y realizar ampliaciones y reducciones a las figuras sin deformarse.

La página Web se encuentra dividida por áreas del conocimiento, las cuales son: Ciencias Biológicas y de la Salud, que contienen 28 libros disponibles; Ciencias Físico Matemáticas y de la Ingenierías, con 25 libros (en esta área de conocimientos se encuentra el Libro “Elementos de Cartografía Geológica”); Ciencias Sociales, con 119 libros; Humanidades y Artes, con 42 libros; y Literatura, con 225 libros disponibles. En total se cuentan con 442 libros disponibles en la Web de acuerdo con la consulta que hice el 14 de marzo de 2017.



Figura 1. Gráfica de las publicaciones de libros reportados por área de conocimientos en Libros UNAM Open Access (14 /Marzo/2017)

### III.- Características y Objetivos del apéndice “F” Modelos fotogeológicos y bases topográficas.

El Apéndice F Modelos Fotogeológicos y bases Topográficas es un recurso didáctico incluido en el libro “Elementos de Cartografía Geológica”. Mi participación en el proyecto de edición digital del texto, se refirió fundamentalmente a elaborar las diez bases topográficas a partir de los mapas Topográficos a escala 1:50,000 del INEGI correspondientes a cada uno de los modelos. Adicionalmente, también participe en la elaboración de las figuras e ilustraciones de algunos capítulos del libro.

El Apéndice F, fue elaborado con el objetivo de ser un material didáctico para las asignaturas relacionadas con la Cartografía Geológica. Actualmente, el libro es uno de los textos básicos de consulta en la Facultad de Ingeniería de la UNAM en el curso Cartografía Geológica y asignaturas relacionadas que forma parte del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Geológica. El Apéndice F es parte de la edición digital disponible en el repertorio de Libros UNAM open Access para el público en general. Para fines de impresión, se encuentra disponible en la misma plataforma una versión PDF del apéndice F.

## Características principales del apéndice

El Apéndice F consiste en 10 modelos fotogeológicos con sus respectivas bases topográficas a escala 1:50,000. La información para elaborar las bases topográficas la obtuve del material digital liberado por el INEGI, utilizando la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) que fue adoptado en 1946. De acuerdo con los autores, los modelos fotogeológicos fueron seleccionados con base en los siguientes criterios:

- 1.- Una estructura geológica sencilla con expresión directa en el relieve.
- 2.- Representativa de las características geológicas de alguna de las Provincias Geológicas de la República Mexicana, como se observa en la Figura 2.
- 3.- Sus características fotogeológicas son típicas de las unidades de rocas y de las estructuras que conforman, esto hace que su análisis sea didáctico y se pueda obtener un resultado cartográfico relativamente fácil al momento de estudiarlos mediante criterios de fotointerpretación.
- 4.- Cada modelo consta de tres fotografías aéreas (escala 1:25,000 o 1:50,000) de la misma línea de vuelo, conforme a los índices del INEGI de 1990. Las fotografías aéreas verticales se traslapan entre ellas un 60%, esto es, tienen paralaje; así, el paisaje que reproduce el modelo se puede observar desde dos puntos de vista para formar una percepción volumétrica del relieve, permitiendo percibir un modelo estereoscópico.

El Apéndice F está diseñado para que el usuario imprima las fotografías aéreas y realice su análisis fotogeológico mediante el uso de un estereoscopio de espejos. Para su estudio las fotografías se colocan con sus rasgos homólogos en posición paralela, el ejercicio consiste en reconocer unidades fotogeológicas, utilizando los criterios de fotointerpretación que se describen en el Capítulo 6 “Teledetección”. Una vez obtenida la interpretación fotogeológica se transfiere a las fracciones correspondientes en los mapas topográficos y al final se puede elaborar un mapa geológico.

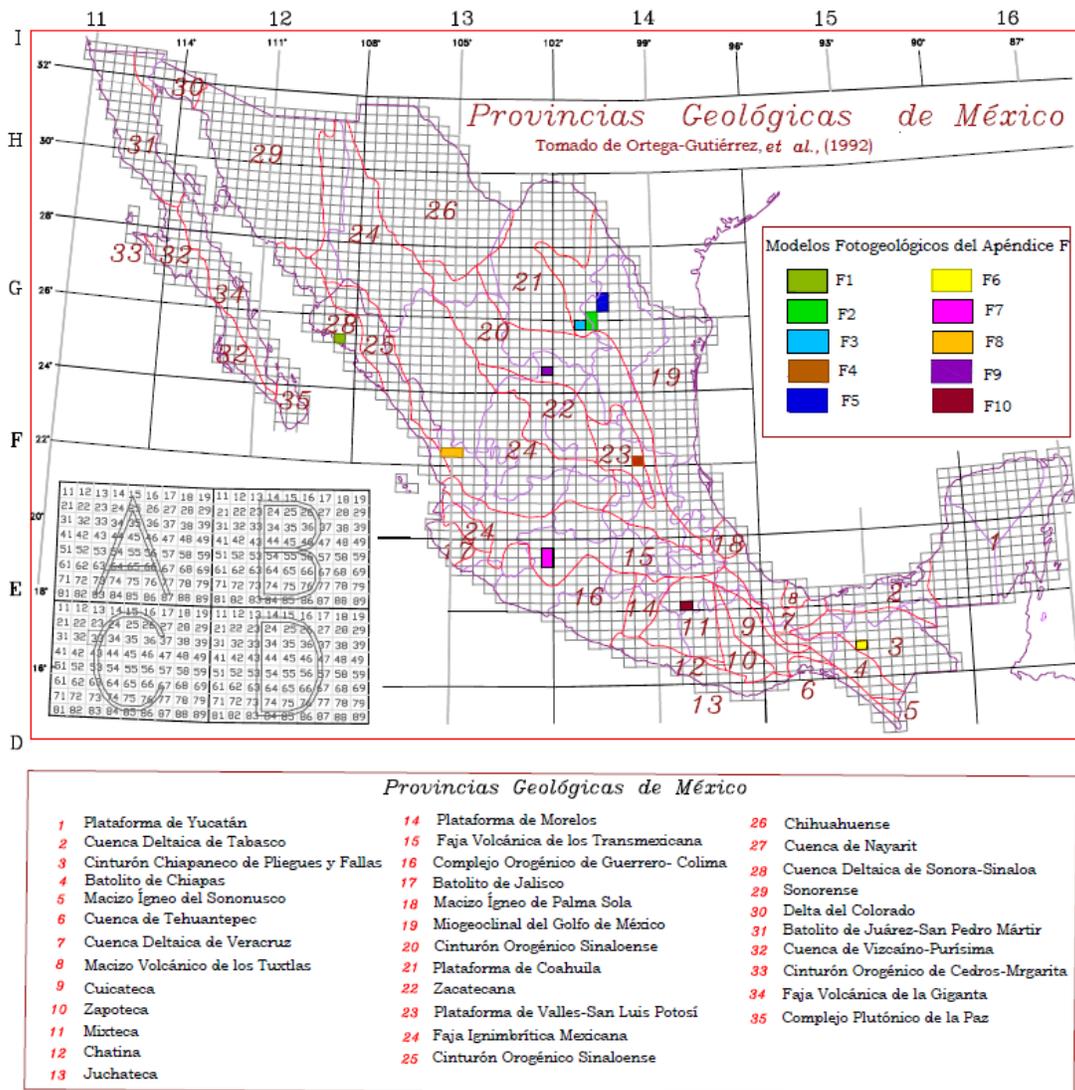


Figura 2.- Ubicación de los modelos fotogeológicos dentro de las Provincias Geológicas Tomado de Ortega-Gutiérrez, et al., (1992).

El Apéndice F incluye la Tabla F-1 Referencia de los modelos Fotogeológicos, que proporciona información de las fotografías aéreas, tal como su zona de vuelo, el número de rollo, de línea y de la fotografía. El Apéndice cuenta con una cuadrícula de referencia que el usuario dispone de ella para ser impresa en un acetato y utilizarla con sus renglones y columnas para identificar los rasgos topográficos, geomorfológicos, litológicos y estructurales mencionados en la Tabla F2. Catálogo

de Rasgos en los Modelos Estereoscópicos, donde se describe la ubicación del rasgo dentro de las fotografías aéreas.

### Descripción de los modelos fotogeológicos del Apéndice F

Como se mencionó antes los modelos fotogeológicos tienen como motivo rasgos geológicos de distintas provincias geológicas de México de acuerdo con la regionalización de Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992 como se puede ver en la Figura 2.

Cada modelo fotogeológico contiene su ubicación en un mapa de la República Mexicana con su división política y un cuadro que contiene la zona de vuelo, el rollo y la línea de vuelo.

## Modelo fotogeológico F1 “Depósitos recientes (modelo lagunar)”.

El modelo fotogeológico F1 “Depósitos recientes (modelo lagunar)” reproduce una región de la Carta Topográfica INEGI G-12-D-38 en la costa de Sinaloa. El modelo queda comprendido dentro de la Provincia Geológica Cuenca Deltaica de Sonora-Sinaloa, la cual tiene una edad del Cenozoico con un origen sedimentario continental y representa un ambiente geotectónico de geoclinal (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). En el modelo se observan depósitos asociados tanto a una barra, como laguna. Se trata de un modelo lagunar con depósitos fluviales marginales por las corrientes meándricas. La laguna está compuesta por depósitos litorales que se encuentran materializados en una barra donde se han formado depósitos eólicos. Rasgos muy notables en el modelo son un conjunto de corrientes meándricas abandonadas que se aprecian en las fotografías por un contraste textural.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
1	Depósitos recientes. Modelo lagunar	71-A	504	4	7	8	9	G-12-D-38



(Material cartográfico tomado del INEGI)

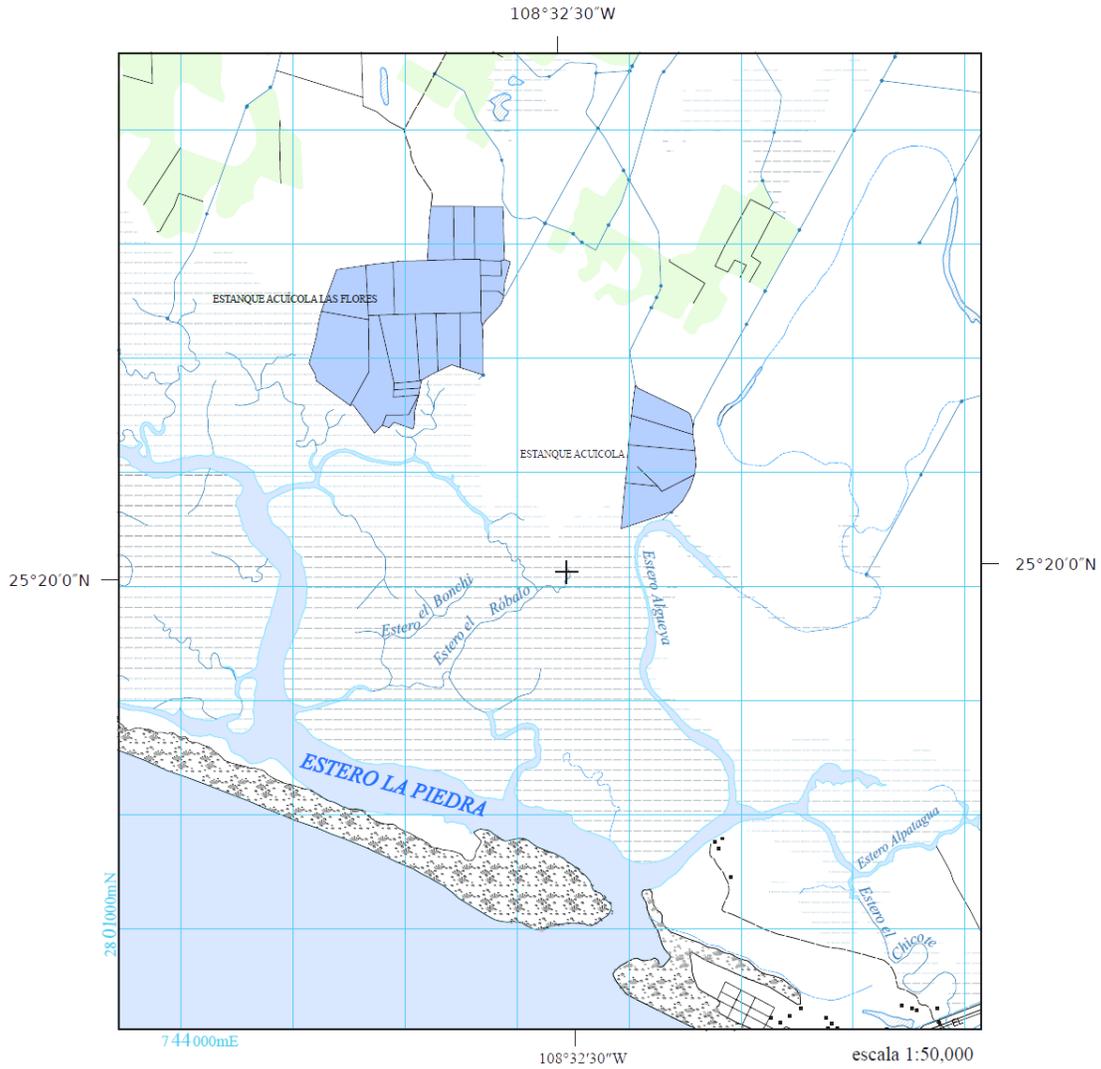


Figura 3.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 1. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2015 g)

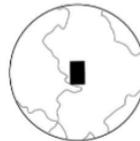
## Modelo fotogeológico F2 “Rocas Clásticas y Yesos (Cubeta estructural)”

El modelo fotogeológico F2 “Rocas Clásticas y Yesos (Cubeta estructural)” pertenece al conjunto de las Cartas Topográficas del INEGI G-14-A-84 y G-14-C-14 en los estados de Coahuila y Nuevo León. Se ubica en la Provincia Geológica Miogeoclinal del Golfo de México, de edad Cenozoico, con un origen sedimentario marino y un ambiente geotectónico geoclinal (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). El modelo representa una estructura compresiva que forma una cubeta cuasi simétrica. Formada por una secuencia arenosa-arcillosa plegada. En este modelo se pueden reconocer fácilmente el rumbo y echado que se forma en las trazas de los estratos en forma de *zigzag*, se observa un diapiro en la parte noroeste de la cubeta estructural y un paquete grueso de calizas que forman un cuerpo lenticular.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
2	Rocas clásticas y yesos. Cubeta estructural	3-A	32	152	3	4	5	G-14-A-84 G-14-C-14

(Material cartográfico tomado de INEGI)



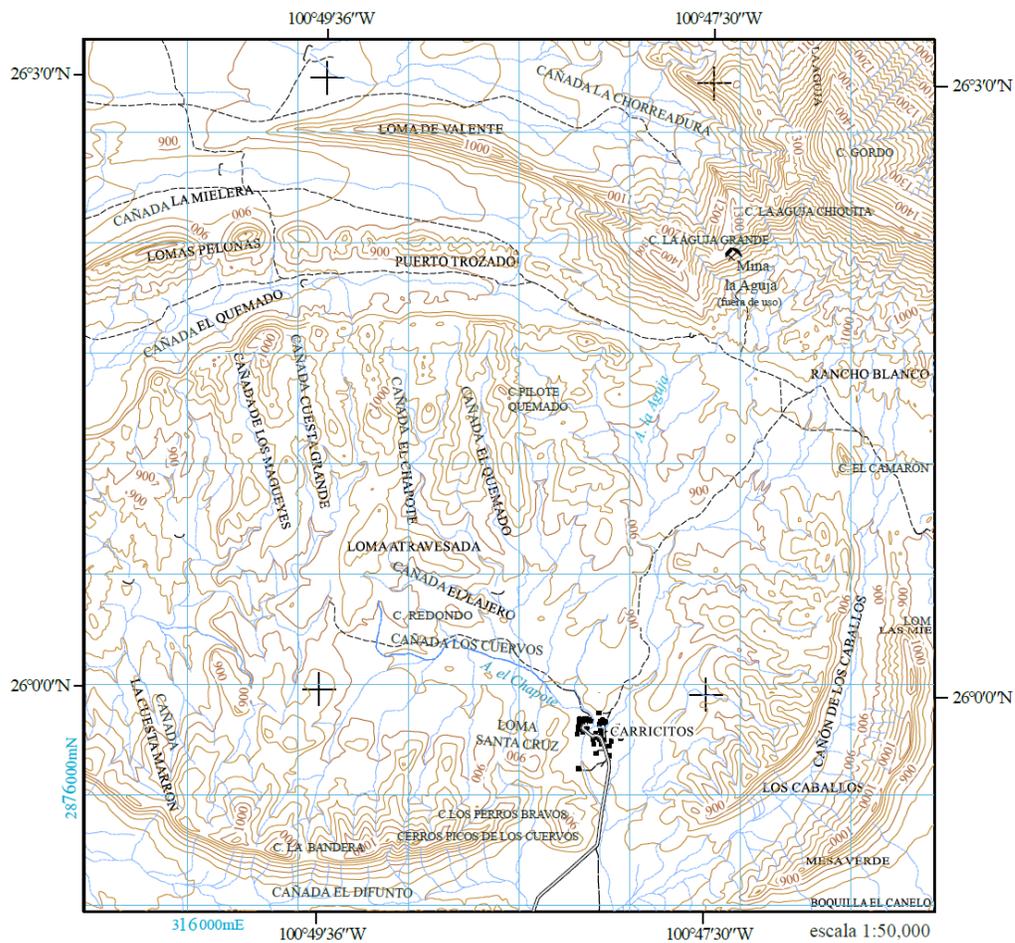


Figura 4.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 2. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2005, 2015 f).

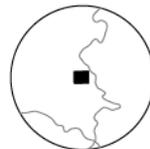
## Modelo fotogeológico F3 “Rocas Clásticas, Pliegues y Discordancia”

El modelo fotogeológico F3 “Rocas Clásticas, Pliegues y Discordancia” de la Carta Topográfica INEGI G-14-C-13, se encuentra en la Provincia Geológica Miogeoclinal del Golfo de México de edad Cenozoico, un origen sedimentario marino y un ambiente geotectónico geoclinal (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). El modelo consiste en un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales con charnelas inclinadas hacia el oriente, las estructuras están definidas por una sucesión de areniscas y lutitas. Un anticlinal se encuentra erosionado y fue cubierto discordantemente por conglomerados. También se observan una serie de fallas normales con rumbo norte-sur.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
3	Rocas clásticas. Pliegues y discordancia	18-A	239	18	39	38	37	G-14-C-13

(Material cartográfico tomado del INEGI)



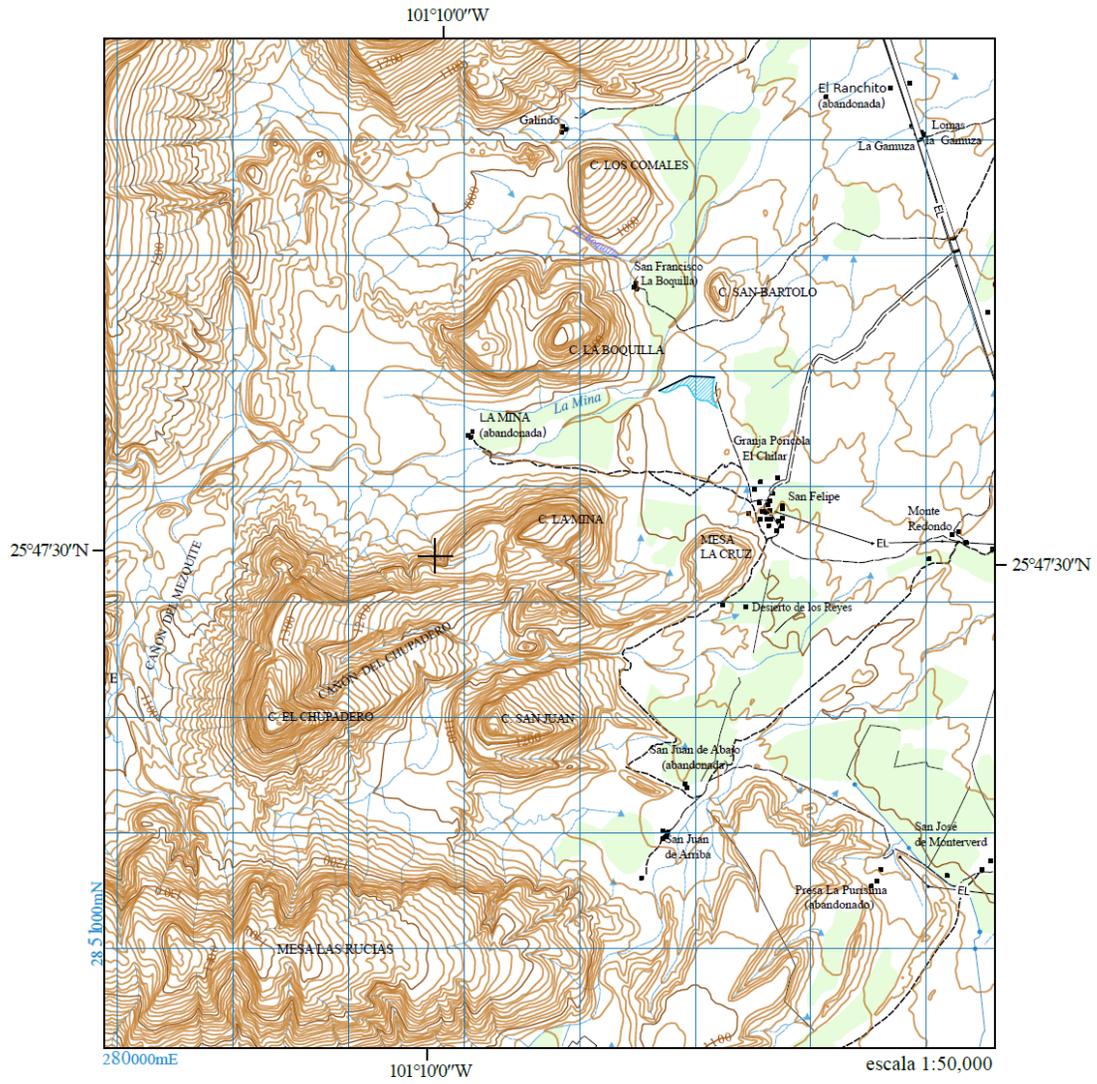


Figura 5.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 3. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI, (2002 b).

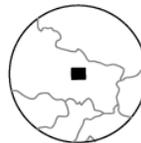
## Modelo fotogeológico F4 “Rocas Calcáreas, Pliegue Sinforme”

El modelo fotogeológico F4 “Rocas Calcáreas, Pliegue Sinforme” corresponde a la Carta Topográfica INEGI F-14-A-88. Se ubica dentro de la Provincia geológica Plataforma de Valle San Luis Potosí, de edad Mesozoico, es de origen sedimentario marino y se desarrolló en un ambiente geotectónico de plataforma (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). El área contiene una sucesión sedimentaria que consiste en una intercalación de calizas y lutitas, sucesión que forma un pliegue sinclinal asimétrico con charnela con dirección cuasi norte-sur. En este modelo se ejemplifica el efecto de la reflexión total que manifiestan los cuerpos de agua.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
4	Rocas calcáreas. Pliegue sinforme	77A	1341	4	23	22	21	F-4-A-88

(Material cartográfico tomado del INEGI)



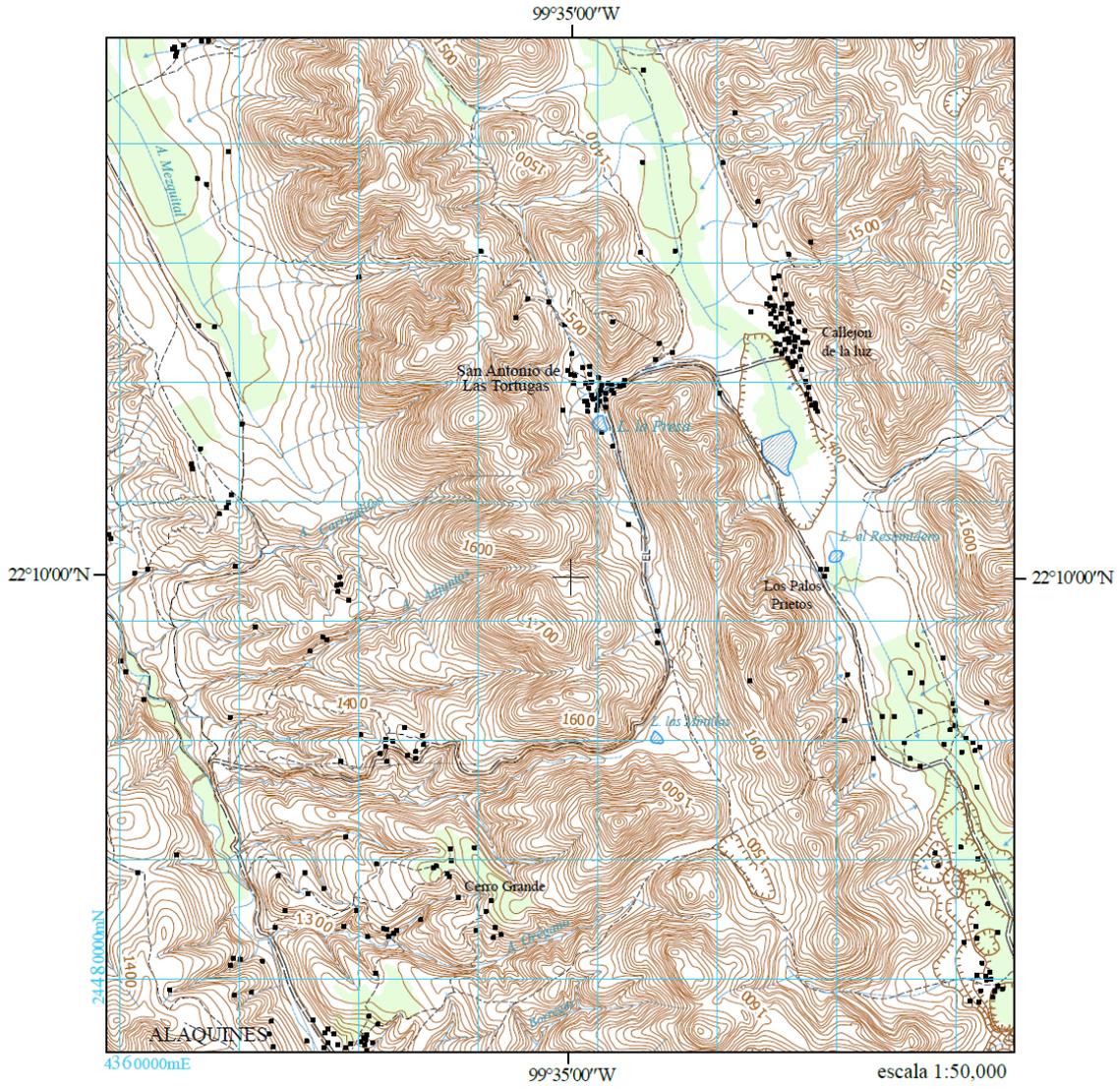


Figura 6.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 4. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2016).

## Modelo fotogeológico F5 “Rocas Calcáreas, Sierra Anticlinal (Pliegue Cilíndrico)”

El modelo fotogeológico F5 “Rocas Calcáreas Sierra Anticlinal (Pliegue Cilíndrico)” ubicado en las Carta Topográficas INEGI G-14-A-65 y G-14-A-75 y en la Provincia Miogeoclinal del Golfo de México de edad Cenozoico, de origen sedimentario marino y ambiente geotectónico geoclinal (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). Se trata de un pliegue asimétrico, el flanco oriental aparentemente es más delgado que el occidental. La correspondencia entre las unidades fotogeológicas se puede resolver a partir de identificar la expresión morfológica.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
5	Rocas calcáreas. Sierra Anticlinal (Pliegue cilíndrico)	85-A	1353	31	14	15	16	G-14-A-65 G-14-A-75

(Material cartográfico tomado del INEGI)



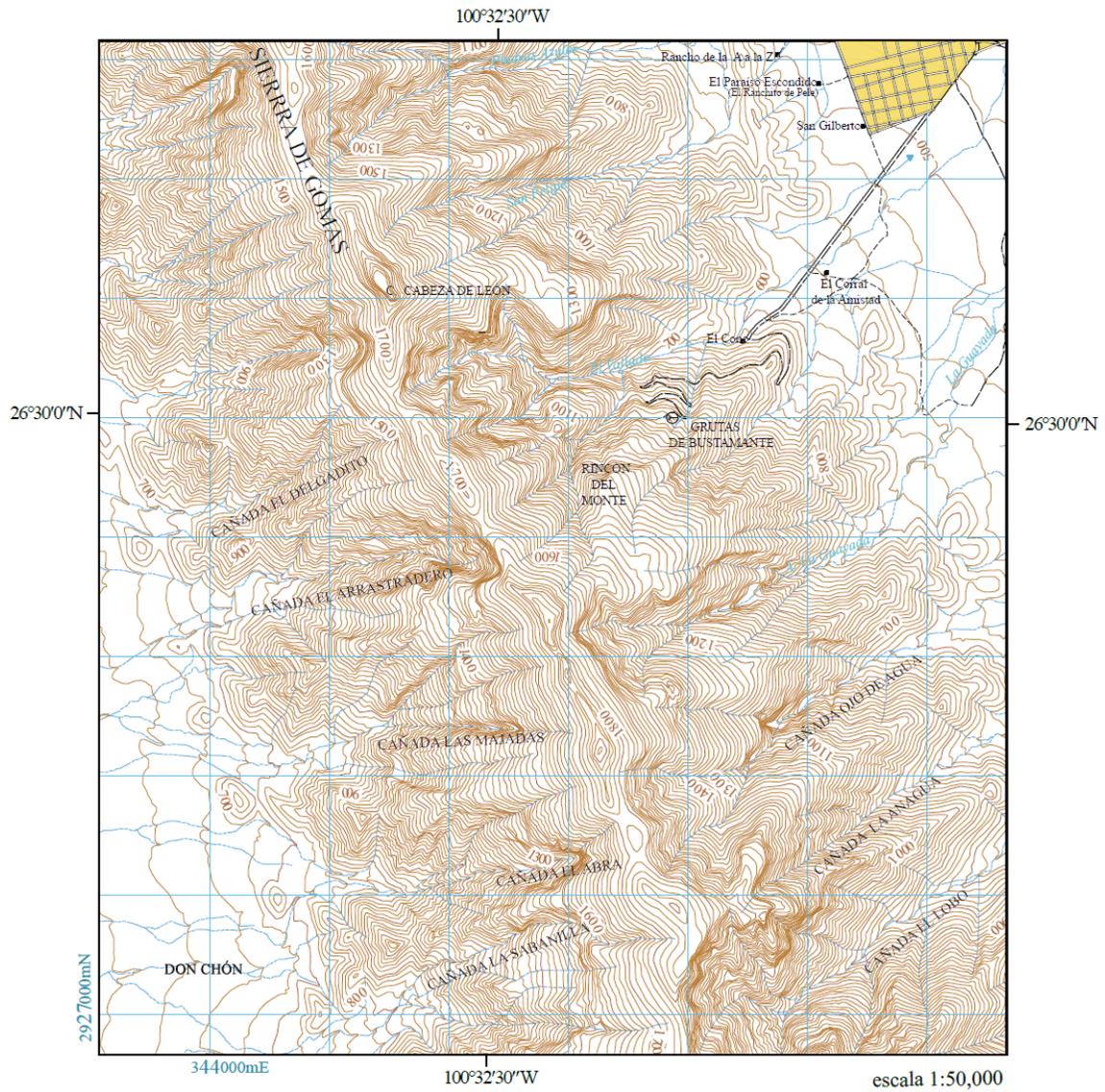
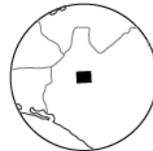


Figura 7.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 5. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2015b, 2015 i).

## Modelo fotogeológico F6 “Relieve Kárstico, Falla Lateral”

El modelo fotogeológico F6 “Relieve Kárstico, Falla Lateral” contenida en la carta E-15-C-59 y en la Provincia Geológica Cinturón Chiapanecos de Pliegues y Fallas de Cenozoico y origen sedimentario Marino de ambiente orógeno (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). Se trata del Cañón del Sumidero en la región sur el estado de Chiapas. Son rocas calcáreas separadas por una falla lateral. Se observa una corriente de agua a gran profundidad y una topografía kárstica.

El modelo fotogeológico reproduce la orografía previa a la construcción de la Presa; en tanto que la base topográfica así, se aprecia el embalse de la presa Manuel Moreno Torres.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
6	Relieve kárstico. Falla lateral	31-A	560	21	22	23	24	E-15-C-59

(Material cartográfico tomado del INEGI)

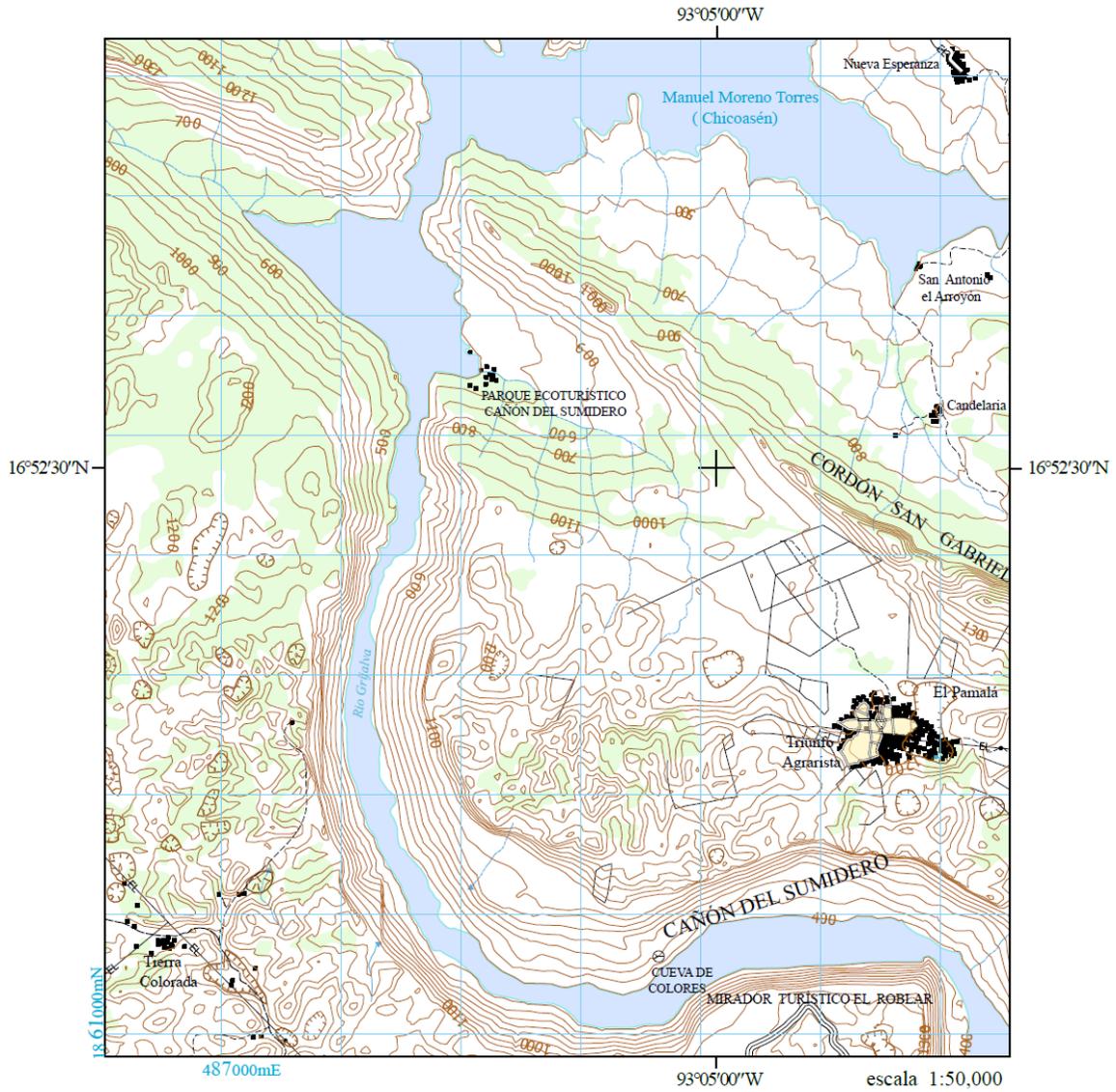


Figura 8.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 6. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2006, 2015c).

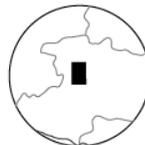
## Modelo fotogeológico F7 “Rocas Extrusivas Básicas, Derrames y Conos Cineríticos”.

El modelo fotogeológico F7 “Rocas Extrusivas Básicas, Derrames y Conos Cineríticos”. Representa parte de las cartas E13-B-29 y E-13-B-39, ubicadas en la Provincia Geológica Faja Volcánica Transmexicana de edad Cenozoico, con un origen de Arco Volcánico y un ambiente geotectónico continental (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). Se trata del área aledaña al Volcán Parícutín, donde se aprecian varios derrames basálticos y conos cineríticos de una edad Holoceno. También se aprecian distintos derrames y conos cineríticos con base en su morfología, elemento que permite identificar la cronología relativa entre los derrames y/o los conos.



No	MODELO FOTOGEOLOGÍCO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
7	Rocas extrusivas básicas. Derrames y conos cineríticos	21-A	534	9	6	7	8	E-13-B-29 E-13-B-39

(Material cartográfico tomado del INEGI)



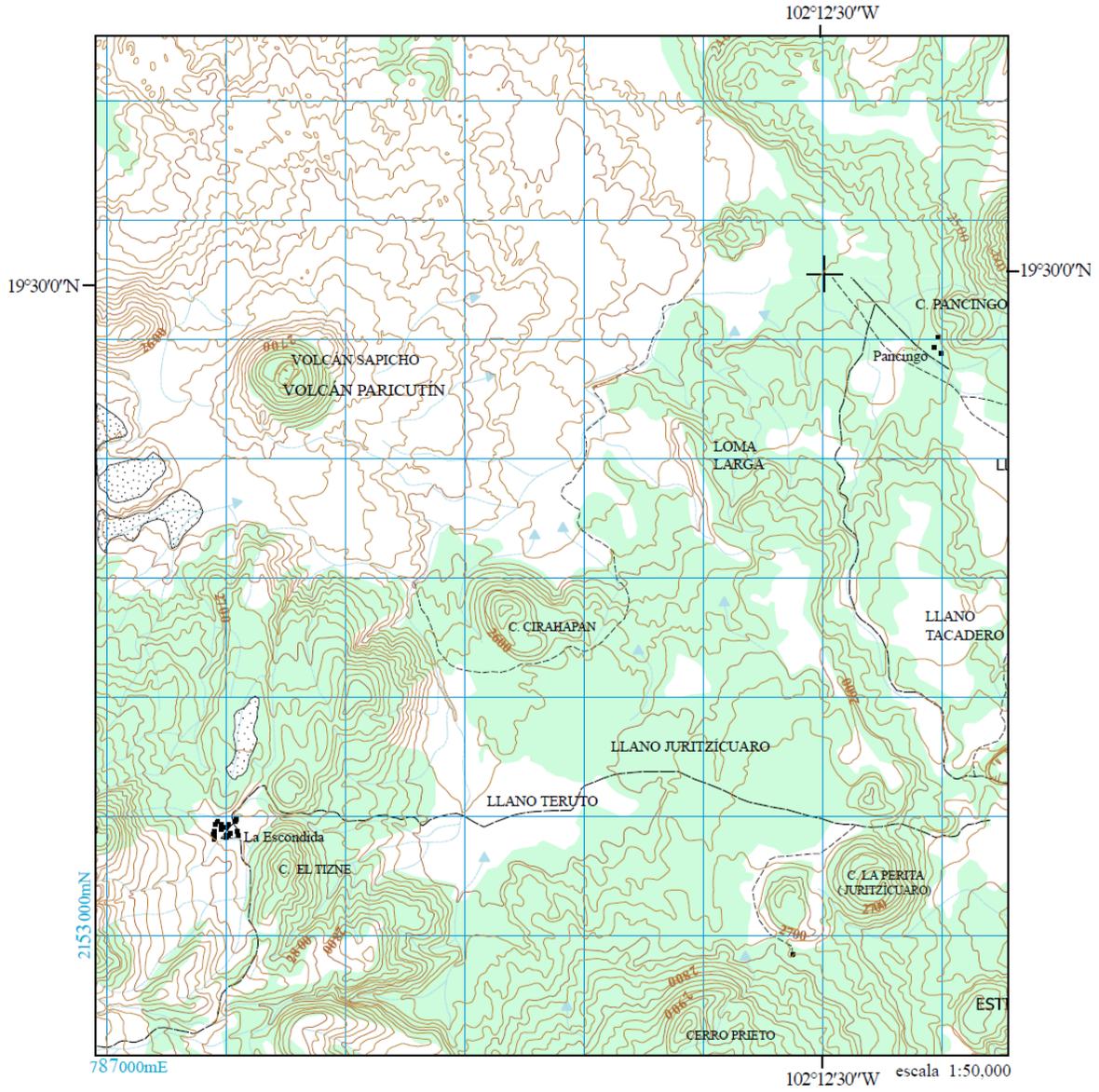


Figura 9.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 7. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2015 f, 2015 h).

## Modelo fotogeológico F8 “Ignimbritas y Tobas”

El modelo fotogeológico F8 “Ignimbritas y Tobas”. Situada en las cartas F-13-B-29 y F-13-B-39 en la Provincia Geológica Faja Ignimbrítica Mexicana de edad Cenozoico y origen volcánico en un ambiente de Arco Continental (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). Se aprecian unidades tabulares correspondientes con intercalaciones de ignimbritas y tobas. Se reconoce un conjunto de fallas normales con rumbo norte-sur. También se reconocen deslizamientos de las laderas de la corriente principal.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
8	Ignimbritas y tobas . Fallas normales	7B	522	48	8	9	10	F-13-A-79 F-13-B-71

(Material cartográfico tomado del INEGI)



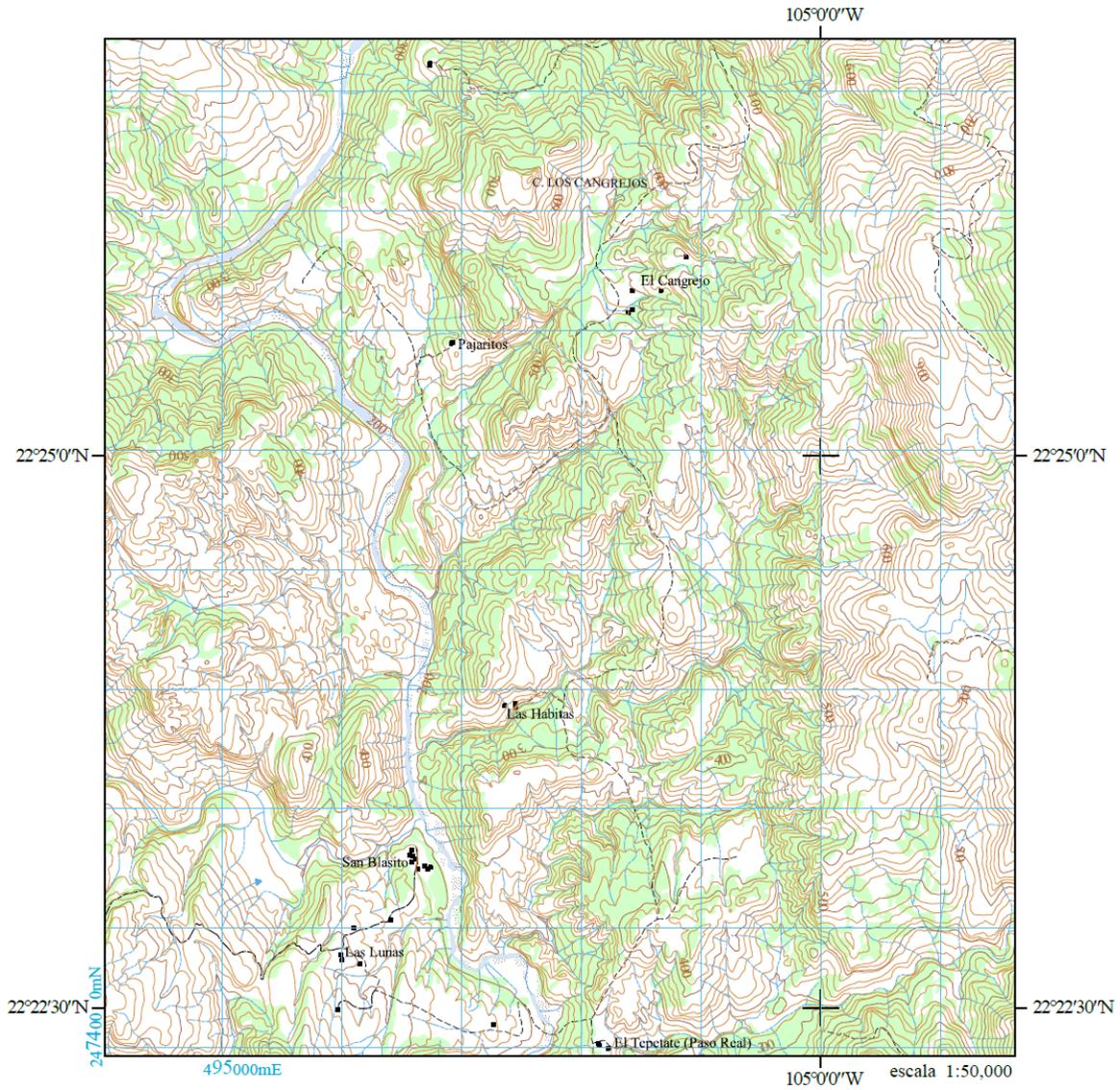


Figura 10.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 8. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2002 c, 2002 a).

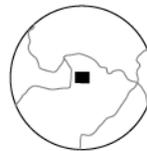
## Modelo fotogeológico F9 “Intrusivo silíceo (Tronco emplazado en rocas sedimentarias)”

El modelo fotogeológico F9 “Intrusivo silíceo (Tronco emplazado en rocas sedimentarias)” está representado en la carta G13-D-69 dentro de la provincia Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas de edad Mesozoico, con un origen Sedimentario Marino y un ambiente Geotectónico orógeno (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). Es un cuerpo intrusivo de composición granítica alojada en una sucesión sedimentaria. Adicionalmente se reconocen un derrame dislocado por una falla normal.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
9	Intrusivo Silíceo. (Tronco emplazado en rocas sedimentarias)	75-A	9	23	37	36	35	G-13-D-69

(Material cartográfico tomado del INEGI)



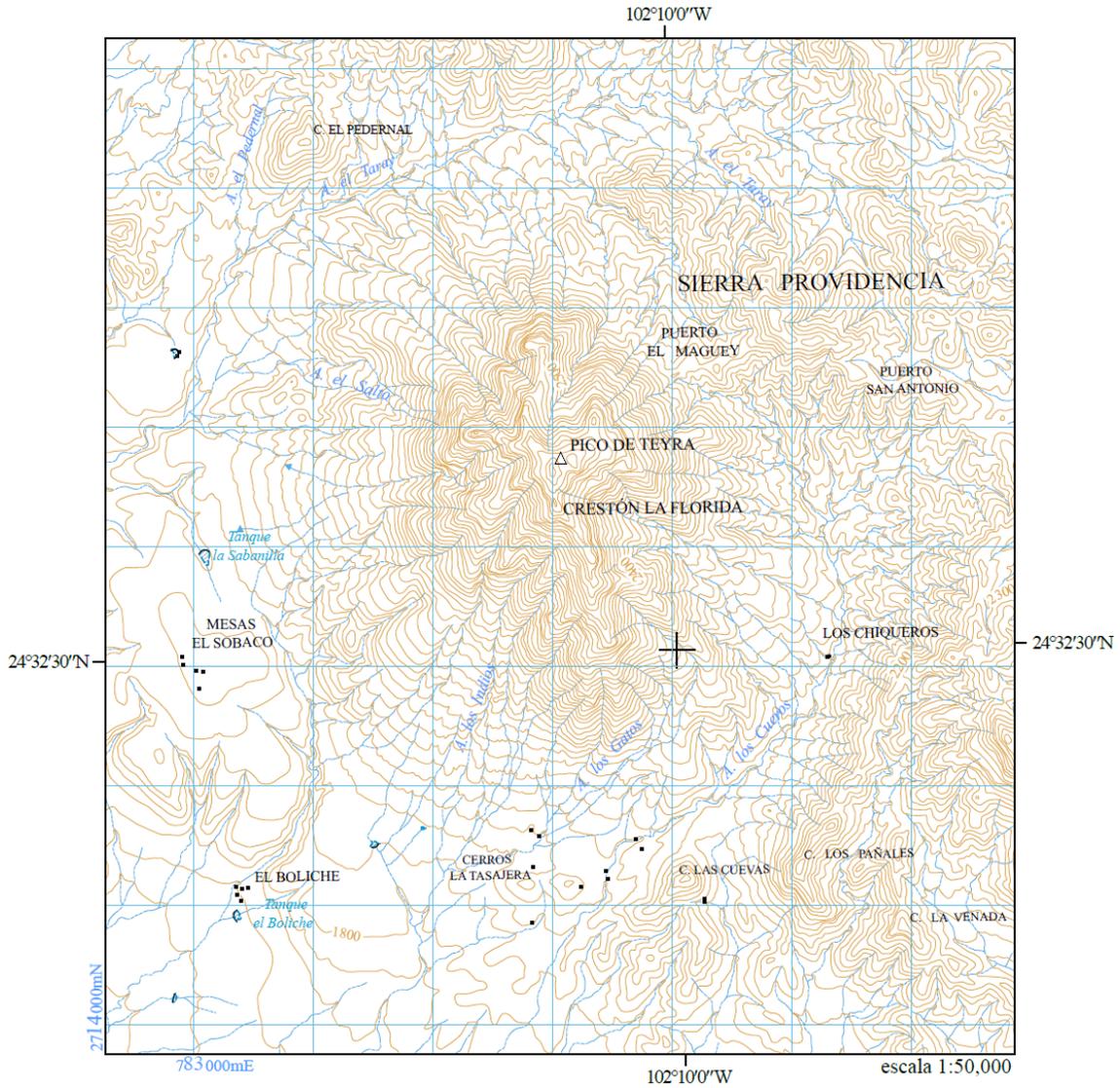
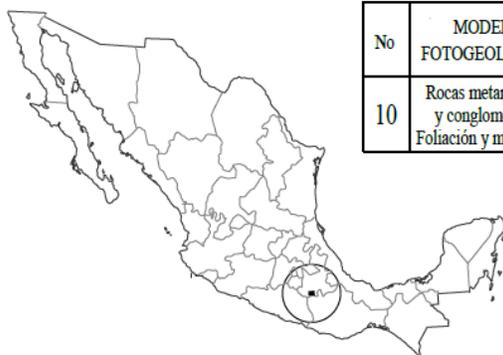


Figura 11.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 9. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2008)

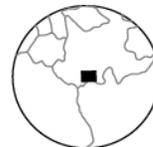
## Modelo fotogeológico F10 “Rocas Metamórficas y Conglomerados.

El modelo fotogeológico F10 “Rocas Metamórficas y Conglomerados. Foliación y Morfología” se localiza en la Carta Topográfica del INEGI E-14-B-83 en la provincia Mixteca de edad Paleozoico, con un origen de Complejo en un ambiente geotectónico compuesto (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992). Se trata de unidades de rocas metamórficas foliadas con rumbo general norte-sur, el relieve en el modelo se caracteriza por lomeríos alargados en sentido norte- sur que corresponden a las rocas metamórficas y lomeríos redondeados formados a partir de la erosión de los conglomerados.



No	MODELO FOTOGEOLOGICO	Zona de vuelo	Rollo	Línea	Fotografía			Mapa Topográfico
					1A	1B	1C	
10	Rocas metamórficas y conglomerados. Foliación y morfología	18-A	194	28	14	15	16	E-14-B-83

(Material cartográfico tomado del INEGI)



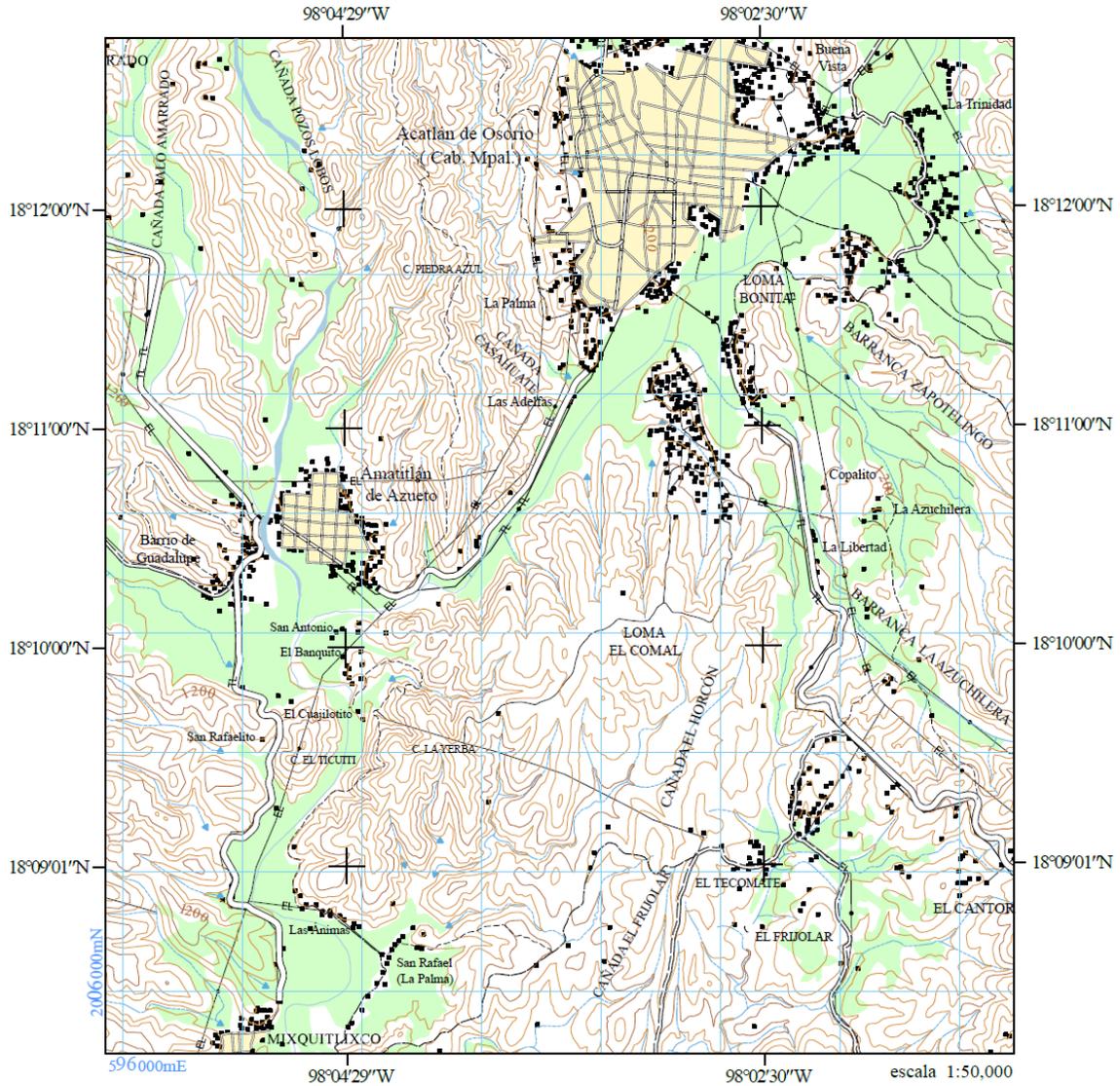


Figura 12.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 10. Elaborado con los archivos *shapefile* del INEGI (2006, 2015 a).

#### IV.- Actividades Desarrolladas en la Edición digital

El objetivo de la actualización de las bases topográficas fue sustituir los mapas topográficos previos incluidos en la primera edición como copias de las fracciones de mapas de los mapas impresos, ver la Figura 13, por otros actualizados y editados digitalmente con una presentación homogénea, rasgos topográficos expresados claramente e identificados con colores apropiados, para lo cual se editaron de acuerdo con una simbología de todos los rasgos topográficos. Como resultado las bases topográficas del Anexo “F” tienen una mejor expresión cartográfica

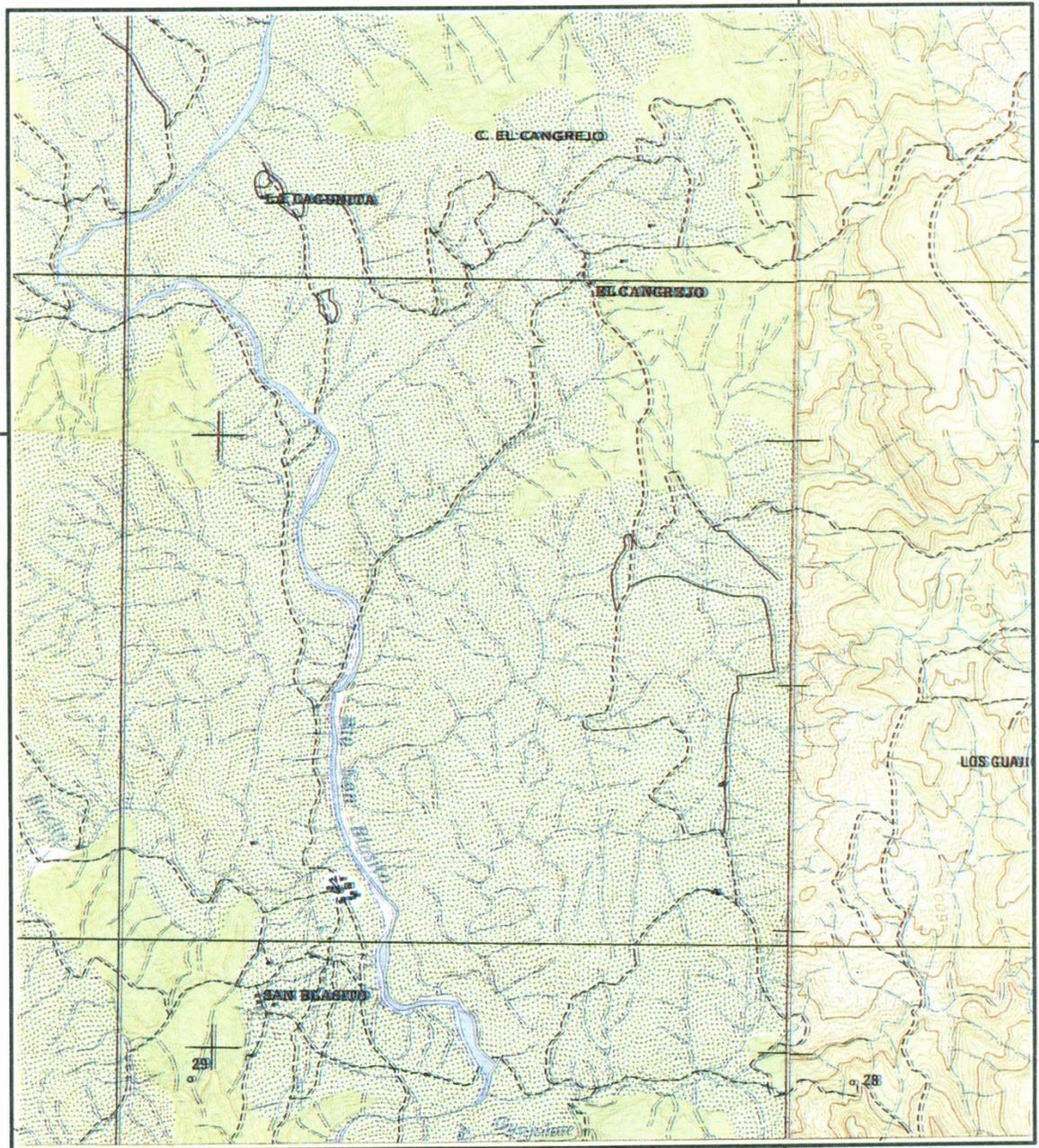


Figura 13.- Base Topográfica del modelo fotogeológico 8. Tomado de Elementos de Cartografía Geológica. Primera Edición. 2001.

Las actividades realizadas durante este trabajo consistieron en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

### 1. **Compilación de información**

La compilación de información tuvo como objetivo recabar datos cartográficos actualizados que se encuentran disponibles en la Web. Para obtener esta información se buscó en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (<http://www.inegi.org.mx/default.aspx>) y en el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (<https://www.gob.mx/sgm>), estas dependencias tienen información cartográfica de la República Mexicana disponible al público en general.

Una vez que se obtuvo la información cartográfica, procedí a descargar las últimas versiones de cartas topográficas en formato PDF para conocer los últimos rasgos topográficos que han sido modificados en estos últimos tiempos y posteriormente editar las bases topográficas del Apéndice “F”

En esa búsqueda encontré que no todas las cartas topográficas en formato PDF están actualizadas. El INEGI tiene cartas topográficas en formato PDF, SHP, TIF, GIF, GeoPDF, así como el modelo digital de elevación, todos estos formatos se encuentran a la disposición del público en general. Cabe mencionar que hay algunas cartas que no tienen disponible todos los formatos mencionados anteriormente.

El formato *shapefile* (SHP) son archivos vectoriales que almacenan información geométrica, alfanumérica y contienen información de datum y proyecciones. Estos archivos contienen elementos cartográficos de tipo puntos, líneas y áreas. Este formato fue realizado para los sistemas de información geográfica por *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) quien diseñó el administrador del gestor de Sistemas de Información Geográfica ARCGIS.

Por tanto, al buscar las cartas topográficas correspondientes al Apéndice F las cartas topográficas se encontraban actualizadas hasta la fecha que se indica en la Tabla 1.

Nivel de Actualización de las Fuentes Cartográficas				
Modelo	Carta Topográfica		Edición PDF	Archivos SHP
	Nombre	Clave		

<b>Apéndice 1</b>	Tamazula	G12D38	2001	2015
<b>Apéndice 2</b>	San José de la Popa	G14A84	2005	2005
<b>Apéndice 2a</b>	Paredón	G14C14	2005	2015
<b>Apéndice 3</b>	Faustro	G14C13	2002	2002
<b>Apéndice 4</b>	Alaquines	F14A88	2000	2016
<b>Apéndice 5a</b>	Bustamante	G14A65	2012	2015
<b>Apéndice 5b</b>	Villaldama	G14A75	2002	2015
<b>Apéndice 6</b>	Chicoasen	E15C59	2006	2006
<b>Apéndice 7a</b>	Paracho	E13B29	1999	2015
<b>Apéndice 7b</b>	Uruapan	E13B39	2014	2015
<b>Apéndice 8a</b>	San Miguel	F13A79	2002	2002
<b>Apéndice 8b</b>	Dolores	F13B71	2002	2002
<b>Apéndice 9</b>	Pico de Teyra	G13D69	1972	2008
<b>Apéndice 10</b>	Acatlán de Osorio	E14B63	2015	2015

**Tabla 1.** La actualización de las cartas

## 2. Elaboración de mapas

Teniendo todos estos archivos en formato *shapefile*, se procedió a la elaboración de las fracciones de los mapas topográficos del Apéndice “F”. La elaboración de estos mapas se basó en el uso de dos software libres, *QGIS* versión 2.10 e *Inkcape* versión 0.91.

El software *QGIS* versión 2.10 es un gestor de Sistemas de Información Geográfica (SIG) libre. Esta herramienta permite crear, editar, manejar formatos ráster y vectoriales para obtener mapas de acuerdo con las necesidades de cada usuario.

En el gestor *QGIS* primeramente se determinó el sistema de referencia del área del mapa, posteriormente se cargaron todos los archivos *shapefile* pertenecientes al área de trabajo.

Estos archivos *shapefile* representan los rasgos topográficos de la zona de estudio como, por ejemplo, vías de comunicación, elementos hidrográficos, elementos orográficos, localidades, entre otros. Todos los rasgos topográficos como área urbana, caminos, carreteras, entre otros, los edite de acuerdo con el color, escala, símbolo y algunas especificaciones, estas ediciones se hicieron con base en el “Catálogo de símbolos y especificaciones para las cartas topográficas” elaborado por el INEGI. Este catálogo se encuentra disponible en la página web del INEGI (Consultado en enero 2016).

El mismo catálogo sirvió para elaborar los elementos de la cuadrícula de la escala UTM y algunas especificaciones referentes a la escala de los mapas.

Posteriormente se elaboró un diseño de impresión, obteniendo un mapa en formato de Gráficos Vectoriales Escalables (SVG, por sus siglas en inglés). En el diseñador de impresión se seleccionó el área deseada, es decir, la fracción de la carta topográfica con base en las fotografías aéreas que se tienen de cada zona. Se añadió la cuadrícula en coordenadas UTM y a los costados se le agregaron las coordenadas geográficas.

A partir del diseñador de impresión el mapa se puede obtener en tres formatos: SVG, PDF o imagen en formato JPG, PNG, TIFF. El formato SVG es un gráfico vectorial que describe imágenes, con trazos, textos y filtros que permite utilizar la imagen sin disminuir la calidad de la imagen.

El software *Inkscape* versión 0.91 es un editor gráfico vectorial de distribución libre de código abierto, con capacidades similares al *Illustrator*, *Freehand*, *CorelDraw* o *Xara X*. Este programa maneja varias opciones de formatos de imágenes como PNG, JPG, BMPP o TIFF, así como SVG. Esta herramienta de dibujo permite crear trabajos

vectoriales con herramientas más flexibles. Con este software se editó la tipografía en cuestión de tamaño, estilo y ubicación. En el caso de las curvas de nivel se editó la ubicación de las acotaciones, se agregaron algunos nombres de localidades y nombres de lugares en el área de estudio. Se editó la transparencia de los colores de las áreas de vegetación, área urbana, corrientes de agua. Posteriormente se añadieron las coordenadas UTM del mapa. Como complemento a la edición se añadió la información de la ubicación de la zona, se añadió el mapa de México con la división política como referencia de la ubicación del modelo y la tabla de datos.

Una simbología general se decidió hacer para todos los modelos correspondientes. La simbología fue generada en el diseño de impresión de *QGIS* y posteriormente fue llevado como un archivo *SVG* al software *Inkscape* en donde edite la tipografía, la ubicación y el tamaño de la simbología.

### **3. Problemas presentados al elaborar algunas cartas topográficas**

En algunos casos los archivos *shapefile* del INEGI presentaban discrepancias con respecto a la última versión disponible de sus cartas topográficas en formato PDF.

Como en el caso del modelo número 6 que corresponde a la carta Chicoasen (E-15-C-59), en esta carta, las curvas de nivel presentaban un espaciamiento muy próximo entre ellos, debido a que se tiene una pendiente muy abrupta. Lo cual no permitía una correcta visualización del relieve. Aunado a eso, la simbología del cuerpo de agua en el Cañón del Sumidero se encontraba en escala de tal forma que cubría las curvas de nivel del Cañón ocasionando que se observara un ancho exagerado de la masa de agua.

La edición que realicé para solucionar el problema fue la siguiente: con el software *QGIS* reduje el ancho de la corriente de agua en el Cañón del Sumidero, con esto logré obtener las curvas más bajas del Cañón del Sumidero. La tarea de corte fue un proceso muy tardado, dado que se tiene que dar clic en la línea de corte del río. Este cambio mejoró la presentación del mapa y favorece su correcta lectura, ya que permite ver mejor las curvas de nivel del Cañón del Sumidero.

Para tener una visualización de la curva de nivel 400, realicé los trazos de las últimas curvas de nivel siguiendo la topografía del terreno con el objetivo de que se vea más estético y se aprecie mejor la morfología del Cañón del Sumidero. De igual manera hice un filtrado para obtener sólo las curvas maestras cada 100 m.

Para el caso del modelo F10 que incluye a la población Acatlán de Osorio, el área urbana se expandió en una gran proporción lo que ocasiona una invasión a la topografía de los cerros cercanos a la población. Por lo tanto, decidí restringir el área urbana para poder apreciar el relieve. En el área urbana sólo deje la población central incluyendo las calles.

Algunas bases topográficas en la primera edición del libro se encontraban poco nítidas, con pocos elementos cartográficos y sin simbología adecuada, como fue el caso de los modelos 2, 5, 7 y 8, en los cuales se requieren dos cartas topográficas para cubrir el área registrada en la fotografía aérea central del modelo. Condición que no favorecía una visualización de una carta de acuerdo con la edición original. En estos mapas no se tenían una visualización nítida del área, y sobresalía la unión de las dos cartas, al mismo tiempo existía una variación de colores entre la unión de las cartas. Lo que dificultaba la visualización de los rasgos topográficos.

En el modelo 7, la simbología del malpaís del Volcán Parícutín provocaba un problema de perspectiva al ponerle la simbología correspondiente, ocasionando que la visualización fuera poco nítida, “perdiéndose” las curvas de nivel, por lo que opté en quitar la simbología del malpaís y poner solamente las curvas de nivel para que tuviera una correcta visualización.

En el modelo 8 de Ignimbritas y Tobas, al unir las dos cartas topográficas me enfrente al problema que las curvas de nivel no coincidían debido a que tiene un desfase entre las curvas, aunque sean de la misma cota. Para solucionar este problema decidí unir las manualmente en el software *QGIS*, solo dejando las curvas maestras. En el mapa de la versión 2001 no se observan las curvas de nivel, y los elementos topográficos no se aprecian de manera clara. En cambio, en el nuevo mapa se observa con claridad todos los elementos topográficos del modelo.

En el modelo 9, el Pico de Teyra presentaba las curvas cada 10 m lo que ocasionaba poca visualización de las curvas maestras, por lo que decidí hacer un filtrado de curvas de nivel para modificar el modelo de cartografía cada 20 m, logrando una mejor apreciación del relieve.

Al concluir el trabajo de los mapas, la visualización es más claramente en todos los aspectos en la nueva edición del libro. El reto más importante fue el uso del software.

## V.- Conclusiones y Recomendaciones

La actualización del Libro Elementos de Cartografía Geológica se concluyó gracias al presupuesto de la convocatoria Edición digital de Libros electrónicos DGAPA-UNAM. Como resultado, se obtuvo un libro digital en formato e-pub que se encuentra disponible en el repertorio de Libros UNAM open Access.

El libro tiene una alta demanda de los usuarios debido a que contiene conceptos básicos de cartografía geológica, lo que permite que el usuario puede revisar el libro en sus dispositivos electrónicos como celulares y/o tabletas.

El libro contiene material didáctico que corresponde al Apéndice F Modelos Fotogeológicos y Bases Topográficas, del que actualicé las fracciones de los mapas topográficos mejorando la calidad de los modelos topográficos, así como la vista uniforme en los modelos fotogeológicos que están compuestos de dos cartas topográficas, mejorando la apreciación de los rasgos topográficos.

Durante el proceso de la elaboración de las bases topográficas digitales aprendí a ser autodidáctica al utilizar el software *QGIS* e *Inkscape* en donde aprendí a elaborar los mapas topográficos, logrado una mayor crítica para elaborar mapas geológicos.

También recomendamos que al formato e-pub del libro le hace falta incluir la tabla F1 Referencias de los Modelos fotogeológicos y F2 Catálogo de Rasgos en los Modelos Estereoscópicos. Esto es importante ya que es una guía para identificar rasgos fotogeológicos de la interpretación.

Aprender a utilizar el software me hizo aprender a ser autodidactica y fue un aprendizaje muy útil para realizar los mapas. Asimismo, me ayudo ampliar mi campo de conocimientos, ya que ahora ya cuento con las habilidades para elaborar mapas temáticos de cualquier lugar de trabajo.

Debido a que el libro está en el formato epub, el Apéndice F tuvo una reducción en los mapas topográficos, esto ocasiona que se modifiquen la escala del mapa. Al momento de imprimir no se pueda realizar de manera correcta los ejercicios de Cartografía. **Por lo tanto, para dar una solución a este problema nosotros ponemos a disposición de los alumnos y el público en general el Apéndice F en formato PDF con la escala correcta y así al momento de imprimir, no tenga ningún problema para trabajar.**

## VI.- Bibliografía

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2002 a, Carta topográfica, “Dolores” F13B71, México, publicado en 2002, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825702960>] consultado en enero del 2016
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2002 b, Carta Topográfica, “Faustro”, G14C13, México, publicado en 2002, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825700911>] consultado en enero del 2016.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2002 c, Carta topográfica, “San Miguel”, F13A79, México, publicado en 2002, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825702571>] consultado en enero del 2016
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2005, Carta topográfica, “San José de la Popa”, G14A84 México, publicado en 2005, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825278045>] consultado en enero del 2016.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2006, Carta topográfica “Chicoasen”, E15C59, México, publicado en 2006, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825711092>] consultado en enero del 2016
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2008, Carta topográfica, “Pico de Teyra”, G13D69, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Edición 2008, disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825716448>] consultado en enero del 2016
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 a, Carta topográfica, “Acatlán de Osorio”, E14B83, México, publicado en 2015, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825269364>] consultado en enero del 2016
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 b, Carta topográfica, “Bustamante”, G14A65, México, publicado en 2015, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825205416>] consultado en enero del 2016.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 c, Carta topográfica, “Chicoasen”, E15C59, México, publicado en 2015, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825203986>] consultado en enero del 2016

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 d, Carta topográfica “Paracho”, E13B29, México, publicado en 2015, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825203979>] consultado en enero del 2016

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 f, Carta topográfica, “Paredón”, G14C14, México, publicado en 2015, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825279103>] consultado en enero del 2016.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 g, Carta topográfica, “Tamazula”, G12D38, 1:50,000. México, publicado en 2015, los archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825205362>] consultado en enero del 2016.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 h, Carta topográfica, “Uruapan”, E13B39, México, publicado en 2015, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825205553>] consultado en enero del 2016

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015 i, Carta topográfica, “Villadama”, G14A75, México, publicado en 2015, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825205751>] consultado en enero del 2016

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016, Carta topográfica “Alaquines”, F14A88, México, publicado en 2016, archivos shp disponible en [<http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825212247>] consultado en enero del 2016.

Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L., M., Rodán-Quintana, J., Aranda-Gómez J., J., Moran-Zenteno, D., Alaniz-Álvarez, S., A., Nieto-Samaniego, A., F., 1992, “Texto Explicativo de la Carta Geológica de la República Mexicana Quinta de Edición Escala 1:20,000,000.” México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. 12-13.

Silva-Romo. C., Mendoza-Rosales, E., Campos-Madrigal., 2001, “Elementos de Cartografía Geológica”, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.