



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“INFORMACIÓN DIGITAL
COMO APOYO A PROYECTOS DE INGENIERÍA.**

CASO DE APLICACIÓN:

PROYECTOS DE HIDROLOGÍA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

GERMÁN ADRIÁN AGUILAR MARTÍNEZ

ASESOR: M. en I. FAUSTINO DE LUNA CRUZ



Ciudad Universitaria, Octubre 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A mis papas: Germán Aguilar Ángeles y Margarita Martínez Barrera

Les extiendo mi vida para agradecerles, día con día, por todo lo que han hecho por mí, sin ustedes alcanzar esta meta viera resultado difícil de presenciar, para mí y para sus sucesores serán un modelo a seguir porque no hay mayor fuerza, de donde tomar, que el verse envueltos en amor, por sus padres, y ser testigo que dan el mayor esfuerzo, como si fuera el último de sus días, por cumplir la más humilde tarea, vernos felices.

Valores y los modelos de superación son inculcados, en mi mente libros han ocupado ahora ustedes hoy y siempre ocuparan su lugar, su esfuerzo por mí siempre será valorado, espero ser un orgullo. Los amo.

A mis hermanos: Samuel Alejandro, Diana y Elizabeth

A ellos, mi sangre, queridos y amados, gracias por apoyarme y estar conmigo en todo momento, verlos sonreír es una expresión que siempre me hará feliz.

A mis abuelos: María Luisa Barrera Orta, Vicente Martínez Pelcaste, Benito Aguilar Santiago, Salustia Ángeles Cruz.

Mis más profundos agradecimientos, por ser personas sabias y por dar de su tiempo para estar a mi lado dándome cariño y amor. Un especial agradecimiento a mi abuelita María Luisa por dar de su vida para criarnos, cobijarnos, alimentarnos y corregirnos. A mi abuelita Cruz que me ilumina en lo más alto, le agradezco por su infinito cariño y amor que me brindo.

A mi familia: Cristóbal, Lorenzo, Adrián, David, Raquel, Adriana, Irene, Alejandro, Edith, Jorge, Daniel, Mayra, Cirilo, Alfredo, Isabel, José, Luis, Félix, Lucia, Alfredo, tíos y a todos mis primos.

Por compartirme su amistad, cariño y respaldo que ha sido parte fundamental para mi desarrollo y por formarme una bonita familia.

A una persona especial: Samantha Pamela Terrón Santiago

Por ser una fiel compañera, que me ha seguido por varios años, quien en muchas ocasiones me ha regañado y corregido para que mis acciones terminen en triunfos, gracias por tu comprensión, apoyo y cariño que me has brindado día con día, y por ser protagonista de una bonita etapa de mi vida.

A mis amigos: Marco, Gabriela, Lalo, Zair, Alejandro, Ale, Jony, Gaby, Paco, Edgar, Crisóstomo, Abigail, Israel, Vela, José, Sergio, Daniel, Tornero, Erika, Nelly, Ilse, Yessica, Gaby y los que me hayan hecho falta.

Es un honor haberlos conocido durante los años de la Facultad, mientras a otros conocerlos desde el primer día, me llevo conmigo agradables recuerdos, enseñanzas y la mejor parte de ustedes, el ver compartido muchos momentos tanto fuera como dentro de la Facultad son de recordar para toda la vida, me los llevo conmigo a todas partes porque sé que tarde o temprano nos volveremos a ver.

A mis maestros: Dr. Ismene Libertad América Rosales Plascencia, M en I. Faustino de Luna Cruz y el Dr. Óscar Arturo Fuentes Mariles.

Agradecido me encuentro por apoyarme, en mi estancia en el Instituto de Ingeniería, para dar mis primeros pasos, gracias por la educación que me han brindado y por ser un ejemplo no solo para mi si no para muchos.

Para el Maestro de Luna, mi gratitud y reconocimiento por apoyarme en mis últimos semestres de la facultad, por su entrega en mi aprendizaje, por compartir su sabiduría, y por impulsarme por ser cada día mejor siendo una inspiración y un modelo a seguir. Y por su paciencia e ímpetu en la culminación de este trabajo.

Al cubículo 409 del Instituto de Ingeniería: Darío, Laura, Alejandra, Omar, Ángel, Juan, Hipólito, Gaby, Paulina, David, Bere, y los que me hagan falta.

Por ser una segunda familia, les agradezco por darme consejos, apoyo, motivaciones y por regalarme momentos gratos que nunca olvidare.

A la Facultad de Ingeniería y Maestros:

Un reconocimiento por forjar grandes profesionales de alto renombre, y por ser ellos quienes me compartieran de su sabiduría, gracias maestros.

Sinceramente...

Germán Adrián Aguilar Martínez

“...lo más terrible se aprende enseguida y lo hermoso nos cuesta la vida...”

S.R.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/35/2014

Señor
GERMÁN ADRIÁN AGUILAR MARTÍNEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. FAUSTINO DE LUNA CRUZ que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

**"INFORMACIÓN DIGITAL COMO APOYO A PROYECTOS DE INGENIERÍA, CASO DE APLICACIÓN:
PROYECTOS DE HIDROLOGÍA"**

INTRODUCCIÓN

- I. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**
- II. INFORMACIÓN DIGITAL DISPONIBLE PRINCIPALMENTE DE INEGI Y EN OTRAS DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES**
- III. DESARROLLO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA**
- V. CASO DE APLICACIÓN: PROYECTO DE HIDROLOGÍA**
- VI. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 11 de Septiembre de 2014

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTU



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA

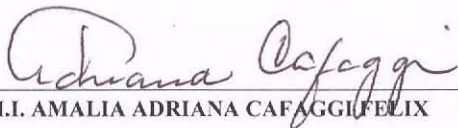
Acceptación de Trabajo Escrito

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA U.N.A.M.


Presente.

En relación con el Examen Profesional de **AGUILAR MARTINEZ GERMAN ADRIAN**, registrado con número de cuenta 307060871 en la carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, del cual hemos sido designados sinodales, nos permitimos manifestarle la aceptación del trabajo escrito desarrollado por el citado alumno.

Atentamente.


M.I. AMALIA ADRIANA CAFAGGI FELIX

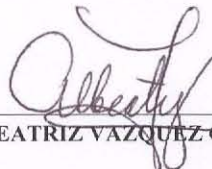
FECHA DE ACEPTACIÓN: 07-10-2014


MTRO. FAUSTINO DE LUNA CRUZ

FECHA DE ACEPTACIÓN: 07/10/2014


M.I. LUIS CESAR VAZQUEZ SEGOVIA

FECHA DE ACEPTACIÓN: 07/07/2014


M.I. ALBA BEATRIZ VAZQUEZ GONZALEZ

FECHA DE ACEPTACIÓN: 8/10/2014


M.I. RODRIGO TAKASHI SEPULVEDA HIROSE

FECHA DE ACEPTACIÓN: 7/oct/14

FECHA DE EMISIÓN: 02 de Octubre de 2014

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	3
1.1 Orígenes.....	3
1.2 Introducción a los SIG.....	6
1.3 Componentes claves de un SIG	8
1.4 Sistema de Coordenadas	9
1.4.1 Sistema Geográfico.....	10
1.4.2 Sistema Rectangular	12
1.5 Mapas	15
1.6 Clasificación de Mapas	15
1.6.1 Clasificación por la escala	16
1.6.2 Clasificación por nivel de información	16
1.6.3 Clasificación por el propósito del mapa	16
1.6.4 Clasificación por el sistema de producción	16
1.6.5 Clasificación conforme a la precisión	17
1.6.6 Clasificación de acuerdo con el origen	17
1.6.7 Clasificación por la forma de presentación	17
1.6.8 Clasificación por el tipo de información.....	18
1.7 Claves cartográficas	19
2. INFORMACIÓN DIGITAL DISPONIBLE PRINCIPALMENTE DEL INEGI Y EN OTRAS DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES	23
2.1 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	24
2.1.1 Cartas Topográficas Digitales	28

2.1.2 Modelos Digitales de Elevación y de tipo de Alta Resolución LiDAR (Light Detection and Ranging).....	34
2.1.3 Mapa Digital del INEGI.....	36
2.1.4 Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrológicas (SIATL).....	38
2.2 Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (SEGOB).....	41
2.3 Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).....	49
2.3.1 Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).....	51
2.3.2 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	55
2.3.3 Servicio Meteorológico Nacional (SMN)	59
2.4 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)	65
2.5 Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	68
2.6 Comisión Federal de Electricidad (CFE)	75
3. DESARROLLO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA	79
3.1 Entorno Internacional al Desarrollo Geográfico y Cartográfico Nacional	79
3.2 Adelanto Tecnológico en el Desarrollo de los Proyectos de Ingeniería Civil	80
3.3 Perspectiva del Avance Tecnológico para los próximos años.	82
4. CASO DE APLICACIÓN: PROYECTO DE HIDROLOGÍA.....	85
4.1 Planteamiento del Problema.....	85
4.2 Datos.....	85
4.3 Recopilación de cartas topográficas.....	87
4.4 Antecedentes.....	92
4.5 Marco físico-geográfico	95
4.5.1 Localización.....	95
4.5.2 Geología.....	96
4.5.3 Climas.....	96

4.5.4 Tipo de suelo y vegetación	99
4.6 Características fisiográficas	101
4.6.1 Clasificación de la cuenca según la salida de su escurrimiento	101
4.6.2 Clasificación en cuanto al tamaño de la Cuenca	101
4.6.3 Pendiente de la cuenca	102
4.6.4 Curva hipsométrica.....	106
4.6.5 Elevación media de la cuenca.....	107
4.6.6 Red de drenaje.....	108
4.6.7 Densidad de corrientes.....	108
4.6.8 Densidad de drenaje.....	108
4.6.9 Cauce principal	110
4.6.10 Pendiente del cauce principal	110
4.6.11 Precipitación (altura media anual)	113
4.6.12 Periodos de retorno para precipitación	119
4.6.13 Gasto máximo (Método de envolventes).....	120
4.6.14 Escurrimientos.....	121
4.6.15 Tiempo de concentración.....	123
4.6.16 Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL)	124
4.17 Comentarios	126
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFÍA	131

ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 El Bestiario de la Sala de los Toros 1300 años antes de cristo.	3
Ilustración 1.2 Carta Pisana 1400 a.c.....	4
Ilustración 1.3 Mapa topográfico de Wadi Hammamat (1 160 a.c.).....	4
Ilustración 1.4 Mapa de casos de cólera en 1954	5
Ilustración 1.5 Mapa Digital de los Recursos en Canadá 1962.....	5
Ilustración 1.6 Mapa con cuadrícula 1:50 000	6
Ilustración 1.7 Tecnología de Información Geográfica	7
Ilustración 1.8 Aplicaciones de un SIG en Ingeniería.....	8
Ilustración 1.9 Datos Raster y Vectorial	9
Ilustración 1.9 Atributo asociado a una imagen.....	9
Ilustración 1.10 Sistema Geográfico (Google Earth)	10
Ilustración 1.11 Latitud y Longitud	11
Ilustración 1.12 Canevá	11
Ilustración 1.13 Cuadrícula a escala 1:150 000 (INEGI).....	12
Ilustración 1.14 Hemisferio Norte con Zonas UTM (Google Earth).....	13
Ilustración 1.15 Zonas UTM de México	14
Ilustración 1.16 Sistemas Coordenadas UTM y mediciones aproximadas para la República Mexicana	14
Ilustración 1.17 Mallado 1:50 000 y Fajas de 4° de Ancho (Google Earth)	19
Ilustración 1.18 Cuadrante Básico	20
Ilustración 1.19 Cuadrante para cartas 1:50 000 ,1:20 000 y 1:10 000	20
Ilustración 1.20 Divisiones para la escala 1:250 000	21
Ilustración 2.1 INEGI (Aguascalientes).....	24
Ilustración 2.2 Material Digital disponible en INEGI 2013 Fuente: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/productos_geograficos.aspx	28

Ilustración 2.3 Descarga de Cartas Topográficas	
Fuente: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2354&u pc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=Prod&ef=0&ct=206000000.....	29
Ilustración 2.4 Carta Topográfica 1:1 000 000 Baja California (INEGI)	
Fuente: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&u pc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000.....	30
Ilustración 2.5 Carta Topográfica 1:250 000 Ensenada H11-2 (INEGI)	
Fuente: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&u pc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000.....	31
Ilustración 2.6 Carta Topográfica 1:50 000 H11B12 (INEGI)	
Fuente: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&u pc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000.....	32
Ilustración 2.7 Carta Topográfica 1:20 000 H11B12A-1 (INEGI)	
Fuente: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&u pc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000.....	33
Ilustración 2.8 Descarga de MDE tipo LiDAR	
Fuente: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=i negi&upc=702825831578&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=1016&pg=2&ct=209010 000.....	35
Ilustración 2.9 LiDAR 1:10 000 H11B12A (1,2,3,4) (MDE de Alta Resolución) y Carta Topográfica 1:20 000 H11B12A.....	35
Ilustración 2.10 Mapa Digital de México en Línea Versión 6 (2013) INEGI	
Fuente: http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/	36
Ilustración 2.11 SIATL 2.2 (2013),	
Fuente: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#	38
Ilustración 2.12 SIATL 2.2 Capas disponibles (2013)	
Fuente: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#	39
Ilustración 2.13 SIATL 2.2 (2013) Red Hidrográfica, Cuencas y Subcuencas	
Fuente: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#	40

Ilustración 2.14 Monitoreo del Volcán Popocatepetl (CENAPRED)	
Fuente: http://www.cenapred.gob.mx/es/Instrumentacion/InstVolcanica/MVolcan/	42
Ilustración 2.15 Monitoreo del Volcán de Colima, Fuente: http://www.ucol.mx/volcan/	43
Ilustración 2.16 Boletín Sísmico 18 Abril 2014 (CENAPRED)	
Fuente: http://www.cenapred.unam.mx:8080/boletinSismico/	44
Ilustración 2.17 Boletín Acelerográfico Acapulco-Guerrero (CENAPRED)	
Fuente: http://www.cenapred.unam.mx:8080/boletinAcelerografico/	44
Ilustración 2.18 Portal de Información Digital del CENAPRED	
Fuente: http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/	45
Ilustración 2.19 Grado de riesgo por ciclones tropicales	48
Ilustración 2.20 Índice de peligro municipal por inundaciones	48
Ilustración 2.21 NOMs ordenadas por materia (SEMARNAT)	
Fuente: http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/noms	50
Ilustración 2.22 Comisión Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) (2013)	
Fuente: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Potada%20BANDAS.htm	52
Ilustración 2.23 Índices kmz (CONAGUA)	
Fuente: http://siga.conagua.gob.mx/REPDA/Menu/FrameKMZ.htm	53
Ilustración 2.24 Cuencas Hidrográficas y Principales Presas (Google Earth)	54
Ilustración 2.25 Extracción de Materiales (Google Earth).....	54
Ilustración 2.26 SIG CONABIO, Fuente: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/ ..	55
Ilustración 2.27 Climatología-Climas (Google Earth).....	57
Ilustración 2.28 Topografía-Terrestres-Hipsometría (Google Earth)	57
Ilustración 2.29 Climatología-Evapotranspiración (Google Earth).....	58
Ilustración 2.30 Climatología-Precipitación Media Anual (Google Earth).....	58
Ilustración 2.31 Precipitación Acumulada en 24h, 2-Jul-2014 , TT "Douglas"	
Fuente: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=112	60

Ilustración 2.32 Radares Meteorológicos Nacionales	
Fuente: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=84	60
Ilustración 2.33 Radar Meteorologico de Alvarado	61
Ilustración 2.34 Imagen Satélite GOES Este, 2-Jul-2014	
Fuente: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=85	61
Ilustración 2.35 EMA, estructura tipo andamio	62
Ilustración 2.36 EMA, estructura tipo torre triangular	62
Ilustración 2.37 Estructura de una ESIME	63
Ilustración 2.38 EMA "Benito Juárez", Oaxaca, Fuente: http://smn.cna.gob.mx/emas/ ..	64
Ilustración 2.39 Estaciones Climatológicas del Estado de Hidalgo (CLICOM 2013)	
Fuente: http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html	66
Ilustración 2.40 Grafica de Precipitación Promedio Anual (1961-1985) de la Estación Climatológica de Tezontepec de Aldama-Hidalgo	66
Ilustración 2.41 Selección del Área a Gráficas (CLICOM formato Malla 2013)	67
Fuente: http://clicom-mex.cicese.mx/malla/index.php	67
Ilustración 2.42 Gráfica de Precipitación Promedio del Estado de Hidalgo.....	67
Ilustración 2.43 Banco de Materiales 2013 (SCT),	
Fuente: http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/banco-de-materiales-2013/	69
Ilustración 2.44 Datos viales del Estado de Hidalgo 2014 (SCT)	
Fuente: http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2014/	70
Ilustración 2.45 Isoyetas del Estado de Baja California (SCT)	
Fuente: http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/isoyetas/	71

Ilustración 2.46 Estación: P.C. Feliciano 2013 (SCT)	
Fuente: http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/origen-y-destino/2013/	73
Ilustración 2.47 Longitud Red Federal (SCT) Junio 2013	
Fuente: http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-conservacion-de-carreteras/longitud-red-federal/	74
Ilustración 2.48 Mapa de las cuencas y presas con datos hidroclimatológicos en línea (CFE)	
Fuente: http://h06814.iiie.org.mx/Cuencas/logon.aspx?ReturnUrl=%2fcuencas%2fPrincipal.aspx	75
Ilustración 2.49 Cuenca Infiernillo y Estaciones	76
Ilustración 2.50 Niveles y Voltaje de la Estación Infiernillo.....	77
Ilustración 3.1 Cartas de la República Mexicana.....	80
Ilustración 3.2 Avance tecnológico para la creación de información geoespacial.	82
Ilustración 3.3 INEGI, Secretarías y Organismos Gubernamental en uso de “VANTs” para llevar acabo sus tareas.	83
Ilustración 3.4 VANTs alternativa al uso de satélites para la generación de información geoespacial.	84
Ilustración 4.1 Carta de Monterrey 1:1 000 000, Cuenca del río Santa Catarina e índice de cartas 1:250 000	87
Ilustración 4.2 Cartas G14-7 y G14-8, Cuenca del río Santa Catarina e índice de cartas 1:50 000.....	88
Ilustración 4.3 Cartas 1:50 000 existentes	89
Ilustración 4.4 Carta 1:20 000 G14C25f y visualización de la presa rompe picos	90
Ilustración 4.5 Modelo Digital de Elevaciones de terreno (INEGI) de la cuenca del río Santa Catarina	91
Ilustración 4.6 Monterrey 1909 en el poblado de "San Luisito"	92
Ilustración 4.7 Presa Rompepicos (Google Earth)	93
Ilustración 4.8 Puente "San Luisito" 2010 - Huracán Alex.....	94

Ilustración 4.9 Puente "San Luisito" 1988 - Huracán Gilberto	94
Ilustración 4.10 Cuenca Monterrey sobre cartas 1:250 0000	95
Ilustración 4.11 Tipos de Rocas de la cuenca del río Santa Catarina	96
Ilustración 4.12 Tipos de clima de la cuenca del río Santa Catarina	98
Ilustración 4.13 Tipo de Suelo y Vegetación de 1992 de la cuenca del río Santa Catarina	99
Ilustración 4.14 Tipo de Suelo y Vegetación de 2002 de la cuenca del río Santa Catarina	99
Ilustración 4.15 Tipo de Suelo y Vegetación de 2010 de la cuenca del río Santa Catarina	100
Ilustración 4.16 Tipo de Suelo y Vegetación de 2011 de la cuenca del río Santa Catarina	100
Ilustración 4.17 Mallado de 1kmX2km y Curvas de Nivel @100 m.....	102
Ilustración 4.18 Malla recortada para el Criterio de Horton.....	103
Ilustración 4.19 Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Santa Catarina	106
Ilustración 4.20 Modelo Digital de Elevaciones de la cuenca del río Santa Catarina	107
Ilustración 4.21 Detalle de la malla de elevaciones	107
Ilustración 4.22 Orden de Corrientes de la cuenca del río Santa Catarina	109
Ilustración 4.23 Río principal	110
Ilustración 4.24 Perfil del río Santa Catarina	111
Ilustración 4.25 Pendientes sombreadas	112
Ilustración 4.26 Polígonos de Thiessen	117
Ilustración 4.27 Precipitación media anual de la República Mexicana (CONABIO)	118
Ilustración 4.28 Hietograma e hidrograma generado por el meteoro Alex.....	121
Ilustración 4.29 Trayectoria del huracán Alex (NOAA).....	122
Ilustración 4.30 Estaciones climatológicas e hidrograma con datos del meteoro Alex..	122
Ilustración 4.31 Precipitación Total Estimada (David Roth of the Hydrometeorological Prediction Center.)	123

Ilustración 4.32 Características fisiográficas de la cuenca del río Santa Catarina (SIATL- INEGI).....	124
Ilustración 4.33 Análisis de área de escurrimiento (SIATL-INEGI).....	125

TABLAS

Tabla 2.1 Material Estadístico del INEGI.....	25
Tabla 2.2 Material Geográfico del INEGI	26
Tabla 2.3 Material de Recursos Naturales de INEGI.....	27
Tabla 2.4 Cuento de cartas topográficas.....	29
Tabla 2.5 Datos Hidrometeorológicos.....	46
Tabla 2.6 Datos Geológicos	46
Tabla 2.7 Datos de Impacto Socioeconómicos.....	47
Tabla 2.8 Datos del Volcán Popocatepetl.....	47
Tabla 2.9 Químico Tecnológico	47
Tabla 2.10 Temas de índices kmz.	53
Tabla 2.11 Inventario de Capas Geográfica de CONABIO	56
Tabla 2.12 Cuencas y presas monitoreadas por CFE	76
Tabla 4.1 Clasificación de la cuenca por el tamaño de su área.....	101
Tabla 4.2 Intersecciones y Longitudes para el Criterio de Horton.....	104
Tabla 4.3 Tabla del orden de corrientes y longitudes.	108
Tabla 4.4 Porcentaje de datos anuales de las estaciones climatológicas	113
Tabla 4.5 Acumulación de precipitación anual de las seis estaciones de estudio.	116
Tabla 4.6 Cálculo de Períodos de Retorno para eventos máximos anuales de lluvia	119



INTRODUCCIÓN

Actualmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) contribuyen a la toma de decisiones de carácter local y global referentes a la planeación de diversas obras de infraestructura. En México, organismos como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), entre otras, presentan continuamente parte de los compromisos que tienen con la sociedad y de sus actividades mediante sistemas de información digital para consultas cartográficas, estadísticas, factores económicos e índices sociales. Esta clase de información se ha convertido en una herramienta esencial de Ingeniería porque permite su análisis y entendimiento con mayor facilidad y en ocasiones con una rapidez adecuada, así como la construcción de visiones multitemporales y multitemáticas de diversas regiones. La elaboración de proyectos de ordenamiento territorial, ubicación de fuentes de abastecimiento, áreas factibles de asentamientos urbanos, industria y comercio entre otros; así como, la localización de zonas vulnerables ante riesgo sísmico, volcánico, inundaciones y otros fenómenos, ha sido útil y a veces más comprensibles con la ayuda de los SIG.

En esta tesis se presenta un ejemplo de análisis de una cuenca hidrológica, mediante la recopilación, procesamiento e interpretación de información digital aplicada a proyectos de ingeniería. Los resultados evidencian la necesidad de establecer criterios que dependen de los objetivos de los estudios para discriminar la información digital disponible, entre ellos: la escala o el nivel de detalle, procedencia y técnicas de obtención de los datos.

Se presenta como cuenca de estudio la perteneciente al río Santa Catarina, en la zona metropolitana de Monterrey, por sus antecedentes de lluvias extraordinarias con una recurrencia de 20 a 30 años. Entre las inundaciones más significativas se encuentran las ocasionadas por el huracán Gilberto en septiembre de 1988 y el huracán Alex en junio de 2010,



con una diferencia de 22 años, si las lluvias son intensas como las demuestran los eventos Gilberto y Alex el río es insuficiente para transportar el flujo de agua aumentando su velocidad de conducción con desbordamientos sobre sus márgenes, presentándose inundaciones y afectaciones, entre otras, a las obras de infraestructura.

1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

1.1 Orígenes

Es difícil tratar de establecer el origen de los SIG, sin embargo se pueden asignar algunas referencias importantes asociadas a las primeras formas de representación gráfica en la historia de la civilización, por ejemplo, las pinturas rupestres, encontradas en cavernas principalmente en el sur de Europa, que son consideradas como las primeras aproximaciones a un Sistema de Información del territorio.

Hace unos 15 000 años en las paredes de las cuevas de Lascaux (Ilustración 1.1), en Francia, los hombres de Cro-Magnon pintaban en las paredes los animales que cazaban, asociando estos dibujos con trazas lineales que, se cree, cuadraban con las rutas de migración de esas especies. Si bien este ejemplo es simplista en comparación con las tecnologías modernas, estos antecedentes tempranos imitan a dos elementos de los Sistemas de Información Geográfica modernos: los cuales son un atributo asociado a una imagen.



Ilustración 1.1 El Bestiario de la Sala de los Toros (1300 a.c.).

Otra referencia importante son los fenicios, quienes alrededor de los años 1400 antes de cristo, fueron grandes navegantes, exploradores y estrategas militares que recopilaban gran cantidad de información gráfica en la que se describían sus viajes (Ilustración 1.2). Producto de ello surgió una cartografía primitiva que ha sido la base para el estudio de esta civilización.



Ilustración 1.2 Carta Pisana (1400 a.c.)

El mapa más antiguo que se conoce data del año 1 160 antes de cristo, fue hecho en papiro (Ilustración 1.3) por Amennakhte, elaborado ante una tarea encomendada por Ramsés IV con la necesidad de obtener grandes trozos de roca para la construcción de estatuas. En el mapa se refleja una extensión de aproximadamente 15 km², detalla con énfasis pueblos, rutas y sobretudo zonas mineras, todo catalogado con una serie de inscripciones que señalan distancias, tipos de rocas y características del terreno convirtiéndolo al mismo tiempo en un mapa geológico.



Ilustración 1.3 Mapa topográfico de Wadi Hammamat-Jordania (1 160 a.c.)

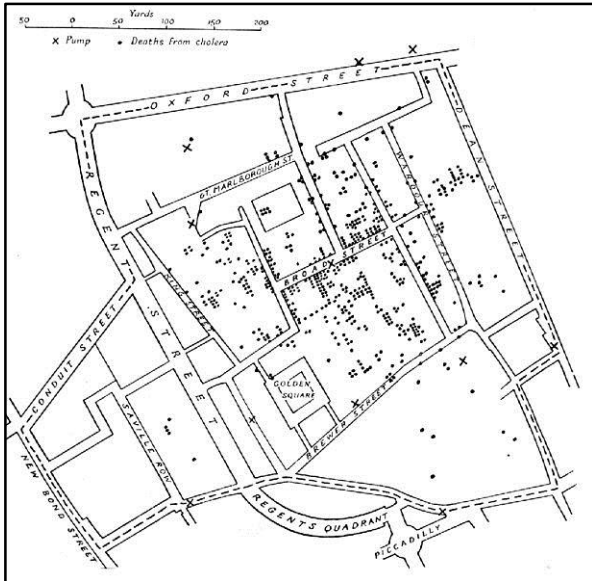


Ilustración 1.4 Mapa de casos de cólera en 1854

En 1854, el pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow, proporcionaría otro clásico ejemplo de este concepto cuando cartografió, en un ya famoso mapa, la incidencia de los casos de cólera en el Distrito de Soho en Londres (Ilustración 1.4). Este protoSIG, uno de los ejemplos más tempranos del método geográfico, permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como la fuente causante del brote.

En el año 1962 se vio la primera utilización real de los SIG en el mundo, concretamente en Ottawa (Ontario, Canadá) y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural. Desarrollado por Roger Tomlinson, el llamado Sistema de Información Geográfica de Canadá (CGIS) fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de Tierras Canadá (Canada Land Inventory, CLI), una iniciativa orientada a la gestión de los vastos recursos naturales del país con información cartográfica relativa a tipos y usos del suelo, agricultura, espacios de recreo, vida silvestre, aves acuáticas y silvicultura, todo ello a escala de 1:50 000. Se añadió, así mismo, un factor de clasificación para permitir el análisis de la información (Ilustración 1.5).

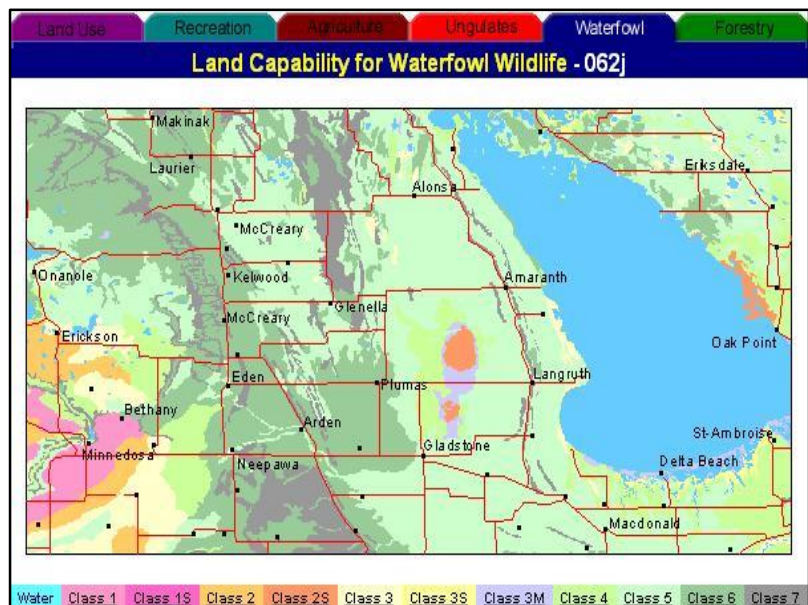


Ilustración 1.5 Mapa Digital de los Recursos en Canadá 1962

El Sistema de Información Geográfica de Canadá fue el primer SIG en el mundo, tal y como los conocemos hoy en día, fue un considerable avance con respecto a las aplicaciones cartográficas existentes hasta entonces, puesto que permitía superponer capas de información, realizar mediciones y llevar a cabo digitalizaciones y escaneos de datos.

Así mismo, soportaba un Sistema Nacional de Coordenadas que abarcaba todo el continente, una codificación de líneas en "arcos" que poseían una verdadera topológica integrada y que almacenaba los atributos de cada elemento y la información sobre su localización en archivos separados (Ilustración 1.6). Como consecuencia de esto, Tomlinson está considerado como "El Padre de los SIG", en particular por el empleo de información geográfica

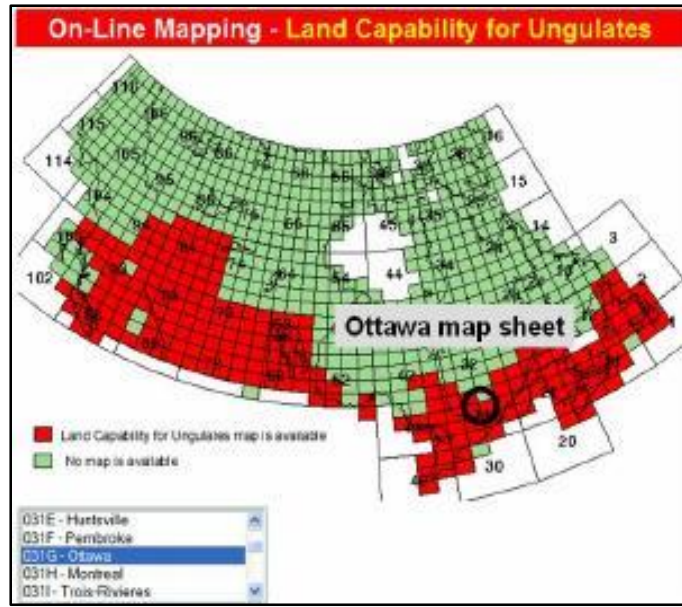


Ilustración 1.6 Mapa con cuadrícula 1:50 000

convergente estructurada en capas, lo que facilita su análisis espacial. El CGIS estuvo operativo hasta la década de los 90 llegando a ser la base de datos sobre recursos del territorio más grande de Canadá. Fue desarrollado como un sistema basado en una computadora central y su fortaleza radicaba en que permitía realizar análisis complejos de conjuntos de datos que abarcaban todo el continente. El software, década de los sistemas de información geográfica, nunca estuvo disponible de manera comercial.

1.2 Introducción a los SIG

La necesidad de almacenar, manipular, analizar, y actualizar la información geográfica, generó la necesidad de crear Sistemas de Información Geográfica (SIG) capaces de cumplir con los diferentes requerimientos, de manera que el usuario pueda pasar de una cartografía análoga (en papel) a una cartografía automatizada que responda a diversas inquietudes espacio–temporales.

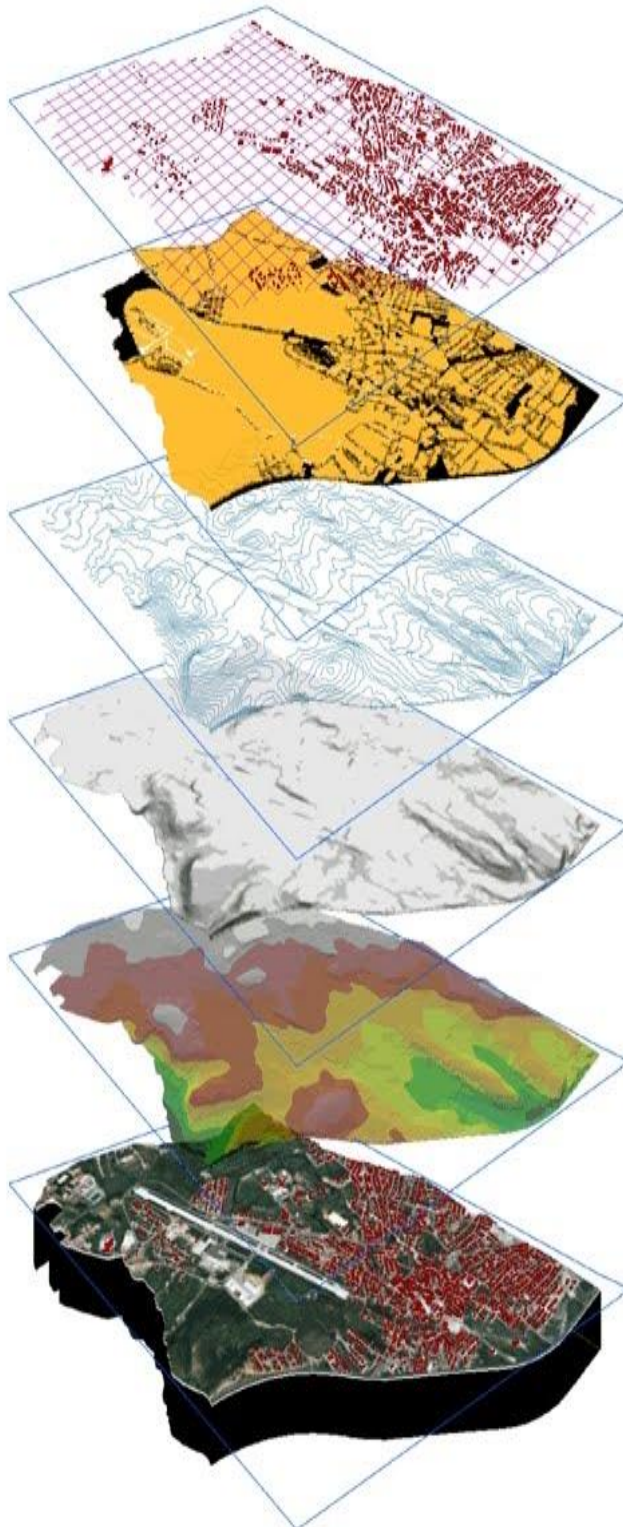


Ilustración 1.7 Tecnología de Información Geográfica

Un SIG es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica (Ilustración 1.7).

También puede definirse como un modelo, de una parte de la realidad, referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

La tecnología de los SIG puede ser utilizada para:

- Investigaciones científicas
- Gestión de los recursos
- Gestión de activos
- Arqueología
- Evaluación del impacto ambiental
- Planificación urbana
- Cartografía
- Sociología
- Geografía histórica,
- Logística
- Etc.

Por ejemplo, un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un desastre natural, o para encontrar los humedales que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser utilizados por una empresa para ubicar un nuevo negocio y aprovechar las ventajas de una zona de mercado con escasa competencia (Ilustración 1.8).

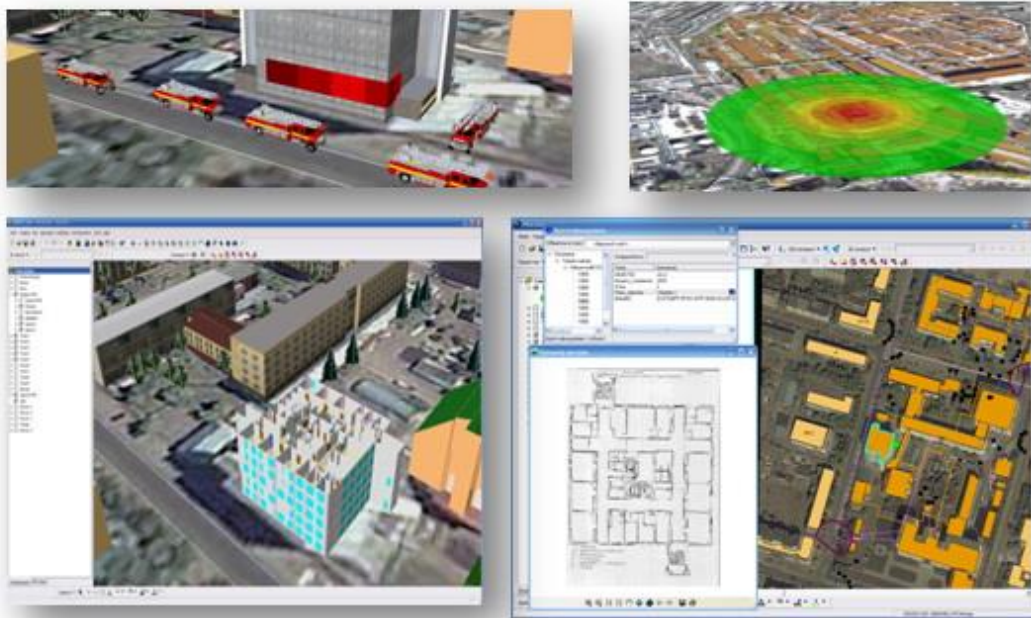


Ilustración 1.8 Aplicaciones de un SIG en Ingeniería

1.3 Componentes claves de un SIG

- *Un Sistema de Computación:* está conformado por un Hardware y un Software para captura, almacenamiento, procesamiento, análisis, visualización, etc.
- *Usuarios:* quienes realizan las actividades de estándares, actualización, análisis e implementación.
- *Datos Geoespaciales:* integrados por mapas, fotografías aéreas, imágenes satelitales, tablas estadísticas, modelos digitales de elevación, y otros documentos relacionados.

El modelo de datos representa un juego de pautas para convertir el mundo real en objetos espaciales representados digital y lógicamente, que consisten en atributos y geometría, y ellos se clasifican en:

a) *Datos gráficos* (o datos geométricos), habiendo dos tipos principales:

a.1) *Modelo Vectorial*: se utilizan puntos, líneas y/o áreas.

a.2) *Modelos Raster*: utiliza celdas de una malla espaciadas regularmente en una secuencia específica.

b) *Atributos* (o datos temáticos).

1.4 Sistema de Coordenadas

En geometría, un Sistema de Coordenadas es el que utiliza uno o más números (coordenadas) para determinar la posición de un punto u de otro objeto geométrico.

El orden en que se escriben las coordenadas es significativo y a veces se identifican por su posición en una dupla ordenada, también se pueden representar con letras, como por ejemplo «la coordenada-x».

En Geografía y en otras ciencias, dos de los principales sistemas coordinados son: *coordenadas geográficas* y *coordenadas rectangulares*.

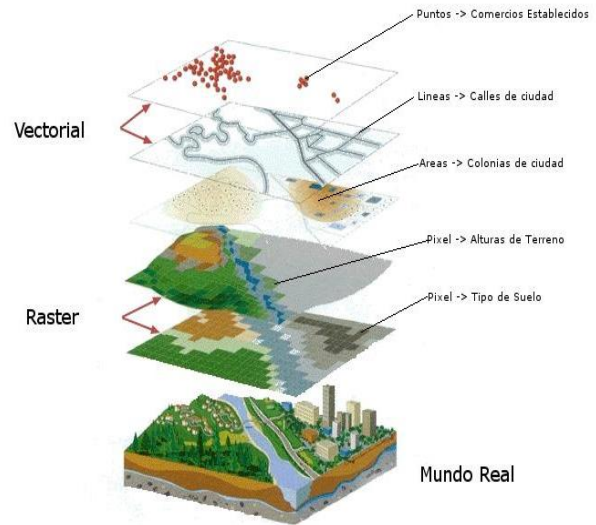


Ilustración 1.9 Datos Raster y Vectorial

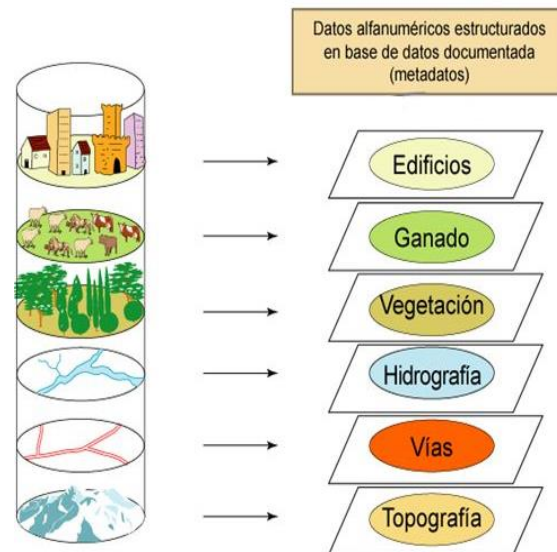


Ilustración 1.9 Atributo asociado a una imagen

1.4.1 Sistema Geográfico

Todo mapa está referido, por lo menos, a un sistema de coordenadas universal, cuyo objetivo es el de dar su ubicación geográfica y con ella la de todos los puntos y detalles contenidos en el mismo, además de facilitar la explotación de las características geométricas del mapa.

El más frecuente, conocido y casi obligado Sistema de Coordenadas empleado en los mapas, es el llamado Sistema Geográfico (Ilustración 1.11) o curvilíneo a base de latitudes y longitudes geográficas. El sistema fue concebido inicialmente en la Grecia antigua y subsiste sin alteraciones hasta nuestros días.



Ilustración 1.10 Sistema Geográfico (Google Earth)

Una de las características que tiene el Sistema Geográfico es el Ecuador terrestre, que es el círculo máximo perpendicular al eje de rotación de la Tierra.

Los meridianos, son círculos máximos que contienen a dicho eje, el principal de los cuales es llamado meridiano de referencia, particularmente el Meridiano de Greenwich.

El Ecuador es el origen para la medida de las latitudes y se define la latitud como la distancia angular que existe entre el Ecuador y el punto. La distancia angular en este caso no es más que el ángulo en el centro de la Tierra entre el punto y la intersección con el Ecuador del meridiano que pasa por dicho punto. La latitud se mide desde 0° a 90° , en ambas direcciones (norte o sur). El meridiano de Greenwich, en Inglaterra, es el origen para la medida de las longitudes: la longitud de un punto es la distancia angular medida sobre el Ecuador, entre el pie del meridiano que pasa por el punto y la intersección del meridiano de Greenwich con el Ecuador. La longitud se mide desde 0° a 180° , hacia el este o el oeste (Ilustración 1.12).

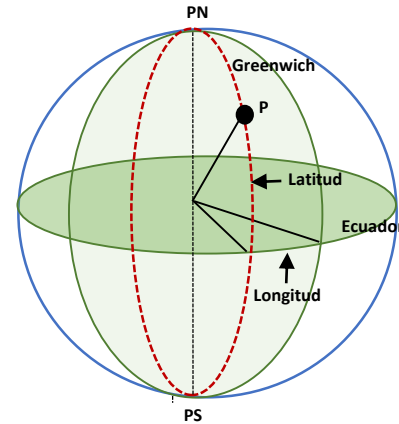


Ilustración 1.11 Latitud y Longitud

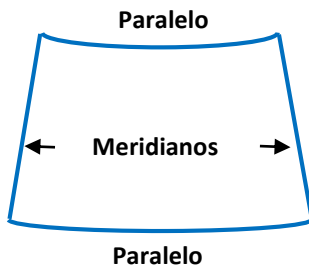


Ilustración 1.12 Canevá

Por sistema, en el manejo y expresión de coordenadas siempre se menciona en primer término la latitud con su designación norte (N) o sur (S), y en segundo, la longitud, con la indicación de si es este (E) u oeste (O). En el caso de México y para uso interno no es necesario mencionar la dirección, se sabe que siempre es norte para las latitudes y oeste para las longitudes.

La información en el mapa está limitada por un formato constituido por líneas que representan paralelos de latitud y meridianos de longitud, las que aparentemente forman un rectángulo. A este conjunto de líneas se le llama comúnmente Canevá (ilustración 1.13), en rigor las líneas no son paralelas como en un rectángulo, sino que constituyen lo que se llama un cuadrángulo, consecuencia de lo anterior es que el paralelo superior tenga menor extensión que el inferior.

1.4.2 Sistema Rectangular

Como una opción al Sistema Geográfico o Curvilíneo, se usa de manera intensiva el sistema rectangular, puramente cartesiano, que desde el punto de vista de uso práctico ofrece varias ventajas, entre ellas las siguientes:

- a) Las coordenadas de puntos se pueden obtener con mayor rapidez y seguridad.
- b) Ciertas aplicaciones son más eficientes (artillería, catastro, planeación urbana, etc.), si pueden referirse a un sistema rectangular de coordenadas.
- c) Los procesos fotogramétricos trabajan con sistemas numéricos basados en coordenadas rectangulares.

En el caso de la Dirección General de Geografía del INEGI, como en muchas otras organizaciones cartográficas nacionales y del exterior, se utiliza la llamada Cuadrícula Universal Transversa de Mercator, basada en la proyección cartográfica del mismo nombre (Universal Transversa de Mercator o UTM). Dicha cuadrícula es un reticulado impreso en las primeras cartas editadas a la escala de 1:50,000 (Ilustración 1.14).



Ilustración 1.13 Cuadrícula a escala 1:150 000 (INEGI)

Las características de este sistema son las siguientes:

- a) Los ejes están orientados en las direcciones Este-Oeste y Norte-Sur.
- b) El eje de las abscisas, orientado en la dirección Este-Oeste, es la línea del Ecuador Terrestre, es con referencia a este eje que se miden las coordenadas y denominadas "Norte" (N), en metros, en el hemisferio norte que es el que corresponde a México y a partir del valor cero.
- c) El eje de las ordenadas, orientado en la dirección Norte-Sur, es una línea que se define como el meridiano central de la zona UTM en que está ubicada la carteo Este con referencia a esta línea que se miden las coordenadas x, denominadas "Este" (E), en metros.

Imagina el hemisferio norte visto desde un punto elevado sobre el Polo Norte (ilustración 1.15). Sobre este hemisferio se representa el Meridiano de Greenwich como una línea vertical, así como los meridianos a 90 grados de éste.

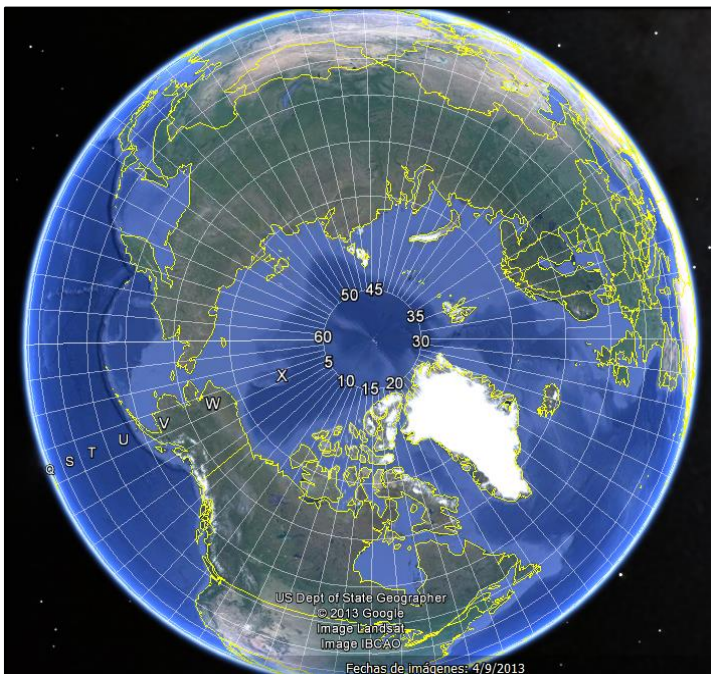


Ilustración 1.14 Hemisferio Norte con Zonas UTM (Google Earth)
zonas UTM, de la 11 a la 16 (ilustración 1.15).

Dividir esta figura en 60 partes iguales, de modo que cada división tenga una extensión en longitud geográfica de 6 grados de arco. Lo que resulta de esta división es la representación de las denominadas Zonas UTM.

Desde el meridiano de 180°, se enumeran las zonas de la 1 a la 60, en sentido contrario a las manecillas del reloj. Con esto se identifican las diferentes zonas de la UTM. Nótese que México abarca 6



Ilustración 1.15 Zonas UTM de México

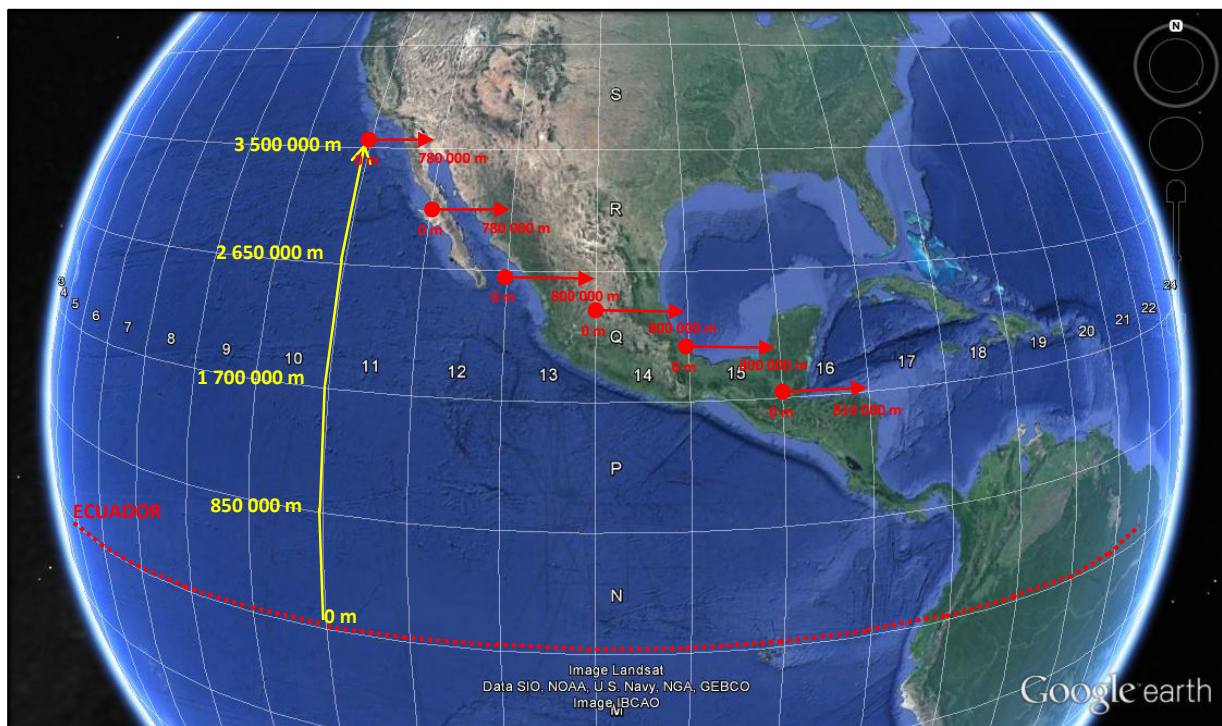


Ilustración 1.16 Sistemas Coordenadas UTM y mediciones aproximadas para la República Mexicana



1.5 Mapas

En la gran gama de recursos con los que los SIG están apoyados son básicamente mapas, los cuales serán de suma importancia para su estudio y su clasificación, la cual será en otra forma como se podrá encontrar fácilmente. Los documentos contienen información seleccionada, generalizada y simbolizada, sobre una cierta distribución espacial de un área grande, usualmente la superficie terrestre. La información es de carácter general y se presenta en escalas relativamente reducidas con referencia a un Sistema de Coordenadas Universal.

En los mapas se plasma la realidad del espacio físico a través del uso de símbolos gráficos, con enfoque global, una vez determinada facilita estudios multidisciplinarios, por lo tanto, la lectura e interpretación del mapa topográfico debe ser la primera tarea a realizar, por todos aquellos investigadores inmersos en el ámbito geográfico.

En el interior del mapa topográfico, una de los objetivos principales es proporcionar información de la orografía de la superficie terrestre, a través del uso de símbolos, gráficas, principalmente, curvas de nivel isohipsas y cotas de altitud entre otras.

1.6 Clasificación de Mapas

Los mapas pueden ser clasificados con diversos criterios, de acuerdo con el interés particular que se tenga sobre ellos. En este apartado se incluyen ocho tipos de clasificación, en función de:

- La escala.
- El nivel de información.
- El sistema de producción.
- El propósito del mapa.
- La precisión del mapa.
- El origen del mapa.
- La forma de presentación.
- El tipo de información.



1.6.1 Clasificación por la escala

De acuerdo con la escala, los mapas se clasifican en mapas de escala grande, mediana y chica.

- Mapas de escala grande, escalas hasta 1:10,000.
- Mapas de escala mediana, escalas entre 1:50,000 y 1:250,000.
- Mapas de escala chica, escalas de 1:50,000 y menores.

1.6.2 Clasificación por nivel de información

De acuerdo con el nivel de información, con este criterio, los mapas se clasifican conforme a la densidad de información contenida, en la forma siguiente:

- Esquemas básicos de campo.
- Mapas de reconocimiento general.
- Mapas semidetallados.
- Mapas de detallados.
- Mapas de gran detalle.

1.6.3 Clasificación por el propósito del mapa

De acuerdo con su propósito, los mapas pueden ser muy variados, pero en términos generales se podría mencionar la siguiente clasificación:

- Mapas murales, pictóricos o decorativos.
- Mapas de ubicación e información general.
- Mapas para planeación.
- Mapas de estudios o proyectos específicos.

1.6.4 Clasificación por el sistema de producción

De acuerdo con el sistema empleado para producir los mapas, estos pueden ser:

- Mapas preparados a base de esquemas de campo.
- Mapas preparados con base en levantamientos de campo.
- Mapas fotográficos.



- Mapas fotogramétricos.
- Mapas automatizados, con base en sistemas digitales.

1.6.5 Clasificación conforme a la precisión

De acuerdo con su precisión, los mapas se clasifican en términos del grado de conformidad que tengan con respecto a las especificaciones adoptadas en el diseño.

- Tipo A Adecuados, los que cumplen cabalmente con las normas.
- Tipo B Utilizables, los que las cumplen parcialmente.
- Tipo C Inadecuados, los que apenas cumplen con las especificaciones.

1.6.6 Clasificación de acuerdo con el origen

En relación con el origen, los mapas son de dos tipos:

- Mapas básicos: mapas nuevos cuyas fuentes de información son primarias, y como su nombre lo indica, sirven como base sobre la cual se puede agregar o sobreponer la información para otros mapas. Son mapas originales en el sentido de que se elaboran normalmente donde antes no había cartografía, comúnmente se les considera como la cartografía fundamental de un país y en relación con otra cartografía, constituyen las llamadas bases cartográficas.
- Mapas derivados: son los que emplean fuentes de información secundaria para su elaboración.

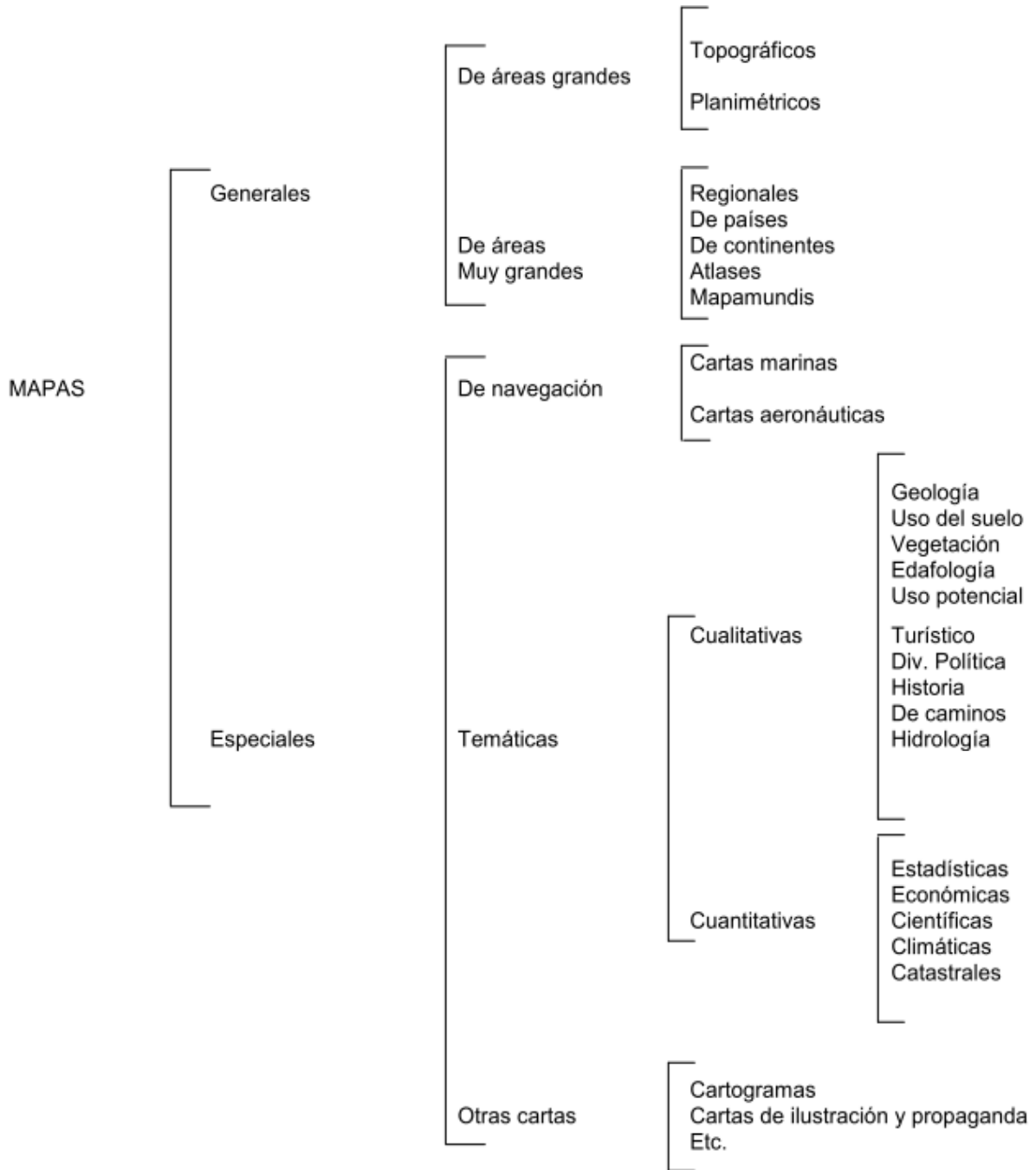
1.6.7 Clasificación por la forma de presentación

En este contexto, se puede hacer una clasificación en dos grandes grupos:

- Mapas analógicos: son los normalmente conocidos, impresos en papel o representados en cualquier medio físico.
- Mapas digitales: son los que existen en los archivos de bases de datos en forma de un conjunto de puntos, líneas y áreas, los que se presentan en las pantallas de computadoras, de los que se dice que tienen vida efímera, y los contenidos en medios tales como cintas magnéticas y discos ópticos.



1.6.8 Clasificación por el tipo de información



1.7 Claves cartográficas

Ya que se ha estado hablando de sistemas de coordenadas para efectos de ubicación geográfica, conviene discutir la clave de las cartas del INEGI-DGG a fin de explicar su significado y destacar su característica de localización espacial.

Cada carta en las escalas de 1:20,000, 1:50,000 y 1:250,000 se identifica con una clave única que la ubica geográficamente sobre la superficie terrestre.

En el caso de la carta en la escala de 1:50,000, se tiene una clave alfanumérica integrada por cuatro elementos, como por ejemplo, **F-14-B-34**. El primer término alfabético (**F**) identifica una faja de latitud geográfica de 4 grados de ancho, con los términos A, B, C,...F, referidos al Ecuador, en la República Mexicana se alojan D, E, F, G, H, I. (Ilustración 1.18). El segundo término de la clave (**14**) identifica la zona UTM.

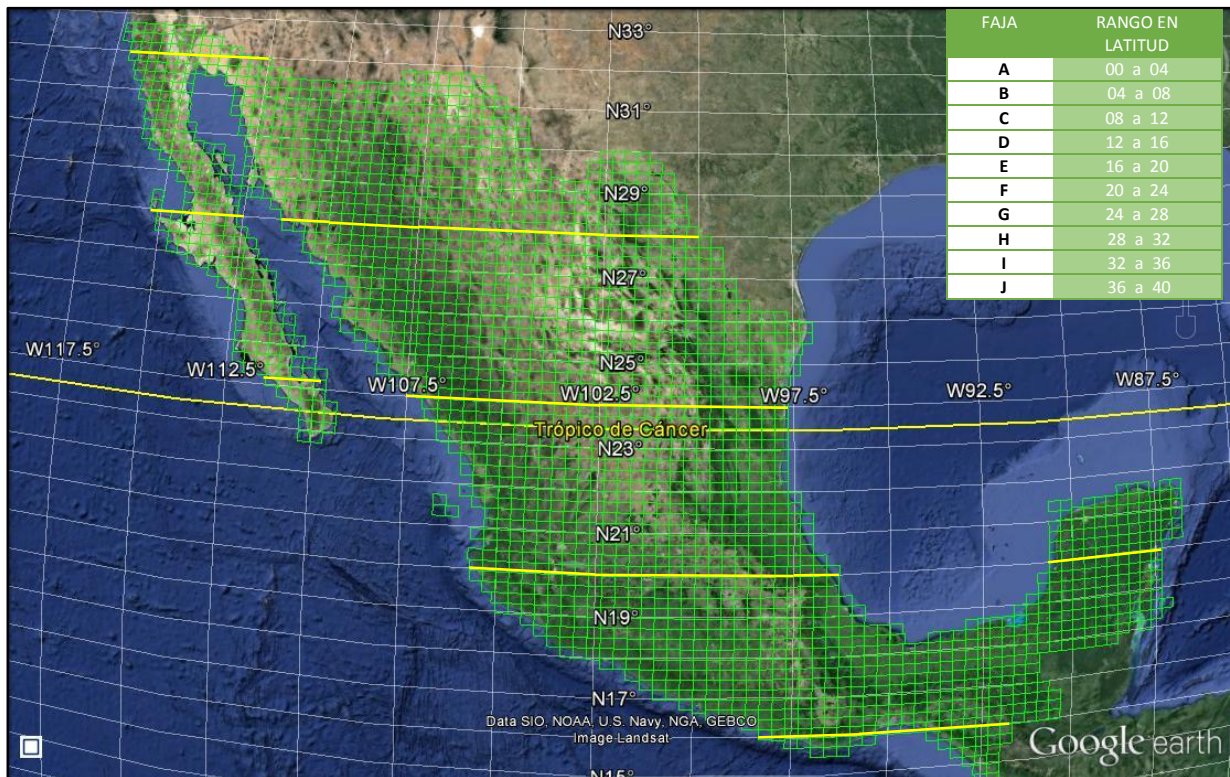


Ilustración 1.17 Mallado 1:50,000 y Fajas de 4° de Ancho (Google Earth)

Los dos términos anteriormente indicados definen un cuadrante básico sobre la superficie de la Tierra dentro de los límites de coordenadas geográficas encontradas (Ilustración 1.19).

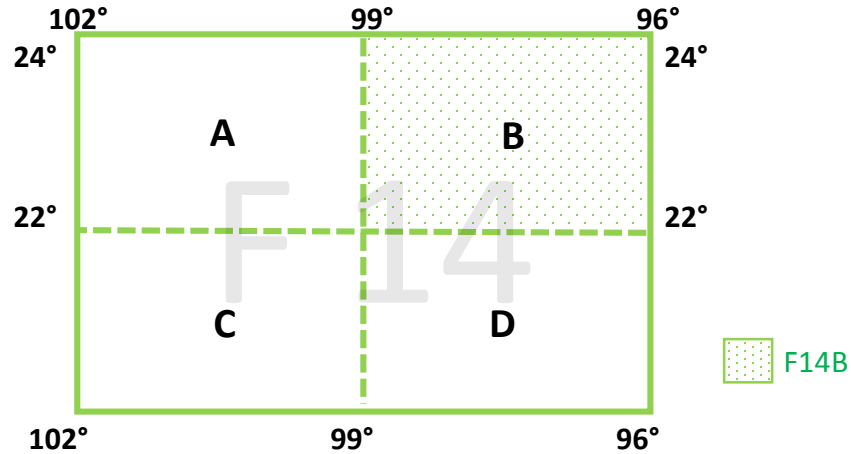


Ilustración 1.18 Cuadrante Básico

Para explicar el cuarto término de la clave, tómesese el subcuadrante (B) y divídase verticalmente en 8 fajas y horizontalmente en 9 columnas, numerándolas sucesivamente de arriba a abajo y de izquierda a derecha, respectivamente (Ilustración 1.20).

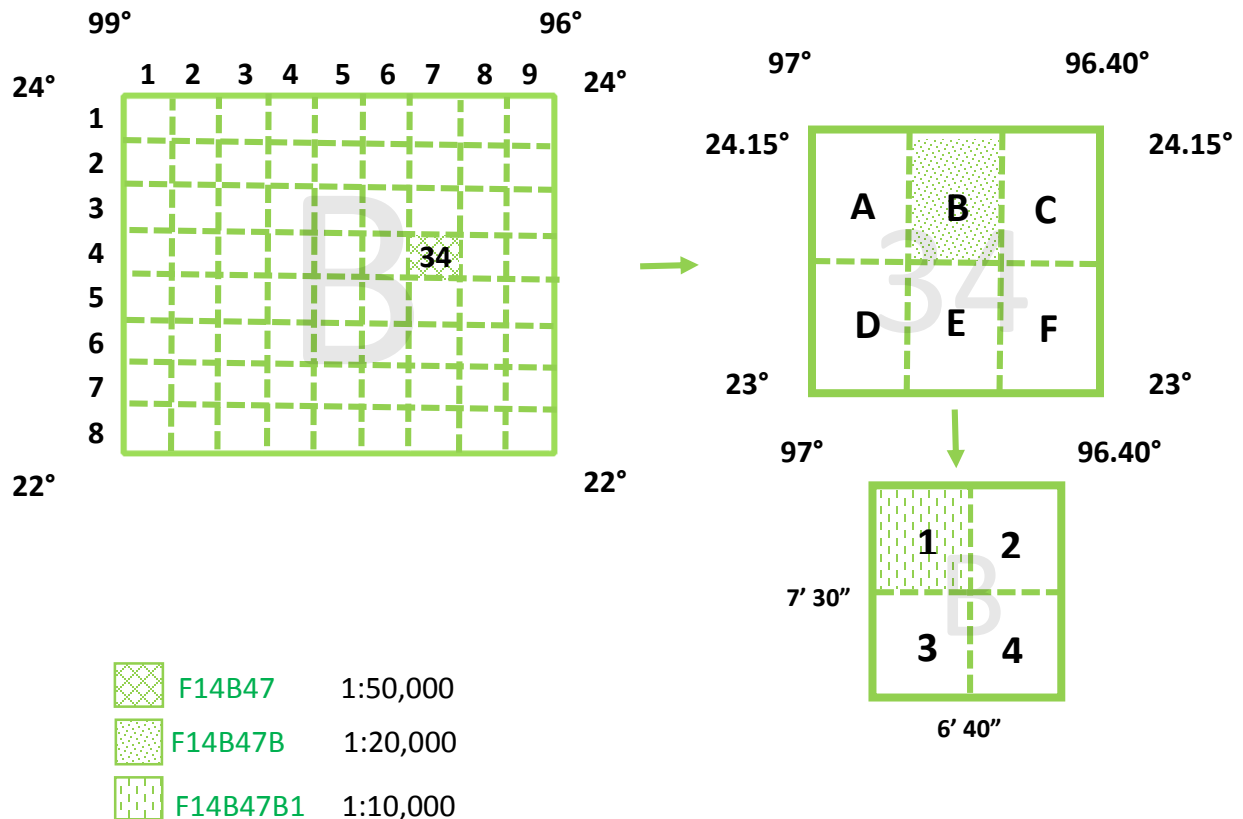


Ilustración 1.19 Cuadrante para cartas 1:50 000 ,1:20 000 y 1:10 000



En el caso de fotomapas a escala de 1:20,000 que se están produciendo actualmente, se tendrá una clave con un carácter adicional, indicando el número de divisiones correspondientes a la carta 1:50,000, dividida para estos efectos en 6 partes iguales, con un formato de 6' 40" en longitud, por 7' 30" en latitud . Las divisiones se designan con las letras de la A a la F. En este caso se tiene el fotomapa **F14B47-B**, y para los MDE (Modelos Digital de Elevaciones) tipo LiDAR (Light Detection and Ranging) se agregara el siguiente índice relacionado a una subdivisión con un número del 1 al 4, siendo la escala 1:10,000 **F14B47-B1** (Ilustración 1.20).

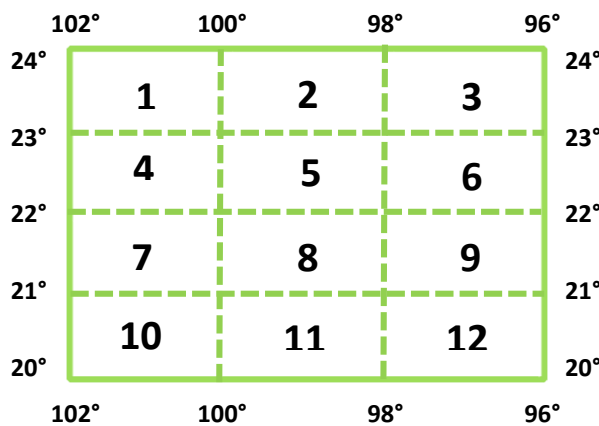


Ilustración 1.20 Divisiones para la escala 1:250 000

Para cartas en la escala de 1:250,000, se conserva el cuadrante básico, pero ahora se le divide en 12 partes iguales en donde se tiene que entonces una clave de tres términos en cartas con un formato de 2 por 1 grados. Los dos primeros términos tienen el mismo significado anterior, mientras que el tercero corresponde a la numeración en la subdivisión del cuadrante básico. Nótese que

una carta en la escala de 1:250,000 está integrada por el cubrimiento de 24 cartas en la escala de 1:50,000 y por lo tanto representa un área de aproximadamente 24,000 km².

Se puede decir que aproximadamente un grado equivale a 110 kilómetros, un minuto a 1,850 metros y un segundo 30 metros.





2. INFORMACIÓN DIGITAL DISPONIBLE PRINCIPALMENTE DEL INEGI Y EN OTRAS DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES

La Información Geográfica en México, se ha acumulado y permite, en muchos casos, tener visiones multitemporales y multitemáticas de una región. Actualmente, con el avance tecnológico computacional ligado a los SIG, esta información se ha convertido, interpretado y aplicado para una gestión sustentable del territorio.

Del inmenso cúmulo de información digital que se está generando, en esencia a partir de sensores remotos, cartografía digital, sistemas de información geográfica y bases de datos, es una herramienta en la concepción del análisis de elementos y factores medio ambientales.

La información conformada por temas geográficos, estadísticas, factores económicos e índices sociales, deberá estar conformada por una estructura dinámica de consulta y despliegue sencillo, objetivos de instituciones dedicadas a esta tarea tan difícil de la creación de información digital del territorio nacional, es conformar una cultura y fomentar a la educación de los usuarios en apoyo al desarrollo del país; así mismo, dependiendo del amplio conocimiento que el hombre logre de su entorno, será aspecto importante en la cultura de cualquier civilización para su crecimiento social, económico y ambiental.

En México, instituciones que se encuentran con este compromiso, formando una base de información actualizada y accesible para todos los usuarios, son las siguientes:

- Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Entre otras.

2.1 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)



El 25 de enero de 1983, se creó por decreto presidencial, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), integrando en su estructura a:

- La Dirección General de Estadística, en funciones desde 1882, cuando pertenecía a la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio.
- La Dirección General de Geografía (D.G.G.), establecida en 1968 y que estaba adscrita a la Secretaría de la Presidencia.
- La Dirección General de Política Informática.
- La Dirección General de Integración y Análisis de la Información.

Con su creación, el INEGI modernizó la valiosa tradición que tenía nuestro país en materia de captación, procesamiento y difusión de información acerca del territorio, la población y la economía. Conjuntó en una sola



Ilustración 2.1 INEGI (Aguascalientes)

institución la responsabilidad de generar la información estadística y geográfica. Desde 1985, el Instituto se desconcentró para ubicar su sede en la ciudad de Aguascalientes, Aguascalientes.

Los mapas topográficos son documentos que forma el llamado Sistema Básico de Cartografía Topográfica Nacional de la D.G.G. INEGI, que representa la cristalización gráfica del inventario de la infraestructura, orográfica e hidrográfica del país, así como su distribución geográfica, en ella se registran todos estos factores y la relación que guardan entre sí.

Así mismo, son la base en la cual se sustentan los estudios de la Dirección General de Geografía, que se ocupan del inventario de los recursos naturales, como los documentos topográficos, además sirve como apoyo a las actividades, estudio, análisis, programación y planeación a nivel local, regional o estatal, a corto, mediano y largo plazo por sector y rama de producción, y desde perspectivas rural, urbana y estatal.

El INEGI tiene como objetivo disponer información geográfica de interés nacional en forma digital y material, a medida que genera, actualiza y registra información necesaria para el país.

Tabla 2.1 Material Estadístico del INEGI

Estadística	Ciencia y tecnología	
	Economía	
	Medio ambiente	
	Ocupación y empleo	
	Población, hogares y vivienda	
	Sociedad y gobierno	

Tabla 2.2 Material Geográfico del INEGI



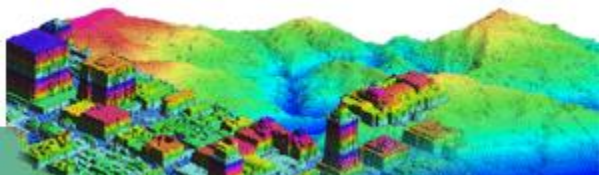
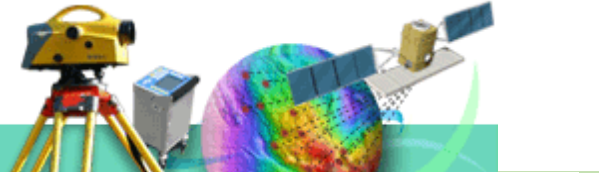
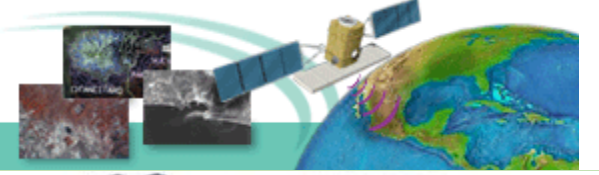













Geografía		Cartografía urbana
		Catastro
		Datos de relieve
		Geodesia
		Imágenes de Territorio
		Marco geoestadístico nacional
		Nombres geográficos
		Recursos naturales
	Topografía	

Tabla 2.3 Material de Recursos Naturales de INEGI

Recursos Naturales		Geología
		Edafología
		Hidrología
		Usos de suelo y vegetación
		Climatología
		Fisiografía
		Usos potencial de suelo
		Humedales potenciales
		Territorio insular

Como herramienta para visualizar el material digital que el INEGI pone a disposición, creo una Sistema de parámetros (tema de interés, entidad federativa, escala, serie y clave cartográfica), para consultar la disponibilidad de los productos geográficos digitales.

Sistema de Disponibilidad de Productos Geográficos Digitales

Defina los parámetros a consultar Limpiar parámetros

Topografía

Producto	Estado(s)	Escala	Serie	Clave	Reg.Pág.	
Imagen Cartográfica Digital	-- Todos --	-- Todas --	-- Todas --		50	Consultar

Recursos Naturales

Producto	Estado(s)	Escala	Clave	Reg.Pág.	
-- Todos --	-- Todos --	-- Todas --		50	Consultar

Cartografía Urbana / Rural

Producto	Estado	Municipio	Localidad	Reg.Pág.	
-- Todos --	-- Todos --	-- Todos --		50	Consultar

Ortofoto Digital

Estado(s)	Escala	Resolución	Tipo	Clave	Reg.Pág.	
-- Todos --	-- Todas --	-- Todas --	-- Todos --		50	Consultar

Condensados Estatales / Croquis Municipales

Producto	Estado	Municipio	Reg.Pág.	
-- Todos --	-- Todos --	-- Todos --	50	Consultar

Ilustración 2.2 Material Digital disponible en INEGI, 2014

Fuente: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/productos_geograficos.asp

2.1.1 Cartas Topográficas Digitales

Son una serie de mapas que representan gráficamente los principales rasgos físicos, naturales y culturales concebidos del territorio nacional.

Contienen información como: nombres y ubicación de las localidades urbanas y rurales; las principales obras de infraestructura, la representación del relieve, los rasgos hidrográficos más representativos como son: ríos, arroyos, presas y lagunas.

El INEGI elabora estos mapas en varias escalas para que se tenga oportunidad de identificar a diferentes niveles de detalle las características del territorio nacional.

Estos productos cartográficos se pueden utilizar como base para realizar proyectos de planeación en diversas disciplinas y son un excelente apoyo para el conocimiento de nuestro entorno geográfico.

Actualmente se encuentran disponibles para su consulta y descarga:

Tabla 2.4 Conteo de cartas topográficas

Escala	Número Cartas	Formato
1:20 000	1997	pdf, tif, gif, shp
1:50 000	499 (2014) + 2315 + 1837(Históricas 1973-1988)	pdf, tif, gif, shp
1:250 000	215 + 32(Entidad Federativa)	gif, tif, geopdf, pdf
1:1 000 000	11	pdf, tif, gif, shp



Imagen de muestra

Cartas topográficas

Es una serie de mapas que representan gráficamente los principales rasgos físicos, naturales y culturales que hay en nuestro país.

Contienen información como: los nombres y ubicación de las localidades urbanas y rurales; las principales obras de infraestructura hechas por el hombre; la representación del relieve; los rasgos hidrográficos más representativos como son: ríos, arroyos, presas y lagunas.

El INEGI elabora estos mapas en varias escalas para que se tenga oportunidad de identificar a diferentes niveles de detalle las características del territorio nacional.

Estos productos cartográficos se pueden utilizar como base para realizar proyectos de planeación en diversas disciplinas y son un excelente apoyo para el conocimiento de nuestro entorno geográfico.

Características

Escala:

Entidad:

Título:

Clave:

Edición:

Ilustración 2.3 Descarga de Cartas Topográficas

Fuente:<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2354&upc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=Prod&ef=0&ct=206000000>

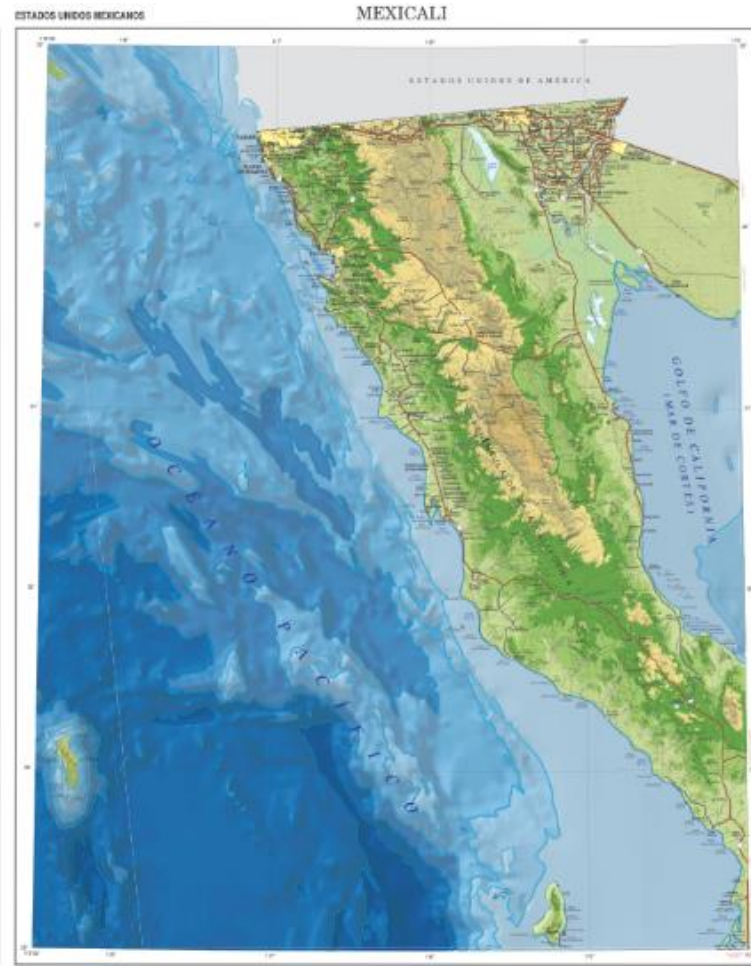


Ilustración 2.4 Carta Topográfica 1:1,000,000 Baja California (INEGI)

Fuente:<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&upc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000>

En este producto cartográfico se representan los rasgos del terreno natural y las obras de infraestructura, incluyen información hidrográfica como cuerpos y corrientes de agua (perennes e intermitentes), como vías de comunicación terrestres, aéreas y marítimas, construcciones de servicios tales como: aeropuertos, puentes, túneles, presas, cementerios, muelles, faros y límites geo estadísticos estatales e internacionales; así como, las localidades rurales y urbanas, carecen de curvas de nivel.

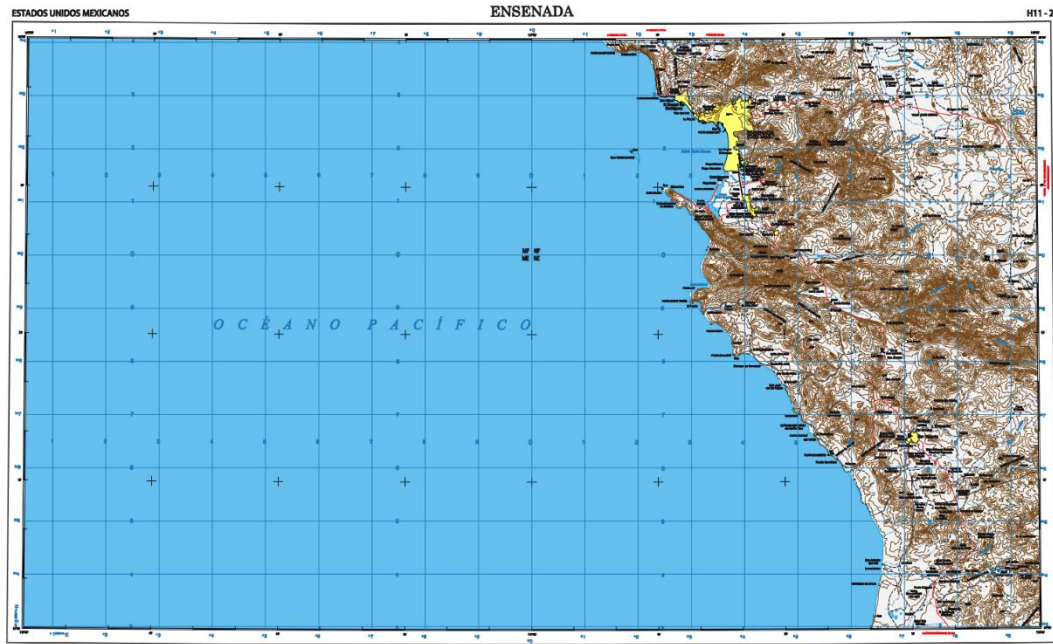


Ilustración 2.5 Carta Topográfica 1:250,000 Ensenada H11-2 (INEGI)

Fuente:<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&upc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000>

Contienen información de infraestructura, orografía, hidrografía como cuerpos y corrientes de agua (perennes e intermitentes), poblaciones y zonas sujetas a inundación. Representan también, la obra civil que incorpora vías de comunicación terrestres, aéreas y marítimas, construcciones de servicio tales como: aeropuertos, puentes, túneles, presas, bordos, rasgos arqueológicos, y límites internacionales.

Sus dimensiones aproximadas a un grado de latitud por dos de longitud, cubriendo un área aproximada de 23,000 Km². Las características orográficas (curvas de nivel), usando 20, 50 y 100 metros para terrenos muy escabrosos, accidentados y planos, respectivamente.

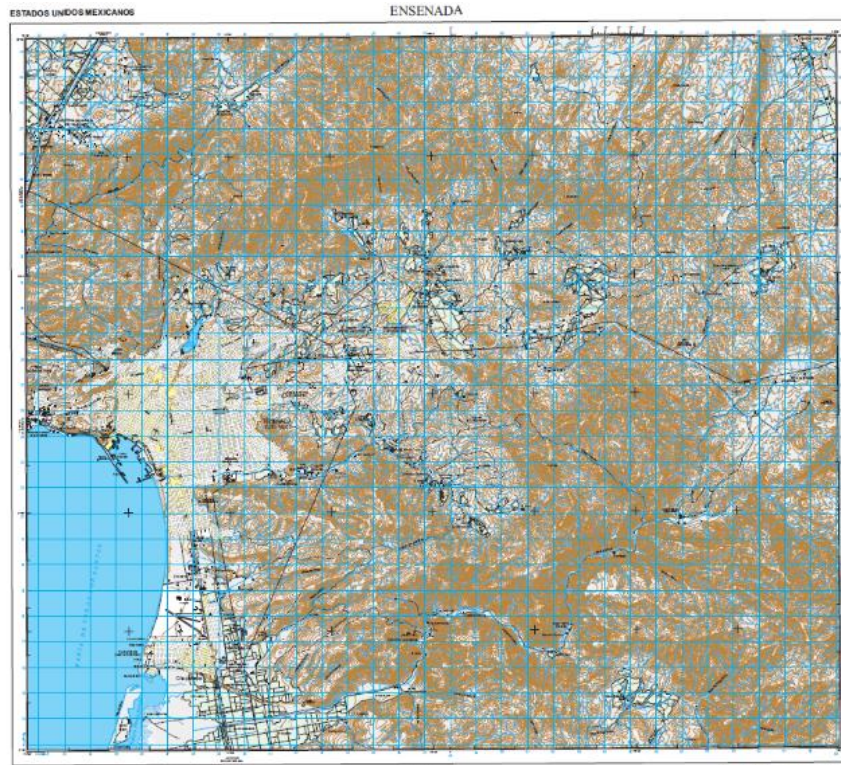


Ilustración 2.6 Carta Topográfica 1:50,000 H11B12 (INEGI)

Fuente:<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&upc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000>

Construidas mediante técnicas fotogramétricas, con verificación de campo, utiliza un formato regular de quince minutos de latitud por veinte minutos de longitud, cubriendo un área aproximada de 960 km². Las características orográficas (curvas de nivel) con intervalos de 10, 20 y 40 metros para terrenos muy escabrosos, accidentados y planos respectivamente con la quinta curva del nivel más gruesa para auxiliar en la interpretación, la hidrografía ilustra tanto cuerpos como ríos (perennes e intermitentes). Representa también la obra civil, que incorpora vías de comunicación terrestre, aérea y marítima, construcciones de servicio (escuelas, centros médicos), infraestructura (aeropuertos, puentes, túneles, presas, bordos, muelles, faros), límites internacionales, así como localidades rurales y urbanas.



Ilustración 2.7 Carta Topográfica 1:20,000 H11B12A (INEGI)

Fuente:<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle2.aspx?c=2031&upc=0&s=geo&tg=999&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=206000000>

Integran información de infraestructura, orografía, hidrografía como cuerpos y corrientes de agua (perennes e intermitentes), geodésica y poblaciones del país, compilada mediante fotografías aéreas y verificación de campo, utilizan un formato regular de siete minutos treinta segundos de latitud por seis minutos cuarenta segundos de longitud, cubriendo un área aproximada de 160 km². Conteniendo características orográficas (curvas de nivel) con intervalos o equidistancias de 10 metros.

Representan también la obra civil, que incorpora vías de comunicación terrestres, aéreas y marítimas, construcciones de servicio (escuelas, centros médicos, templos, aeropuertos, centrales de autobús, instalaciones comerciales), infraestructura (puentes, ferrocarriles, túneles, presas, bordos, muelles, faros), turísticos (sitios arqueológicos) límites internacionales, así como localidades rurales y urbanas.



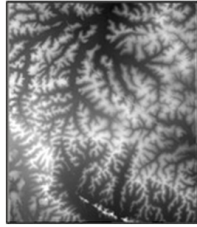
2.1.2 Modelos Digitales de Elevación y de tipo de Alta Resolución LiDAR (Light Detection and Ranging)

Por otra parte los datos de relieve se refieren a la altura que tiene la superficie terrestre en diferentes puntos de la geografía. Su medida permite modelar las formas estructurales ubicadas en la superficie terrestre, tales como montañas y valles, entre otros rasgos geográficos.

La expresión visual y matemática de los datos de relieve son los modelos digitales de elevación, a través de la aplicación de técnicas de interpolación, hacen posible modelar la corteza terrestre, tanto en las áreas emergidas como en las que se encuentran por debajo del agua.

Los datos de relieve continental e insular son valores de altura que permiten representar, por medio de modelos digitales de elevación, las formas de montañas, mesetas, valles, depresiones, terrazas, etc. Para ello, se captan los datos de altimetría sobre la superficie de la tierra, mediante sistemas instalados en plataformas aeronáuticas, satelitales y/o terrestres.

Los Modelos Digitales de Elevación (MDE) permiten realizar representaciones topográficas en dos y tres dimensiones, que pueden ser utilizados en diversas aplicaciones de la Ingeniería Civil, Geodesia, Fotogrametría, manejo y planeación de recursos naturales, ciencias de la Tierra, militares y cartográficas. Asimismo, un MDE de Alta Resolución LiDAR, es un registro de las elevaciones existentes sobre el nivel del mar derivado de la obtención de puntos mediante tecnología LiDAR (detección y medición a través de la luz). Actualmente se encuentran disponibles para su consulta y descarga.



Modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución LiDAR, Tipo terreno GRID.

Los datos de relieve continental e insular son valores de altura que permiten representar, por medio de modelos digitales de elevación, las formas de montañas, mesetas, valles, depresiones, terrazas y abanicos aluviales.

Para ello, se captan los datos de altimetría sobre la superficie de la Tierra, mediante sistemas instalados en plataformas aeronáuticas, satelitales y/o terrestres.

Los modelos digitales de elevación permiten realizar modelados topográficos en dos y tres dimensiones, que pueden ser utilizados en diversas aplicaciones de ingeniería civil, geodesia, fotogrametría, manejo y planeación de recursos naturales, ciencias de la Tierra, militares y cartográficas. Asimismo, un Modelo Digital de Elevación de Alta Resolución LiDAR, es un registro de las elevaciones existentes sobre el nivel del mar derivado de la obtención de puntos mediante tecnología LiDAR (detección y medición a través de la luz).

Características	
Escala:	1:10 000
Entidad:	Seleccione..
Título:	Seleccione..
Clave:	Si la conoce, escriba una clave
Edición:	2012
<input type="button" value="Consultar"/>	

Ilustración 2.8 Descarga de MDE tipo LiDAR

Fuente:<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825831578&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=1016&pg=2&ct=209010000>

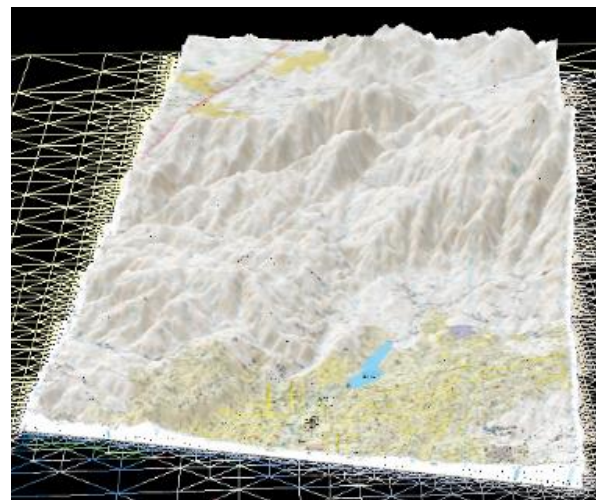
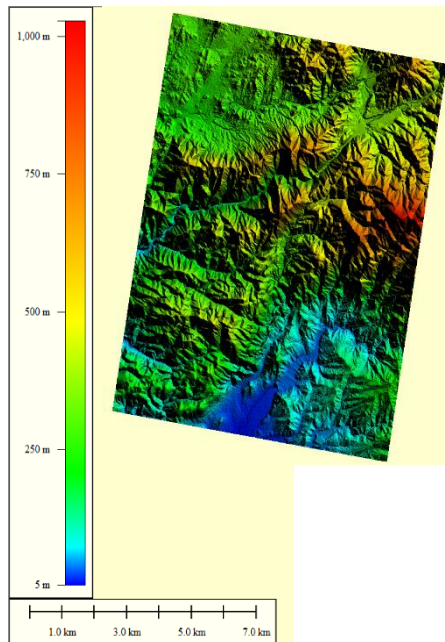


Ilustración 2.9 LiDAR 1:10,000 H11B12A (1,2,3,4) (MDE de Alta Resolución) y Carta Topográfica 1:20,000 H11B12A

2.1.3 Mapa Digital del INEGI

El **Mapa Digital de México** es un Sistema de Información Geográfica (SIG), desarrollado por el INEGI, que integra información de los elementos naturales y culturales que conforman el entorno geográfico del país y permite relacionarlos con información estadística. Se ofrece en dos modalidades, que buscan atender distintas necesidades de los usuarios:

- *Mapa Digital de México en línea.* Facilita la consulta de 168 capas de información sobre cartografía urbana (carreteras, localidades e infraestructura en general) y recursos naturales (ríos, lagos, montañas, vegetación, etc.) de nuestro territorio, y permite búsquedas rápidas.
- *Mapa Digital de México para escritorio.* Es una versión más amplia y desarrollada para instalarse en la computadora y permite manipular la información, conectarse a bases de datos geográficos, incorporar información como tablas de datos, capas de información geográfica, entre otros.

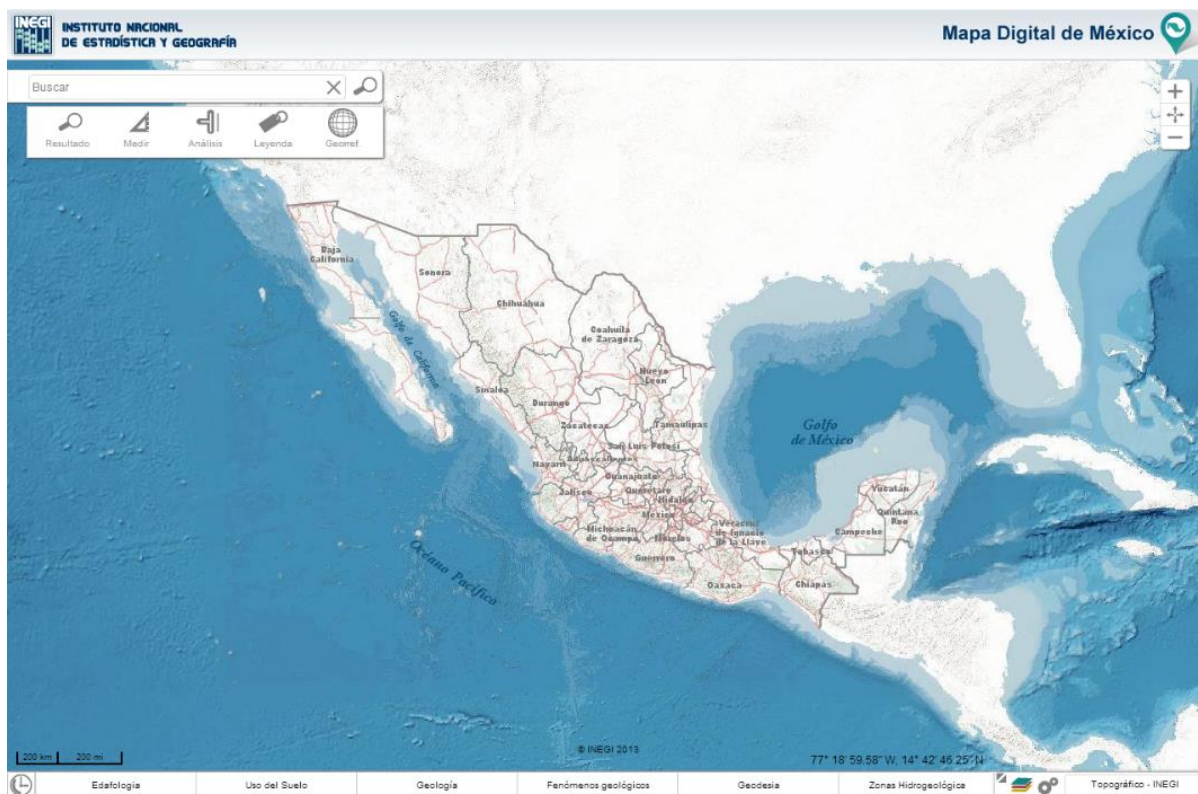


Ilustración 2.10 Mapa Digital de México en Línea Versión 6 (2014) INEGI

Fuente:<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/>



Para el Mapa Digital de México de Escritorio se puede descargar de forma gratuita de la página del INEGI, no sin antes registrarse; además se tiene una serie de guías prácticas las cuales contemplan:

- Asignación de sistemas coordenadas.
- Cálculo para el área de estudio.
- Cambio de proyección.
- Convertir un archivo shape a kml.
- Crear objetos gráficos y guardarlos en una nueva capa.
- Eliminar campos de una tabla.
- Exportar uno o varios elementos seleccionados.
- Extraer información (análisis espacial).
- Importar coordenadas a una capa en formato shape.
- Seleccionar objetos geográficos y etiquetarlos.

2.1.4 Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrológicas (SIATL)

Actualmente, el tema del agua reviste gran importancia por su escasez, degradación y riesgo que representan las avenidas de ríos, deslaves e inundaciones ocasionadas por lluvias intensas, además de considerarse un asunto estratégico para las políticas de los gobiernos.



Ilustración 2.11 SIATL 2.2 (2014), Fuente:http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#

En este sentido y dada la necesidad de proveer información vectorial a mayor detalle como apoyo a lo mencionado, el INEGI generó la Red Hidrográfica a escala 1:50,000 la cual modela el drenaje superficial de una cuenca hidrográfica, esta aplicación permite a los usuarios consultar y analizar dicha información.

En la versión 2.2 (2014) se puede realizar el análisis del área de escurrimiento en conjunto con un despliegue de capas que comprende:

- Población, Vivienda y Servicios
- Distribución de Vegetación
- Temperatura y Precipitación Media
- Lluvias probabilísticas y
- Un Listado Fotográfico.

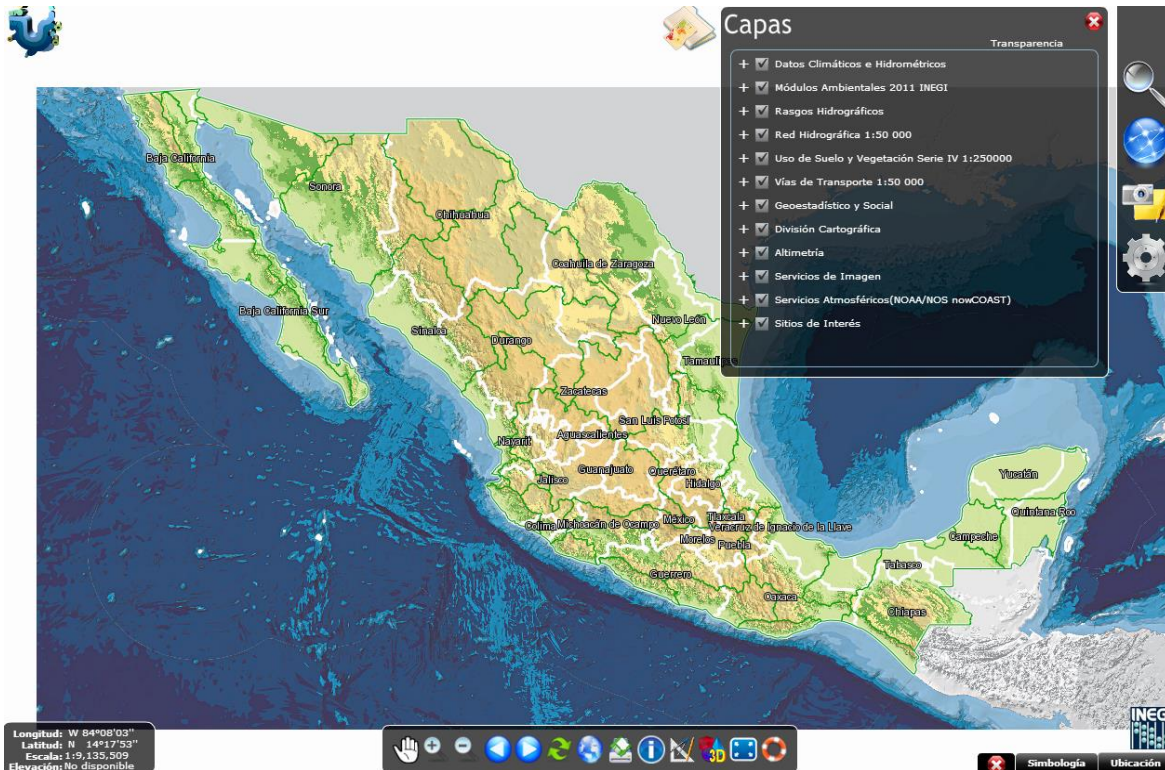


Ilustración 2.12 SIATL 2.2 Capas disponibles (2014)

Fuente: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#

Además también podemos encontrar:

- Módulos Ambientales 2011 INEGI
- Servicios Atmosféricos
- Vistas en 3D
- Exportar Datos Tabulares
- Descarga de la Red Hidrográfica (Regiones Hidrográficas, Cuencas y Subcuencas) en formato SHP.
- Actualización del Censo Población y Vivienda 2010



Ilustración 2.13 SIATL 2.2 (2014) Red Hidrográfica, Cuencas y Subcuencas

Fuente:http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#



2.2 Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (SEGOB)



CENAPRED
MÉXICO

Las afectaciones que producen los desastres en la población y en la economía, demuestran la necesidad de que todo gobierno debe considerar, dentro de su agenda de desarrollo, el tema de la reducción de riesgos, y particularmente el de la prevención de los desastres.

La historia de México ha sido testigo de los diversos desastres que han cobrado miles de vidas, cuantiosas pérdidas económicas y limitado el desarrollo. Los mexicanos han aprendido de experiencias como la erupción del volcán Chichonal en Chiapas, en 1982; las explosiones en 1984 de las plantas de almacenamiento y distribución de PEMEX en San Juan Ixhuatepec en el Estado de México y el sismo de 1985 que alcanzó una magnitud de 8.1, que afectó la zona centro, sur y occidente de México, entre otros desastres más que propiciaron la necesidad de establecer un Sistema Nacional de Protección Civil y de tener una institución dedicada a generar conocimientos especializados para comprender las manifestaciones de fenómenos tanto naturales como antropogénicos, desarrollar técnicas para reducir riesgos y conocer las causas que los generan.

A estos aspectos se suman factores relacionados con el escaso ordenamiento urbano, bajos índices de desarrollo humano y una incipiente cultura de protección civil, los que generan condiciones de vulnerabilidad que debemos enfrentar con estrategias más eficaces que permitan gestionar integralmente el riesgo de desastres. En este sentido, se inscribe la actuación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), que amplía su ámbito de acción a partir de las recientes atribuciones que le confiere la Ley General de Protección Civil para crear, gestionar, promover y evaluar políticas públicas para la reducción de riesgos, coordinar sistemas de información sobre riesgos, sistemas de alerta que impulsen una cultura nacional en materia de protección civil.

Como una de las misiones de esta organización es tener informada a la población de todo evento extraordinario, en su página en línea podemos encontrar información detallada de eventos que están ocurriendo en el momento como por ejemplo el monitoreo volcánico del Volcán Popocatepetl (Ilustración 26) y el Volcán de Colima (Ilustración 27).

Monitoreo Volcánico

En conjunto con los institutos de Geofísica e Ingeniería de la UNAM y con la colaboración del U.S. Geological Survey.



Imagen

Información sobre la imagen del volcán
Imagen del volcán - Estación Alzomoni
Imagen del volcán - Estación Tlamanca
Imagen del volcán - Estación Tianguismanalco
Nueva Imagen del volcán - Estación Tochimilco
Imagen de los últimos días

Reportes

Último reporte
Latest report
Reportes anteriores



volcán Popocatépetl

¿Qué es un volcán?
Historia del volcán
Historia de la actividad del volcán Popocatépetl:
17 años de erupciones (1994-2011)
Album fotográfico
Un viaje por los volcanes
Exposiciones del CENAPRED



Descripción del monitoreo
Red de monitoreo
Aspectos de instrumentación
Sistema para la detección de flujos



- Microsismicidad
- Mapa de peligros



- Preguntas frecuentes
- Instituciones participantes
- Referencias bibliográficas

Ilustración 2.14 Monitoreo del Volcán Popocatépetl (CENAPRED)

Fuente: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Instrumentacion/InstVolcanica/MVolcan/>



Ilustración 2.15 Monitoreo del Volcán de Colima, Fuente:<http://www.ucol.mx/volcan/>

En las páginas de monitoreo volcánico se puede consultar galerías de imágenes de los volcanes (Popocatepetl y Colima) en vivo y de eventos anteriores, también podemos ponernos al tanto de los mapas de peligro los cuales nos muestran las áreas de intensidad en forma cualitativa, registros microsísmicos los cuales son importantes para alertar al anteponerse a una posible erupción.

Otra de la información que se puede encontrar, en constante actualización, son reportes:

- Hidrometeorológicos
- Volcánico
- Sísmico y
- Registros acelerográficos

En el Hidrometeorológico y Volcánico podemos informarnos de estos eventos en las últimas horas, mientras que en el Sísmico (Ilustración 28) como en el Registro Acelerográfico podemos consultar en una base de datos como se muestra a continuación.

Boletín de Sismos de la República Mexicana
 (Boletín preliminar información por confirmar)

El día 18 de Abril de 2014 a las 09 horas 27 minutos y 23 segundos tiempo local, se registró un sismo con las siguientes características:

Localización		Magnitud de la escala Richter	
PETATLAN, GUERRERO			7.0
Latitud	Longitud	Profundidad	
17.18	-101.19	10 km	

Informe Preliminar

The screenshot shows the 'Boletines Sísmicos' search interface. It includes fields for 'Fecha inicial', 'Fecha final', 'Magnitud inicial', 'Magnitud final', and 'Región' (set to 'Todas'). There are 'Aceptar' and 'Restaurar' buttons. Below the search area, it shows 'Contador de visitas: 80,463' and a link to '[Visita el Boletín Acelerográfico]'. A red box highlights the 'ÚLTIMO SISMO' link, with an arrow pointing to the bulletin details on the right. The bulletin details include a table with location and magnitude information, and a map of Mexico with a red pin in Guerrero.

Ilustración 2.16 Boletín Sísmico 18 Abril 2014 (CENAPRED)

Fuente: <http://www.cenapred.unam.mx:8080/boletinSismico/>

Existen 418 coincidencias

The screenshot shows the 'Boletín Acelerográfico Acapulco-Guerrero' search interface. It includes fields for 'Fecha inicial', 'Fecha final', and 'Estación' (set to 'ACAPULCO, ACAJ'). There are 'Enviar' and 'Restablecer' buttons. Below the search area, it shows 'Contador de visitas: 171' and a link to '[Visita el Boletín Sísmico]'. A red box highlights the 'Enviar' button, with an arrow pointing to the data table on the right. The table lists seismic events with columns for 'Estación', 'Fecha', 'Hora Inicial GMT', 'Duración SS.ss', 'Aceleración Máxima Norte-Sur (gals)', 'Aceleración Máxima Este-Oeste (gals)', 'Aceleración Máxima Vertical (gals)', and 'Detalle Sismo'.

Estación	Fecha	Hora Inicial GMT	Duración SS.ss	Aceleración Máxima Norte-Sur (gals)	Aceleración Máxima Este-Oeste (gals)	Aceleración Máxima Vertical (gals)	Detalle Sismo
ACAPULCO (ACAJ)	17-03-2014	09:27:16.00	221.00	1.97	-1.46	1.22	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	17-01-2014	18:13:40.00	222.00	-1.29	-1.31	0.58	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	15-01-2014	07:25:59.00	221.00	-1.89	2.03	1.18	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	07-01-2014	06:09:06.00	225.00	0.55	0.58	0.34	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	05-01-2014	08:37:31.00	230.00	-2.22	3.05	1.67	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	04-01-2014	03:36:06.00	222.00	-1.21	-1.04	0.81	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	02-01-2014	20:23:32.00	221.00	-1.49	0.80	0.75	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	25-10-2013	14:32:50.00	221.00	-0.82	1.70	-0.73	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	15-10-2013	10:14:02.00	234.00	3.46	-2.42	2.06	consulta
ACAPULCO (ACAJ)	06-10-2013	19:21:09.00	228.00	1.48	-1.27	1.25	consulta

Ilustración 2.17 Boletín Acelerográfico Acapulco-Guerrero (CENAPRED)

Fuente: <http://www.cenapred.unam.mx:8080/boletinAcelerografico/>

Un proyecto que ha llevado a cabo el CENAPRED durante varios años es el Atlas Nacional de Riesgos (Ilustración 2.18), en el cual podremos encontrar información acerca de los distintos tipos de riesgos que ha afrontado el país, además en su página podemos descargar información de gran importancia que a continuación se presenta.

GEOLÓGICOS ▾ HIDROMETEOROLÓGICOS ▾ QUÍMICO-TECNOLÓGICOS ▾ SANITARIO-ECOLÓGICO ▾ SOCIO-ORGANIZATIVO ▾ ESTUDIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES ▾

Ligas ANR

- Visor de Mapas
- Información Geoespacial
- Búsqueda de Metadatos
- Descargas
- Glosario
- Encuesta
- Preguntas Frecuentes
- Atlas Estatales



Ilustración 2.18 Portal de Información Digital del CENAPRED

Fuente: <http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/>

En la pestaña de *DESCARGAS* (Ilustración 30) podemos encontrar información digital, en forma de capas geográficas, de importancia e interés para apoyo a proyectos que van desde datos Hidrometeorológicos, Geológicos, del Volcán Popocatepetl, Geológicos, Socio-económicos y Químicos.

A continuación se despliega una tabla del material el cual podemos encontrar en este apartado:



Tabla 2.5 Datos Hidrometeorológicos

Asignación de valores por municipio respecto al número de días con tormenta eléctrica.	Grado de riesgo por sequía.
Capas de días con granizo y municipios.	Grado de riesgo por tormentas eléctricas.
Categorización del índice de peligro por tormentas eléctricas a nivel municipal.	Granizadas.
Déficit promedio de lluvia respecto a su lluvia media anual.	Índice de días con heladas por municipio.
Distribución de la temperatura mínima extrema por municipio.	Índice de peligro municipal por inundaciones.
Distribución de los intervalos del índice de bajas temperaturas.	Índice de peligro por nevadas a escala municipal.
Duración de la Sequía promedio en años.	Índice de peligro por tormentas de granizo por municipio.
Grado de peligro por bajas temperaturas construido con los índices de temperatura mínima y días con heladas.	Índice de peligro por tormentas eléctricas a nivel municipal.
Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales.	Índice de temperatura mínima extrema según municipio.
Grado de peligro por sequía.	Intervalos del índice de frecuencia de nevadas.
Grado de peligro por sequía_ Escalante Sandoval y otros 2005.	Número de días con heladas por municipio.
Grado de riesgo por bajas temperaturas.	Presencia de tornados en municipios de México.
Grado de riesgo por ciclones tropicales.	Sequías históricas.
Grado de riesgo por granizo.	Zonificación eólica CFE.
Grado de riesgo por nevadas.	

Tabla 2.6 Datos Geológicos

Global de intensidades Escala de Mercalli.
Regionalización Sísmica CFE.
Regiones monogenéticas.
Regiones potenciales de deslizamiento de laderas.
Tsunamis lejanos y locales.
Volcanes activos.
Zonas susceptibles a hundimientos y deslizamientos.
Zonificación geotécnica del Distrito Federal.



Tabla 2.7 Datos de Impacto Socioeconómicos

Grado de Vulnerabilidad Social 2010.
Impacto Daños y Pérdidas Millones de pesos 2000 a 2010.
Impacto Muertos 2000 a 2010.

Tabla 2.8 Datos del Volcán Popocatépetl

Áreas de peligro por flujo de material volcánico.	Flujos piro clásticos de 10 millones de m3.
Áreas de peligro por flujos de lodo e inundaciones.	Flujos piro clásticos de 2 millones de m3.
Flujos de lahares de 10 millones de m3.	Flujos piro clásticos de 50 millones de m3.
Flujos de lahares de 14 millones de m3.	Lava con viscosidad alta.
Flujos de lahares de 40 millones de m3.	Lava con viscosidad baja.
Flujos de lahares de 5 millones de m3.	Lava con viscosidad media.
Mayor probabilidad de caída de ceniza.	

Tabla 2.9 Químico Tecnológico

Acetato etilo.	Butilo.	Gasolina.
Acetato vinilo.	Cloro.	Heptano.
Acetona.	Dimetilamina.	Hexano.
Ácido fluorhídrico.	Disulfuro carbono.	Metalcetona.
Ácido sulfúrico.	Etanol.	Metanol.
Amoniaco.	Gas LP.	Mono metilamina.
Propano.	Propanol.	Óxido etileno.

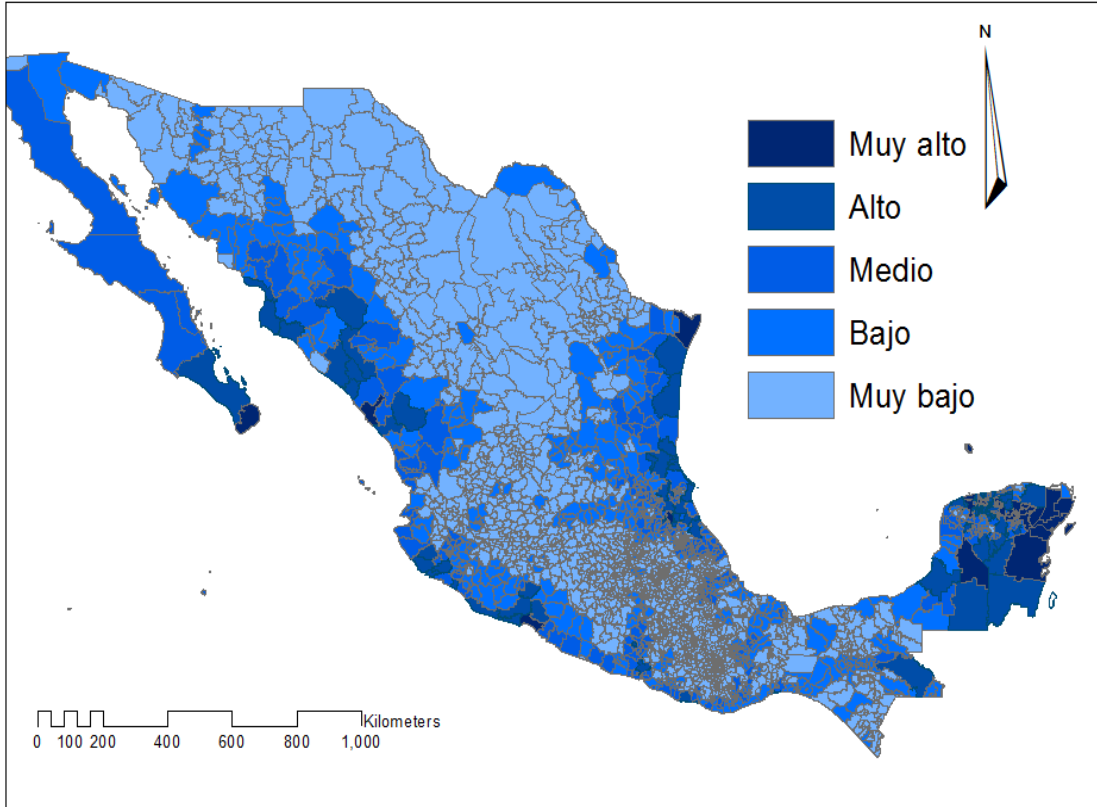


Ilustración 2.19 Grado de riesgo por ciclones tropicales

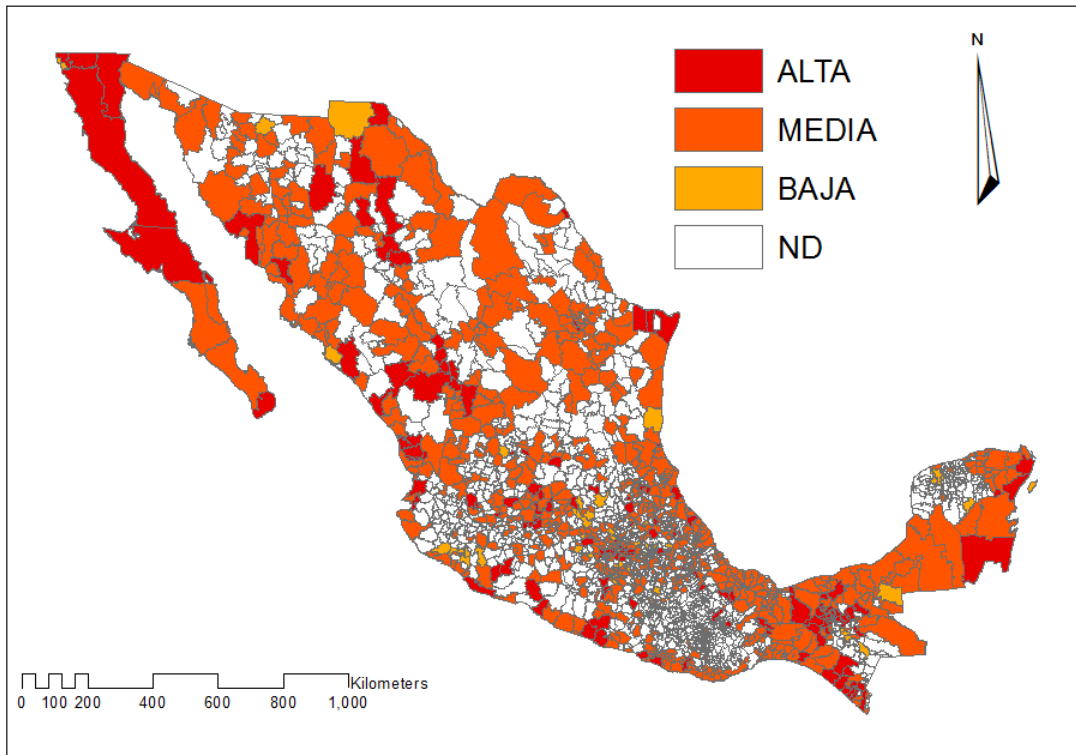


Ilustración 2.20 Índice de peligro municipal por inundaciones

2.3 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)



La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la dependencia del Gobierno Federal encargada de impulsar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales de México, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.

Para cumplir con este mandato, la SEMARNAT, sus tres subsecretarías y los diversos Órganos Desconcentrados y Descentralizados que forman parte del Sector Ambiental Federal, trabajan en cuatro aspectos prioritarios:

- La conservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad.
- La prevención y control de la contaminación.
- La gestión integral de los recursos hídricos.
- El combate al cambio climático.

Normas Oficiales Mexicanas

	NORMAS MEXICANAS EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE MEDICIÓN DE CONCENTRACIONES
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL










	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE SUELOS
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN POR RUIDO
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS PESCA (EN PELIGRO DE EXTINCIÓN)
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE LODOS Y BIOSÓLIDOS
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE METODOLOGÍAS
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS ELABORACIÓN CONJUNTA CON OTRAS SECRETARÍAS

Ilustración 2.21 NOMs ordenadas por materia (SEMARNAT)

Fuente:<http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/noms>



2.3.1 Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)



La Comisión Nacional del Agua es heredera de una gran tradición hidráulica y a lo largo de su historia ha estado integrada por destacados profesionales y especialistas de diversas disciplinas, reconocidos internacionalmente por su dedicación y capacidad técnica.

Dentro de las instituciones que le antecedieron destacan la Dirección de Aguas, Tierras y Colonización creada en 1917; la Comisión Nacional de Irrigación, en 1926; la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946 y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en 1976.

Actualmente, la misión de la Comisión Nacional del Agua consiste en administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso.

Y uno de las acciones que realiza la Comisión Nacional del Agua es poner en disposición pública el banco de información hidrométrica BANDAS (Banco Nacional de Aguas Superficiales) (Ilustración 2.22) que generan los organismos de cuenca, dicha acción es apoyada en el IMTA (Instituto Mexicano de la Tecnología y el Agua) para la actualización de dicha información y régimen de funcionamiento de algunas presas del país.

La información histórica consiste básicamente de datos:

- Diarios
- Limnigrama
- Hidrograma y
- Sedimentos

No necesariamente estarán los 6 juegos de datos, la mayoría de las veces estarán únicamente los primeros tres, en otros casos existirán archivos con extensión INT que son archivos de cálculos intermedios que fueron necesarios para generar los cálculos históricos definitivos.

La información de régimen de funcionamiento consiste de:

- Gastos medios diarios
- Datos horarios
- Gastos
- Volúmenes
- Lecturas de escala extremas mensuales y
- Datos espaciales del vaso de almacenamiento.

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

BANCO NACIONAL DE DATOS DE AGUAS SUPERFICIALES (BANDAS)

SUBIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA DE RÍOS (GASIR)

[CATÁLOGO DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS](#)

[DESCRIPCIÓN DE CAMPOS HIDROMETRÍA](#)

[BASES DE DATOS HIDROMÉTRICAS](#)

[PLANOS HIDROLÓGICOS](#)

[CATÁLOGO DE PRESAS](#)

[DESCRIPCIÓN DE CAMPOS PRESAS](#)

[BASES DE DATOS DE PRESAS](#)

CONSULTA DE DATOS HIDROMÉTRICOS, DE PRESAS Y SEDIMENTOS

Ilustración 2.22 Comisión Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) (2014)

Fuente:<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Portada%20BANDAS.htm>

En conjunto podemos encontrarla descripción de los campos de las hidrométricas y la presas, además de un apartado de una recopilación de planos hidrológicos de algunos de los ríos más influyentes del país.



En otro apartado en la página de la CONAGUA podemos encontrar índices de archivos *kmz*, que pueden visualizarse principalmente en Google Earth o en cualquier otro SIG, siendo capas geográficas de diferentes índoles (Tabla 2.10).

¡Bienvenido al subsistema de visualización, en Google Earth, de las capas de datos geográficos de los aprovechamientos inscritos del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA)!

En el menú del lado izquierdo puede elegir el archivo de su interés. Para descargarlo deberá hacer clic sobre el elemento requerido. Enseguida aparecerá una ventana en donde se le solicitará que guarde el archivo o lo abra. Para abrirlo deberá tener previamente instalado el programa Google Earth. De no contar con éste, podrá [descargarlo de su página web](#).

DESPLIEGUE DE DATOS GEOGRÁFICOS EN EL NAVEGADOR DE LA TIERRA GOOGLE EARTH

GENERALIDADES

Google Earth es un programa informático para **visualización de información geográfica**, creado por la empresa Keyhole Inc., que permite ver imágenes en 3D del planeta, combinando imágenes de satélite, mapas y el motor de búsqueda de Google. Keyhole era en un principio un programa de pago hasta que el 27 de octubre de 2004 Google compró Keyhole. El 21 de mayo de 2005 Keyhole pasa a llamarse Google Earth. Este programa fue lanzado (relanzado si tenemos en cuenta que ya existía como Keyhole) el día 28 de junio de 2005 teniendo como principal novedad, a parte del cambio de nombre y de dueño, que el programa disponía de una versión gratuita. Google Earth es un programa que se instala en nuestra computadora y se comunica con una potente base de datos residente en un servidor compartido con Google Maps. Mediante la tecnología stream el programa se conecta al servidor y despliega los contenidos solicitados en la computadora.

Google Earth permite introducir información para representar datos geográficos en tres dimensiones. También se puede visualizar imágenes vía satélite del planeta. Así mismo, ofrece características 3D como dar volumen a valles y montañas, en algunas ciudades incluso se han modelado los edificios. La forma de moverse en la pantalla es fácil e intuitiva, con cuadros de mando sencillos y manejables. Además, es posible compartir con otros usuarios enlaces, medir distancias geográficas, ver la altura de las montañas, ver fallas o volcanes y cambiar la vista tanto en horizontal como en vertical. Google Earth también dispone de conexión con GPS (Sistema de Posicionamiento Global), alimentación de datos desde archivos y bases de datos en sus versiones de pago.

Aprovechando el formato informático de Google Earth la **Gerencia de Aguas Subterráneas** a través del **Sistema de Información Geográfica del Agua (SIGA)**, como un apoyo al **REPGA**, pone a disposición datos geográficos relativos al manejo de los recursos hídricos en una base de imágenes a nivel nacional a través del formato KML (formato de archivo usado para desplegar datos geográficos en un navegador de la Tierra tal como Google Earth, Google Map y Google Map for Movil).

El KML (del acrónimo en inglés Keyhole Markup Language) es un lenguaje de marcado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Fue desarrollado para ser manejado con Google Earth (originalmente Keyhole antes de ser adquirido por Google). Su gramática contiene muchas similitudes con la de GML. Un archivo KML especifica una característica (una lugar, una imagen o un polígono) para Google Earth. En este caso para el **REPGA**, contiene el número de título identificado por el FID, así como otros datos como por ejemplo: las coordenadas (latitud y longitud), el nombre de la cuenca hidrográfica, localidad, acuífero, entre otros. Los archivos KML suelen distribuirse comprimidos como archivos KMZ aquí contenidos.

Esperamos que esta herramienta le sea de utilidad.
 Última actualización de archivos Google Earth (KMZ): Julio 2009

Ilustración 2.23 Índices kmz (CONAGUA)

Fuente:<http://siga.conagua.gob.mx/REPGA/Menu/FrameKMZ.htm>

Tabla 2.10 Temas de índices kmz.

Aprovechamientos superficiales	Principales presas
Aprovechamientos Subterráneos por Estado	Límite de acuíferos
Descarga de aguas superficiales	Límites de organismos de cuencas
Extracción de materiales	Vedas de aguas subterráneas
Zonas Federales	Municipios-INEGI
Cuencas Hidrográficas	



Ilustración 2.25 Extracción de materiales (Google Earth)

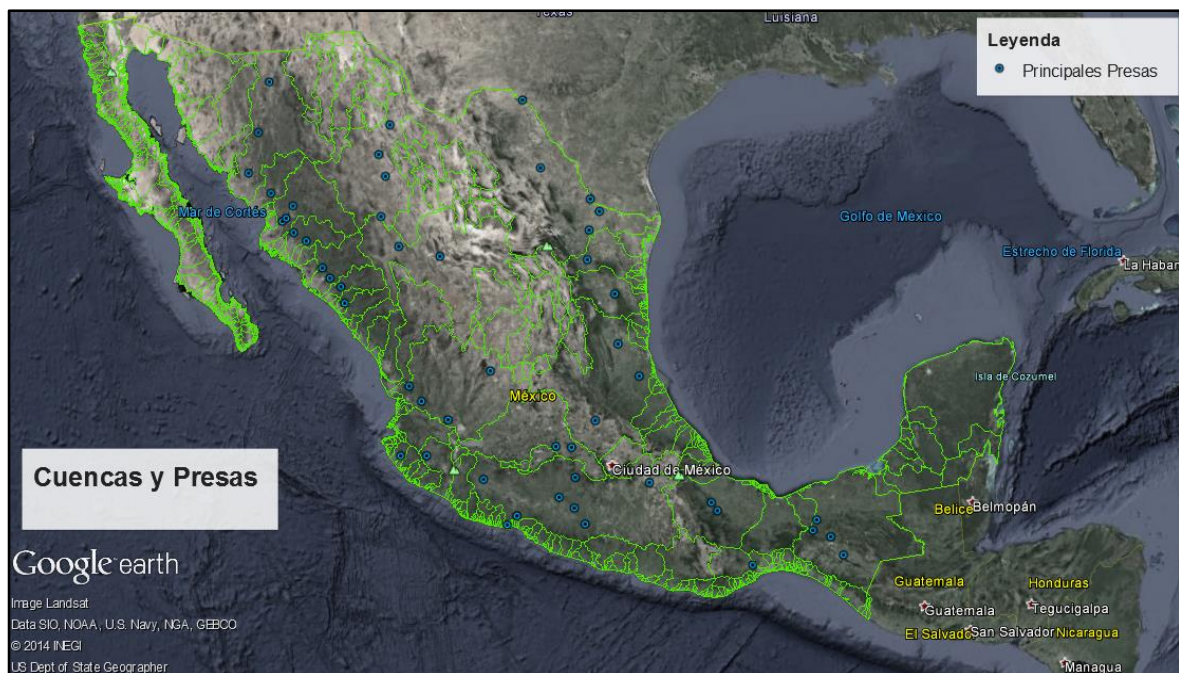


Ilustración 2.24 Cuencas hidrográficas y principales presas (Google Earth)

2.3.2 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad



CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

(CONABIO)

La CONABIO tiene la misión de promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Es una institución que genera inteligencia sobre nuestro capital natural; sirve de puente entre la academia, el gobierno y la sociedad; promueve que la conservación y manejo de la biodiversidad se base en acciones realizadas por la población local, la cual debe ser un actor central en ese proceso.

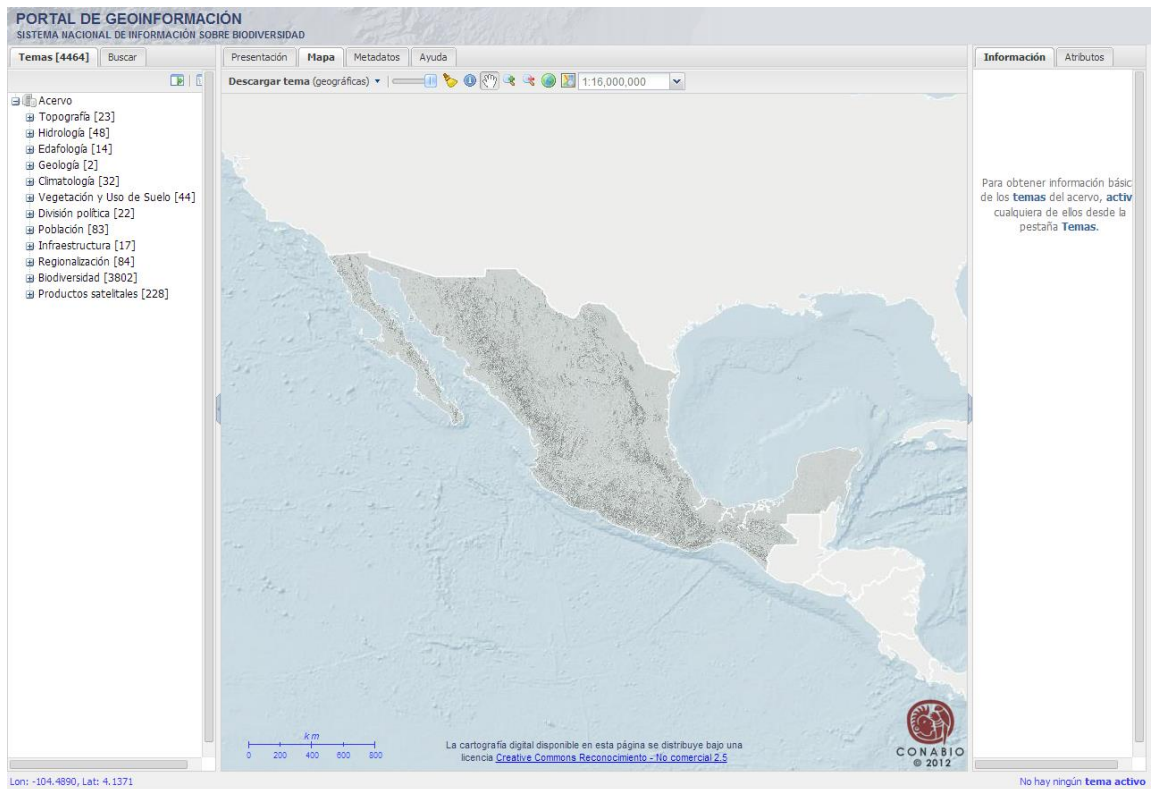


Ilustración 2.26 SIG CONABIO, Fuente:<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

En el Portal de Geoinformación (Ilustración 2.26) podemos encontrar una gran variedad de información disponible, la cual la puedes visualizar en su plataforma o de otra manera se puede descargar (*Metadatos*) para visualizarla en un SIG, a continuación se muestra un breve enlistado del material el cual puedes disponer:



Tabla 2.11 Inventario de Capas Geográfica de CONABIO

Temas	Subtemas		Limite	
Topografía	Terrestre	Población	Indígena	
	Marino		Infraestructura	Vías de Comunicación
Hidrología	Ríos			Puentes
	Regiones hidrológicas y cuencas	Regionalización	Económicas	
Edafología	Tipos de suelos	Biodiversidad	Monitoreo de manglares	
	Degradación de suelos		Distribución potencial	
	Regímenes de humedad		Especies en riesgo y prioritarias	
	Riesgo		Recursos biológicos colectivos	
Geología	Tipos de roca		Agrobiodiversidad y agroecosistemas	
Climatología	Precipitación		Colectores	
	Temperatura		Cartográfica de arrecifes	
	Radiación solar		Corredores biológicos	
	Insolación		Productos Satelitales	NSST (Temperatura Superficial del Mar Nocturno)
	Evapotranspiración			CHLO (Concentración de Clorofila)
Vegetación y Uso de Suelo	INF (Inventario Nacional de Gran Visión)			
División Política	Estatal			
	Municipal			
	Zonas Económicas			

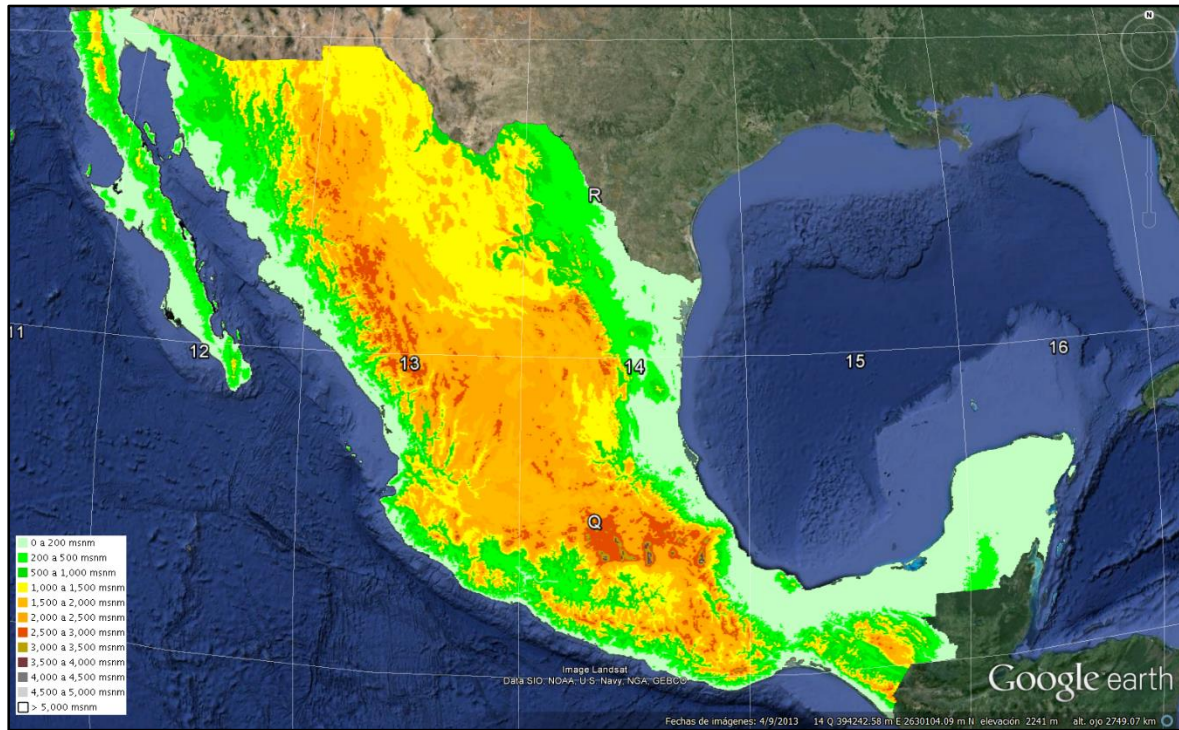


Ilustración 2.28 Topografía-Terrestres-Hipsometría (Google Earth)

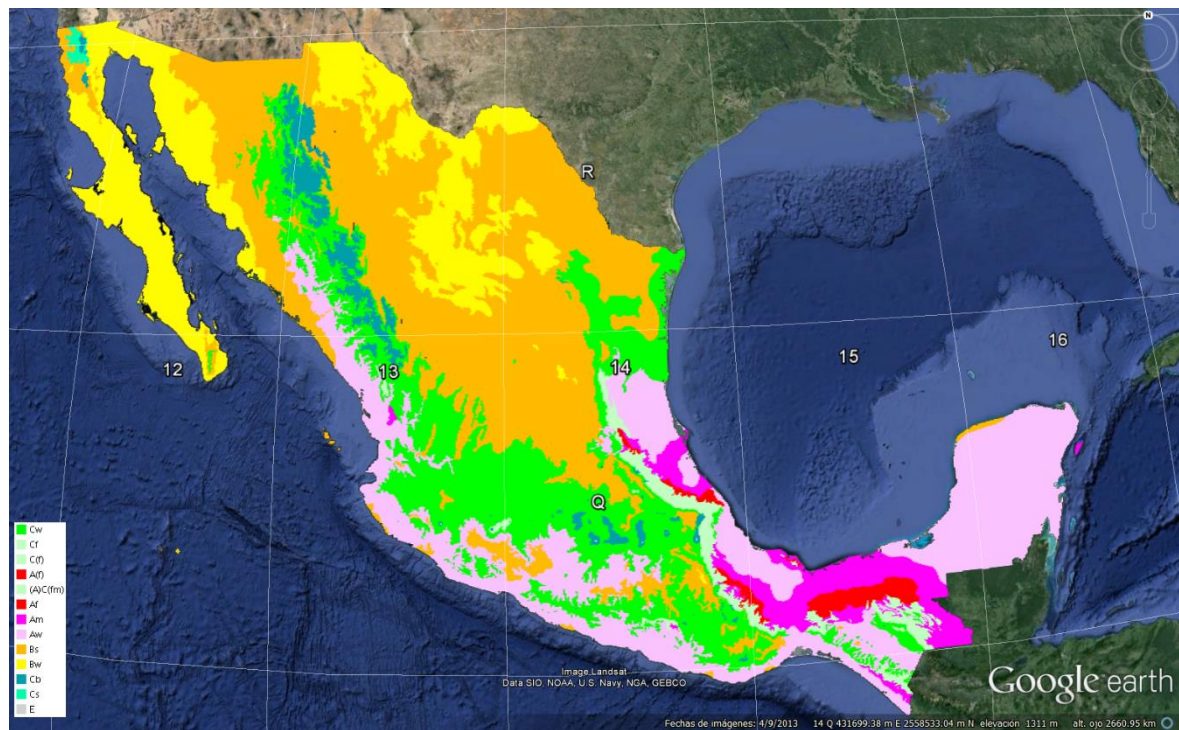


Ilustración 2.27 Climatología-Climas (Google Earth)

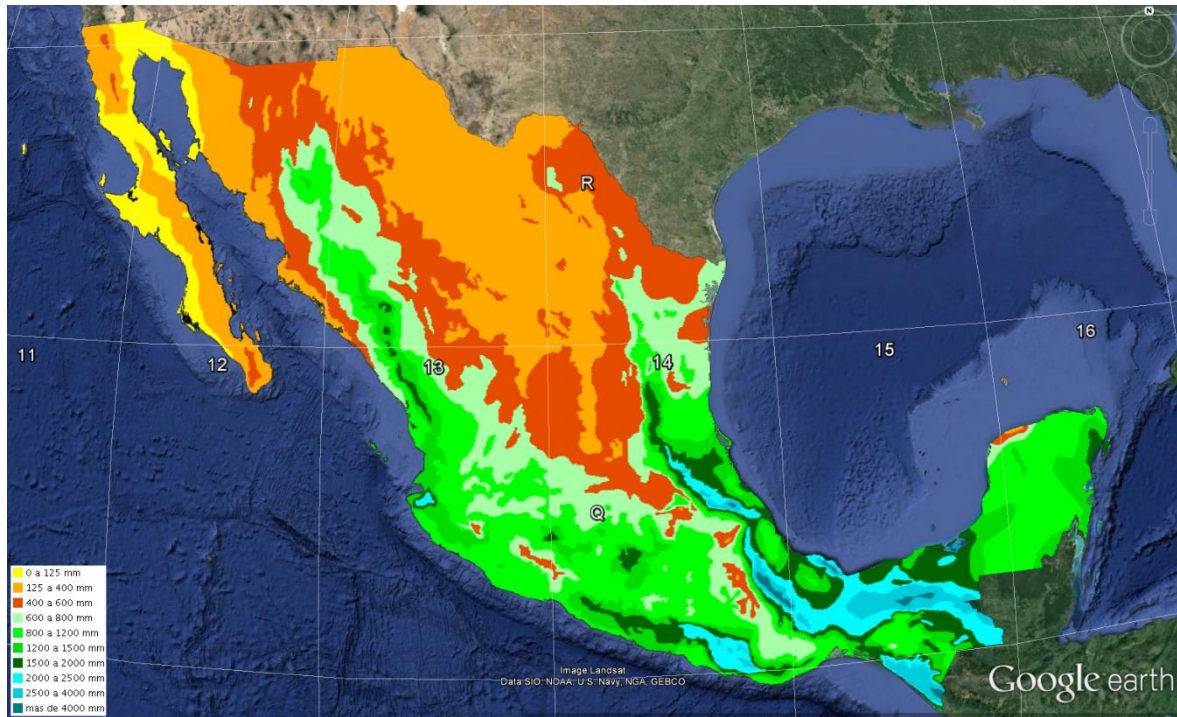


Ilustración 2.30 Climatología-Precipitación Media Anual (Google Earth)

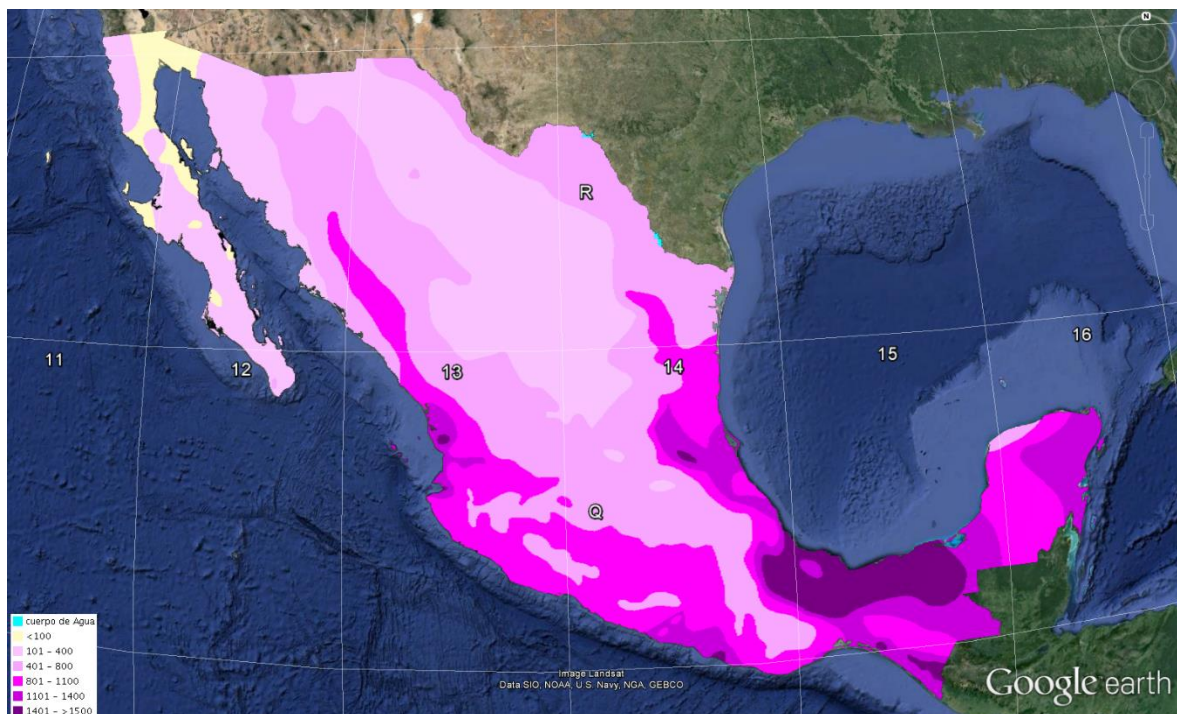


Ilustración 2.29 Climatología-Evapotranspiración (Google Earth)



2.3.3 Servicio Meteorológico Nacional (SMN)



El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El Servicio

Meteorológico Nacional, depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

Sus funciones principales son:

- Mantener informado al Sistema Nacional de Protección Civil, de las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas.
- Difundir al público boletines y avisos de las condiciones del tiempo, especialmente durante la época de ciclones, que abarca de mayo a noviembre.
- Proporcionar al público información meteorológica y climatológica.
- Realizar estudios climatológicos o meteorológicos.
- Concentrar, revisar, depurar y ordenar la información, generando el Banco Nacional de Datos Climatológicos, para consulta del público.

Para llevar a cabo sus objetivos el Servicio Meteorológico Nacional cuenta con una red de observación:

- Red sinóptica de superficie, integrada por 79 observatorios meteorológicos, cuyas funciones son las de observación y transmisión en tiempo real de la información de las condiciones atmosféricas.

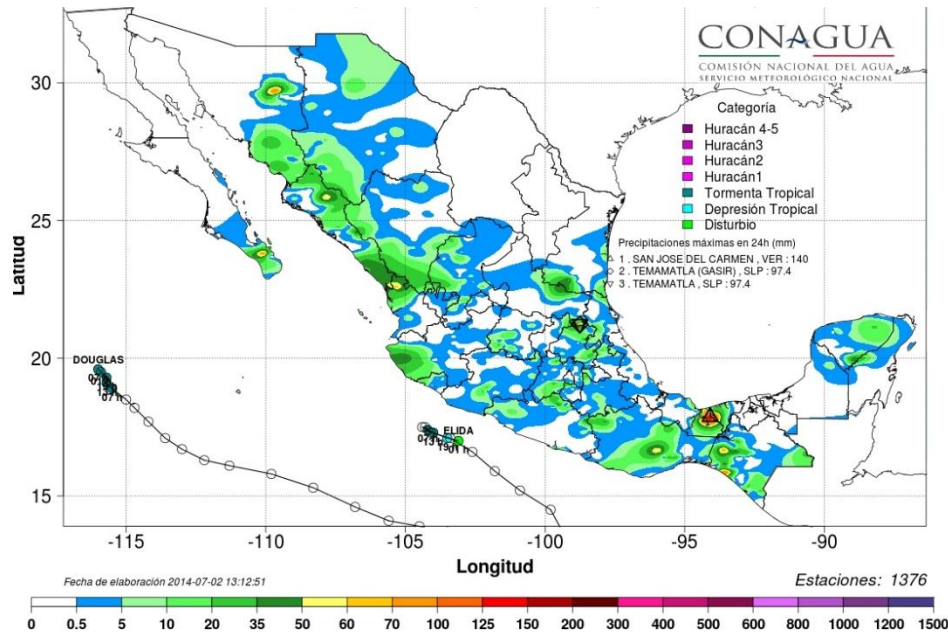


Ilustración 2.31 Precipitación Acumulada en 24h, 2-Jul-2014 , TT "Douglas"

Fuente:http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=112

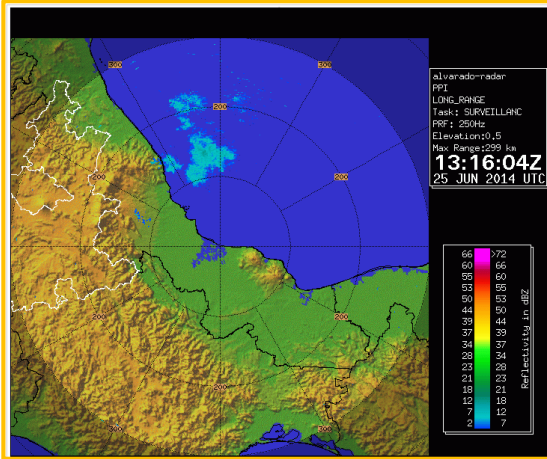
- Red sinóptica de altura. Consta de 16 estaciones de radio sonda, cuya función es la observación de las capas altas de la atmósfera. Cada estación realiza mediciones de presión, temperatura, humedad y viento mediante una sonda que se eleva por medio de un globo dos veces al día.

- Red de 13 radares meteorológicos distribuidos en el Territorio Nacional. Esta red comenzó a funcionar en 1993 y proporciona información continua que se recibe en el Servicio Meteorológico Nacional, vía satélite. Los radares permiten detectar la evolución de los sistemas nubosos (Ilustración 2.32).



Ilustración 2.32 Radares Meteorológicos Nacionales

Fuente:http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=84



Con la red de radares se puede conocerse la intensidad de la precipitación (lluvia, granizo o nieve), la altura y densidad de las nubes y su desplazamiento, así como la velocidad y dirección del viento, en un radio máximo de 480 Km alrededor de cada radar. Con la actual red de doce radares se cubre casi en su totalidad el Territorio Nacional.

Ilustración 2.33 Radar Meteorológico de Alvarado Con una estación terrena se reciben imágenes del satélite meteorológico *GOES-8*; con esta estación se reciben imágenes a cada 30 minutos de cinco diferentes bandas: una visible, tres infrarrojas y una de vapor de agua. Cada imagen cubre la región meteorológica número IV, la cual abarca México, Canadá, Estados Unidos, el Caribe y Centro América. Además, cada tres horas se recibe una imagen visible, otra infrarroja y una de vapor de agua, cubriendo el total del continente americano (Ilustración 2.34).

Las imágenes se utilizan para detectar, identificar y dar seguimiento a los fenómenos meteorológicos severos como tormentas, frentes fríos o huracanes. Por medio de las imágenes también se puede estimar la intensidad de la precipitación. Esta información es utilizada por los meteorólogos en la elaboración de sus pronósticos para cada región del país.

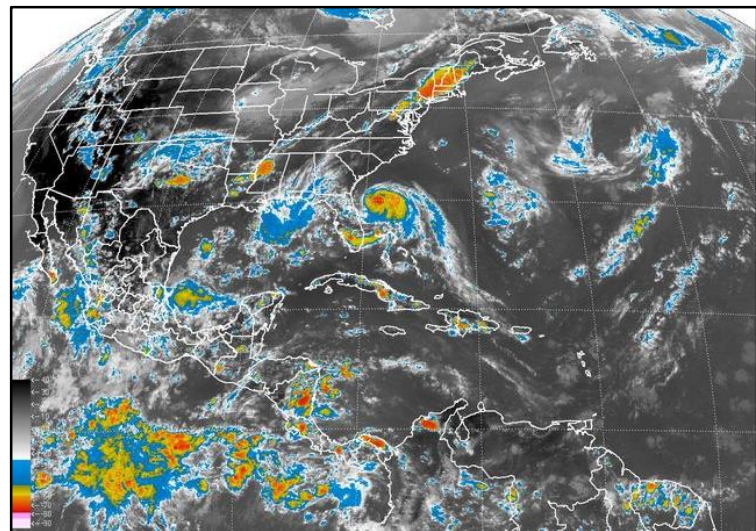


Ilustración 2.34 Imagen Satélite GOES Este, 2-Jul-2014

Fuente: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=85

Estación Meteorológica Automática (EMA)

Es un conjunto de dispositivos eléctricos y mecánicos que realizan mediciones de las variables meteorológicas de forma automática. Una Estación Meteorológica Automática, está conformada por un grupo de sensores que registran y transmiten información meteorológica de forma automática de los sitios donde están estratégicamente colocadas. Su función principal es la recopilación y monitoreo de algunas Variables Meteorológicas para generar archivos promedio de 10 minutos de todas las variables, esta información es enviada vía satélite en intervalos de 1 ó 3 horas por estación (Ilustración 2.38).

El área representativa de las estaciones es de 5 km de radio aproximadamente, en terreno plano, excepto en terreno montañoso.

Sensores que integran la Estación:

- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Presión atmosférica
- Temperatura y humedad relativa
- Radiación solar y
- Precipitación

188 EMAs instaladas en la República Mexicana con Transmisión Vía Satélite.

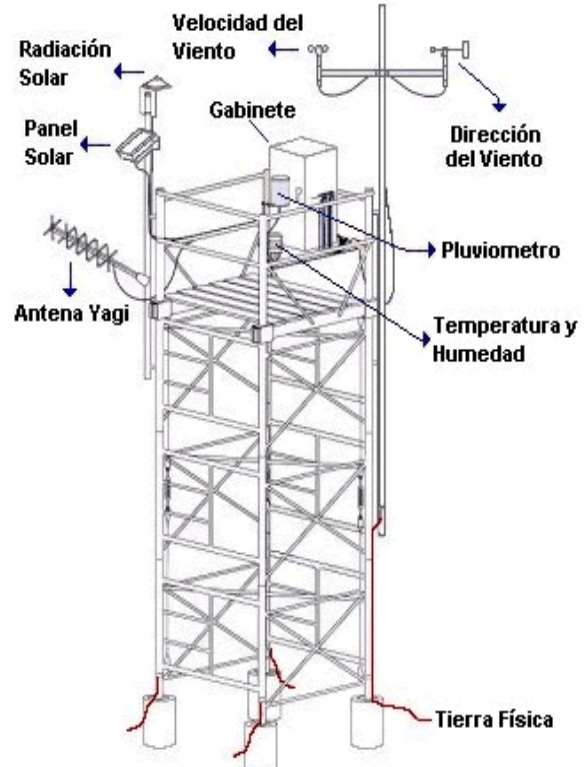


Ilustración 2.35 EMA, estructura tipo andamio

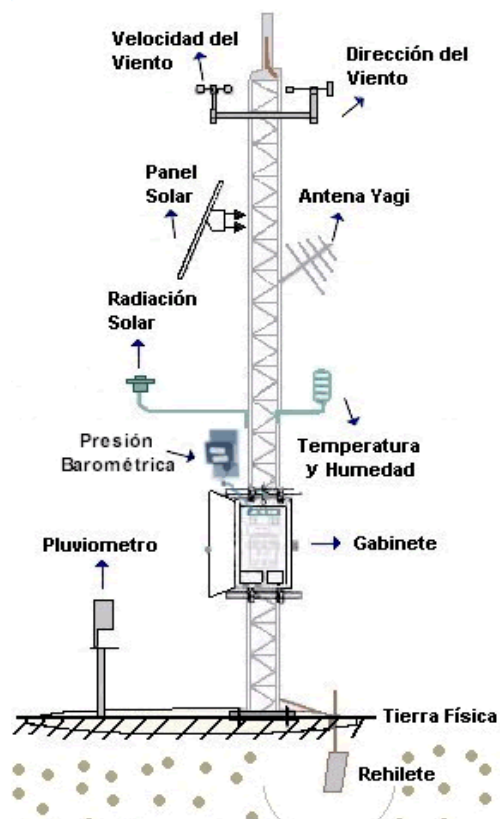


Ilustración 2.36 EMA, estructura tipo torre triangular

Estación Sinóptica Meteorológica (ESIME)

Una Estación Sinóptica Meteorológica es un conjunto de dispositivos eléctricos que realizan mediciones de las variables meteorológicas de manera automática. Generan una base de datos y generan un mensaje sinóptico cada tres horas.

Los mensajes sinópticos son reportes que se generan simultáneamente en cada uno de los observatorios cada tres horas y presentan información meteorológica de tiempo presente y pasado de manera codificada.

Actualmente la Red Nacional de Estaciones Sinópticas Meteorológicas cuenta con 30 sitios.

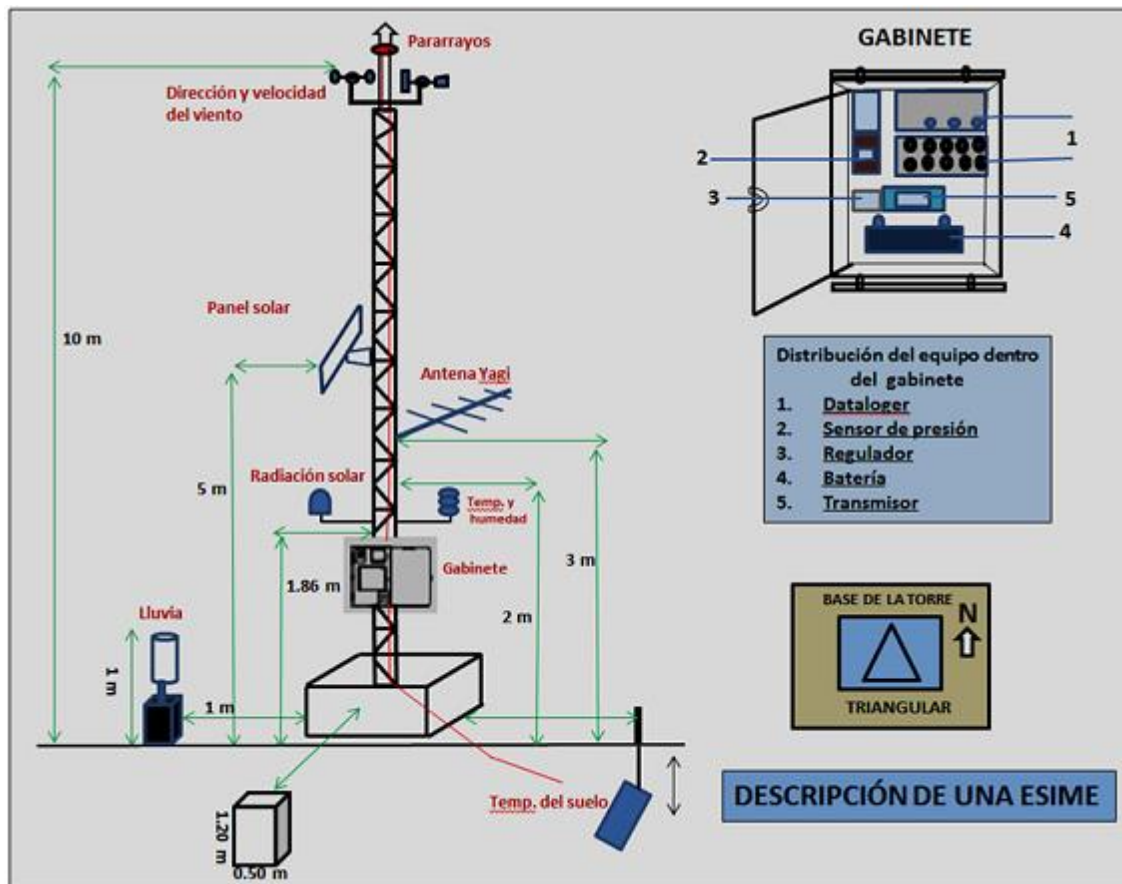
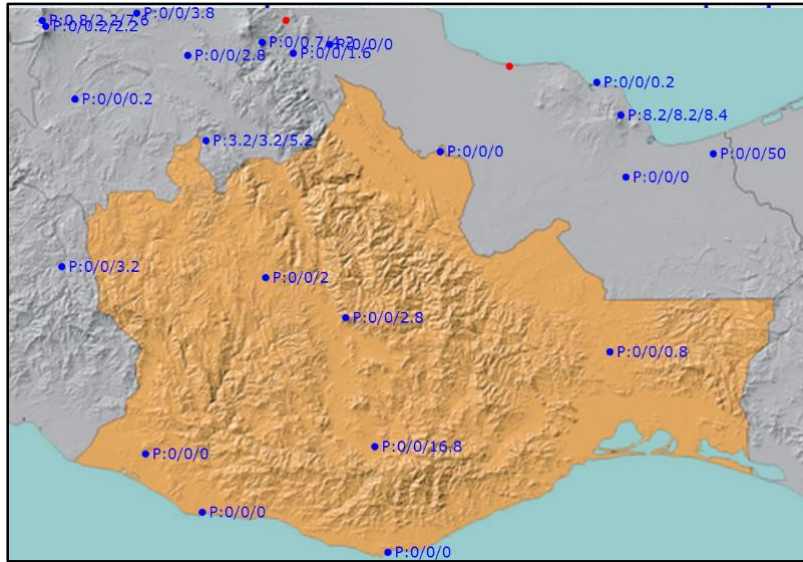


Ilustración 2.37 Estructura de una ESIME

84 ESIMEs instaladas en la República Mexicana con Transmisión Vía Internet.



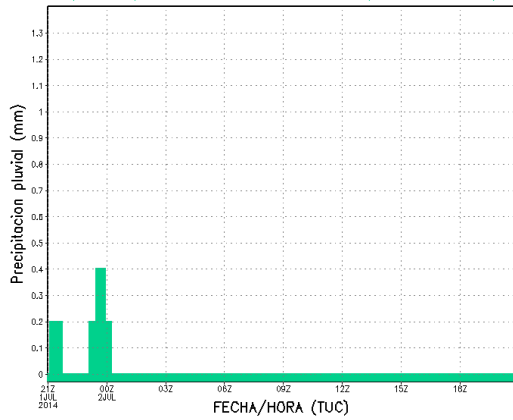
BENITO JUAREZ cada 10 min

Exportar a:

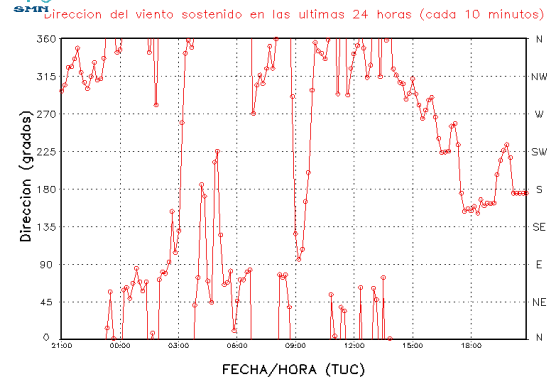
<input type="checkbox"/> Dir. Viento	<input type="checkbox"/> Dir. Ráfaga
<input type="checkbox"/> Vel. Viento	<input type="checkbox"/> Vel. Ráfaga
<input type="checkbox"/> Temperatura	<input type="checkbox"/> Hum. Relativa
<input type="checkbox"/> Presión Bar.	<input type="checkbox"/> Precipitación
<input type="checkbox"/> Rad. Solar	<input type="checkbox"/> Temp. Comb.
<input type="checkbox"/> Hum. Comb.	<input type="checkbox"/> Hum. Subsuelo
<input type="checkbox"/> Temp. Subsuelo	



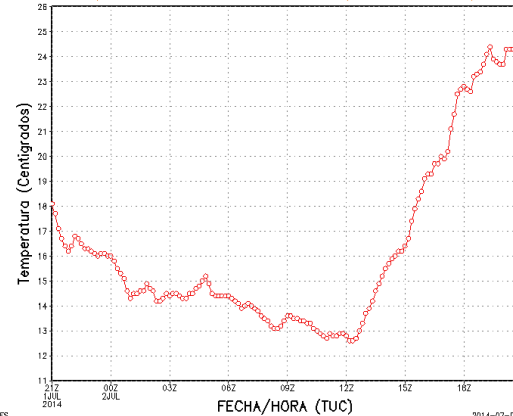
Estación: OX28 - BENITO JUAREZ, último dato: 02/07/2014 20:50 TUC
 Precipitación pluvial en las últimas 24 horas (cada 10 minutos)



Estación: OX28 - BENITO JUAREZ, último dato: 02/07/2014 20:50 TUC
 Dirección del viento sostenido en las últimas 24 horas (cada 10 minutos)



Estación: OX28 - BENITO JUAREZ, último dato: 02/07/2014 20:50 TUC
 Temperatura en las últimas 24 horas (cada 10 minutos)



Estación: OX28 - BENITO JUAREZ, último dato: 02/07/2014 20:50 TUC
 Presión atmosférica en las últimas 24 horas (cada 10 minutos)

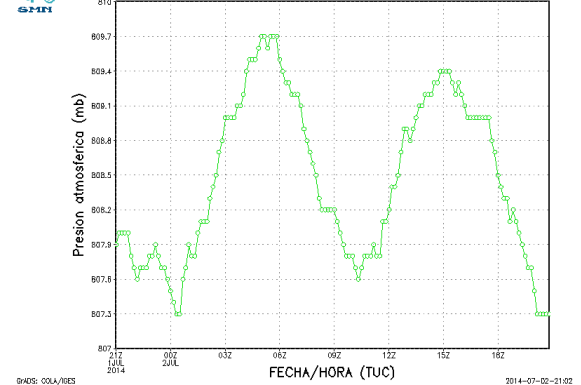


Ilustración 2.38 EMA "Benito Juárez"-Oaxaca, Fuente:<http://smn.cna.gob.mx/emas/>



2.4 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)



y con el apoyo del CICESE.

El Sistema CLICOM (CLImate COMputing) utiliza una base de datos de estaciones climáticas superficiales de México administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

CLICOM es un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas, las observaciones son diarias y representa los datos recopilados durante las 24 horas, finalizando a las 8:00 AM. Cada una de las diferentes estaciones del país contiene diferentes periodos de información, pero se pueden encontrar datos de 1920 a 2010.

El propósito del CLICOM es dar a conocer una herramienta web que procesa los datos diarios en su formato original (CLICOM Estaciones) y en un formato de malla (CICLOM en Malla), además de un CLICOM ciclones.

Las herramientas del CLICOM Estaciones permiten hacer gráficas:

- Ciclo anual
- Series de tiempo de temperaturas
- Precipitación
- Evaporación y
- Unidades de Calor

Y posteriormente descargarlas.

La visualización de las gráficas se hace seleccionando primero un estado del país (Ilustración 2.39) y luego una estación climática (Ilustración 2.40), o bien se hace una búsqueda de una estación por su nombre. También se pueden seleccionar las estaciones con más o menos de 25 años de datos.

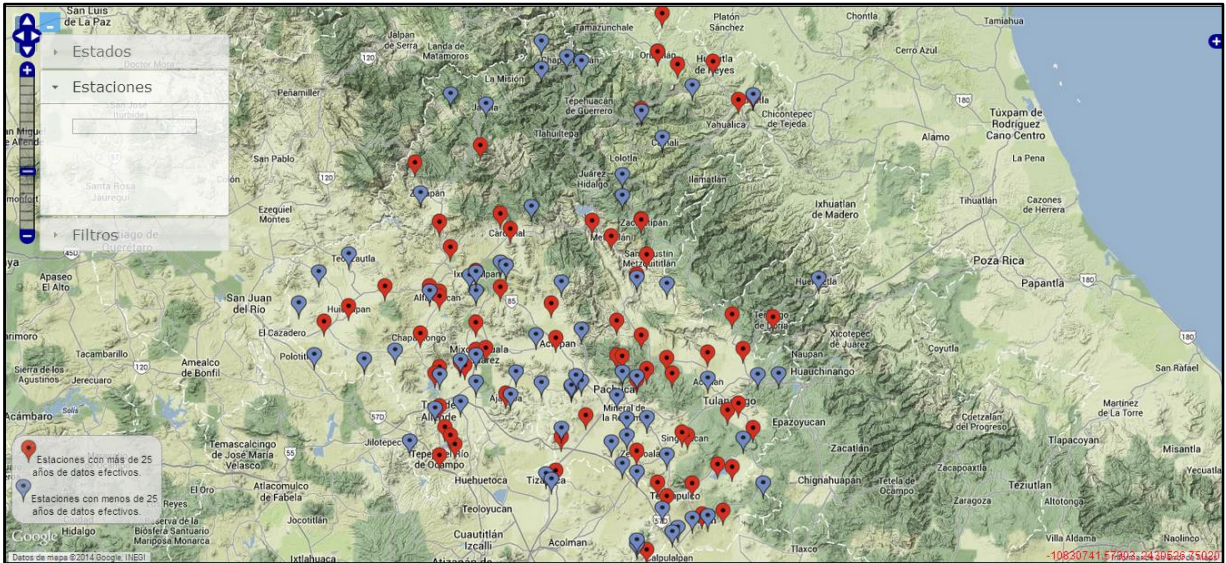


Ilustración 2.40 Estaciones Climatológicas del Estado de Hidalgo (CLICOM 2014)

Fuente: <http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html>

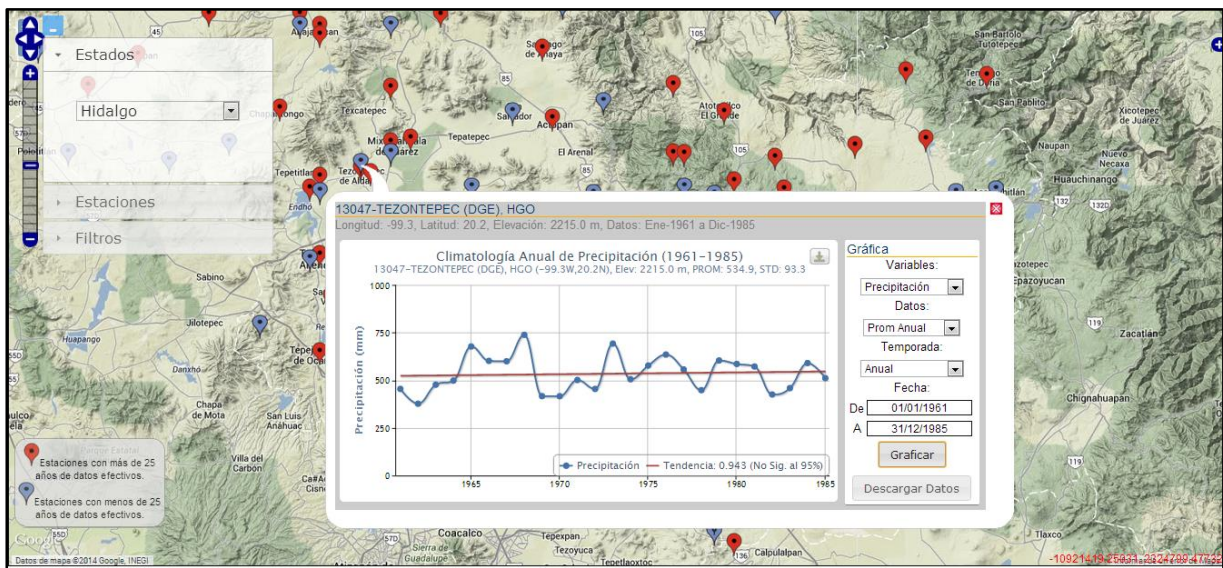
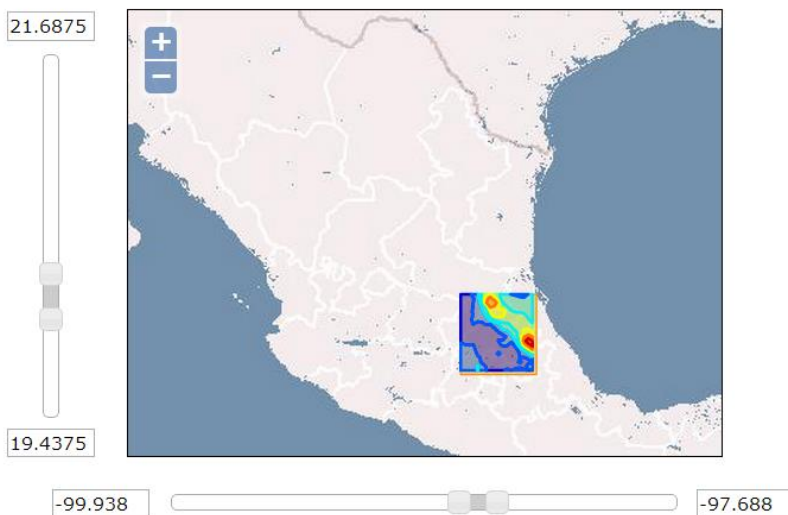


Ilustración 2.39 Grafica de Precipitación Promedio Anual (1961-1985) de la Estación Climatológica de Tezontepec de Aldama-Hidalgo

En el formato malla, en primera instancia se asigna la variable que queremos apreciar:

- Temperatura Máxima
- Temperatura Mínima
- Temperatura Promedio
- Precipitación y
- Unidades de Calor



Enseguida se selecciona el área a graficar (Ilustración 2.41), posteriormente el tipo de Climatología a graficar:

- Diaria
- Mensual
- Anual y
- Estacional

Ilustración 2.41 Selección del Área a Gráficas (CLICOM formato Malla 2013)

Fuente: <http://clicom-mex.cicese.mx/malla/index.php>

Finalmente se da la opción de graficar y forma una gráfica con las variables seleccionadas (Ilustración 2.42), las cuales se pueden descargar en datos como:

- nerCDF
- para Matlab y
- kml

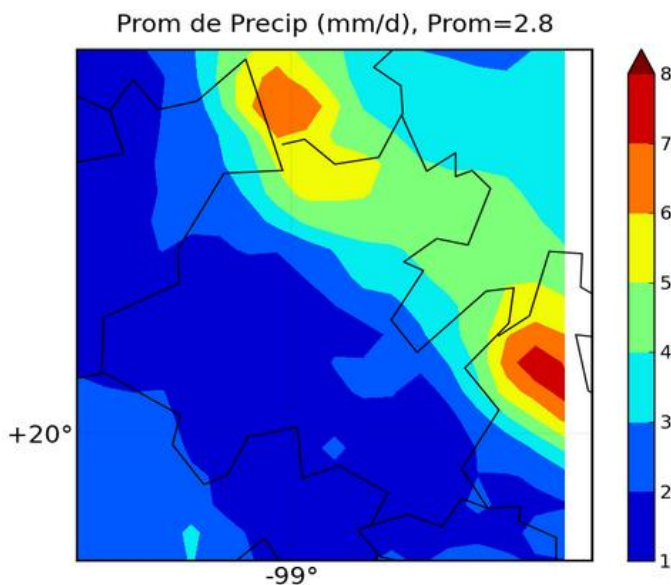


Ilustración 2.42 Gráfica de Precipitación Promedio del Estado de Hidalgo

2.5 Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)



La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene su origen funcional en la Secretaría de Estado y Derecho de Relaciones Exteriores e Interiores establecida el 8 de noviembre de 1821: Posteriormente, debido a las modificaciones efectuadas en el aparato de gobierno, las funciones relativas al ramo de comunicaciones y transportes se diseminaron entre varios organismos.

En 1857, se funda la Administración General de Caminos y Peajes como un primer intento por centralizar las funciones encaminadas a satisfacer las necesidades de comunicación en el ámbito nacional, el cual se ve consolidado el 13 de mayo de 1891, fecha en que se crea la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, misma que centralizó en forma definitiva tales funciones.

En 1925, se creó la Comisión Nacional de Caminos, el 1° de enero de 1928, la Oficina de Tránsito en los Caminos Federales, así como todo lo relacionado con el Autotransporte Federal para su legal explotación. Dicha oficina pasó a depender del Departamento de Caminos y Puentes de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. En febrero de 1931, se creó la Policía Federal de Caminos, (posteriormente Policía Federal de Caminos y Puertos) por acuerdo presidencial, con el objeto de vigilar el tránsito de vehículos en los caminos federales, como lo señala la ley.

El 1° de febrero de 1938, la Oficina de Tránsito se convirtió en Departamento. En 1939, se dotó al Departamento de Tránsito y policía de Caminos de un Reglamento Interior para su organización administrativa y funciones técnicas. Ya desde 1938, se inició la creación de Unidades Administrativas Foráneas, existiendo 13 Delegaciones y dos Subdelegaciones, que para 1940, quedaron integrados a la oficina de Delegaciones Foráneas.

El 11 de enero de 1951, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas se organizó en dos Subsecretarías denominadas: de Obras Públicas de Comunicaciones y Transportes respectivamente. En el mes de julio de 1953, se fundó la Escuela de la Policía Federal de Caminos, con el fin de formar elementos del cuerpo policiaco.

En 1959, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, se dividió, creándose la hoy llamada Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Para el desarrollo de la Infraestructura de México tiene como parte fundamental ciertos estudios o la recopilación de información específica previa poder proceder a iniciar cualquier proyecto relacionado con Comunicación y Transportes, ya sea estudios hidrológicos, geológicos, socioeconómicos o de impacto ambiental, para ello las SCT pone como disposición información digital recopilada como apoyo a la construcción.

Por ejemplo en su página podemos encontrar:

- *Disponibilidad de Bancos Materiales*, dividida por Estados, para la construcción y la conservación de las obras en las cuales interviene la SCT (2014).

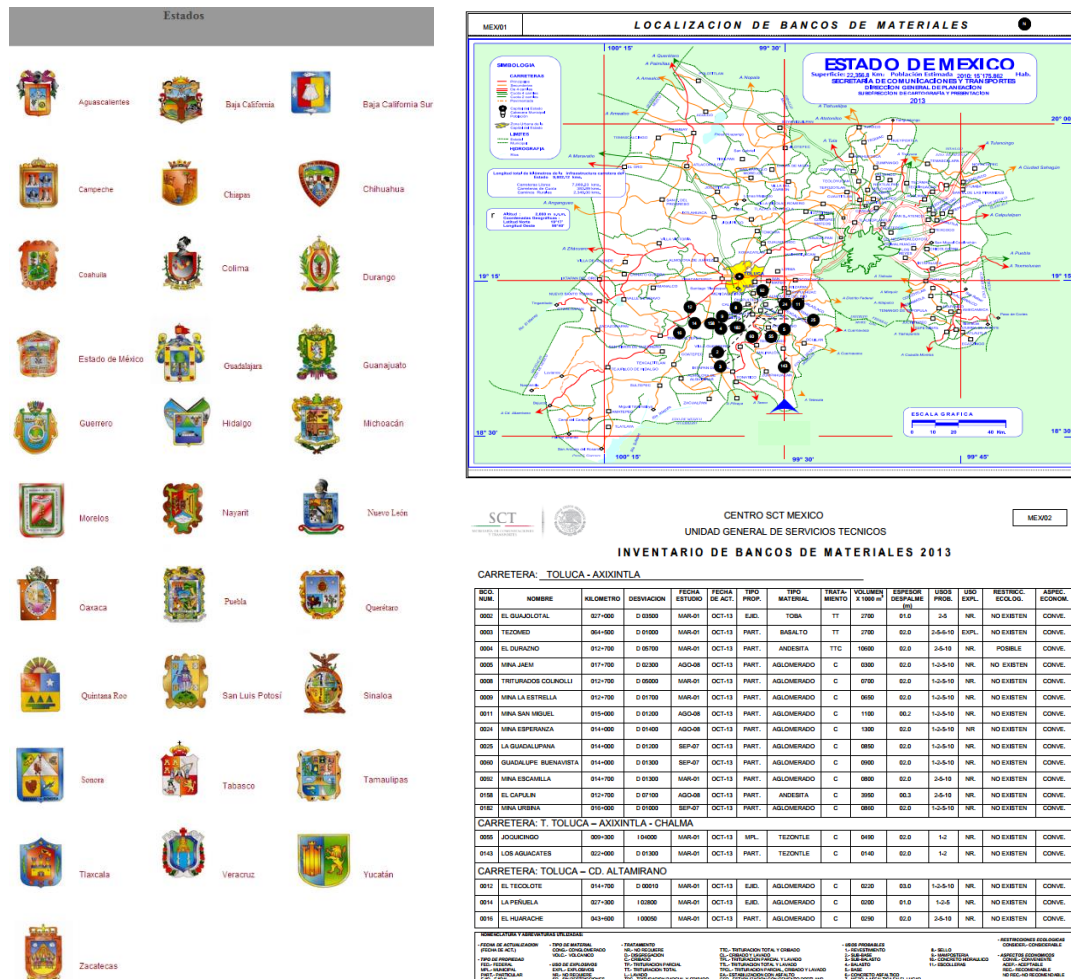
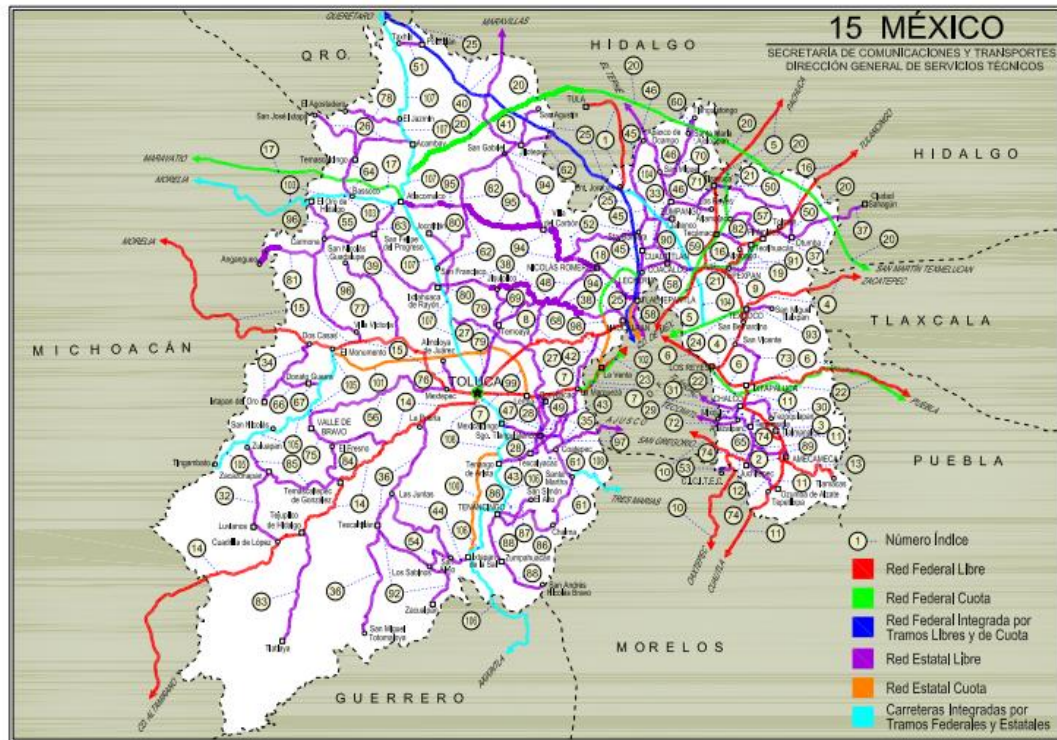


Ilustración 2.43 Banco de Materiales 2014 (SCT), Fuente: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/banco-de-materiales-2013/>

- *Datos Viales*, se pueden consultar por año y por estado (2004-2014).

Esta información está organizada por año que a su vez se puede consultar por Estado, dentro de ello se ilustra en forma numérica la amplia red carretera y datos recabados de cada una de las carreteras y caminos que las compone (Ilustración 2.24).



1 CARR: Ent. Jorobas - Tula		CLAVE: 00159												RUTA: MEX-087				AÑO: 2013			
LUGAR	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS							
		KM	TE	SC	TDPA	N	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3/4	OTROS	A	B	C	F'	D	LATITUD	LONGITUD
T. C. México - Querétaro (Cuota)	0.00	3	1	10353	1.5	79.5	2.4	6.9	0.8	3.8	2.5	1.7	0.9	81.0	2.4	16.6	0.092	0.501	19.833831	-99.243862	
T. C. México - Querétaro (Cuota)	0.00	3	2	10388	0.8	78.4	2.7	7.6	0.9	4.1	2.7	1.8	1.0	79.2	2.7	18.1	0.109	0.501	19.833831	-99.243859	
Lim. Edos. Term. Mex. Ppia. Hgo.	5.90																				
T. Der. Altonilco	21.50	1	1	5967	1.1	82.6	1.8	5.3	2.6	3.5	1.9	0.8	0.4	83.7	1.8	14.5	0.087	0.506	20.019284	-99.248054	
T. Der. Altonilco	21.50	1	2	5828	1.0	81.1	2.0	5.5	2.9	4.0	2.1	1.0	0.4	82.1	2.0	15.9	0.077	0.506	20.019285	-99.248048	
Tula de Allende	37.70	1	1	11862	0.8	85.4	2.5	3.2	1.4	3.0	1.7	1.0	1.0	86.2	2.5	11.3	0.073	0.509	20.054537	-99.306711	
Tula de Allende	37.70	1	2	11463	1.0	83.8	2.8	3.4	1.6	3.4	1.9	1.0	1.1	84.8	2.8	12.4	0.063	0.509	20.054535	-99.306708	

2 CARR: Libramiento de Amecameca		CLAVE: 00159												RUTA: MEX-115				AÑO: 2013		
LUGAR	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS						
		KM	TE	SC	TDPA	N	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3/4	OTROS	A	B	C	F'	D	LATITUD
T. C. Sta. Bárbara - Izucar de Matamoros	0.00	3	1	7211	1.3	83.4	2.4	6.3	2.3	2.3	0.9	0.5	0.6	84.7	2.4	12.9	0.093	0.522	19.143613	-98.778120
T. C. Sta. Bárbara - Izucar de Matamoros	0.00	3	2	7877	0.7	82.7	2.6	6.7	2.7	2.5	1.0	0.5	0.6	83.4	2.6	14.0	0.110	0.522	19.143631	-98.778089
T. C. Sta. Bárbara - Izucar de Matamoros	4.80	1	0	14524	1.0	76.2	1.6	7.5	2.5	7.5	1.9	1.3	0.5	77.2	1.6	21.2	0.083	0.506	19.114155	-98.781706

3 CARR: Libramiento de Talmanalco de Velázquez		CLAVE: 00159												RUTA: MEX-115				AÑO: 2013		
LUGAR	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS						
		KM	TE	SC	TDPA	N	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3/4	OTROS	A	B	C	F'	D	LATITUD
T. C. Sta. Bárbara - Izucar de Matamoros (Norte)	0.00	3	1	9157	1.4	87.7	1.0	3.9	1.9	1.5	1.2	0.5	0.9	89.1	1.0	9.9	0.107	0.512	19.204821	-98.820787
T. C. Sta. Bárbara - Izucar de Matamoros (Norte)	0.00	3	2	9615	1.3	86.6	1.1	4.4	2.1	1.7	1.3	0.5	1.0	87.9	1.1	11.0	0.122	0.512	19.204821	-98.820787
T. C. Sta. Bárbara - Izucar de Matamoros (Sur)	4.40	1	1	9155	0.9	83.7	2.3	6.9	2.2	2.5	0.5	0.7	0.3	84.6	2.3	13.1	0.083	0.504	19.190248	-98.802384
T. C. Sta. Bárbara - Izucar de Matamoros (Sur)	4.40	1	2	9016	1.0	81.7	2.6	8.1	2.3	2.8	0.5	0.7	0.3	82.7	2.6	14.7	0.075	0.504	19.190247	-98.802385

Ilustración 2.44 Datos viales del Estado de Hidalgo 2014 (SCT)

Fuente: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2014/>

- *Isoyetas*, recopilación de alturas máximas de lluvias de las estaciones pluviométricas del país, cubriendo aquellas regiones donde la información es muy escasa, con el fin de que los estudios hidrológicos tengan mayor precisión, y por consiguiente se proyecten y se construyan obras hidráulicas más seguras.

Cabe destacar que la información de isoyetas las podemos encontrar en intensidad de lluvia (mm, hr) y en altura de precipitación máxima en 24 horas (mm), en una combinación de diferentes periodos de retorno (10, 20, 25, 50, 100, 500, 1000 años) y duraciones (5, 10, 30, 60, 120, 240 min), como por ejemplo: isoyetas para el Estado de Baja California (Ilustración 2.45).

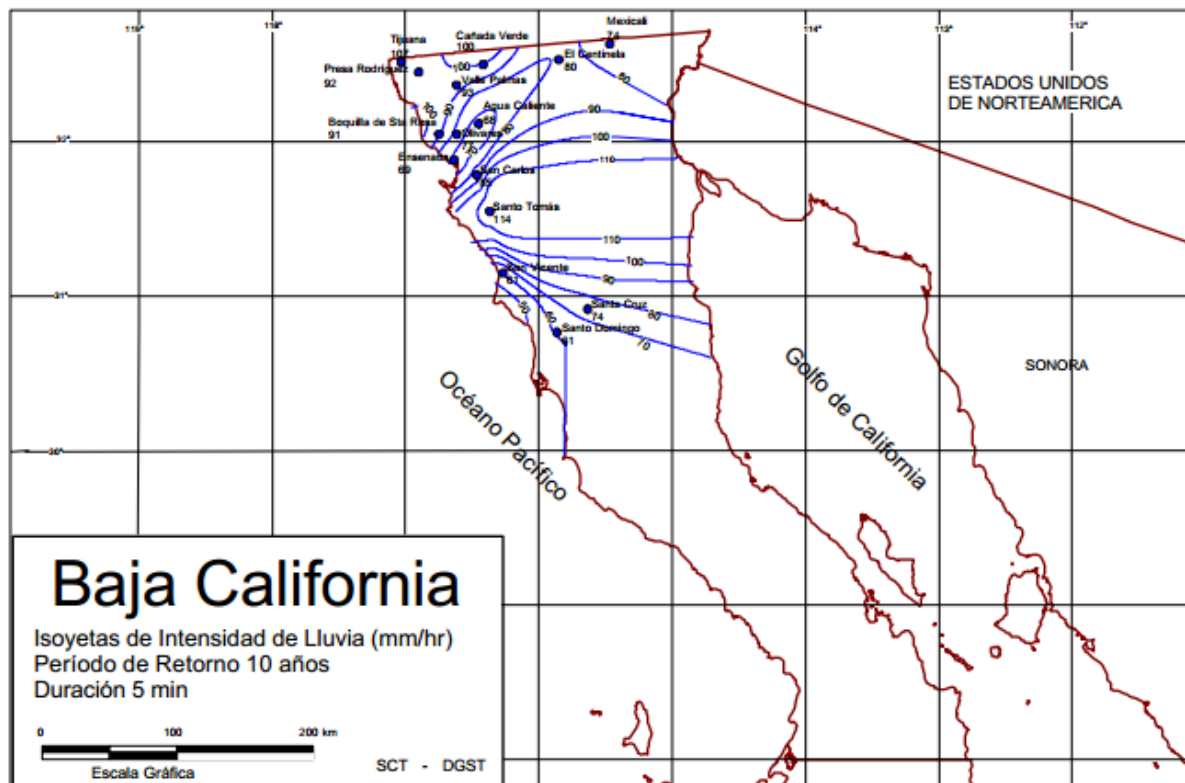


Ilustración 2.45 Isoyetas del Estado de Baja California (SCT)

Fuente: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/isoyetas/>



- *Origen y Destino*, para la elaboración de los programas de construcción de carreteras nuevas, de modernización y conservación de la red en operación requiere conocer las características de movimientos de bienes y personas que utilizan el transporte por carretera, con objeto de conformar una red convenientemente estructurada para atender con eficiencia la demanda del transporte en el país (2012-2013).

Esta información se puede encontrar por zonas y dentro de ellas por estaciones. En ello podemos encontrar el número de vialidades describiéndolas y proporcionando sus datos geográficos así como la descripción y datos de la estación, dentro del documento podemos encontrar información relevante como:

- a) Volumen de tránsito.
- b) Clasificación Vehicular.
- c) Promedio de Pasajeros por Vehículo y por Sentido.
- d) Promedio de Tripulantes por Tipo de Vehículo.
- e) Motivo del Viaje de los Automóviles.
- f) Camiones con Carga y sin Carga por Sentido.
- g) Toneladas Transportadas por Tipo de Producto y por Sentido.
- h) Distribución del Peso Promedio por Eje y por Tipo de Vehículo del Total de Camiones Registrados.
- i) Distribución del Peso Promedio por Eje y por Tipo de Vehículo del Total de Vehículos Cargados.
- j) Volúmenes de Tránsito por Ruta.
- k) Rutas Agrupadas por Ciudad de Origen.

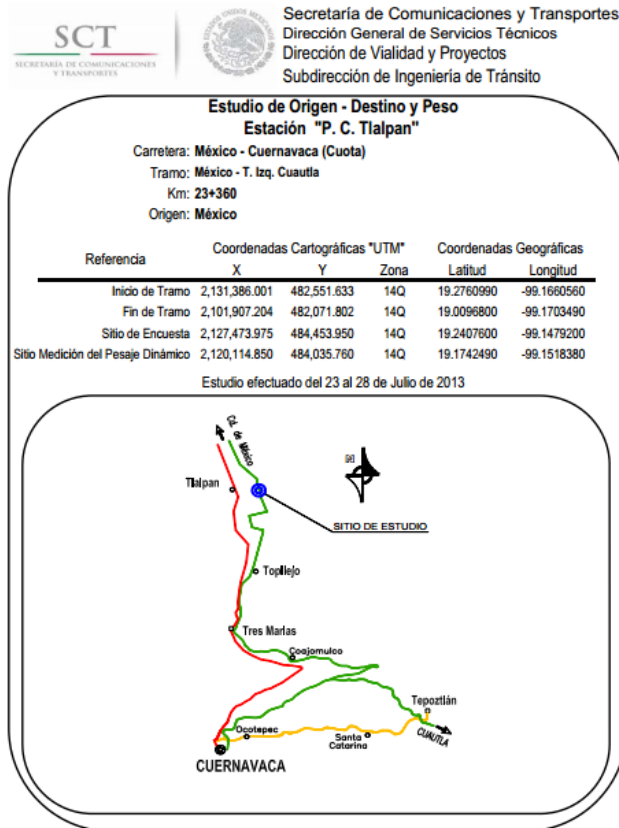


Ilustración 2.46 Estación: P.C. Feliciano 2014 (SCT)

Fuente: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/origen-y-destino/2013/>

- *Normas Oficiales Mexicanas*

- NOM-034-SCT2-2011 Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas
- NOM-036-SCT2-2009 Rampas de emergencia para frenado en carreteras
- NOM-037-SCT2-2012 Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas
- NOM-086-SCT2-204 Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales
- NOM-012-SCT2-2008 Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal
- NOM-008-SCT2-2011 Amortiguadores de impacto en carreteras y vialidades urbanas.

Fuente: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/normas-oficiales-mexicanas/>

- Longitud Red Federal

ENTIDAD	Lineal		Longitud (km) Equivalente					
	Total	Corredor	Básica	Secundaria	Total	Corredor	Básica	Secundaria
AGUASCALIENTES	344.39	71.44	102.49	170.46	481.55	161.53	131.42	188.60
BAJA CALIFORNIA	1,590.66	628.26	255.38	707.02	1,806.73	715.22	311.99	779.52
BAJA CALIFORNIA SUR	1,191.96	930.35	133.27	128.34	1,376.50	991.11	257.05	128.34
CAMPECHE	1,244.13	635.19	175.15	433.79	1,262.53	653.59	175.15	433.79
COAHUILA	1,480.64	473.73	582.91	424.00	1,882.32	750.31	626.59	505.42
COLIMA	285.21	48.30	125.83	111.08	361.66	98.90	147.38	115.38
CHIAPAS	2,140.21	381.80	1,292.75	465.66	2,486.12	659.25	1,350.01	476.86
CHIHUAHUA	2,111.42	304.00	749.83	1,057.59	2,588.42	608.00	826.83	1,153.59
DURANGO	1,923.03	271.05	447.22	1,204.76	2,021.13	299.75	487.87	1,233.51
GUANAJUATO	924.98	208.21	91.35	625.42	1,144.46	407.23	104.94	632.29
GUERRERO	1,906.29	0.00	843.11	1,063.18	1,983.07	0.00	893.60	1,089.47
HIDALGO	743.30	32.40	278.84	432.06	1,012.28	77.50	462.80	471.98
JALISCO	1,955.60	108.05	993.26	854.29	2,247.27	154.85	1,117.71	974.72
MEXICO	765.17	48.65	307.26	409.26	1,075.32	114.95	442.76	517.61
MICHOACAN	2,180.42	228.95	1,149.00	802.47	2,357.42	312.65	1,197.50	847.27
MORELOS	257.94	33.00	108.10	116.84	348.21	70.18	149.18	128.85
NAYARIT	765.68	111.46	261.32	392.90	818.47	111.46	298.35	408.66
NUEVO LEON	1,140.45	382.33	523.22	234.90	1,601.65	777.19	587.76	236.70
OAXACA	2,857.74	464.82	735.13	1,657.79	2,927.74	491.92	740.83	1,694.99
PUEBLA	1,005.96	203.82	420.00	382.14	1,042.86	232.12	427.80	382.94
QUERETARO	487.41	13.90	86.30	387.21	667.25	32.90	193.23	441.12
QUINTANA ROO	767.48	403.00	166.23	198.25	910.36	535.76	176.35	198.25
SAN LUIS POTOSI	1,601.94	661.22	99.06	841.66	2,017.83	949.52	168.12	900.19
SINALOA	820.17	305.50	456.20	58.47	1,116.86	547.30	505.39	64.17
SONORA	1,684.35	582.82	611.50	490.03	1,946.45	802.26	647.43	496.77
TABASCO	594.33	230.83	245.05	118.45	756.71	343.16	281.90	131.65
TAMAULIPAS	2,150.29	757.21	643.08	750.00	2,387.66	961.66	669.10	756.90
TLAXCALA	540.45	141.95	94.93	303.57	765.92	273.96	144.15	347.81
VERACRUZ	2,392.80	691.55	725.02	976.23	2,578.82	806.65	784.81	987.36
YUCATAN	1,308.68	150.37	335.55	822.76	1,608.17	399.16	344.85	864.16
ZACATECAS	1,488.05	224.96	791.99	471.10	2,087.87	363.69	1,182.87	541.31
TOTAL	40,651.11	9,729.11	13,830.33	17,091.68	47,669.60	13,703.72	15,835.70	18,130.18

Ilustración 2.47 Longitud Red Federal (SCT) Junio 2013

Fuente: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-conservacion-de-carreteras/longitud-red-federal/>

2.6 Comisión Federal de Electricidad (CFE)

La CFE cuenta con el Sitio de Monitoreo de Cuencas Hidrológicas, encontrándose información hidrométrica y climatológica de las estaciones localizadas en las cuencas de generación hidroeléctrica.



Ilustración 2.48 Mapa de las cuencas y presas con datos hidroclimatológicos en línea 2014 (CFE)

Fuente: <http://h06814.iie.org.mx/Cuencas/logon.aspx?ReturnUrl=%2fcuencas%2fPrincipal.aspx>

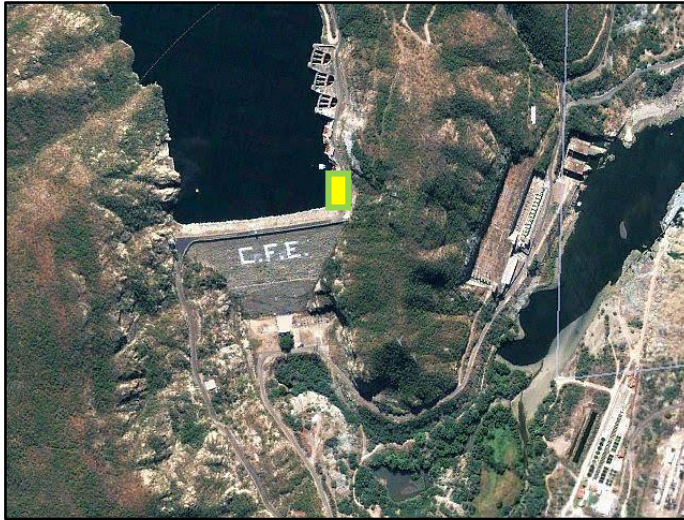
Entre las cuencas que CFE tiene monitoreando, se encuentran instaladas estaciones que miden niveles (m), gasto (m^3/s), precipitación pluvial (mm), velocidad del viento (m/s), temperatura ambiente ($^{\circ}C$), humedad relativa (%) y precipitación atmosférica (mb); también tiene monitoreando algunas presas hidroeléctricas del país (Tabla 2.12), midiendo además de los parámetros anteriores, el voltaje (V).

Tabla 2.12 Cuencas y presas monitoreadas por CFE

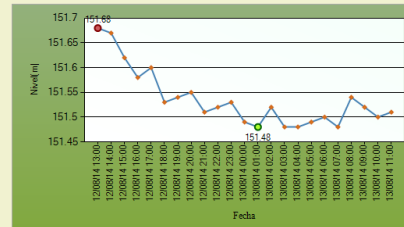
Cuencas	Presas	
Angostura	27 de Septiembre	Malpaso
Chicoasén	Aguamilpa	Mazatepec
Sistema Cutzamala	Bacurato	Mocúzari
El caracol	Cerro de oro	Novillo
Infiernillo	Chicoasén	Oviachic
Río yaqui	Comedero	Peñitas
Mazatepec	El cajón	Presa el bosque
Peñitas	Huites	Sanalona
Río fuerte	Humaya	Santa rosa
Temascal cerro de oro	La villita	Temascal
Río Santiago		



Ilustración 2.49 Cuenca Infiernillo y estaciones



Fecha	Nivel (m)
12/08/14 13:00	151.68
12/08/14 14:00	151.67
12/08/14 15:00	151.62
12/08/14 16:00	151.58
12/08/14 17:00	151.6
12/08/14 18:00	151.53
12/08/14 19:00	151.54
12/08/14 20:00	151.55
12/08/14 21:00	151.51
12/08/14 22:00	151.52
12/08/14 23:00	151.53
13/08/14 00:00	151.49
13/08/14 01:00	151.48
13/08/14 02:00	151.52
13/08/14 03:00	151.48
13/08/14 04:00	151.48
13/08/14 05:00	151.49
13/08/14 06:00	151.5
13/08/14 07:00	151.48
13/08/14 08:00	151.54
13/08/14 09:00	151.52
13/08/14 10:00	151.5
13/08/14 11:00	151.51



Fecha	Voltaje (v)
12/08/14 13:00	12.7
12/08/14 14:00	12.9
12/08/14 15:00	13
12/08/14 16:00	12.9
12/08/14 17:00	12.5
12/08/14 18:00	12.4
12/08/14 19:00	12.4
12/08/14 20:00	12.3
12/08/14 21:00	12.3
12/08/14 22:00	12.3
12/08/14 23:00	12.2
13/08/14 00:00	12.2
13/08/14 01:00	12.2
13/08/14 02:00	12.2
13/08/14 03:00	12.2
13/08/14 04:00	12.1
13/08/14 05:00	12.1
13/08/14 06:00	12.1
13/08/14 07:00	12.1
13/08/14 08:00	12.1
13/08/14 09:00	12.1
13/08/14 10:00	12.1
13/08/14 11:00	12.2

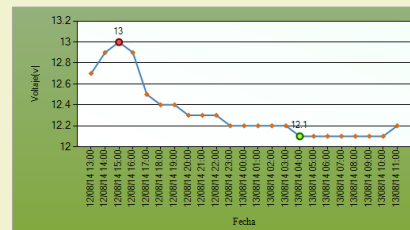


Ilustración 2.50 Niveles y Voltaje de la estación Infiernillo (2014)





3. DESARROLLO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

El crecimiento de bases de datos de información geoespacial y en conjunto con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha incrementado notablemente en estos últimos años, gracias a que son un medio de integración de información que ayuda a orientar y a entender algunos de los problemas con mayor impacto, a los que se enfrenta el mundo actual.

Desde tal inicio de los datos que llegaron a dar nacimiento a los SIG, hasta los días del nuevo milenio donde podemos navegar alrededor de todo el mundo a través de una computadora o un dispositivo móvil, ha sido el medio más utilizado como representación del mundo y nos ha auxiliado para estudiar al medio en el que vivimos, visualizar y medir su entorno, además de que nos ha permitido entender los fenómenos con los que vivimos.

Principalmente, en Ingeniería la información geoespacial le abre la posibilidad, como herramienta, para efectuar acciones que nos permitan vivir con el medio en armonía, haciendo obras que nos custodien del exterior de eventos extraordinarios que actualmente en México se presentan.

3.1 Entorno Internacional al Desarrollo Geográfico y Cartográfico Nacional

El desarrollo de la base de datos con información global y el intercambio o transferencia de información se logrará con la participación coordinada de múltiples organizaciones encargadas de generar y actualizar los datos. Así también, en forma coordinada, se establecerán y aplicarán estándares internacionales para la generación y procesamiento de datos. Actualmente, existen esfuerzos encaminados para estandarizar, por ejemplo, el Grupo de Trabajo sobre Estándares para Transferencia Cartográfica Digital de la Asociación Cartográfica internacional (ICA).

Un caso en concreto es el trabajo del Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC) de los Estados Unidos, que utiliza una sola nomenclatura y un conjunto en común de definiciones y estándares, trabajo orientado a la creación de su infraestructura nacional de datos espaciales con un enfoque global. Estos estándares son seguidos por otros países, entre ellos México.

En un ambiente globalizador, en el que se requiere la interacción institucional y el máximo aprovechamiento de la información disponible en formato digital en México, el INEGI habrá de ser una institución de primer orden para organizar, coordinar y poner en operación una Infraestructura Nacional de Datos Espaciales de amplio aprovechamiento. Esta iniciativa del INEGI de estandarizarse le permitirá, posteriormente, integrar su participación en esfuerzos similares a la conformación de una Infraestructura Regional de Datos Espaciales aplicable a las Américas y luego su inscripción en la Infraestructura Global de Datos Espaciales de cobertura mundial.

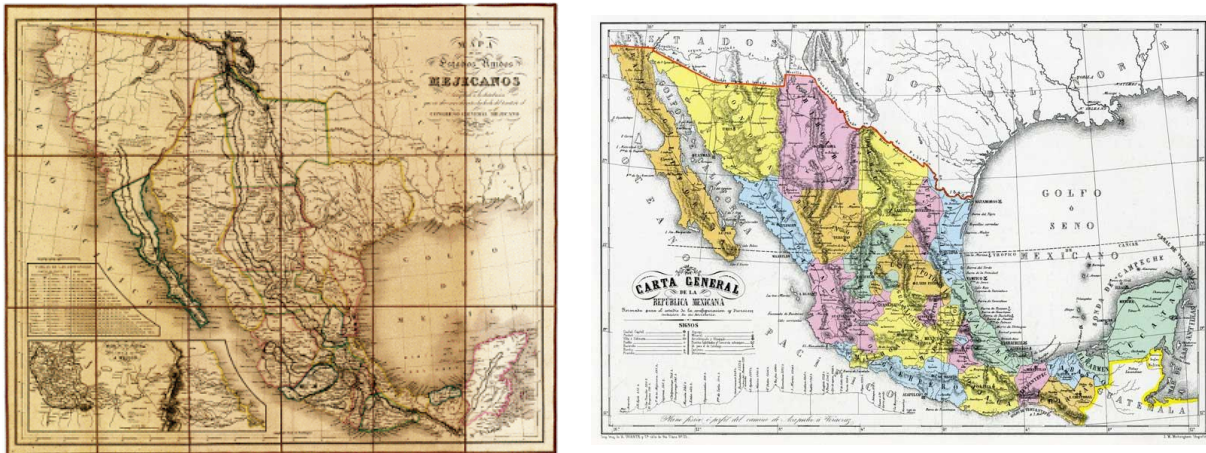


Ilustración 3.1 Cartas de la República Mexicana

3.2 Adelanto Tecnológico en el Desarrollo de los Proyectos de Ingeniería Civil

Para la búsqueda de soluciones a los problemas de importancia mundial y regional es indispensable contar con información sobre índices socioeconómicos y de los recursos naturales de nuestro planeta.

En particular, esta última información se deberá tener referenciada geográficamente a un sistema de coordenadas para poder consultar, analizar y predecir los fenómenos que ocurren en el nivel global y regional, por ejemplo, la localización de áreas críticas en cuanto al agotamiento de recursos como el agua, suelo y vegetación, ubicación más adecuada de zonas de depósito de desperdicios y manejo de aguas residuales y la información necesaria para el diagnóstico, estudio y prospectiva de múltiples fenómenos socioeconómicos.



Por otra parte, el país, por su situación geográfica, clima, orografía, hidrología, suelos y vegetación, cuenta con una variedad de condiciones ecológicas, algunas de ellas únicas, que reflejan la riqueza de su biodiversidad.

La atención de la problemática ambiental requerirá el concurso de todos los sectores de la sociedad en la aportación de medidas y soluciones; la intervención de varias disciplinas, entre ellas la Geografía y las Ingenierías, esenciales para afrontar los retos ecológicos que se heredarán a las futuras generaciones, mediante las diversas técnicas y fuentes, como la percepción remota a través de imágenes de satélite, bases de datos georreferenciados y Sistemas de Información, se estará en posibilidades de monitorear y evaluar con detalle las condiciones del medio ambiente.

Los proyectos por atender hacia el nuevo milenio serán los relacionados con la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, búsqueda de nuevas oportunidades de desarrollo rural, ordenamiento ecológico, reducción y manejo seguro de residuos peligrosos y promoción de un desarrollo urbano más equilibrado.

En este contexto, un ordenamiento del territorio es necesario como instrumento orientado a arbitrar los distintos usos posibles del espacio geográfico para permitir un buen funcionamiento de la economía y procurar a la población un marco de vida favorable a sus actividades mediante la explotación sustentable de los recursos.

En los años por venir debería de existir una confluencia en el conocimiento para obtener un enfoque integral que relacione las verdaderas connotaciones políticas, económicas, sociales y ambientales con instrumentos que involucren cuestiones de protección al medio, abasto de servicios, seguridad en la tenencia de la tierra, desarrollo regional, y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de su uso y capacidad.

Para llevar a cabo esas tareas será necesario información cartográfica, estadística, económica y social relacionada con la población y los recursos naturales, que junto con la utilización de las tecnologías SIG y de percepción remota, permitirán realizar estudios más detallados. El conocimiento geográfico brindará a los proyectos de ordenamiento territorial, información básica para la ubicación de fuentes de abastecimiento, áreas factibles de asentamiento

urbanos, espacios idóneos para el abastecimiento de servicios, industria, comercio, determinación de zonas de riesgo sísmico, volcánico, inundaciones, sequías, así como de diversos fenómenos meteorológicos.

3.3 Perspectiva del Avance Tecnológico para los próximos años.

Desde que el hombre tuvo la necesidad de comunicar el sentido de lugar de los elementos que lo rodeaban, se enfrentó en primera instancia a uno de los mayores retos de la cartografía: la representación de un mundo esférico en formas planas.

El reto de la cartografía del tercer milenio consiste en aprovechar las comunicaciones electrónicas y los avances informáticos, para que la información del medio en que se desarrolla el hombre sea accesible con mayor oportunidad y esto se traduzca en su bienestar.

En la actualidad, los sensores fotográficos, los barredores uni y multiespectrales, la videografía y el radar, principalmente, proporcionan información, en su mayoría digital, que permita registrar la densidad y la calidad de la vegetación, la contaminación de cuerpos de agua, la ubicación de zonas mineralizadas, las diferentes unidades de suelo, la configuración de las trazas urbanas y los fenómenos meteorológicos que tienen impacto en la sociedad.

La capacidad de tele observación tuvo importante impacto cuando en la primera década del siglo XXI se agregaron cerca de 100 satélites a la configuración de la constelación actual.

La frecuencia con la cual se podrá observar el territorio deberá ser también un aspecto en que los sensores remotos habrán de competir. En esta amplia oferta de información cada vez más precisa y con mayor contenido, el usuario tendrá la posibilidad de emplear imágenes digitales georreferenciadas en complemento a los tradicionales mapas.



Ilustración 3.2 Avance tecnológico para la creación de información geoespacial.

La variada información que proporciona la percepción remota hace posible la gestión de los recursos terrestres y el ordenamiento del terreno dentro de la filosofía del desarrollo sustentable.

Entre las principales necesidades de información que se tiene sobre el medio ambiente y a las cuales la percepción remota ocupa un lugar estratégico esta la naturaleza de los recursos forestales, localización de zonas agrícolas, ubicación de regiones ganaderas, distribución de los recursos pesqueros, prevención y mitigación de los desastres naturales, regulación de tenencia de la tierra, situación de los recursos hidráulicos y la observación de fenómenos meteorológicos.

En consecuencia, el nuevo siglo será testigo del esfuerzo por establecer relaciones efectivas y sostenidas de operación y dependencia entre ambos tipos de información, del fomento a su desarrollo y aplicaciones, y de la difusión de sus logros y resultados, en un ambiente en que se tendrá que hablar cada vez más de información geo-estadística y no necesariamente de información geográfica por separado.

En este contexto el INEGI actualmente hace uso de VANT o "drones" en tareas geoespaciales, principalmente en levantamientos Aero-fotogramétricos de Ortofotos y Modelos Digitales de Elevación (MDE). La contribución con el uso de VANT serán en corto plazo de gran importancia, desempeñando un papel preponderante, por su versatilidad en la temporalidad y procesamiento de la información, esto dará la opción de garantizar y asegurar la calidad de la base fundamental de la información geoespacial.



Ilustración 3.3 INEGI, Secretarías y Organismos Gubernamental en uso de "VANTs" para llevar a cabo sus tareas.

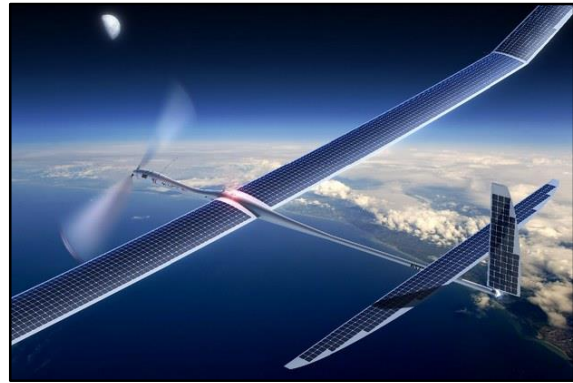


Ilustración 3.4 VANTs alternativa al uso de satélites para la generación de información geoespacial.



4. CASO DE APLICACIÓN: PROYECTO DE HIDROLOGÍA

En proyectos de Ingeniería, como en Hidrología, es elemental antes de proceder a realizarse, en caso particular en cuencas hidrográficas, consultar la información que frecuentemente se solicita para estudiar el escenario de interés, examinando características como escalas, atributos, margen de exactitud, versiones, fecha de actualización, periodos de datos, etc. Además del formato en que se dispone para su procesamiento.

Obteniendo la información conveniente, se facilita la descripción fisiográfica de la cuenca en estudio, analizar la frecuencia de los eventos meteorológicos que la acontecen y la respuesta que esta tendría ante ellos, así como estimar el volumen, tiempo y velocidad del agua que circula a través de la cueca y del cauce principal.

Se escogió para este estudio el caso de la cuenca del río Santa Catarina el cual forma parte la zona metropolitana de Monterrey.

4.1 Planteamiento del Problema

Para la realización de un estudio fisiográfico e hidrológico, es necesario contar con información topográfica y registros hidrológicos con características de escala y de detalle respectivamente, según sea la necesidad de acuerdo a los objetivos del estudio, así como el grado de exactitud que se requiera alcanzar.

4.2 Datos

A continuación una lista, de los datos necesarios para un estudio relacionado a Cuencas Hidrológicas.

a) INEGI

- Cartas Topográficas (1: 1,000,000 , 1: 250,000 , 1:50,000 , 1:20,000)
- Modelos Digital de Elevaciones, Tipo LiDAR (1:10,000)
- Censos
- SIATL (Cuenca de Estudio)
- Geología
- Climas



- Uso de suelo y Vegetación
 - Geología
- b) CONABIO
- Organismos de Cuenca
 - Regiones Hidrológicas
 - Sub Regiones Hidrológicas
 - Entidades Federativas
 - Municipios
- c) CONAGUA
- Ríos Principales
 - Ríos 1:50,000
- d) CLICOM
- Estaciones Climatológicas
- e) BANDAS
- Estaciones Hidrométricas

4.3 Recopilación de cartas topográficas

Cartas Topográficas 1:1,000,000

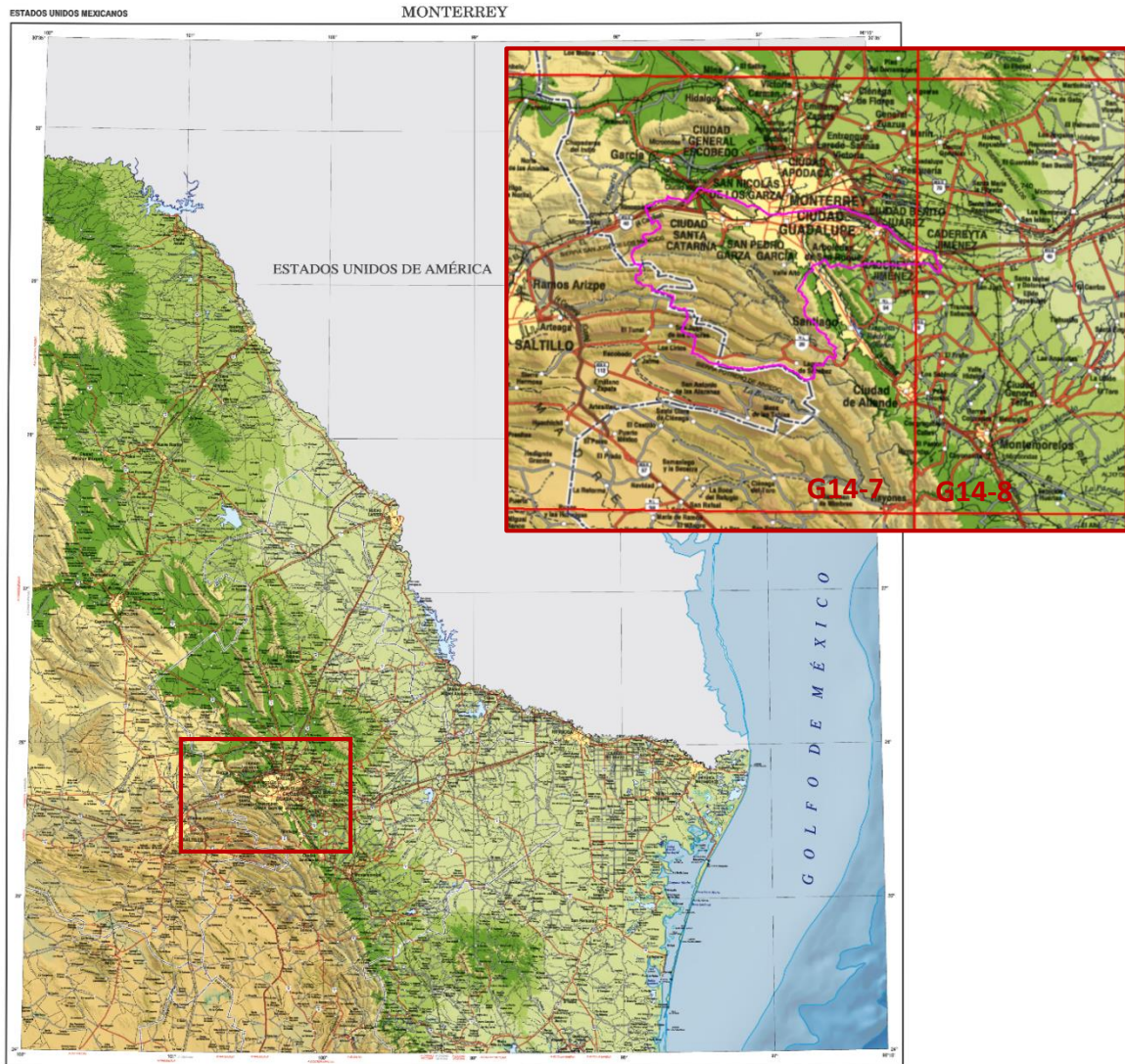


Ilustración 4.1 Carta de Monterrey 1:1,000,000, Cuenca del río Santa Catarina e índice de cartas 1:250 000

La cuenca del río Santa Catarina, se encuentra en el Estado de Nuevo León, visitando las entidades de Santiago, San Pedro Garza García, Santa Catarina, Monterrey, Guadalupe y Cadereyta Jiménez.

Cartas Topográficas 1:250,000

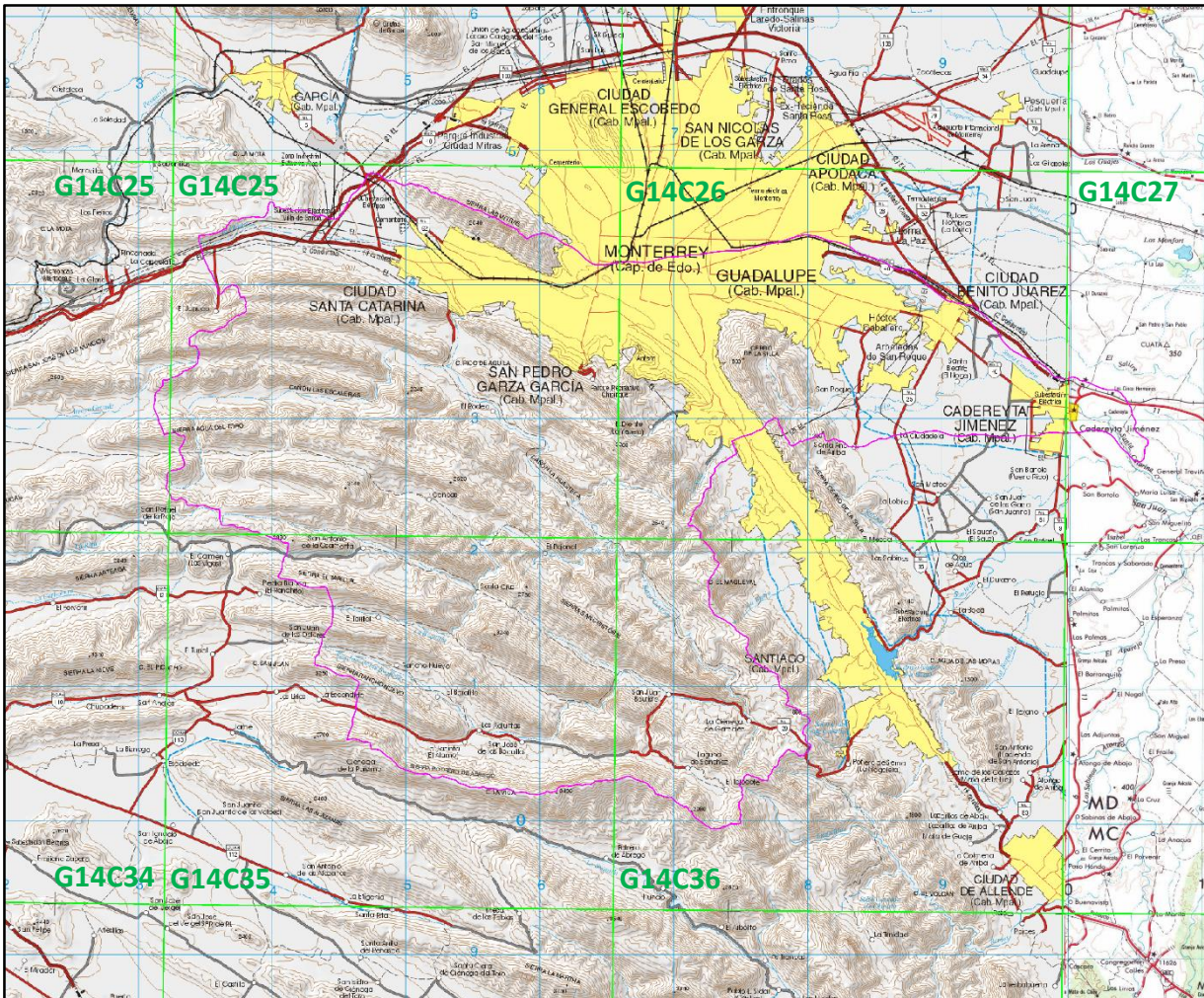


Ilustración 4.2 Cartas G14-7 y G14-8, Cuenca del río Santa Catarina e índice de cartas 1:50,000

Se encuentran como ríos intermitentes San José de las Boquillas y La Boquilla, tributarios de río Santa Catarina, aguas abajo se une otro tributario intermitente, Indito.

Cartas Topográficas 1:50,000

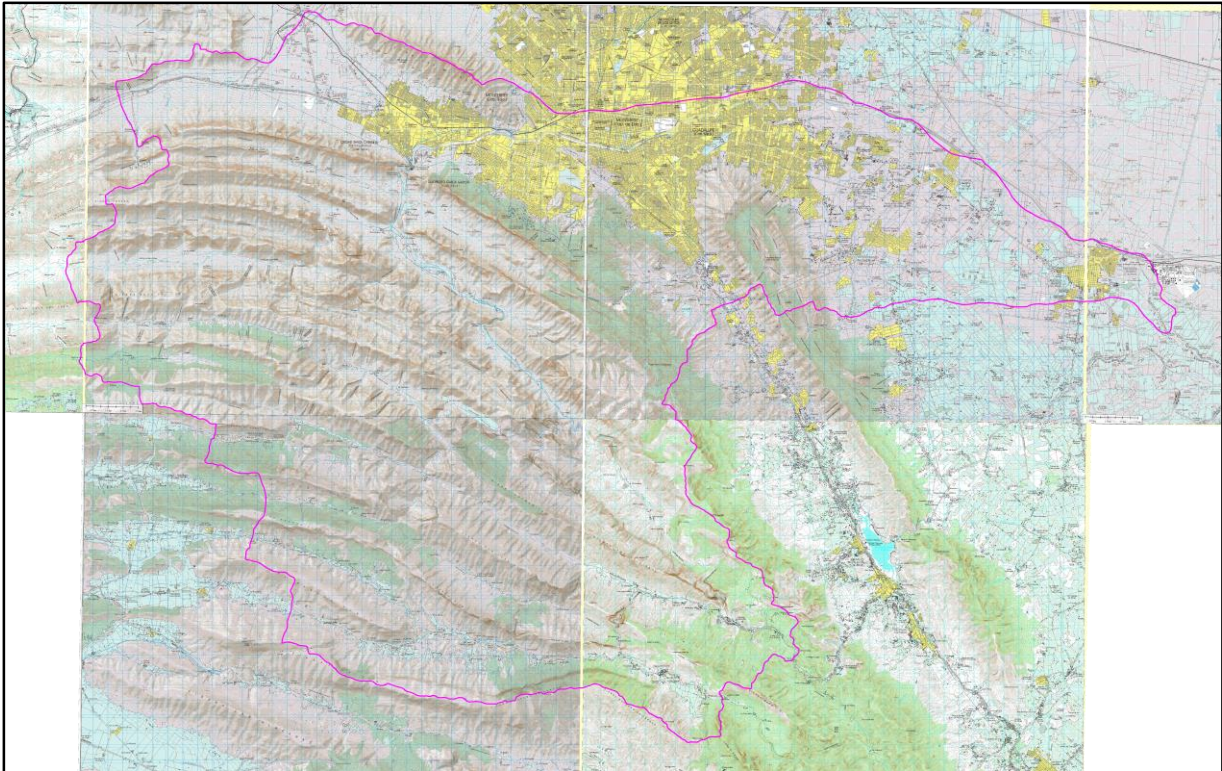


Ilustración 4.3 Cartas 1:50,000 existentes

Terminando el cañón de la huasteca, se muestra el inicio de la canalización del río Santa Catarina, quien separa el municipio de Monterrey de Guadalupe, encontrándose conectados por varios puentes, además se encuentran en sus márgenes vialidades.

Cartas Topográficas 1:20,000

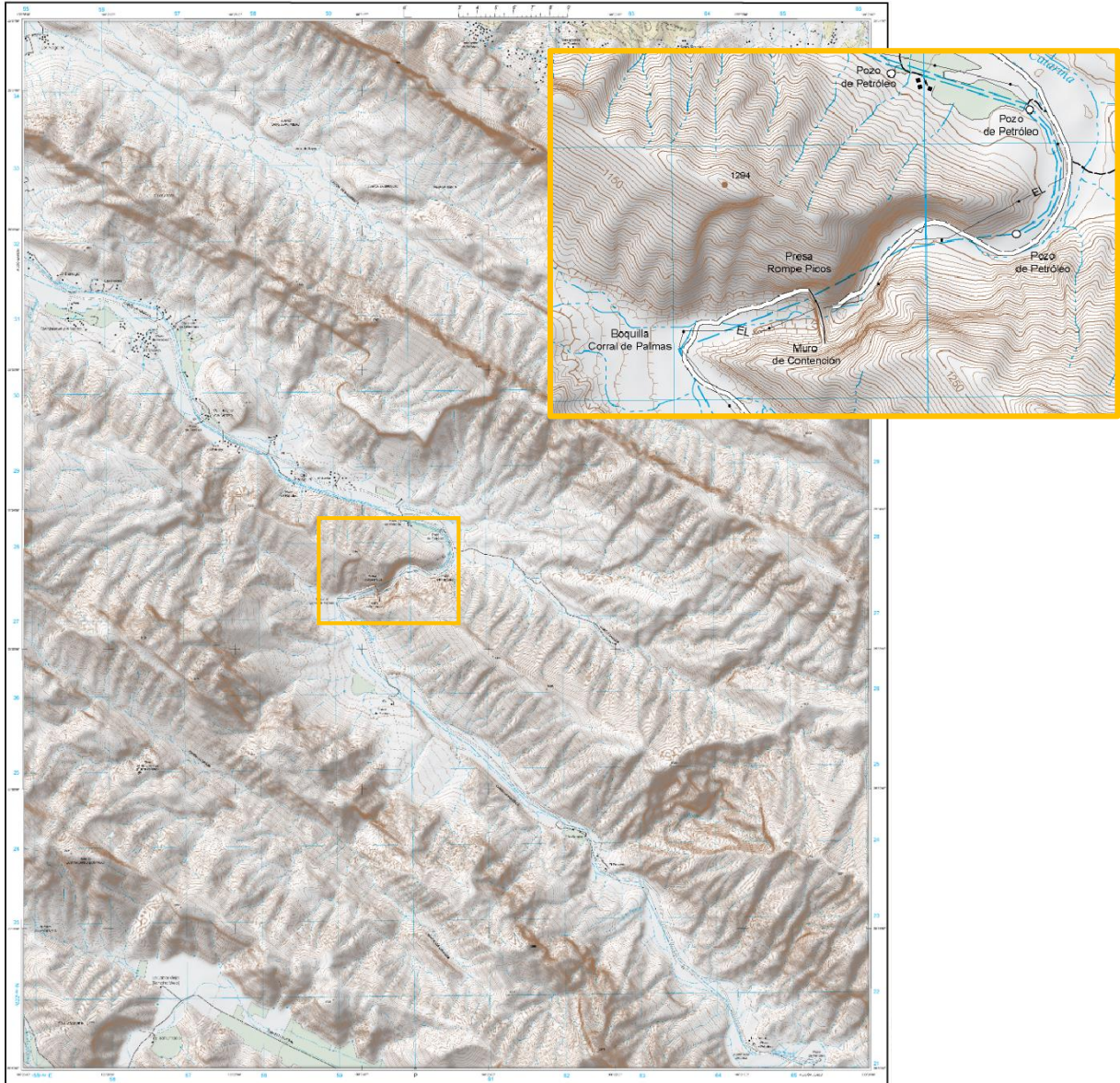


Ilustración 4.4 Carta 1:20,000 G14C25f y visualización de la presa rompe picos

Como parte de las obras de infraestructuras para control de avenidas se encuentra ubicada la presa rompepicos la cual almacenando los volúmenes de agua del cañón de La Huasteca.

Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

Modelo Digital de Elevaciones tipo terreno con una resolución de 15X15 m del INEGI, herramienta para la generación de curvas de nivel, para obtener la pendiente de la cuenca, elevación media de la cuenca, pendiente y perfil del río principal y curva hipsométrica,

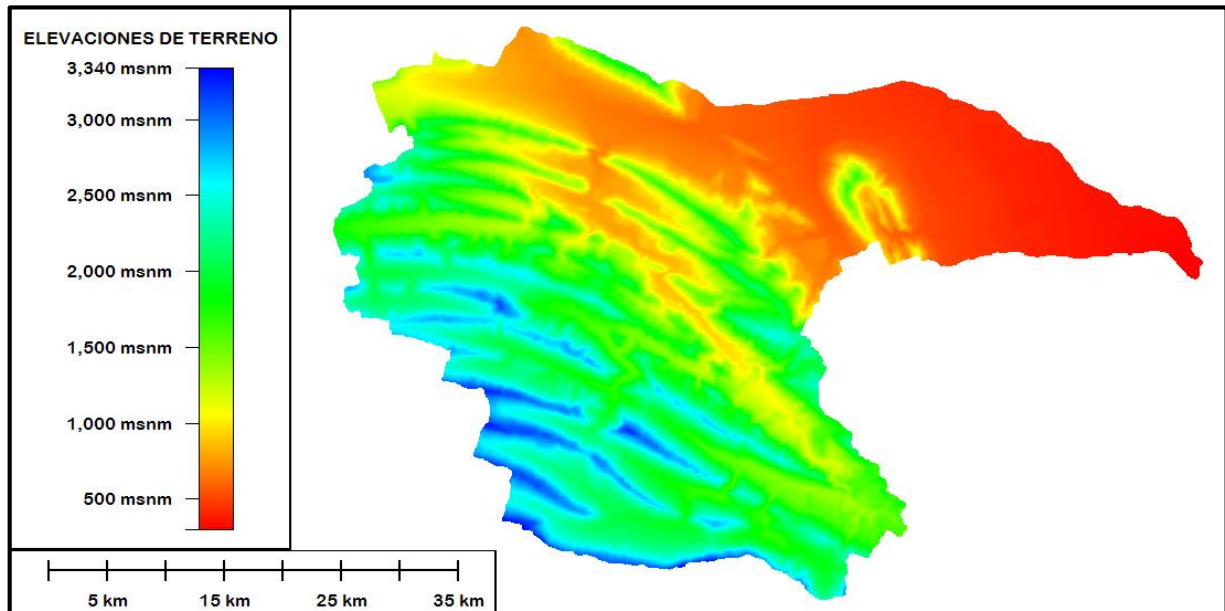


Ilustración 4.5 Modelo Digital de Elevaciones de terreno (INEGI) de la cuenca del río Santa Catarina

4.4 Antecedentes

Hace más de 100 años, Monterrey contaba con 80 mil habitantes y en el Estado de Nuevo León sumaban 300 mil personas. El río Santa Catarina contribuyó al establecimiento de la zona metropolitana de Monterrey favoreciendo un sistema económico basado en la agricultura, la ganadería y la minería.

En el siglo XIX, con su fuerza impulsó las antiguas industrias de los molinos, iniciando así la industrialización de la zona metropolitana. Ya en el siglo XX apoyó las labores de minería y de ganadería, hizo los procesos de industrialización que facilitó el abastecimiento del vital líquido a los municipios de García, Santa Catarina, San Pedro Garza García, Monterrey, Guadalupe, Juárez y Cadereyta.

Así como el río Santa Catarina ha dado vida y desarrollo a la zona metropolitana, también ha provocado afectaciones a las estructuras. Se tienen referencias de que Monterrey ha sufrido al menos 15 inundaciones desde el siglo XVII hasta la actualidad.

La primera inundación de la que se tiene conocimiento, gracias a los registros históricos, es la de 1611 que destruyó la original ciudad de Monterrey. En septiembre de 1636 se presentó un nuevo fenómeno derribando casas e iglesias; en 1642 y 1648, después de fuertes lluvias, el río Santa Catarina volvió a salirse de su cauce y se repitieron en 1716, 1752, 1756, 1775 y 1782.

Ya en el siglo XIX, en 1810 y en 1881, el río Santa Catarina recuperó su incontenible cauce, causando destrozos de gran consideración.

Las fuertes lluvias que provocaron las inundaciones en 1909 (Ilustración 4.7) fueron las más recordadas por sus efectos destructivos, pues se calcula que murieron cerca de 5 mil personas y muchos municipios quedaron prácticamente barridos.



Ilustración 4.6 Monterrey 1909 en el poblado de "San Luisito"

Las aguas de Santa Catarina volvieron a sorprender el 28 de agosto de 1938, cuando las lluvias se presentaron todo el día y el nivel del agua subió hasta un metro (incluso en los lugares más altos de Monterrey). En el mes de septiembre de 1967 el huracán Beulah trajo también inundaciones sobre la ciudad y en 1978 intensas lluvias inundaron el cauce del río. Unas de las obras construidas en 1953, es la Cortina Rompepicos (Ilustración 4.8), misma recoge en consideración 20 cañones de la sierra, dejando al resto sin control, además se suma a esta obra la canalización del río por el Gobernador Ignacio Morones Prieto.



Ilustración 4.7 Presa Rompepicos (Google Earth)

El Huracán Gilberto, que se convertido en tormenta tropical, dejó sentir su fuerza entre el 15 y 16 de septiembre de 1988 (Ilustración 4.11). Aparentemente cada 20 o 30 años, el río Santa Catarina provoca inundaciones en Monterrey y municipios aledaños, con la llegada de lluvias intensas nace la necesidad de realizar obras para evitar más problemas.

En Junio de 2010, ocurrieron las lluvias más fuertes de los últimos tiempos colapsando la Zona Metropolitana, donde se reportaron inundaciones en la parte baja ocasionadas por el paso de la tormenta tropical Alex (Ilustración 4.12), la entidad capto más de 446.5 milímetros de agua y se esperaban al menos otros 100 durante la noche, superando al meteoro Gilberto registrando 280 milímetros, eventos que tuvieron una duración de 24 horas (CONAGUA).

Hoy día la Zona Metropolitana sigue expuesta a inundaciones ya que se encuentra en cañadas y pasos naturales de arroyos que han sido urbanizados, quedando Monterrey atrapada en ciclos de lluvias, vulnerable a las inundaciones y a la escases de Infraestructura Hidráulica, necesaria para concebir un lugar con nivel bajo de peligro ante las crecidas del Río Santa Catarina.

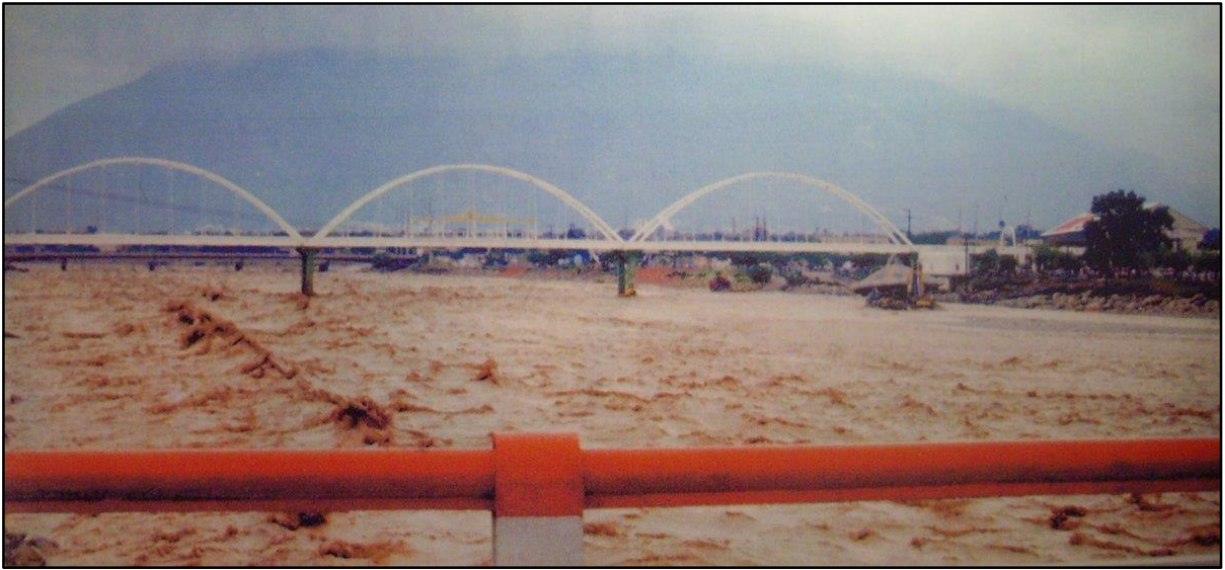


Ilustración 4.9 Puente "San Luisito" 1988 - Huracán Gilberto



Ilustración 4.8 Puente "San Luisito" 2010 - Huracán Alex

4.5 Marco físico-geográfico

4.5.1 Localización

La zona de estudio se encuentra en el Estado de Nuevo León, formando parte de la Sub Región Hidrológica río San Juan ubicada en la Región Hidrológica 24 "Bravo-Conchos", misma que se encuentra dentro los límites del Organismo de Cuenca VI "Río Bravo".

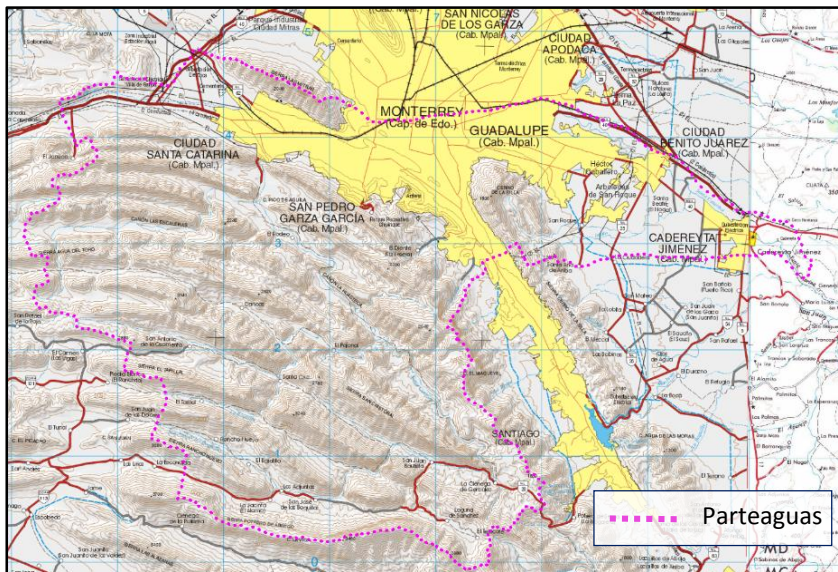


Ilustración 4.10 Cuenca Monterrey sobre cartas 1:250 0000

Uno de sus principales afluentes es el Río Santa Catarina, que nace entre las llamadas Sierra del Toro o Toray, deslizándose entre sus desfiladeros de los poblados Santiago y Santa Catarina, visitando los poblados de San Pedro Garza García, Monterrey, Guadalupe, Juárez teniendo

una salida en Cadereyta Jiménez, e instantes más adelante se junta como tributario del Río San Juan para después desembocar en el Río Bravo.

Las aguas que lleva regularmente el río Santa Catarina se deben a los escurrimientos de agua de los pantanos subterráneos, ya sea de los deshielos de la sierra de Arteaga y de Saltillo, como de la humedad que captan los distintos ecosistemas y de mantos freáticos que hacen brotar manantiales que alimentan al río.

4.5.2 Geología

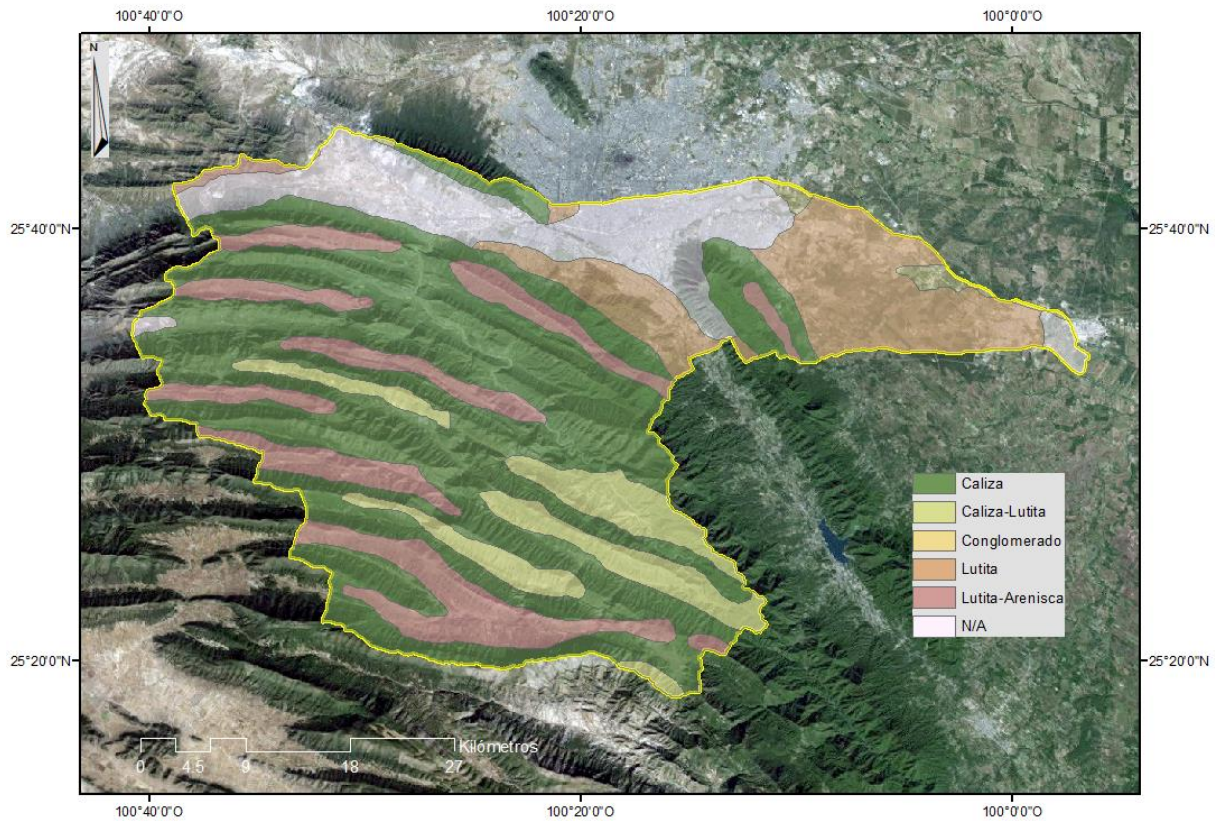


Ilustración 4.11 Tipos de Rocas de la cuenca del río Santa Catarina

4.5.3 Climas

Dentro del parteaguas se presenta un sistema de climas completo conteniendo 10 tipos locales representativos, siendo factor importante del relieve. Se describen los principales elementos que los constituyen: intervalo de temperatura media anual, la temperatura más fría y caliente, y la época del año en que se presenta su precipitación ligando un porcentaje de la lluvia invernal del total anual.



Tipo de Clima	Descripción	Descripción Precipitación
BWhw	Muy árido, semicálido, temperatura media anual entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BSohw	Árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BS1k(x')	Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.
C(w1)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BS1hw	Semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
(A)C(w1)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.
(A)C(w2)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
BS1(h')w	Semiárido cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
(A)C(wo)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

(A)C(wo)x'	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2 % del total anual.
-------------------	--	--

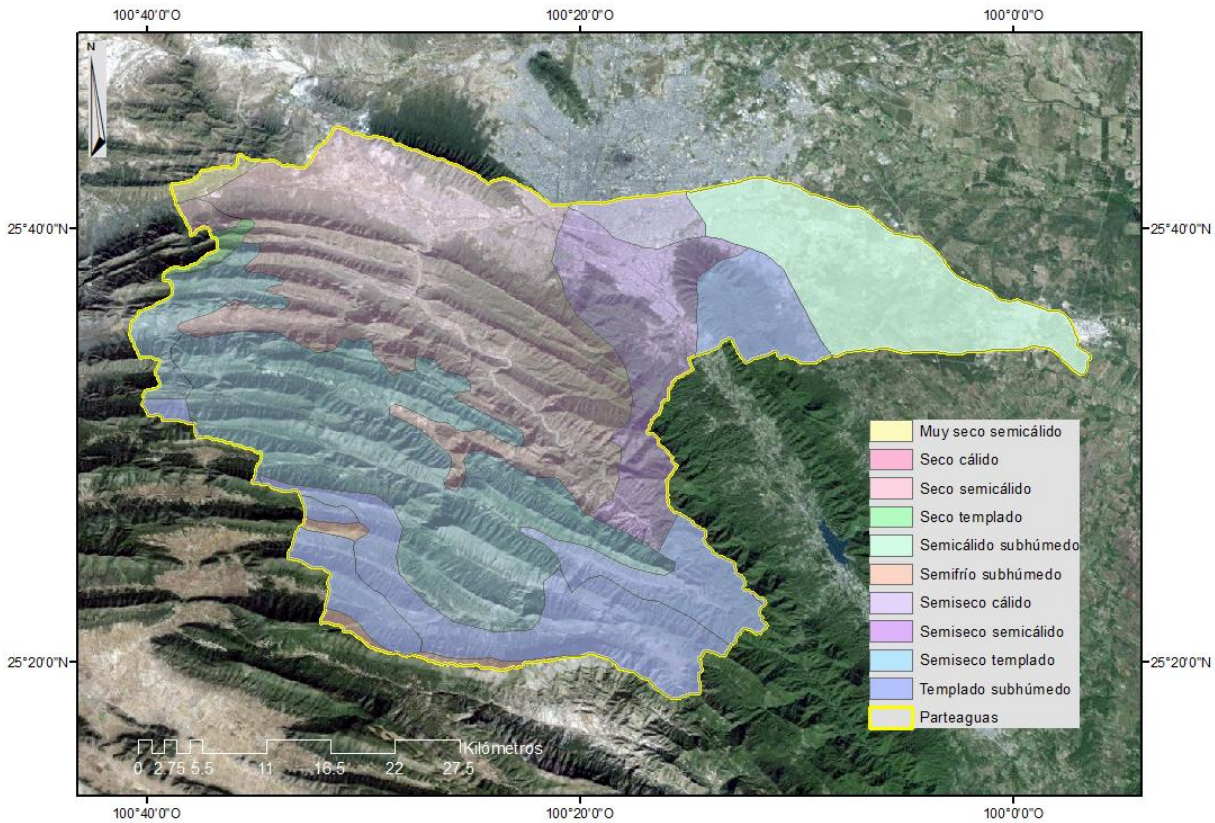


Ilustración 4.12 Tipos de clima de la cuenca del río Santa Catarina

4.5.4 Tipo de suelo y vegetación

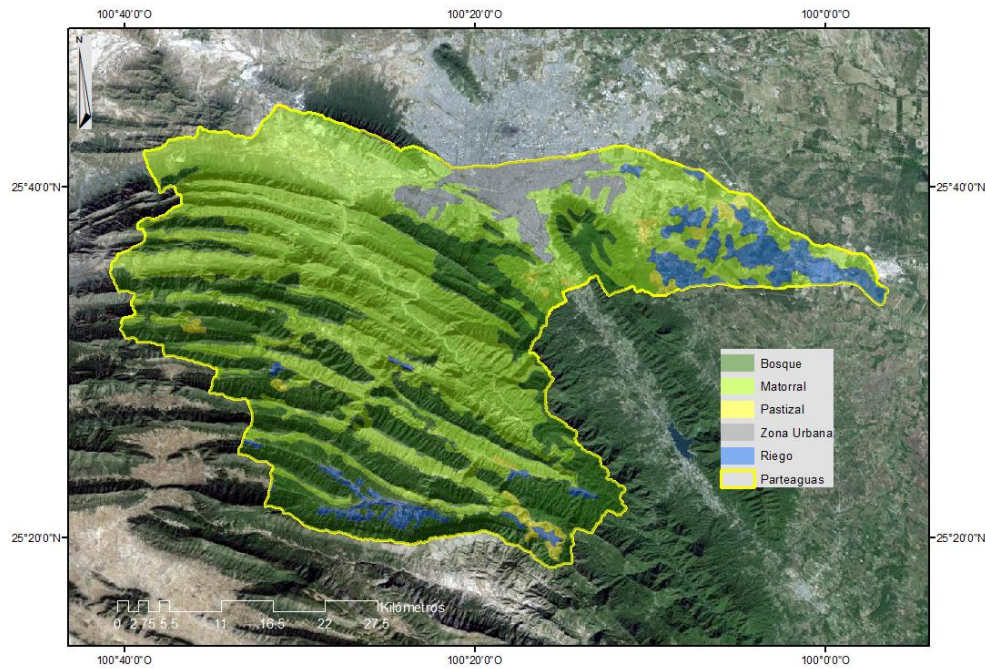


Ilustración 4.13 Tipo de Suelo y Vegetación de 1992 de la cuenca del río Santa Catarina

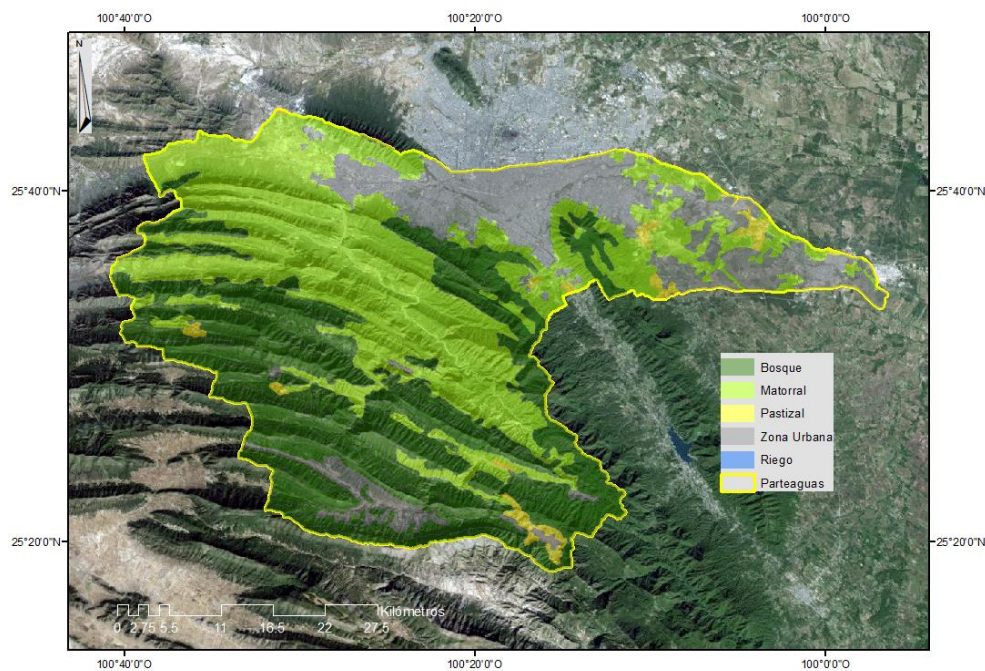


Ilustración 4.14 Tipo de Suelo y Vegetación de 2002 de la cuenca del río Santa Catarina

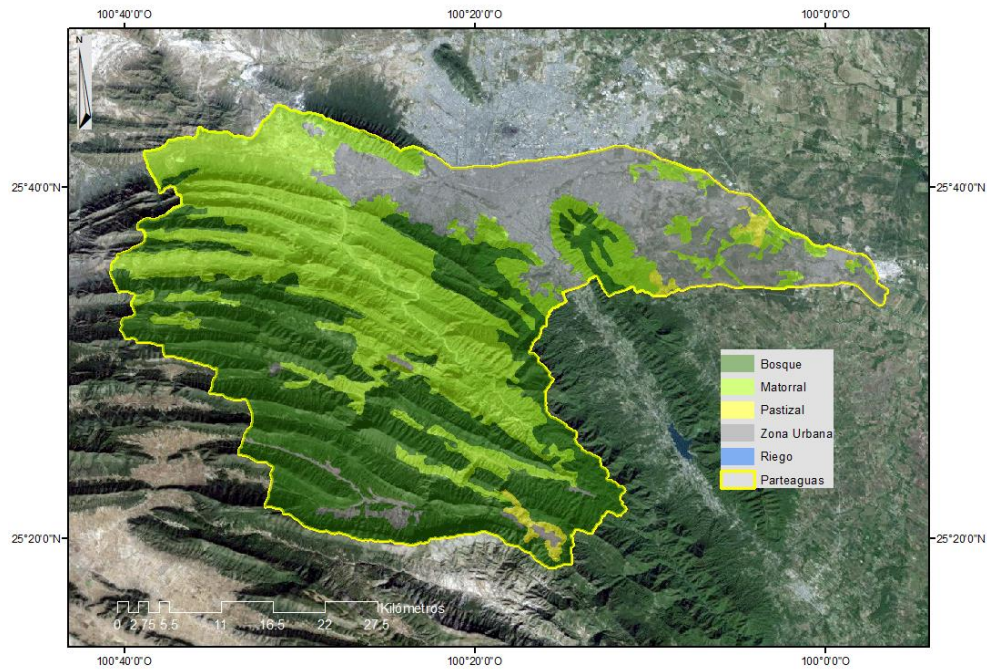


Ilustración 4.15 Tipo de Suelo y Vegetación de 2010 de la cuenca del río Santa Catarina

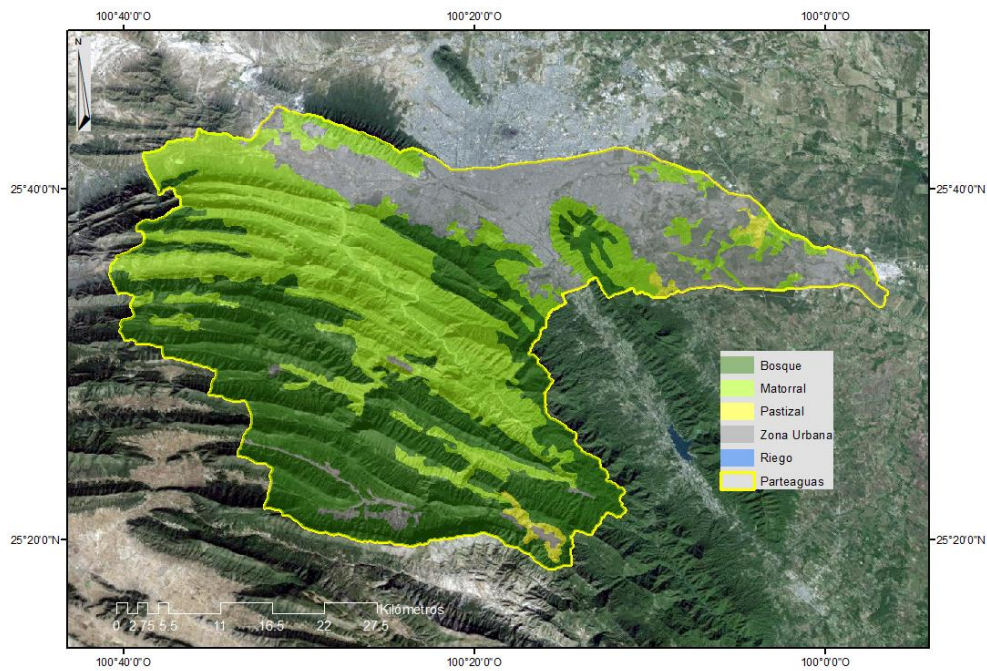


Ilustración 4.16 Tipo de Suelo y Vegetación de 2011 de la cuenca del río Santa Catarina



4.6 Características fisiográficas

Área de la cuenca

$$A = 1,812.4 \text{ km}^2$$

Perímetro de la cuenca

$$P = 258.3 \text{ km}$$

4.6.1 Clasificación de la cuenca según la salida de su escurrimiento

La cuenca en estudio se clasifica como una cuenca exorreica, ya que la salida de sus escurrimientos se encuentra en los límites del parteaguas.

4.6.2 Clasificación en cuanto al tamaño de la Cuenca

Tabla 4.1 Clasificación de la cuenca por el tamaño de su área

Tamaño de la cuenca [km ²]	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-pequeña
500 a 2,500	Intermedia-grande
2,500 a 5,000	Grande
> 5,000	Muy grande

Apoyándonos en la tabla, la cuenca de estudio se encuentra clasificada como una de tamaño de intermedia a grande, el tamaño de la cuenca solo nos da una idea de las dimensiones con el área que se está trabajando, sin en cambio algunas cuencas podrán tener la misma área pero su respuesta a una lluvia será totalmente diferente.

4.6.3 Pendiente de la cuenca

Para evaluar la pendiente de la cuenca se usó el Criterio de Horton.

Para estimar la pendiente media de la cuenca se procedió, a partir del MDE (Modelo Digital de Elevaciones), a formar curvas de nivel @100 metros, en conjunto se propuso una malla rectangular que contiene 2,000 celdas con dimensiones de $l_x = 2 \text{ km}$ y $l_y = 1 \text{ km}$ (Ilustración 4.17), posteriormente se recortó la cuadrícula al área de la cuenca para facilitar el cálculo (Ilustración 4.18), haciéndose posteriormente el conteo del número de intersecciones de las líneas horizontales y verticales con las curvas de nivel, además de medir su longitud de cada segmento vertical y horizontal (Tabla 4.2).

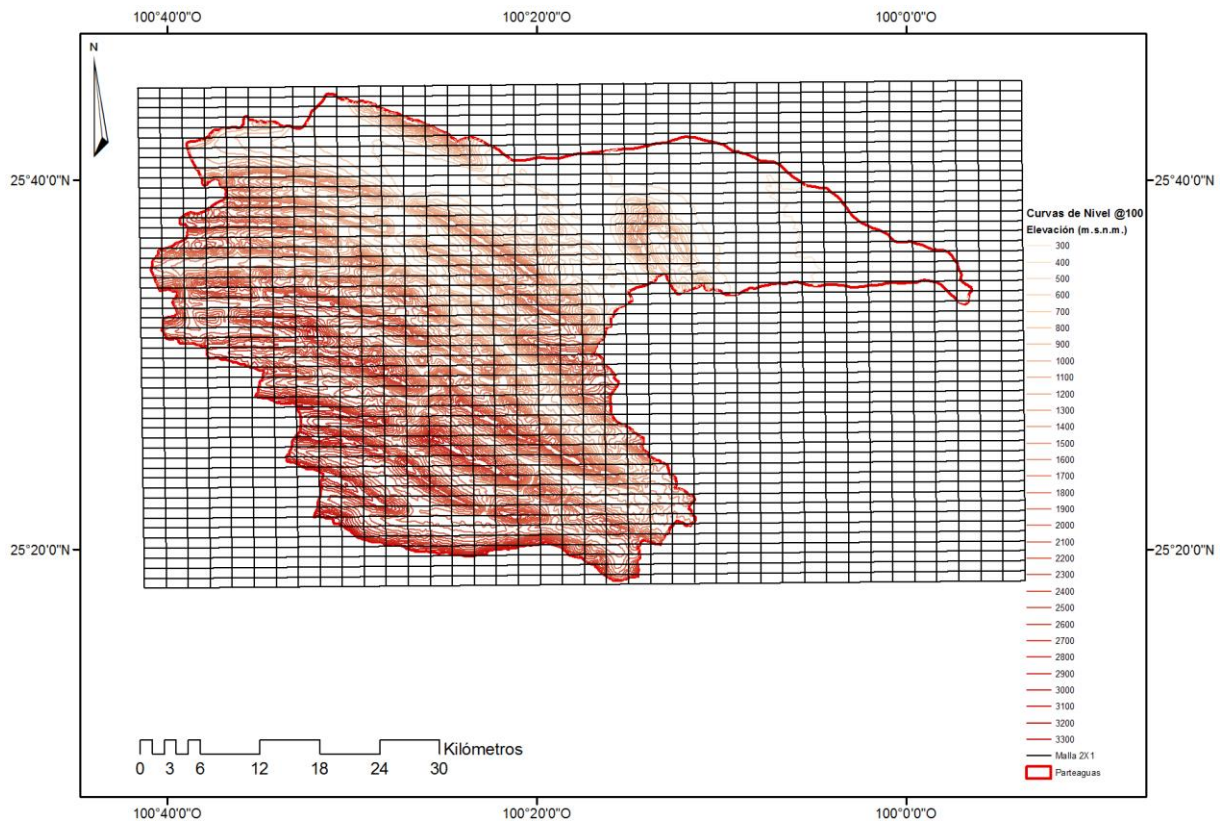


Ilustración 4.17 Mallado de 1kmX2km y Curvas de Nivel @100 m

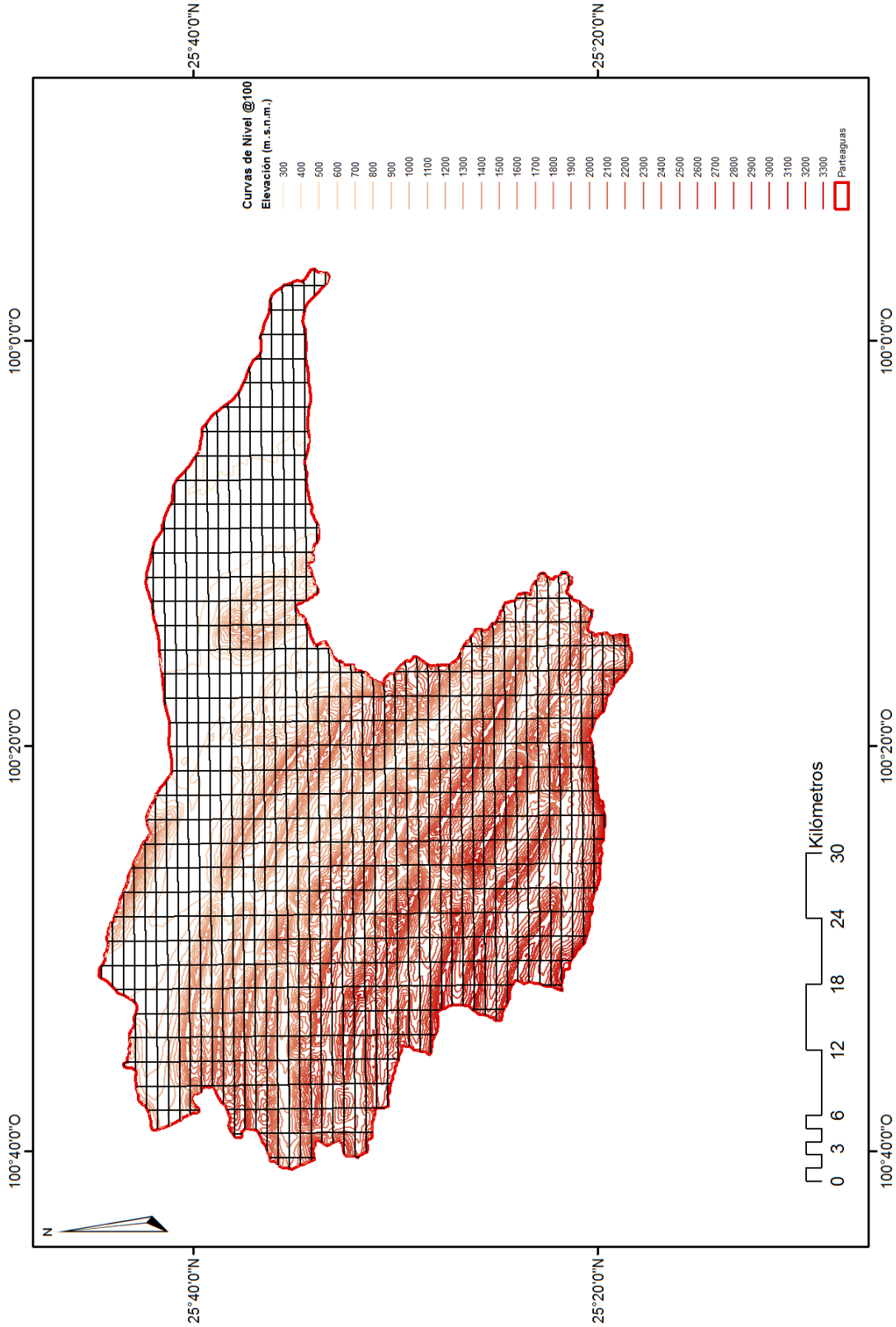


Ilustración 4.18 Malla recortada para el Criterio de Horton



Tabla 4.2 Intersecciones y Longitudes para el Criterio de Horton

Número de líneas en la malla.	Intersecciones		Intersecciones	
	N _x	N _y	L _x (km)	L _y (km)
1				
2		14		3.98
3	6	21	5.32	11.18
4	11	59	8.36	19.06
5	17	70	15.79	23.23
6	20	87	22.06	24.99
7	26	111	32.73	27.89
8	22	123	43.59	30.59
9	18	123	52.49	38.05
10	30	128	53.12	42.90
11	33	139	52.50	43.73
12	38	142	54.74	43.64
13	47	120	57.15	43.24
14	75	143	60.52	42.80
15	86	128	60.89	42.09
16	80	126	63.08	41.80
17	106	129	65.99	40.34
18	105	136	71.62	38.60
19	80	124	72.84	38.54
20	119	106	72.85	38.99
21	115	92	69.09	40.61
22	78	70	44.94	39.63
23	70	51	41.81	30.60
24	93	48	40.74	22.35
25	78	27	40.65	19.06
26	85	11	39.74	15.22
27	70	1	35.40	14.73
28	76	0	34.90	14.27
29	80	4	31.97	12.85
30	83	2	31.83	11.87
31	79	0	32.60	10.09
32	69	0	32.10	9.67
33	67	0	28.49	7.91
34	58	0	28.16	5.91
35	67	0	29.17	4.59
36	75	0	30.93	4.10
37	67	0	31.91	3.20



Número de líneas en la malla.	Intersecciones		Intersecciones	
	Nx	Ny	Lx (km)	Ly (km)
38	77	2	32.84	3.74
39	82		32.87	
40	68		31.48	
41	70		32.20	
42	65		33.34	
43	61		33.88	
44	54		33.72	
45	48		30.00	
46	36		28.29	
47	47		20.68	
48	16		6.45	
49	15		4.09	
50	12		3.10	
Total =	2,880	2,337	1,813.01	906.03

La pendiente de la cuenca en cada dirección se valuó como:

$$S_X = \frac{N_X D}{L_X} = \frac{2,880 * 0.1 \text{ Km}}{1,813.1 \text{ Km}} = 0.15885 [1]$$

$$S_Y = \frac{N_Y D}{L_Y} = \frac{2,337 * 0.1 \text{ Km}}{906.03 \text{ Km}} = 0.25794 [1]$$

Finalmente, se obtendrá la pendiente de la cuenca con el promedio aritmético.

$$S_C = \frac{S_X + S_Y}{2} = \frac{0.15885 + 0.25794}{2} = 0.20830 [1] = 20.830 \%$$

4.6.4 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica que se muestra es caracterizada por ilustrar las diferentes etapas erosión que una cuenca presenta a través del tiempo, por efecto del flujo de corrientes, se muestra a continuación la curva perteneciente a la cuenca del río Santa Catarina (utilizando porcentajes del área total como alturas relativas a la elevación máxima), la cual se presenta en la etapa de equilibrio, descrita como una cuenca geológicamente madura o de pie de montaña.

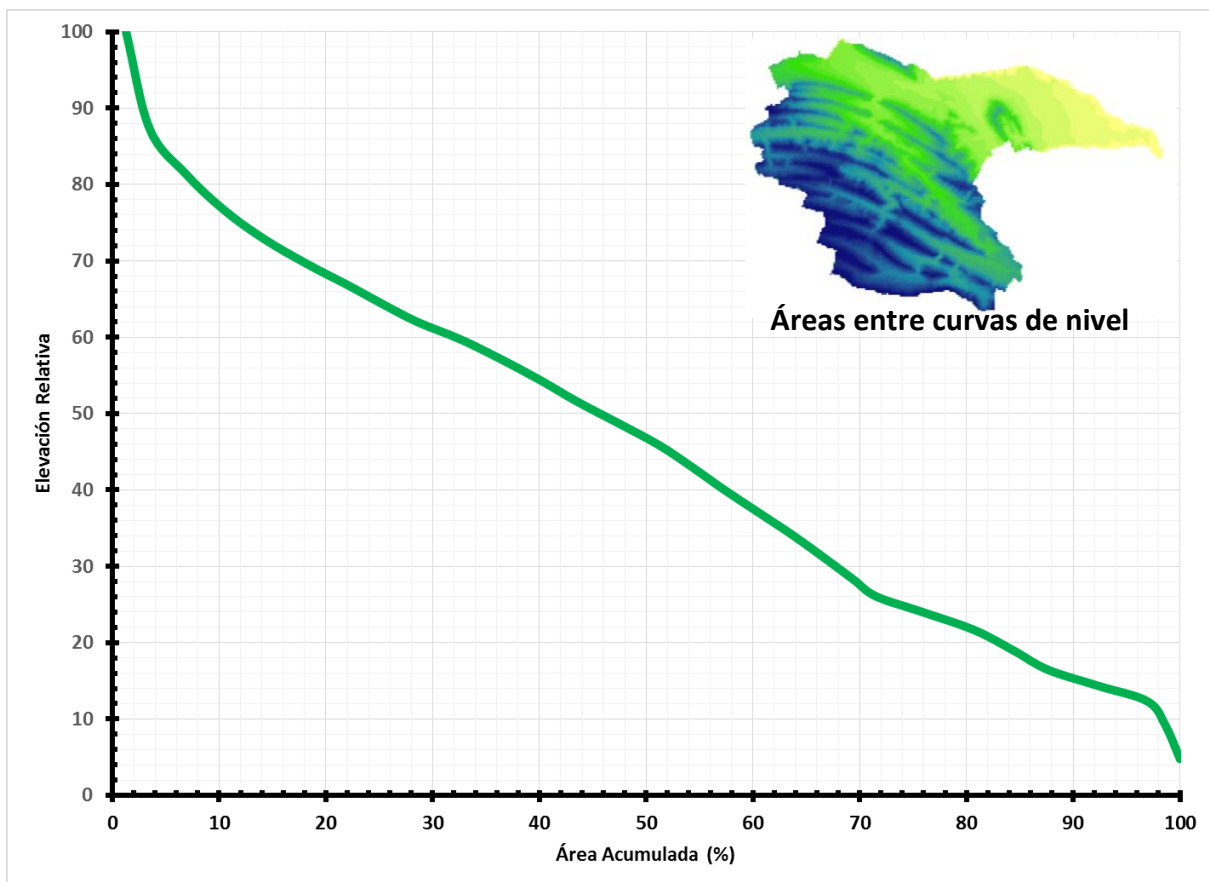


Ilustración 4.19 Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Santa Catarina

4.6.5 Elevación media de la cuenca

Para la realización de este cálculo fue necesario hacer una malla de elevaciones a partir del MDE (ilustración 4.18), se concibió una malla de 372 columnas por 245 celdas que llevan por tamaño 200m X 200m. Para obtener la elevación media de la cuenca se hizo un filtro de las celdas alojadas dentro del parteaguas las cuales fueron 45, 289 elevaciones.

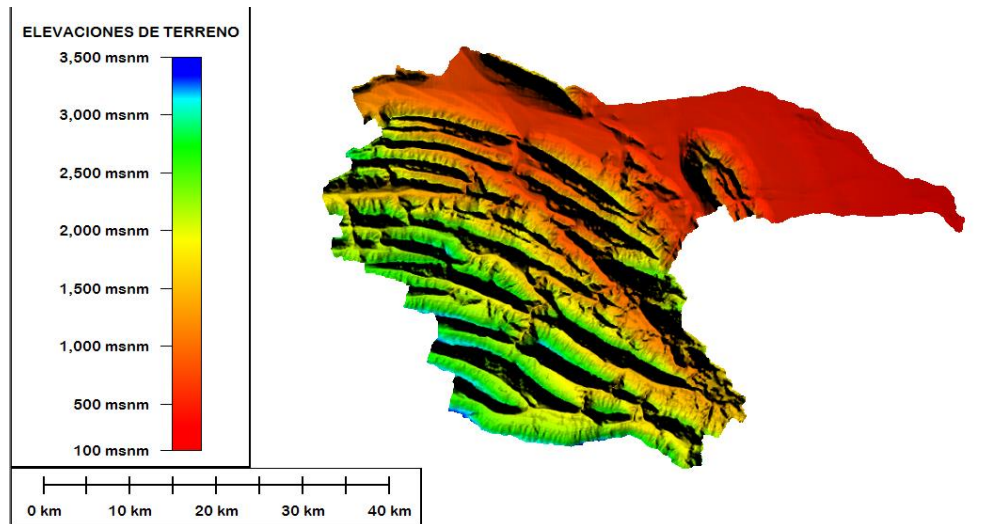


Ilustración 4.20 Modelo Digital de Elevaciones de la cuenca del río Santa Catarina

Se muestra en la Ilustración 4.20 en Excel la malla formada representa en celdas conteniendo datos de elevaciones, en ella se combinó con una imagen satelital donde se muestra en color azul la trayectoria del río.

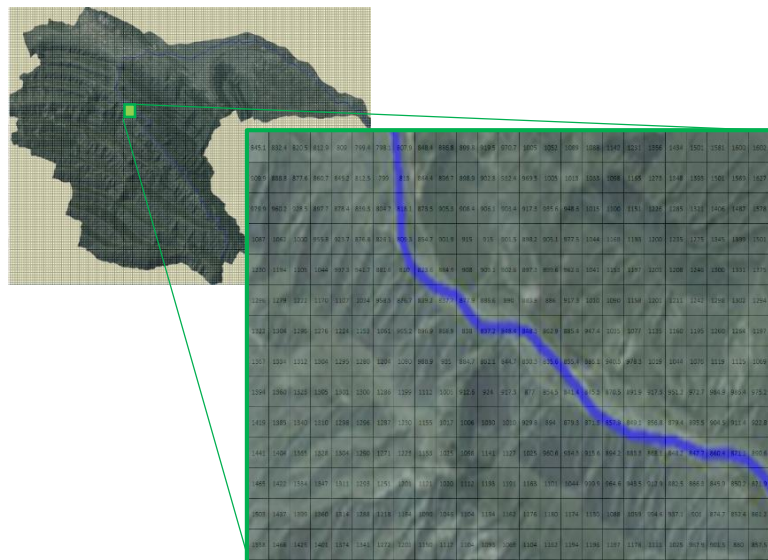


Ilustración 4.21 Detalle de la malla de elevaciones

$$E_m = \frac{\sum_i^n E_i}{n} = \frac{67,360,744.94 \text{ m. s. n. m.}}{45,289} = 1,487.35 \text{ [m. s. n. m.]}$$

4.6.6 Red de drenaje

La red de drenaje de la cuenca, fue extraída del archivo en adjunto del SIATL de la Cuenca de Monterrey, con él apoyó del MDE, teniendo solo la proyección en planta (2D) se convirtió en forma espacial (3D), necesario para obtener en las longitudes de los ríos y la pendiente del cauce principal. Para clasificar el grado de bifurcación o ramificación de las corrientes naturales en una cuenca, Horton estableció orden de corriente como se muestra en la Ilustración 4.20. De la Red analizada, posee el orden 7, formando parte 2 de orden 6, 12 de orden 5, 51 de orden 4, 165 de orden 3, 915 de orden 2 y 3,575 de orden 1.

Tabla 4.3 Tabla del orden de corrientes y longitudes.

Orden de Corriente	n	Longitud (Km)
1	3,575	3,267.47
2	915	944.21
3	165	335.70
4	51	208.94
5	12	147.73
6	2	129.60
7	1	29.36
Total =	4,721	5,063.01

La corriente principal se cuenta como una desde su nacimiento hasta su desembocadura, después se tendrán todos los tributarios de orden inferior, desde su nacimiento hasta la unión con la corriente principal, y así sucesivamente hasta llegar a los tributarios de orden uno.

4.6.7 Densidad de corrientes

Relación entre en número de corrientes (perenes e intermitentes) y área drenada.

$$D_{Corriente} = \frac{N_s}{A} = \frac{4,721}{1,812.4 \text{ Km}^2} = 2.61 \left[\frac{1}{\text{Km}^2} \right]$$

4.6.8 Densidad de drenaje

Relación entre la longitud de las corriente por unidad de área.

$$D_{Drenaje} = \frac{L}{A} = \frac{5,063.01 \text{ Km}}{1,812.4 \text{ Km}^2} = 2.8 \left[\frac{1}{\text{Km}} \right]$$

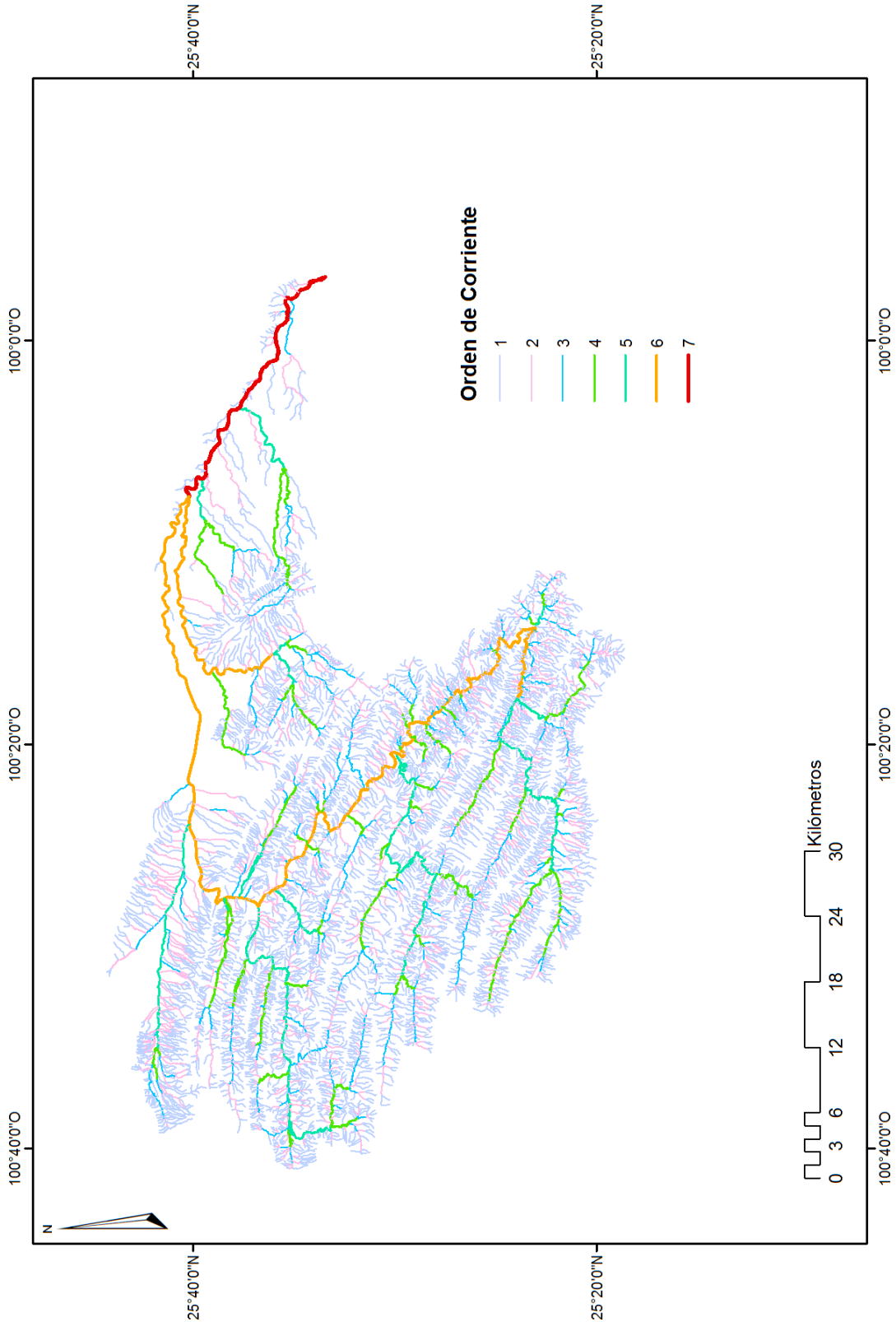


Ilustración 4.22 Orden de Corrientes de la cuenca del río Santa Catarina

4.6.9 Cauce principal

El cauce principal lleva por nombre río Santa Catarina, el cual está clasificado como una corriente perenne llevando flujo de agua durante todo el año.

Longitud del Cauce Principal

$$L = 154,022.632 \text{ m} = 154.023 \text{ Km}$$

4.6.10 Pendiente del cauce principal

Los datos necesarios para poder hacer el cálculo, fue combinando el MDE (Modelo Digital de Elevaciones) con una capa que contiene al río, en planta, formado por una serie de puntos, con ellos transpondremos los puntos obteniendo su elevación y la distancia entre ellos, consiguiendo así, el río principal en una forma espacial.

La forma de evaluar la pendiente de forma que se ajuste a la real, es usando la ecuación propuesta por Taylor y Schwarz, la cual se basa en considerar que el río está formado por una serie de canales con pendiente uniforme, cuyo tiempo de recorrido es igual al del río.

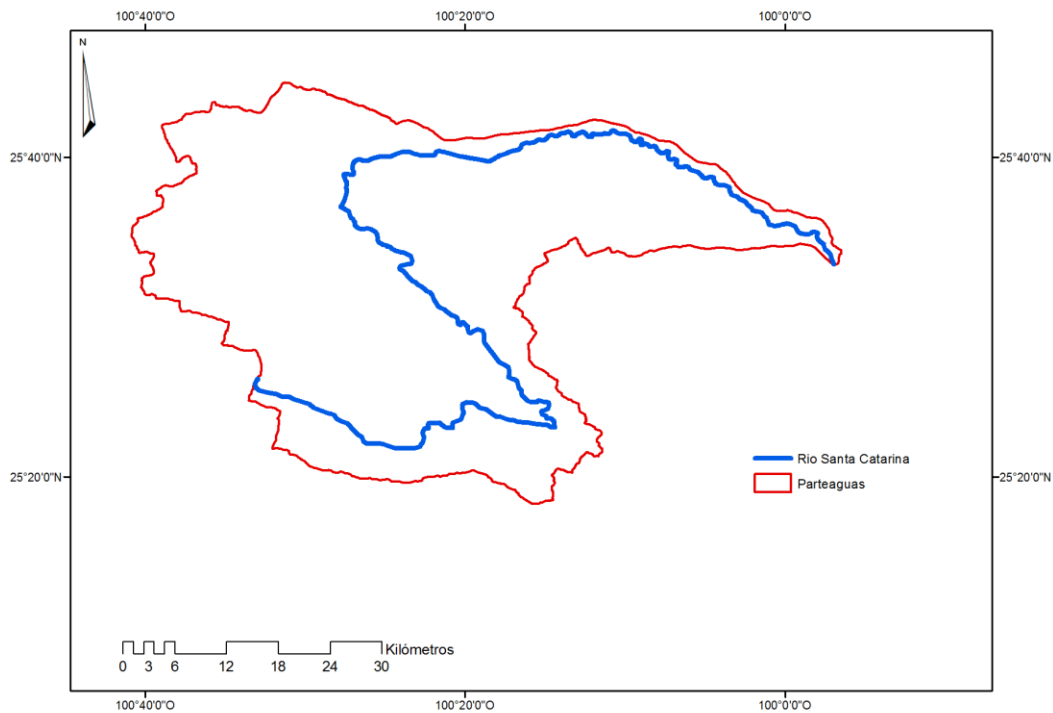


Ilustración 4.23 Río principal

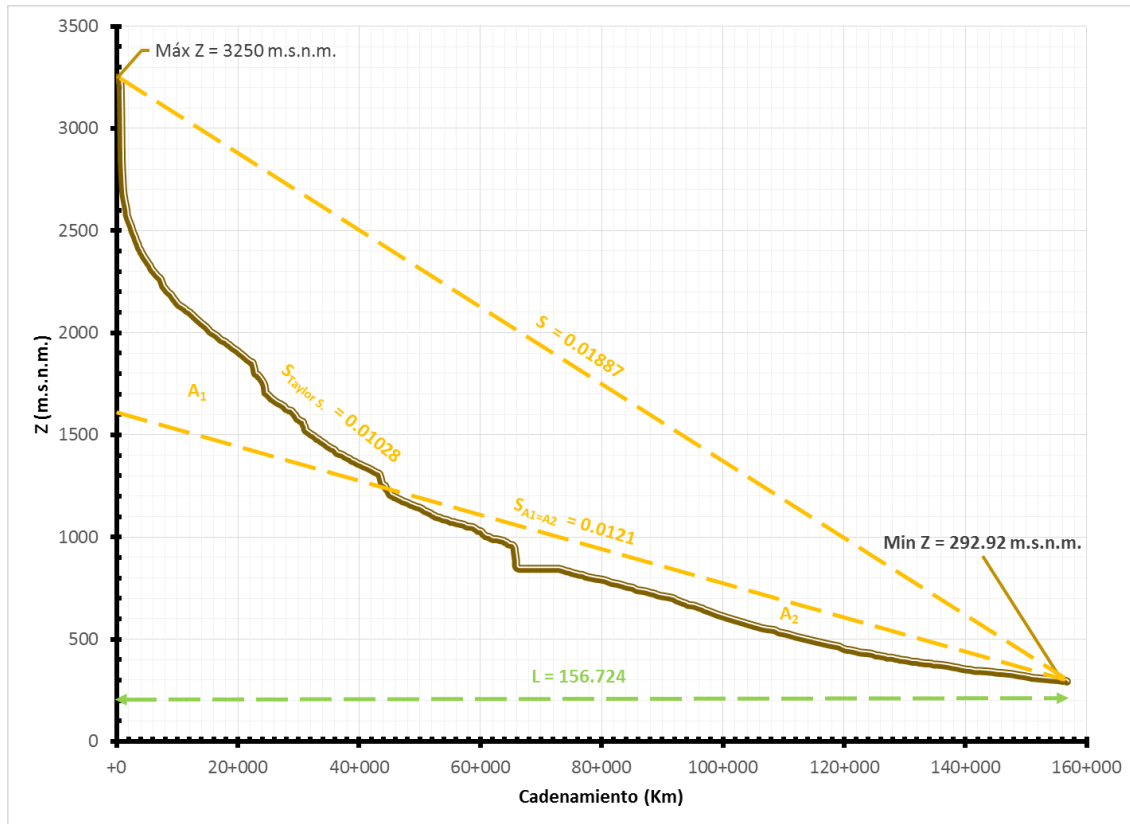


Ilustración 4.24 Perfil del río Santa Catarina

$$S_{Taylor\ Schwarz} = \left[\frac{L}{\sum_i^n \frac{l_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2 = \left[\frac{156,723.632}{1,545,584.154} \right]^2 = 0.01028 = 1.03 \%$$

$$S = \frac{Z_{m\acute{a}x} - Z_{m\acute{i}n}}{L} = \frac{3,250\ m.\ s.\ n.\ m. - 292.92\ m.\ s.\ n.\ m.}{156,723.632\ m} = 0.01887 = 1.89\%$$

$$S_{Promedio} = 0.03830 = 3.83\%$$

$$S_{A1=A2} = \frac{Z_{m\acute{a}x} - Z_{m\acute{i}n}}{L} = \frac{1,600\ m.\ s.\ n.\ m. - 300\ m.\ s.\ n.\ m.}{156,723.632\ m} = 0.01212 = 1.21 \%$$

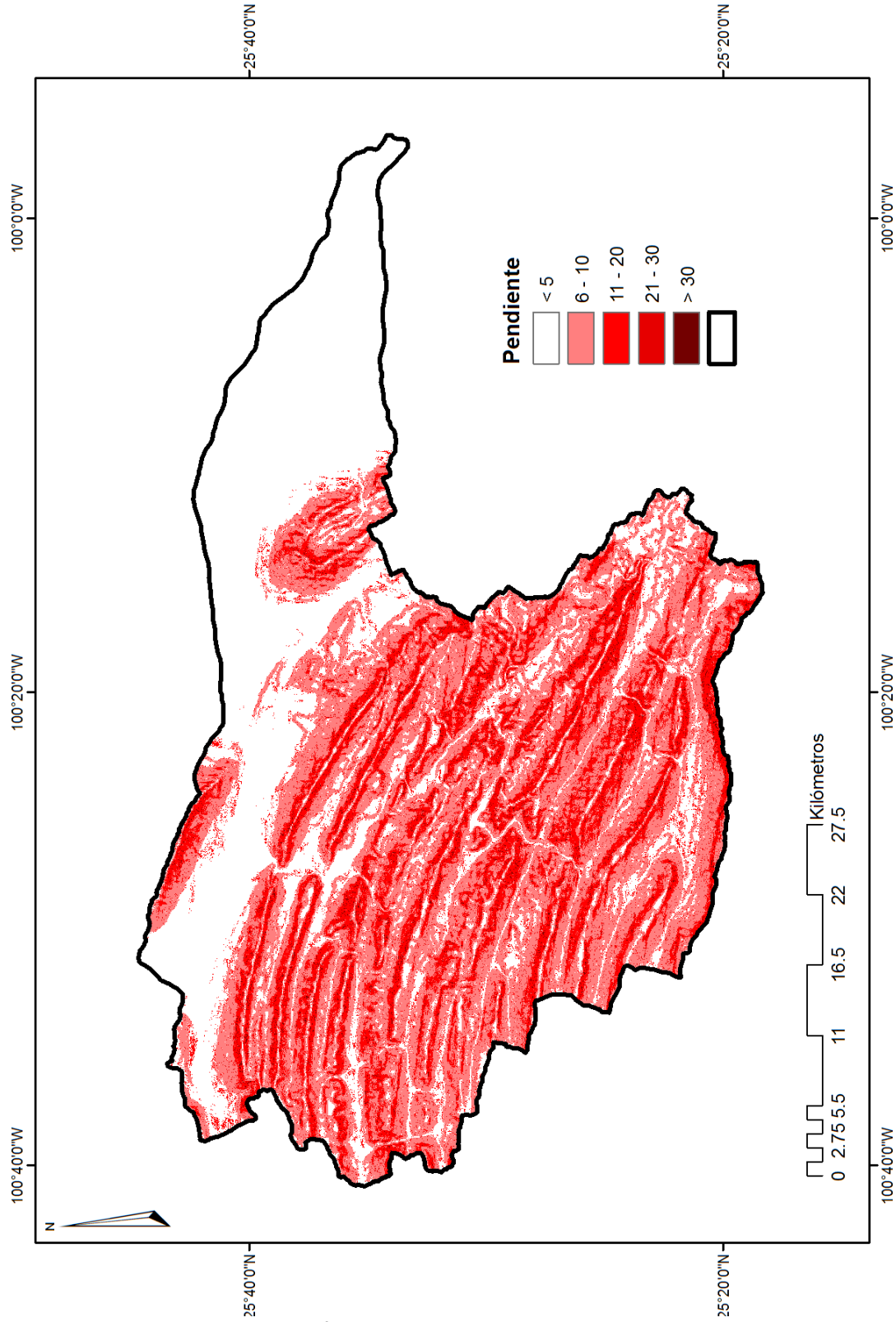


Ilustración 4.25 Pendientes sombreadas



4.6.11 Precipitación (altura media anual)

Para evaluar el cálculo de la precipitación media anual, se inició realizando un recuento de las estaciones que caen dentro del parteaguas, de las cuales se presentan 12 estaciones climatológicas; analizando los registros de las estaciones se escogieron, para tomarlas parte del cálculo, aquellas que tuvieran más de 20 años de registro y con más del 90% de sus datos por año, de las cuales, 3 se descartaron por tener menos de 5 años, al final sólo 6 cumplieron con este requisito (Tabla 4.4).

Cabe mencionar que las estaciones que cumplieron con los requisitos, los años a considerar no fueron consecutivos en su totalidad.

Tabla 4.4 Porcentaje de datos anuales de las estaciones climatológicas

Año	Clave de la estación climatológica								
	19002	19008	19018	19031	19033	19038	19049	19058	19096
1929							99.45		
1930							99.73		
1931							99.73		
1932							98.36		
1933							99.18		
1934							99.45		
1935							41.21		
1936							0.00		
1937							0.00		
1938							0.00		
1939							0.00		
1940							24.11		
1941							0.00		
1942							0.00		
1943							0.00		
1944							0.00	8.22	
1945							32.69	65.93	
1946							0.00	81.87	
1947		75.27			75.27		75.55	75.55	
1948		99.73			100.00	100.00	100.00	99.73	
1949		100.00			100.00	100.00	100.00	99.73	
1950		83.24			91.48	91.48	91.21	91.48	
1951		100.00			100.00	100.00	100.00	100.00	
1952		100.00			100.00	100.00	100.00	100.00	



Año	Clave de la estación climatológica								
	19002	19008	19018	19031	19033	19038	19049	19058	19096
1953		100.00			100.00	99.45	83.79	100.00	
1954		100.00	58.52	50.00	100.00	100.00	99.73	100.00	
1955		99.73	99.73	91.48	100.00	99.73	100.00	100.00	
1956		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
1957	67.03	100.00	100.00	91.48	100.00	99.73	100.00	100.00	
1958	49.45	100.00	100.00	0.00	100.00	99.45	100.00	100.00	
1959	0.00	100.00	100.00	99.73	100.00	99.73	100.00	100.00	
1960	0.00	100.00	99.73	99.18	100.00	100.00	100.00	99.73	
1961	0.00	99.73	99.45	99.45	100.00	100.00	100.00	100.00	
1962	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
1963	25.27	100.00	99.73	100.00	100.00	99.18	100.00	100.00	
1964	0.00	100.00	100.00	99.45	92.05	97.53	92.05	99.73	
1965	75.00	100.00	100.00	83.24	100.00	100.00	100.00	91.48	
1966	100.00	99.73	100.00	99.73	100.00	100.00	99.73	100.00	
1967	99.73	99.45	100.00	100.00	100.00	100.00	84.07	100.00	
1968	91.51	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
1969	100.00	100.00	83.24	100.00	83.52	100.00	100.00	83.24	
1970	100.00	97.53	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	79.67	
1971	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	91.48	100.00	100.00	
1972	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.36	
1973	91.48	100.00	100.00	91.48	100.00	100.00	100.00	94.51	
1974	91.76	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	91.48	
1975	100.00	100.00	100.00	100.00	83.24	100.00	100.00	47.53	16.48
1976	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	74.52
1977	100.00	100.00	100.00	100.00	91.48	91.48	100.00	99.73	83.24
1978	41.21	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.63	100.00
1979	0.00	100.00	100.00	96.43	57.97	100.00	100.00	91.76	100.00
1980	58.63	91.78	100.00	83.29	100.00	91.51	100.00	75.07	100.00
1981	0.00	24.45	100.00	100.00	74.73	100.00	100.00	100.00	100.00
1982	0.00	0.00	91.48	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1983	91.76	0.00	32.14	83.24	42.03	82.97	74.73	82.97	100.00
1984	49.86	0.00	16.99	41.10	41.37	41.37	49.86	49.86	41.10
1985	100.00	0.00	100.00	91.48	99.45	91.76	99.73	100.00	100.00
1986	82.42	57.97	100.00	100.00	99.73	83.24	91.76	100.00	100.00
1987	66.48	0.00	100.00	91.48	100.00	99.73	100.00	91.48	100.00
1988	83.84	0.00	100.00	99.73	100.00	99.73	99.73	66.58	100.00



Clave de la estación climatológica									
Año	19002	19008	19018	19031	19033	19038	19049	19058	19096
1989	100.00	0.00	100.00	91.48	100.00	92.31	100.00	91.76	100.00
1990	100.00	8.24	100.00	84.07	91.48	74.73	100.00	100.00	91.21
1991	100.00	0.00	100.00	99.73	100.00	40.93	100.00	100.00	90.93
1992	100.00	0.00	99.73	99.73	100.00	99.73	100.00	100.00	99.73
1993	100.00	0.00	100.00	16.76	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1994	100.00	91.48	99.73	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	100.00
1995	74.73	100.00	100.00	100.00	100.00	49.45	100.00	0.00	100.00
1996	0.00	92.05	100.00	100.00	100.00		100.00	0.00	100.00
1997	50.55	96.15	100.00	100.00	91.76		96.43	74.73	96.70
1998	99.73	81.04	99.73	100.00	82.69		97.80	100.00	91.48
1999	100.00	15.93	100.00	99.73	99.73		99.45	99.45	100.00
2000	100.00	79.18	82.19	74.79	65.75		81.37	96.99	98.63
2001	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00		49.18	98.35	100.00
2002	100.00	0.00	100.00	98.63	99.45			100.00	100.00
2003	8.24	0.00	99.18	98.63	99.73			100.00	100.00
2004	100.00	0.00	98.63	94.25	83.29			100.00	99.73
2005	100.00	87.36	91.48	84.89	67.31			27.20	100.00
2006	100.00	81.59	100.00	100.00	100.00			11.54	99.45
2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00
2008	99.18	81.10	96.71	73.42	100.00			70.96	97.81
2009	98.35	85.16	98.08	99.45	100.00			23.90	95.05
2010	99.45	79.67	98.35	82.97	100.00				94.23
2011	99.18	90.38	99.73	83.24	100.00				99.73

En la tabla siguiente de muestran las estaciones y los años acumulados, con ello se obtuvo un promedio anual por estación, encontrando también el máximo acumulado y su año de ocurrencia.

Obteniendo estos datos, se georreferenciaron cada una de las estaciones, haciendo consigo Polígonos de Thiessen (Ilustración 4.24), obteniendo así una altura de lluvia promedio anual.

Una vez obtenida la altura de precipitación, se comparó con una capa geográfica de CONABIO la cual evalúa a la República Mexicana con la Precipitación Media Anual, mostrando coincidencia en la altura de precipitación (Ilustración 4.25).



Tabla 4.5 Acumulación de precipitación anual de las seis estaciones de estudio.

	19018 "El Pajonal"	19031 "La Cruz"	19033 "Laguna de Sánchez"	19038 "Las Comitas"	19049 "Monterrey"	19058 "Santa Catarina"
Año	Acumulado (mm)					
1955	301.02	358.20	532.70	532.70	532.70	363.20
1956	314.20	378.50	564.00	564.00	564.00	125.70
1957	161.70	332.76	345.00	345.00	345.00	210.80
1959	630.00	622.61	547.00	547.00	547.00	440.20
1960	577.28	579.15	582.00	582.00	582.00	239.55
1961	518.34	485.66	557.50	557.50	557.50	185.10
1962	456.00	335.50	484.00	484.00	484.00	325.40
1963	380.04	474.00	552.00	552.00	552.00	331.50
1964	484.50	342.87	571.26	571.26	571.26	361.09
1966	749.00	493.35	862.00	862.00	862.00	520.00
1968	497.00	315.60	472.00	472.00	472.00	510.70
1971	506.00	774.00	698.00	698.00	698.00	490.80
1972	376.00	362.00	501.50	501.50	501.50	294.02
1973	543.00	451.77	903.00	903.00	903.00	445.41
1974	162.00	339.00	601.50	601.50	601.50	462.81
1976	817.30	1,132.60	878.00	878.00	878.00	636.70
1977	592.20	410.50	757.32	757.32	757.32	331.51
1978	722.40	594.10	1,172.00	1,172.00	1,172.00	541.62
1985	653.00	858.30	484.66	484.66	484.66	360.20
1987	478.00	1,006.15	719.00	719.00	719.00	394.40
1989	459.50	547.94	474.50	474.50	474.50	434.72
1992	449.23	951.10	907.70	907.70	907.70	312.14

Prom. Anual (mm)	492.17	552.08	643.94	419.76	581.98	378.07
Max (mm)	127.00	100.00	300.00	128.00	180.00	151.50
Año Max	1,956.00	1,956.00	1,978.00	1,977.00	1,978.00	1,974.00

$$h_m = \frac{\sum_{i=1}^n h_{p_i} * A_i}{A_{TOTAL}}$$

$$= \frac{135,336.54 + 21,8009.09 + 139,167.92 + 850,98.01 + 238,526.09 + 118,646.2088}{1,812.39}$$

$$h_m = 515.77 [mm]$$

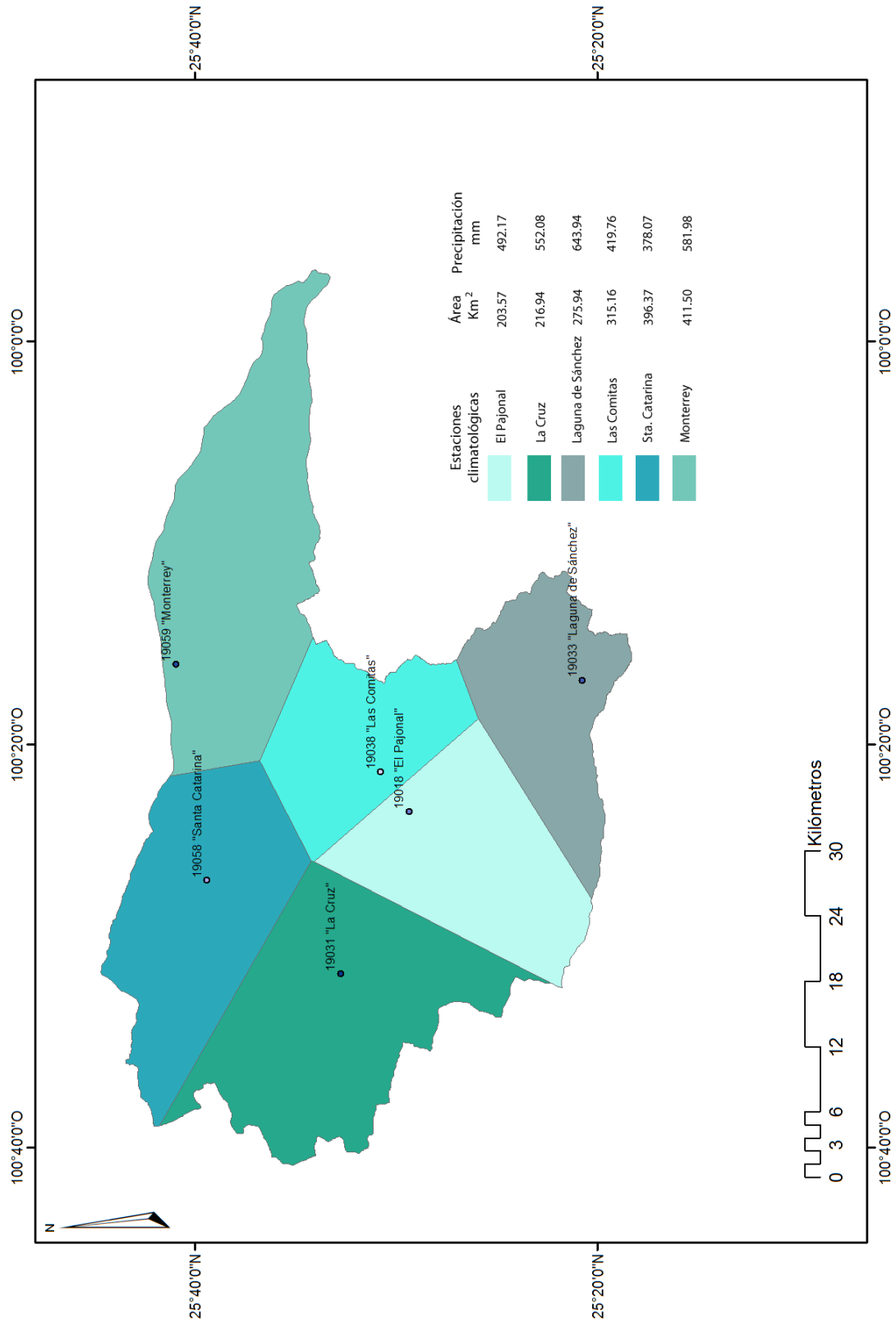


Ilustración 4.26 Polígonos de Thiessen

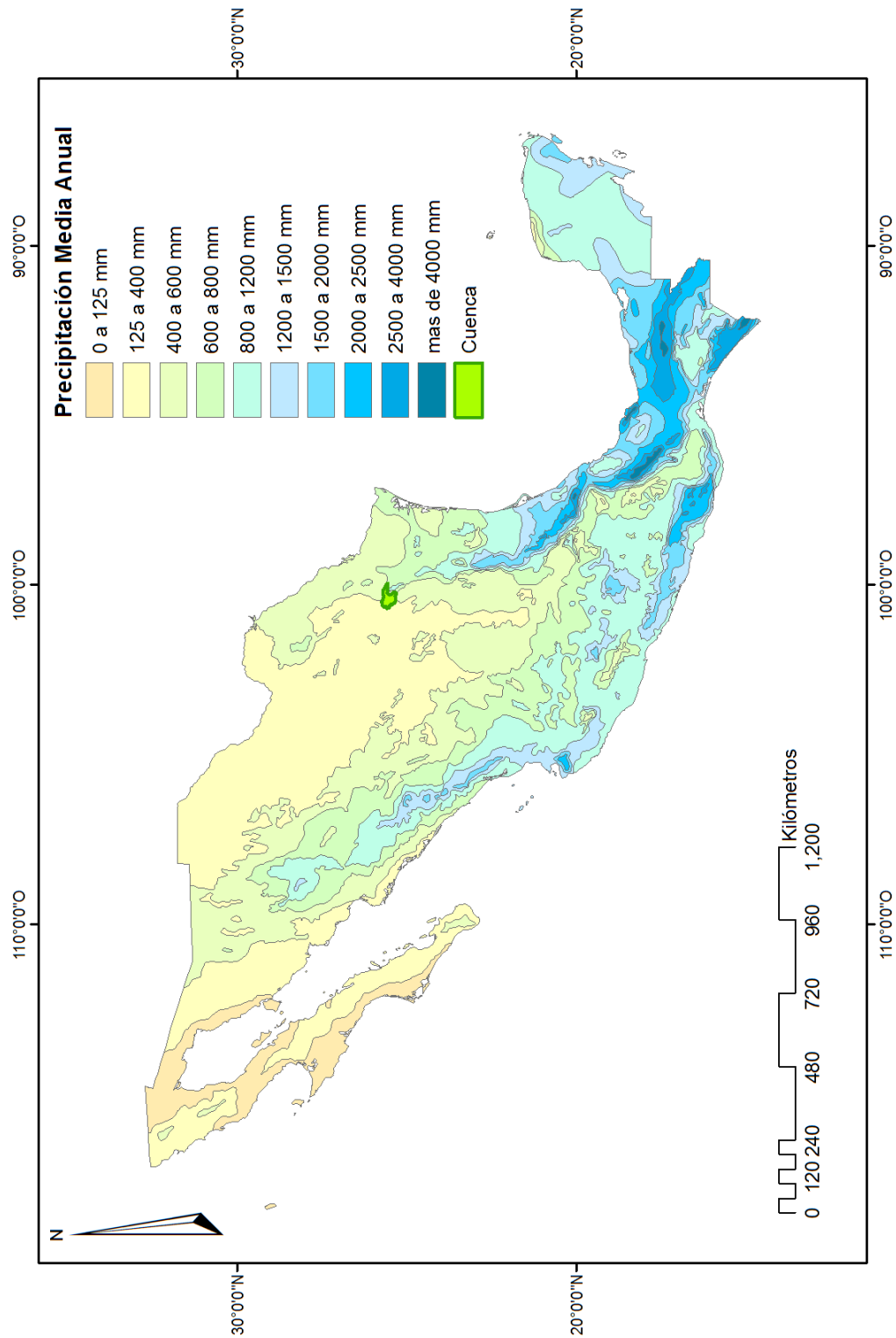


Ilustración 4.27 Precipitación media anual de la República Mexicana (CONABIO)



4.6.12 Periodos de retorno para precipitación

Para obtener el Periodo de Retorno, parámetro más significativo para el diseño de obras hidráulicas, se tomaron las mismas estaciones de estudio y el periodo de años basado en la obtención de la altura de precipitación media anual, se tomó el máximo diario anual con polígonos de Thiessen.

Tabla 4.6 Cálculo de Períodos de Retorno para eventos máximos anuales de lluvia

Año	h_{max} (mm)	Ordenado	N	T (años)	P (%)
1955	34.85	107.67	1	23.00	4.35
1956	61.98	94.10	2	11.50	8.70
1957	20.54	81.84	3	7.67	13.04
1959	31.52	72.82	4	5.75	17.39
1960	33.27	68.45	5	4.60	21.74
1961	28.17	67.45	6	3.83	26.09
1962	72.82	67.09	7	3.29	30.43
1963	68.45	61.98	8	2.88	34.78
1964	67.09	50.76	9	2.56	39.13
1966	37.72	40.13	10	2.30	43.48
1968	35.87	38.95	11	2.09	47.83
1971	40.13	38.43	12	1.92	52.17
1972	23.89	37.72	13	1.77	56.52
1973	81.84	35.87	14	1.64	60.87
1974	94.10	34.85	15	1.53	65.22
1976	50.76	33.27	16	1.44	69.57
1977	107.67	31.52	17	1.35	73.91
1978	67.45	28.17	18	1.28	78.26
1985	26.11	26.11	19	1.21	82.61
1987	38.95	23.89	20	1.15	86.96
1989	38.43	22.27	21	1.10	91.30
1992	22.27	20.54	22	1.05	95.65



4.6.13 Gasto máximo (Método de envolventes)

Este método toma solamente el área de la cuenca, las expresiones más utilizadas en México fueron propuestas por Lowry y Creager, quienes asociaron los gastos más grandes observados en el mundo respecto al área de la cuenca donde se presentó.

$$A (\text{Área de la cuenca}) = 1,812.4 \text{ Km}^2$$

➤ *Ecuación de Lowry* (Gasto máximo por unidad de área)

C_L : *Coeficiente empirico*

$C_L = 5170$ (Región Hidrológica 24B Medio Bravo)

$$q_m = \frac{C_L}{(A+259)^{0.85}}$$

$$q_m = \frac{5,170}{(1,812.4 + 259)^{0.85}}$$

$$q_m = 7.84632 \frac{\text{m}^3}{\text{Km}^2 \text{ s}}$$

➤ *Ecuación de Creager* (Gasto máximo)

C_c : *Coeficiente empirico de envolventes*

$$Q_p = 1.303C_c(0.386A)^\alpha$$

$$\alpha = \frac{0.936}{A^{0.048}}$$

$C_c = 37.83$ (Región Hidrológica 24 Río San Juan)

$$\alpha = \frac{0.936}{1,812.4^{0.048}} = 0.65295$$

$$Q_p = 1.303(37.83)(0.386 * 1812.4)^{0.65295}$$

$$Q_p = 3,551 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

4.6.14 Ecurrimientos

Hidrograma medido por la estación hidrométrica. Cadereyta II "223327" (ubicada cerca de la salida de la cuenca del río Santa Catarina); generado por el meteoro Alex, con inicio en el mes de Junio del 2010. La gráfica de altura de precipitación fue obtenida de seis estaciones, las cuales tenían datos del meteoro Alex.

$$P = \text{Volumen de lluvia} = 1,247,038,912 \text{ m}^3$$

$$Q = \text{Volumen de escurrido directo} = 1,113,627,891 \text{ m}^3$$

$$Q = C_e * P$$

$$C_e = \frac{Q}{P} = \frac{1,113,627,891 \text{ m}^3}{1,247,038,912 \text{ m}^3} = 89.30\%$$

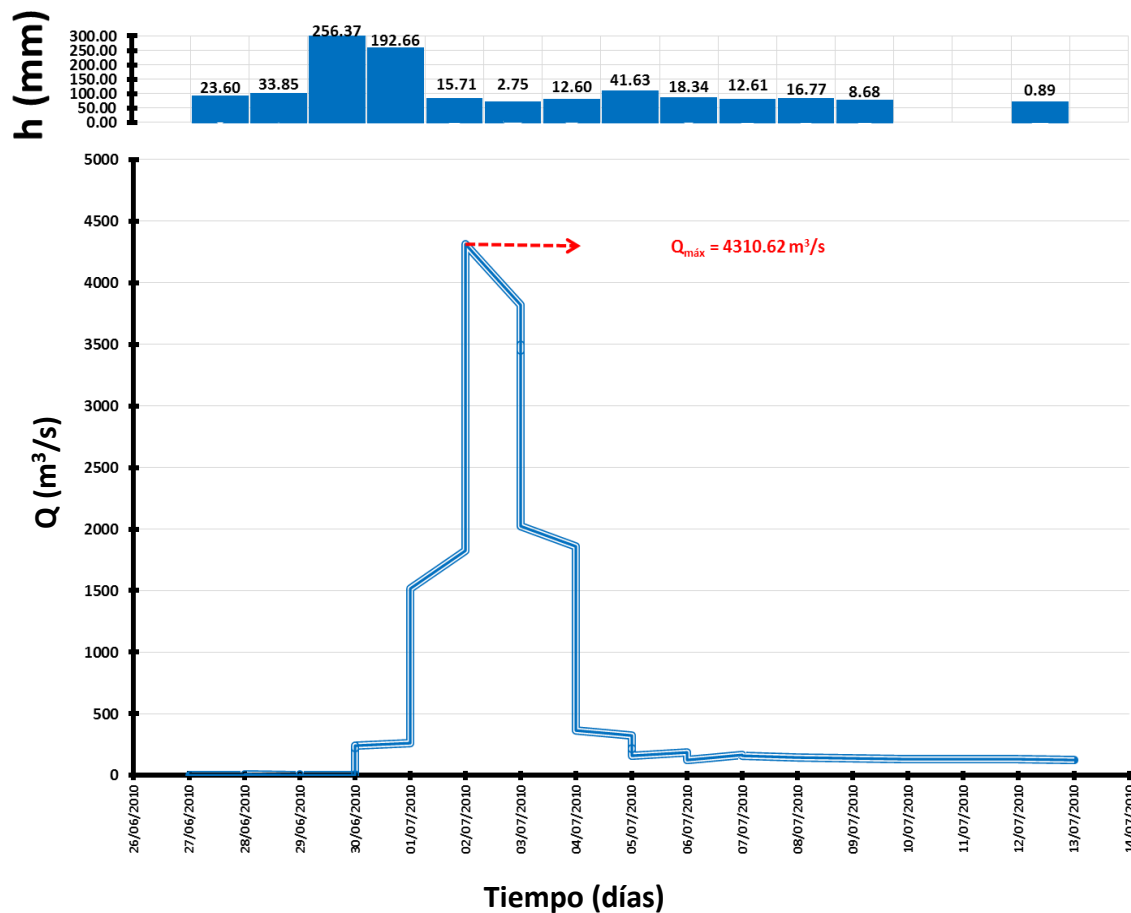


Ilustración 4.28 Hietograma e hidrograma generado por el meteoro Alex

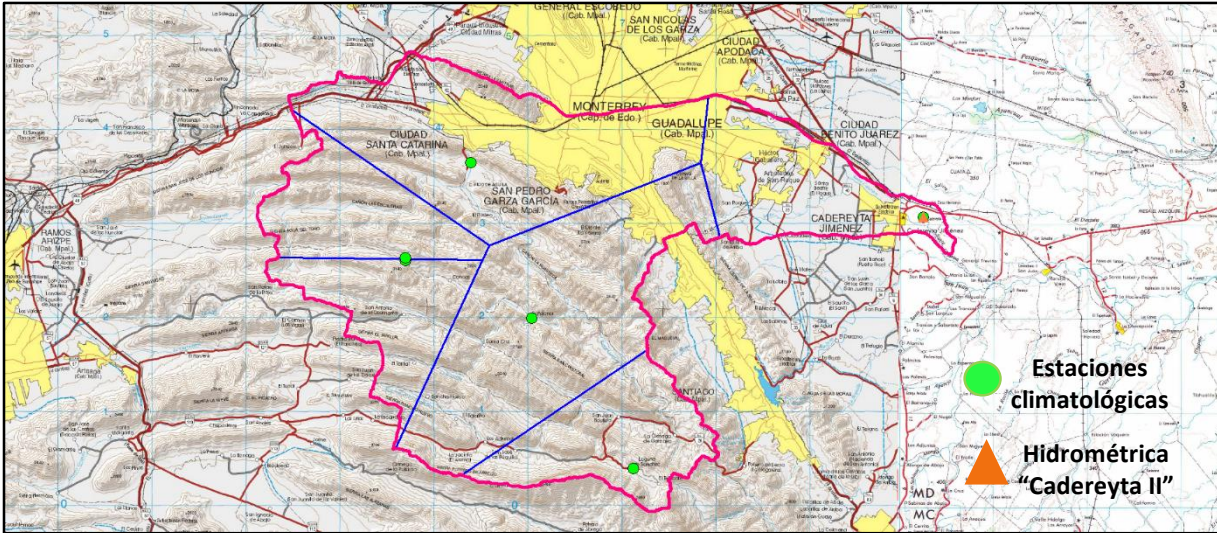


Ilustración 4.30 Estaciones climatológicas e hidrografa con datos del meteoro Alex



Ilustración 4.29 Trayectoria del huracán Alex (NOAA)

Reportó la NOAA que el 1 Julio se había convertido, para entonces, en categoría en categoría 2, ya estando sobre Monterrey Alex produjo fuertes lluvias al noroeste de México, donde la precipitación total estimada excedió los 20 in (508 mm), los reportes mencionados en las montañas fueron tan altos como de 20 a 30 in (508 – 762 mm). La estimación, basada en daños, fue un total de 1.5 billones de dólares en México.

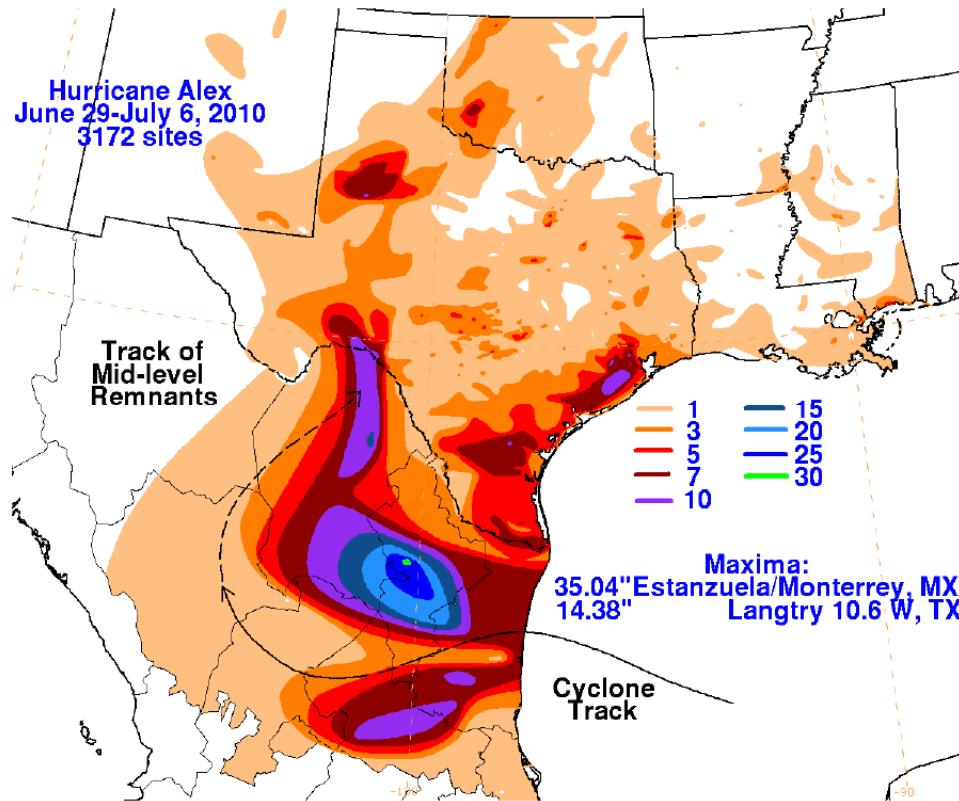


Ilustración 4.31 Precipitación Total Estimada (David Roth of the Hydrometeorological Prediction Center.)

4.6.15 Tiempo de concentración

Tiempo que tarda el agua de lluvia en fluir por la superficie, desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto de salida de la misma.

L : longitud del cauce principal [m]

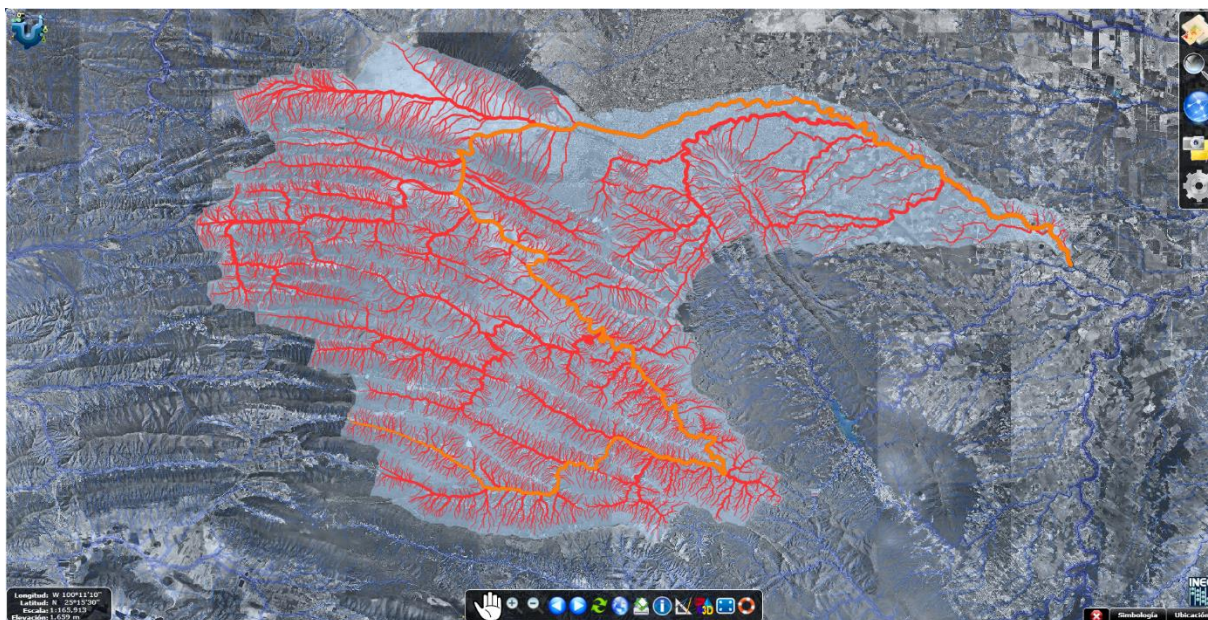
S : pendiente del cauce principal [1]

$$t_c = 0.000323 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

$$t_c = 0.000323 \left(\frac{154,022.632^{0.77}}{0.01028^{0.385}} \right) = 18.579[h] = 1,114.74 [min] \quad 66,884.4 [seg]$$

Para tener una estimación de la velocidad que llevaría durante todo su trayecto la primera gota que cae en la parte más alta hasta la salida de la cuenca tendríamos que hacer el cociente entre la longitud y el tiempo de concentración dándonos una velocidad de 2.30 m/s.

4.6.16 Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL)



Indicadores del Cauce Principal

Propiedad	Valor
Elevación máxima	3069 m
Elevación media	1684 m
Elevación mínima	300 m
Longitud	164713 m
Pendiente Media	1.6811 %
Tiempo de Concentración	973.28 (minutos)
Área Drenada	1779.22 km ²

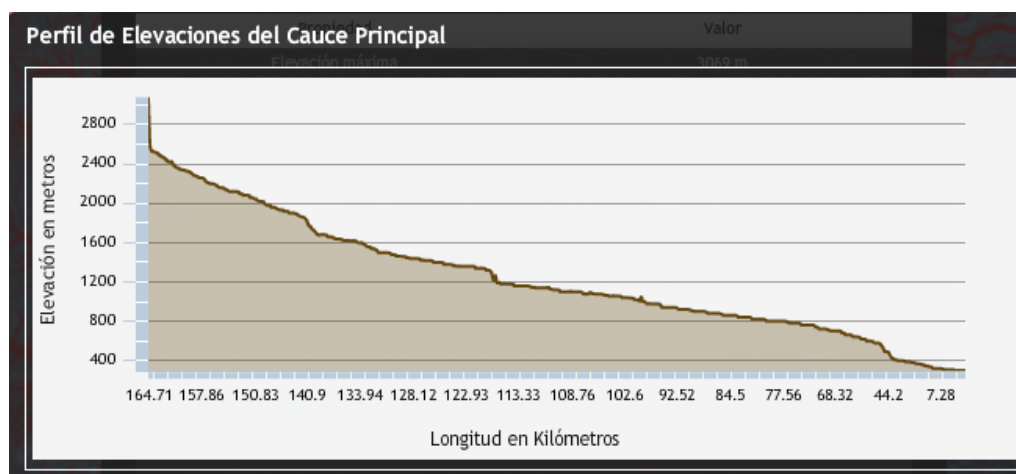


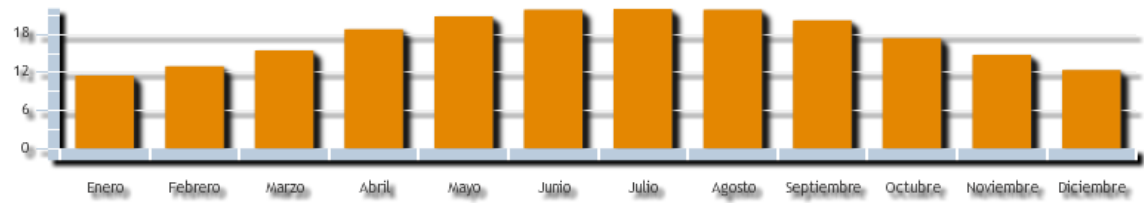
Ilustración 4.32 Características fisiográficas de la cuenca del río Santa Catarina (SIATL-INEGI)

Datos Climáticos

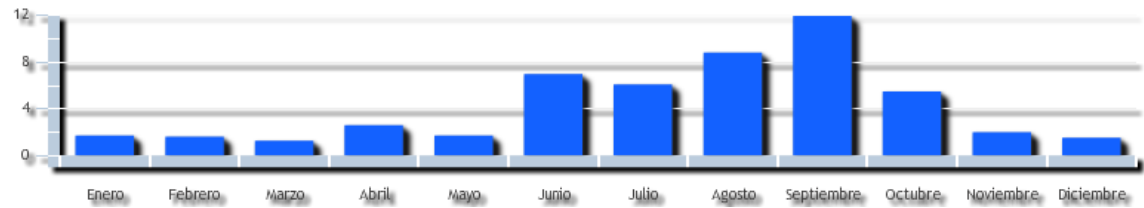


Datos Climáticos

Temperatura media mensual



Precipitación media mensual



Vegetación



Distribución de la Vegetación

- MATORRAL XEROFILO (694.785 km²)
- BOSQUE DE CONIFERAS (484.487 km²)
- BOSQUE DE ENCINO (211.516 km²)
- ZONA URBANA (187.884 km²)
- AGRICOLA-PECUARIA-FORESTAL (86.383 km²)
- ASENTAMIENTOS HUMANOS (81.096 km²)
- VEGETACION INDUCIDA (13.95 km²)
- SIN VEGETACION APARENTE (1.914 km²)

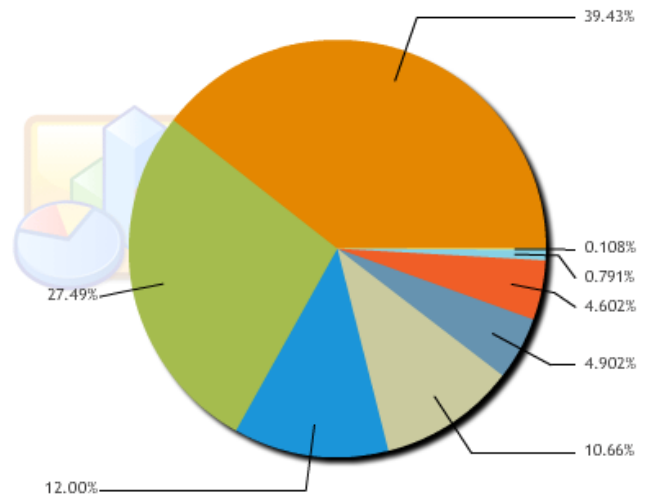


Ilustración 4.33 Análisis de área de escurrimiento (SIATL-INEGI)



4.17 Comentarios

El tipo de geología, de la cuenca del río Santa Catarina, está constituida en su mayor parte de caliza, cuando el agua penetra la caliza lleva a cabo un proceso de disolución, material que será conducido y depositado a través de los cauces.

Para el caso del suelo y vegetación se cuenta con cuatro series de publicaciones desde 1992 al 2011, indicando que de 1992-2002 desapareció la zona de riego abriéndose paso la urbanización (deforestación y obras de drenaje), contrastando con las series IV la cubierta vegetal (pastizal) se fue reduciendo resultado del proceso de urbanización lo que reduce la capacidad de infiltración acelerando el escurrimiento, como consecuencia los gastos y volúmenes de escurrimiento directo se incrementan.

El principio de un análisis de cuenca hidrológica, se presenta con la delimitación del parteaguas empleando mapas con datos del relieve (curvas de nivel) como lo son las cartas topográficas del INEGI que haciendo uso de un editor SIG se puede trazar de forma rápida y precisa.

Basándose en las dimensiones de una cuenca (pequeña, mediana, grande) se pueden escoger diferentes escalas de cartas topográficas (1:20,000 , 1:50,000 , 1:250,000), con las cuales se cubre el área de análisis.

El parteaguas de la cuenca de estudio, consta de 1,812.4 km², se trazó sobre las cartas topográficas 1:250,000, para el caso de un área pequeña se utilizarían las cartas a escala desde 1:50,000 hasta 1:20,000 por el detalle de información de curvas de nivel. Otro recurso, son las cuencas delimitadas por SIATL (INEGI escala 1:50,000) con las cuales se pueden complementar.

Las ortofotos (imagen corregida de escala y proyección) son de apoyo a la disciplina de percepción remota, con ellas se construyen líneas de tiempo, y en casos específicos, se plasman escenarios multitemáticos, con especial relevancia en tipos de suelo, vegetación, geología y clima.



Para la obtención de la pendiente de la cuenca se utilizó el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con una resolución de 15X15 metros pero la malla utilizada fue de 200X200 metros, resultó ser útil y se adapta adecuadamente a los cálculos, para los objetivos de la tesis no fue necesaria mayor resolución por ser un área grande de trabajo.

Con información derivada del Modelo Digital de Elevaciones y con apoyo de un SIG se exportó una malla para la realización de cálculos en EXCEL, se obtuvo la pendiente media de la cuenca ($S_{\text{Horton}} = 20.8 \%$) representando a un terreno fuertemente accidentado, y la del cauce principal ($S_{\text{Taylor}} = 1.08 \%$).

Para la curva hipsométrica, se generó información a partir del MDE obteniendo áreas entre curvas de nivel con ayuda de un SIG, la curva representa a una cuenca en etapa de equilibrio, es decir, geológicamente es madura o de pie de montaña, encontrándose en su segunda etapa, antecediendo a una súbitamente erosionada por efecto del flujo de corrientes debilitando su geología.

La red de drenaje envuelta por el parteaguas se encuentra representada en las cartas a escala 1:50,000 (ríos perennes e intermitentes), con la que se obtuvo el orden de corriente (orden 7) mismo parámetro se basó para identificar al cauce principal, con el mismo origen se obtuvo la densidad de corriente ($D_{\text{Corriente}} = 2.6 [1/\text{km}^2]$) y densidad de drenaje ($D_{\text{Drenaje}} = 2.8 [1/\text{km}]$), números altos indican un drenaje disectado con una capacidad de respuesta rápida de la cuenca.

La velocidad media de 2.30 m/s (calculada a partir del tiempo de concentración) es de consideración porque se prevé que con tal velocidad arrastre materiales y erosione a otros.





CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

El contar con instituciones que generen constantemente información digital, describiendo el territorio nacional (accesible al público en general), y empleen el uso de nuevas tecnologías de vanguardia para su generación, se puede hacer el estudio de zonas de interés con la construcción de visiones multitemporales y multitemáticas de calidad y precisión.

De las instituciones, dedicadas a esta gran labor de generación de información de temas geográficos, estadísticos, factores económicos e índices sociales, su estructura de consulta y despliegue es dinámico, esencial para la búsqueda específica de las zonas de estudio.

Tener conocimiento, recabar y aprovechar la información digital geográfica que ponen a disposición las instituciones gubernamentales, es cultura que se tiene que fomentar para la educación de los usuarios, porque dependiendo del amplio conocimiento que el hombre logre de su entorno, será aspecto importante de cualquier civilización para su crecimiento social, económico y ambiental.

Con el manejo y dominio de nuevas tecnologías de Sistemas de Información Geográfica y el conocimiento de información digital actualizada, se integran como apoyo a proyectos de ingeniería, por su versatilidad y disponibilidad de información respectivamente, dejando de lado las formas tradicionales de generar información geográfica por el tiempo de construcción y la exactitud con que se generan las nuevas.

La información digital presentada en esta investigación está adherida a un corto tiempo de vigencia, ya que el material digital se encuentra en constante actualización, dejando como objetivo la presentación de esta información, necesaria de conocer, como una aplicación para proyectos de Ingeniería.

La importante necesidad de incluir en la enseñanza de la Ingeniería Civil, de conocer este tipo de información y el uso de herramientas SIG, hoy en día es fundamental para el desarrollo de proyectos de hidrología, y en general de Ingeniería Civil.





BIBLIOGRAFÍA

E. V. Krick. *Introducción a la Ingeniería y al diseño de la Ingeniería*. Lafayette College. Easton Pensilvania E.U.A.

Olaya Victor. *Sistemas de Información Geográfica*. Versión I. Noviembre 2012

Baldemar Méndez Antonio. *Empleo de técnicas de percepción remota en los modelos hidrológicos*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Springal G. Rolando. *Hidrología*. Series del Instituto de Ingeniería, Abril 1970.

Aparicio Mijares Francisco Javier. *Fundamentos de Hidrología de superficie*, LIMUSA, México 2012.

Francisco Antonio Hansen Albites. Apuntes de Cartografía. INEGI. Disponible en:

<http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/Apuntes%20de%20cartograf%C3%ADa.pdf>

Dr. Óscar Arturo Fuentes Mariles, Dr. Moisés Berezowsky Verduzco, M. I. José Alberto Sánchez Cruz, Dr. Amado Abel Jiménez Castañeda. *Hidrotecnia, Hidráulica, Tránsito hidrológico e hidráulico en cauces*. En: Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Ingeniería UNAM. *Manual de diseño de obras civiles*. México 2012.

Antonio Guerrero Aguilar. Cronista de la Ciudad de Santa Catarina, Nuevo León,

<https://groups.google.com/forum/#!msg/surmac/YFtDTdBze9E/sVjCjI-4iywJ>

INEGI. *La actividad geográfica y cartográfica hacia el nuevo milenio*. Consulta: Mayo 2014.

Disponible en:

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/iniciow.pdf

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/geo1w.pdf

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/geo2w.pdf



http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/geo3w.pdf

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/geo4w.pdf

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/geo5w.pdf

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/infogeo/geo6w.pdf

Sistemas de Información Geográfica, Consulta: Marzo. Disponible en:

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_información_geográfica

Consulta: Abril 2014

<http://www.inegi.org.mx/>

<http://www.cenapred.unam.mx/>

<http://www.conabio.gob.mx/>

Consulta: Mayo 2014

<http://clicom-mex.cicese.mx/>

<http://atoyatl.imta.mx/webpatzcuaro/bandas/contenido-bandas.pdf>

Consulta: Junio 2014

<http://www.sct.gob.mx/>

Consulta: Julio 2014

<http://www.cfe.gob.mx/paginas/home.aspx>

<http://www.noaa.gov/>