

CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

INSTITUTO MEXICANO DE
TECNOLOGÍA DEL AGUA

PROGRAMA DE PREVENCIÓN
CONTRA CONTINGENCIAS
HIDRÁULICAS

CIUDAD/CUENCA CUERNAVACA-
JIUTEPEC, MORELOS

INFORME FINAL

DICIEMBRE 2014

Contenido

1.	DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD/CUENCA DE CUERNAVACA-JIUTEPEC, MORELOS...	1
1.1	Localización.....	1
1.2	Red de monitoreo.....	1
1.3	Uso de suelo, vegetación y edafología.....	7
1.4	Población.....	10
1.5	Causas de las inundaciones	11
1.6	Subdivisión de la ciudad/cuenca.....	14
1.7	Descripción general del sistema de drenaje	15
1.8	Avenidas máximas en la estación hidrométrica Temixco (18271).....	16
2.	EVALUACIÓN DEL PELIGRO.....	20
2.1	Estimación de los caudales y tormentas de entrada al sistema.....	20
2.2	Topografía.....	22
2.3	Modelación hidráulica.....	26
	GLOSARIO	522
	BIBLIOGRAFÍA.....	57

1. DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD/CUENCA DE CUERNAVACA-JIUTEPEC, MORELOS

1.1 Localización

El área de estudio corresponde a la zona conurbada de Cuernavaca que está compuesta por las localidades de Cuernavaca, Jiutepec, Progreso, Temixco, Tres de Mayo, Xoxhitepec, Emiliano Zapata, Tezoyuca y Chiconcuac. La ciudad de Cuernavaca y las localidades que la circunscriben pertenecen al estado de Morelos, rodeado por el Distrito Federal, Guerrero, Puebla y el Estado de México.

De acuerdo con los límites oficiales relacionados con la disponibilidad de agua superficial, el área de estudios se ubica en la cuenca hidrológica Amacuzac, perteneciente a la región hidrológica Balsas, Rh 18 (Figura 1) y cuenta con un área de 589.60 km².

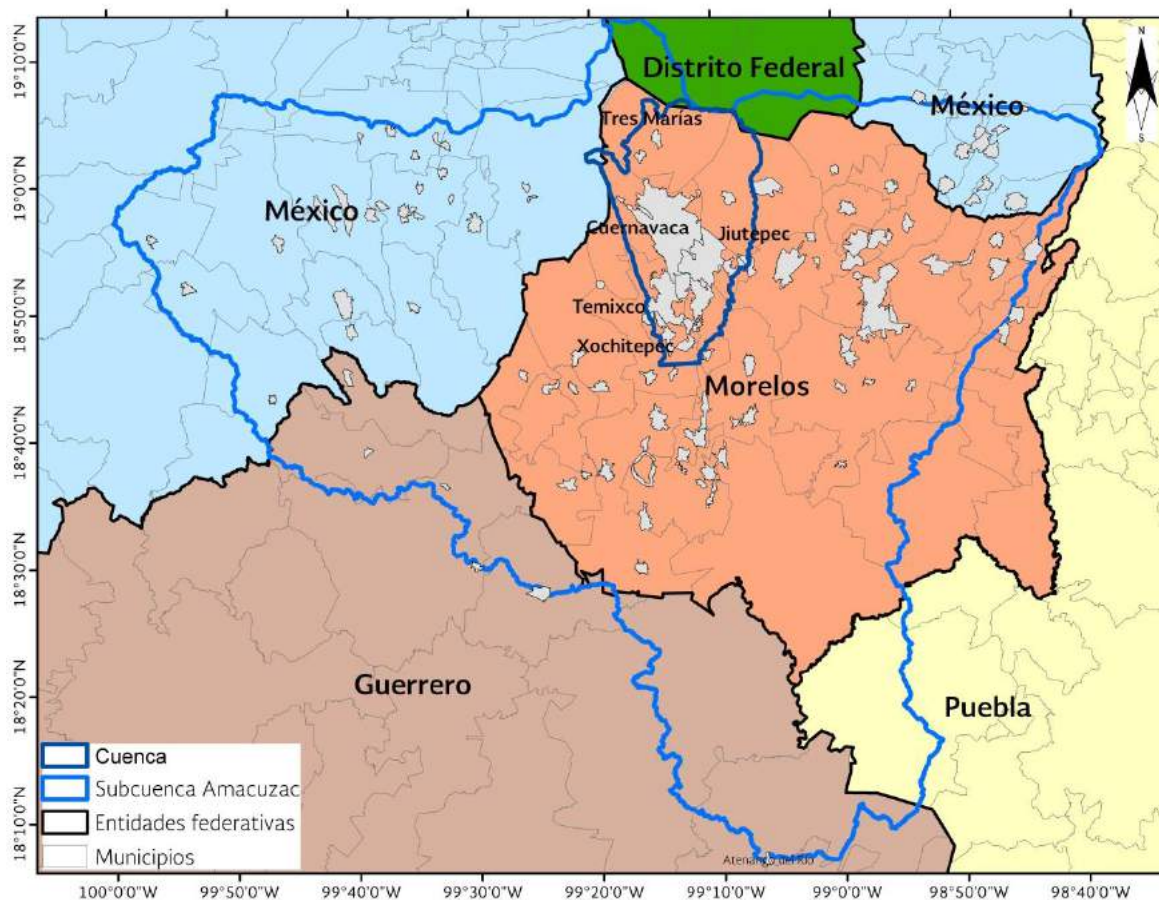


Figura 1. Localización del área de estudio, Cuernavaca, Morelos.

1.2 Red de monitoreo

Se localizaron 16 estaciones climatológicas dentro de la zona de estudio (Figura 2), una localizada en el Distrito Federal (9022) y dos de ellas en el Estado de México (15173 y 15298), el resto se localizan dentro del estado de Morelos. La estación que cuenta con el menor número de años de registro es la estación con el nombre de Escuela de Biología UAEM con solo 13 años, mientras las estaciones con el mayor número de registros son las

estaciones Colonia Empleado y Cuernavaca (DGE) con 59 años de mediciones de lluvia diaria cada una (Tabla 1).

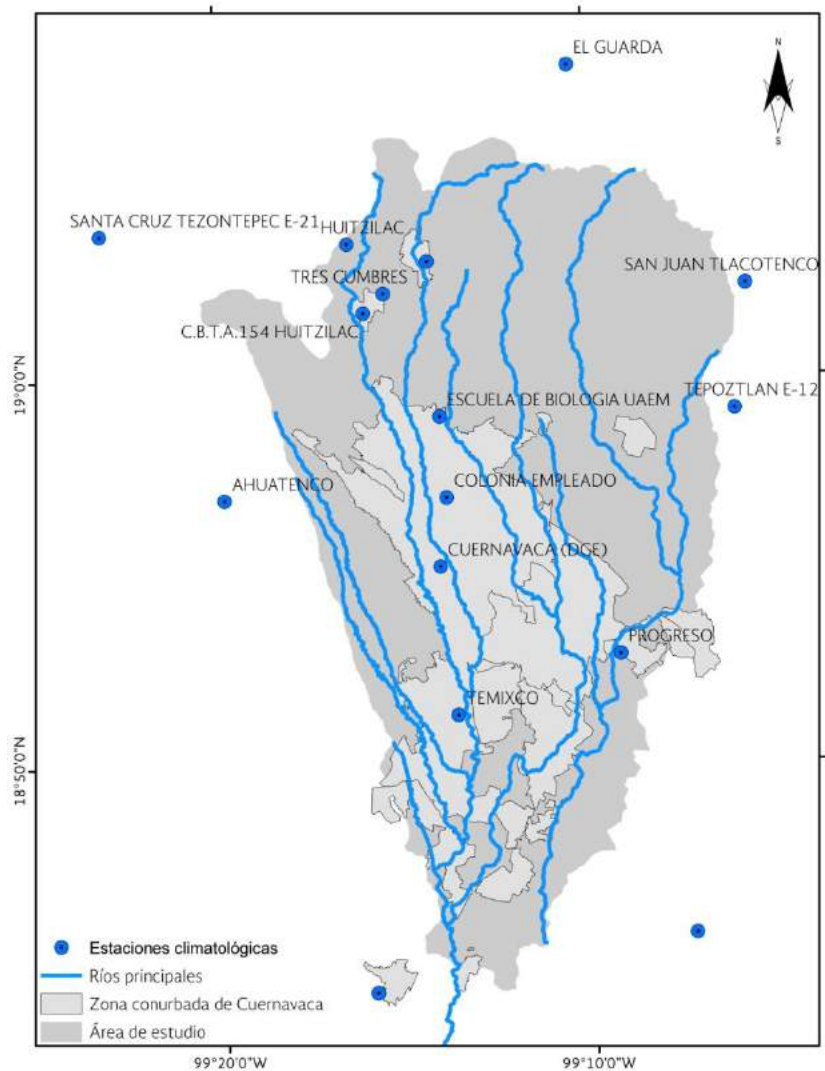


Figura 2. Estaciones climatológicas

Tabla 1. Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio.

No	Clave	Nombre Estación	Situación (CLICOM)	Registro		
				Desde	Hasta	No. Años
1	9022	El Guarda	Operando	1961	2008	48
2	15173	Ahuatenco	Operando	1969	1969	34
				1971	1985	
				1987	1989	
				1993	2007	
3	15298	Santa Cruz Tezontepec E-21	Operando	1980	2005	27
2008	2008					
4	17002	Colonia Empleado	Operando	1939	1942	59
				1946	1968	
				1970	2001	

No	Clave	Nombre Estación	Situación (CLICOM)	Registro		
				Desde	Hasta	No. Años
5	17004	Cuernavaca (DGE)	Operando	1955	2013	59
6	17009	C.B.T.A.154 Huitzilac	Operando	1962	1987	26
7	17014	Temixco	Operando	1957	2013	57
8	17018	Ticuman	Operando	1956	2013	58
9	17022	Tres Cumbres	Suspendida	1961	1990	30
10	17037	Escuela de Biología UAEM	Suspendida	1975 2006	1979 2013	13
11	17039	San Juan Tlacotenco	Operando	1976	2012	37
12	17047	Huitzilac	Operando	1962	2013	52
13	17049	Tepoztlán E-12	Operando	1976 1981 1985 1992 2000 2002	1977 1983 1989 1998 2000 2011	28
14	17071	Progreso	Operando	1982	2014	33
15	17072	Alpuyeca	Operando	1969 1977 1998	1975 1988 2013	35
16	17093	Tres Marías	Operando	1996	2012	17

Fuente: CLICOM (CLimate COMputing project) con registros cada 24 horas al año 2013.

Se identificaron 6 estaciones hidrométricas (Figura 3) dentro de la zona de estudio, tres de ellas localizadas en canales y tres en cauces de ríos. La estación Canal el Túnel resultó tener un registro de medición de sólo 12 años, siendo esta la estación la de menor número de años registrados, mientras que la estación Temixco cuenta con 47 años de mediciones de caudal, siendo esta estación la que mayor número de registros tiene en la zona de estudio (Tabla 2).

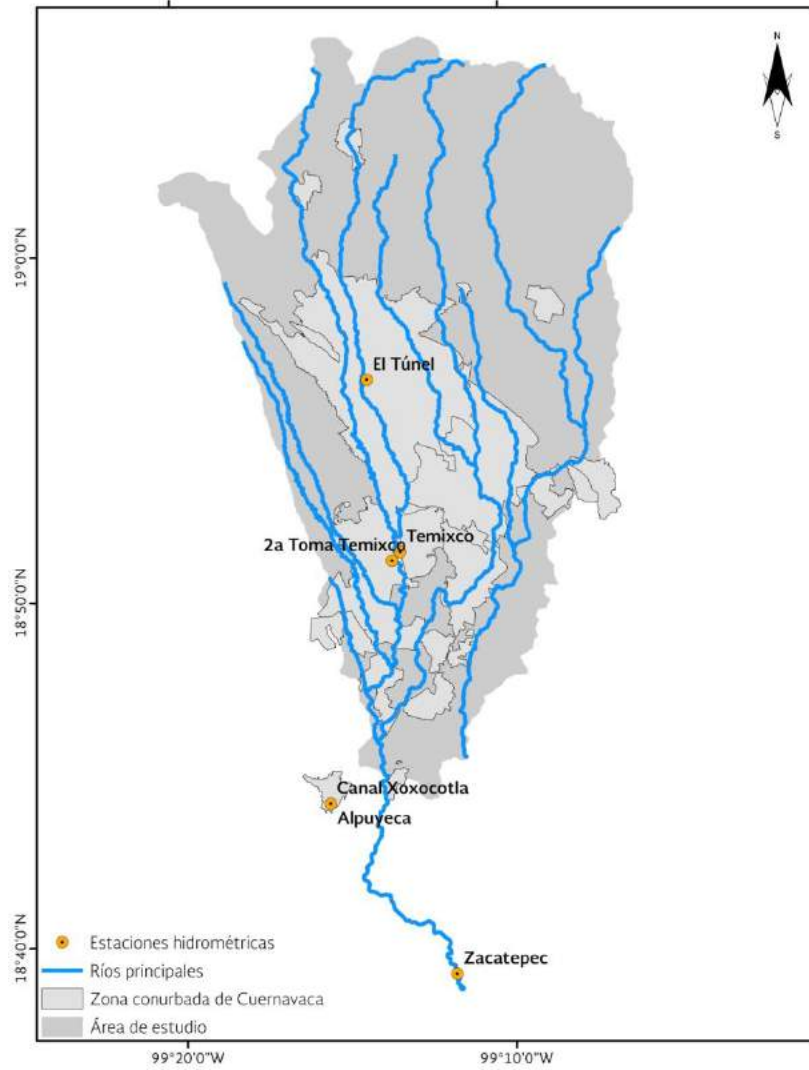


Figura 3. Estaciones hidrométricas, SIAS v2.

Tabla 2. Estaciones Hidrométricas en la zona de estudio

No	Clave	Nombre Estación	Tipo	Años de registro		
				Desde	Hasta	No. años
1	18269	Alpuyecá	Río	1957 1994 1999 2001	1990 1994 1999 2002	38
2	18270	Canal Xoxotla	Canal	1957 1993 2000 2005	1990 1995 2002 2009	45
3	18271	Temixco	Río	1957 1998 2005	1996 2003 2005	47
4	18272	Canal 2da Toma Temixco	Canal	1957 1968 1987 1991 1994	1966 1985 1989 1991 2002	42

No	Clave	Nombre Estación	Tipo	Años de registro		
				Desde	Hasta	No. años
				2005	2005	
5	18557	Canal el Túnel	Canal	1976 1978 1980 1988 1995 2000 2005	1976 1978 1985 1988 1995 2000 2005	12
6	18264	Zacatepec	Río	1956 1991 1995 1998 2005	1986 1991 1996 2003 2009	45

Fuente: SIAS v2. Sistema de Información de Aguas Superficiales

Se ubicaron 8 estaciones meteorológicas automáticas cercanas a la zona de estudio (Figura 4 y Tabla 3), al norte dos estaciones ubicadas en la localidad de Tres Marías, al oriente otras dos en la localidad de Tepoztlán, tres sobre la zona conurbada y una casi al centro de la ciudad de Cuernavaca.

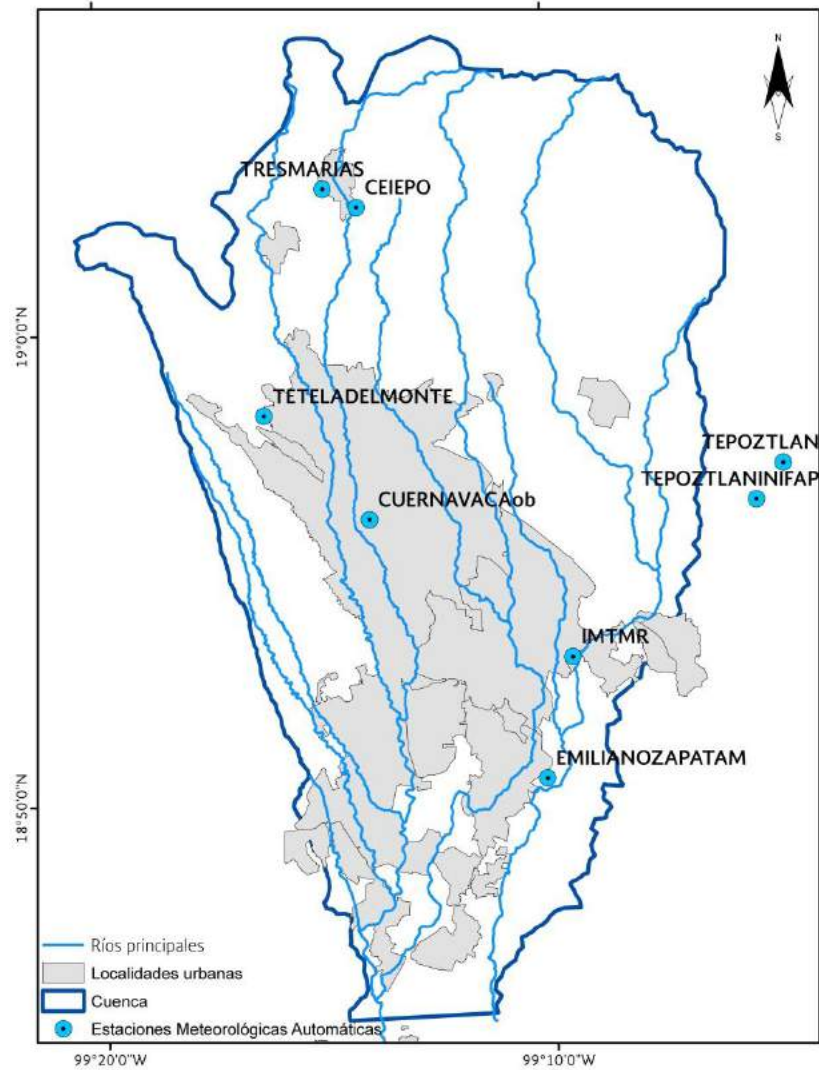


Figura 4. Ubicación de las estaciones meteorológicas automáticas

Tabla 3. EMA's

No	EMA	Periodo de registros		
		Desde	Hasta	No años
1	Tres Marías	Dic 2010	Sep 2012	2
2	CEIEPO	2014	2014	1
3	Tetela del Monte	Nov 2012	Nov 2012	1
4	CuernavacaOb	Jul 2010	Ene 2013	2.5
5	Tepoztlán	Mar 2005	Dic 2013	8.5
6	TepoztlánINIFAP	2014	2014	1
7	IMTMR	Abr 1999	Dic 2013	15
8	Emiliano Zapata	Sep 2012	Ene 2013	1

Fuente: Sistema de información hidrológica (SIH), 2013 con información actualizada a 2014.

1.3 Uso de suelo, vegetación y edafología

Los conjuntos de datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación utilizados corresponden a la Serie V a escala 1:250 000 en formato shapefile, contienen información del uso de suelo y vegetación obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes de satélite Landsat TM5 seleccionadas del año 2011. Esta interpretación está apoyada con trabajos de campo realizados de Abril a Junio de 2012. Los conjuntos de datos contienen la ubicación, distribución y extensión de diferentes comunidades vegetales y usos agrícolas con sus respectivas variantes en tipos de vegetación, de usos agrícolas, e información ecológica relevante (Figura 5).

El tipo de suelo Bosque de Coníferas con el 45.3% de la superficie total es el que cuenta con mayor extensión en el área de estudio, ubicándose en toda la zona norte de la cuenca sobre la reserva territorial denominada Chichináutzin. Le sigue el uso agrícola con el 25.6% de la superficie total, se distribuye principalmente al norte del río Apatlaco, al oriente sobre el río Acolapa y al sur sobre el río Dulce en el poblado de Emiliano Zapata. Al centro de la cuenca se ubica el tipo de suelo urbano (15.4%) que está conformado por las localidades en estudio (Tabla 4).

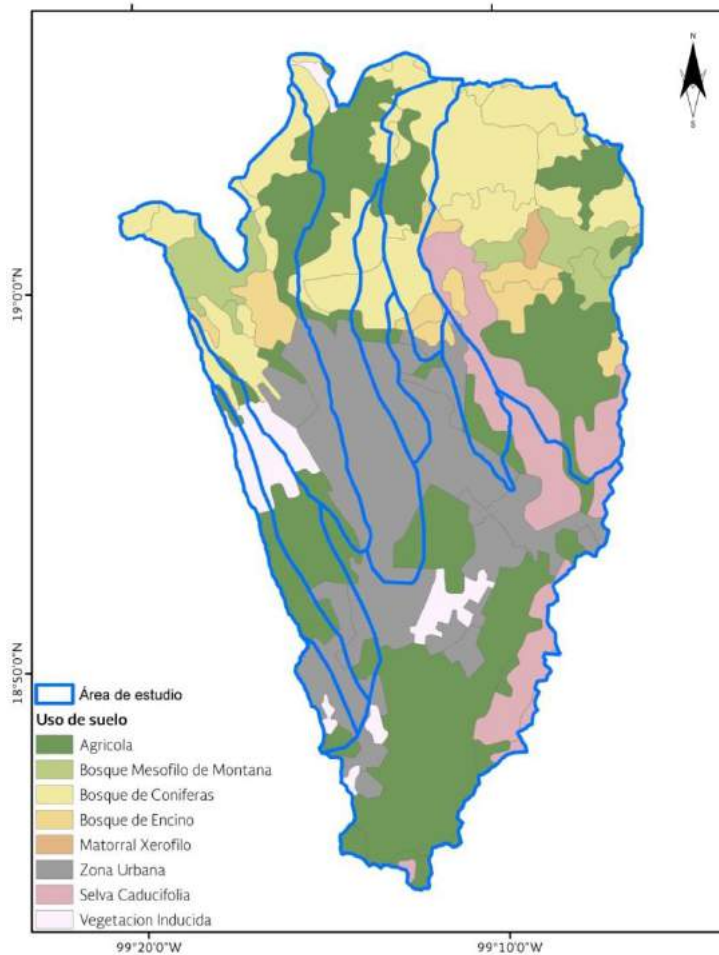


Figura 5. Uso de suelo. Fuente: Elaborado a partir de: INEGI serie IV. Uso de suelo y vegetación, 2010.

Tabla 4. Porcentajes del uso de suelo

Uso de suelo	Área (km ²)	Porcentaje del área total
Agrícola	149.12	25.6%
Bosque de Coníferas	264.08	45.3%
Matorral Xerófilo	2.46	0.4%
Suelo Urbano	148.80	25.5%
Vegetación Inducida	17.20	3.0%
Río	1.34	0.2%
Total	583.00	100%

Fuente: Elaborado a partir de: INEGI serie IV. Uso de suelo y vegetación, 2010.

El conjunto de datos vectorial edafológico corresponde a la Serie II (Continuo Nacional) a escala 1:250,000 en formato shapefile, contiene información actualizada de los diferentes grupos de suelos que existen en el territorio mexicano obtenida durante el período 2002-2006, utilizando para la clasificación de los suelos el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (por sus siglas en inglés World Reference Base for Soil Resources WRB), reporte número 84, publicado por la Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo (SICS), Centro Internacional de Referencia e Información de Suelos (ISRIC) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), adaptado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), para las condiciones ambientales de México. El Continuo Nacional de datos muestra la distribución espacial de los suelos que se presentan en el territorio (Figura 6).

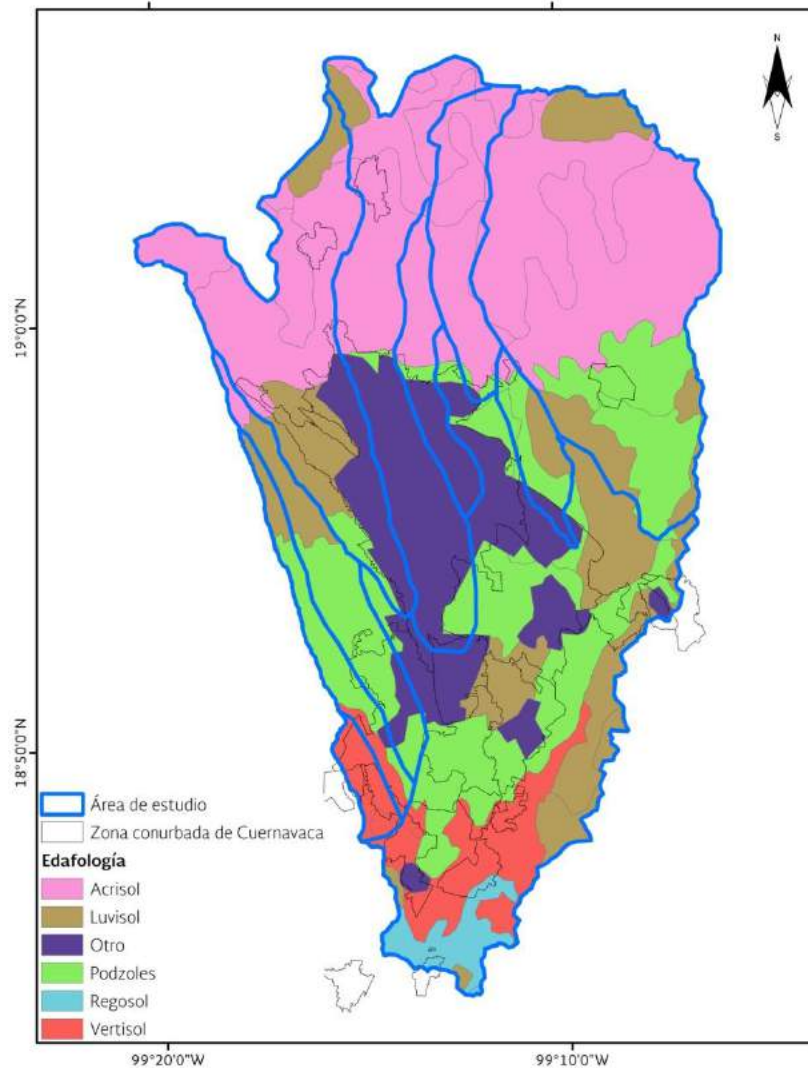


Figura 6. Edafología. Fuente: Elaborado a partir de: INEGI serie II, 2002 -2007, Edafología.

De acuerdo con las áreas de suelo primario la zona de estudio presenta en mayor proporción (37.6%) de suelos acrisoles al norte de la cuenca sobre la sierra del Chichináutizin, este tipo de suelos contiene principalmente arenas finas y limos. Los suelos Podzoles (22.1%), Luvisoles (16.7%) y Suelo urbano (16.2%) de acuerdo a la carta edafológica son los de mayor abundancia distribuyéndose desde la parte norte de la ciudad de Cuernavaca hasta la salida de la cuenca. En toda la cuenca la textura de los suelos se compone de arenas finas y limos, así como de arcillas en grandes cantidades, suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana y suelos muy impermeables (Tabla 5).

Tabla 5. Edafología

Suelo primario	Clase textural	Área (km2)	Porcentaje del área total
Acrisol	2	219.11	37.6%
Luvisol	2	86.84	14.9%
	3	10.67	1.8%
Suelo Urbano	NA	94.35	16.2%
Podzoles	2	106.00	18.2%
	3	22.90	3.9%
Regosol	2	5.40	0.9%
Vertisol	3	37.74	6.5%
Total		583.00	100.0%

Fuente: Elaborado a partir de: INEGI serie II, 2002 -2007, Edafología.

Nota: clase textural 2 (Arenas finas y limos) y clase textural 3 (Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables).

1.4 Población

En toda la zona de estudio habitan 721,718 habitantes de acuerdo con el censo 2010 de INEGI (Tabla 6), de los cuales 702,558 habitantes pertenecen a zonas urbanas y 19,160 habitantes a zonas rurales (Figura 7).

Tabla 6. Población

Municipio	Población Rural	Población Urbana	Población Total
Cuernavaca	4,204	335,039	339,243
Emiliano Zapata	2,480	64,298	66,778
Jiutepec	3,532	171,274	174,806
Temixco	2,156	89,915	92,071
Tepoztlán	2,644	3,624	6,268
Xochitepec	4,144	25,955	30,099
Yautepec	0	12,453	12,453
Total general	19,160	702,558	721,718

Fuente: Elaborado a partir de: INEGI 2010.

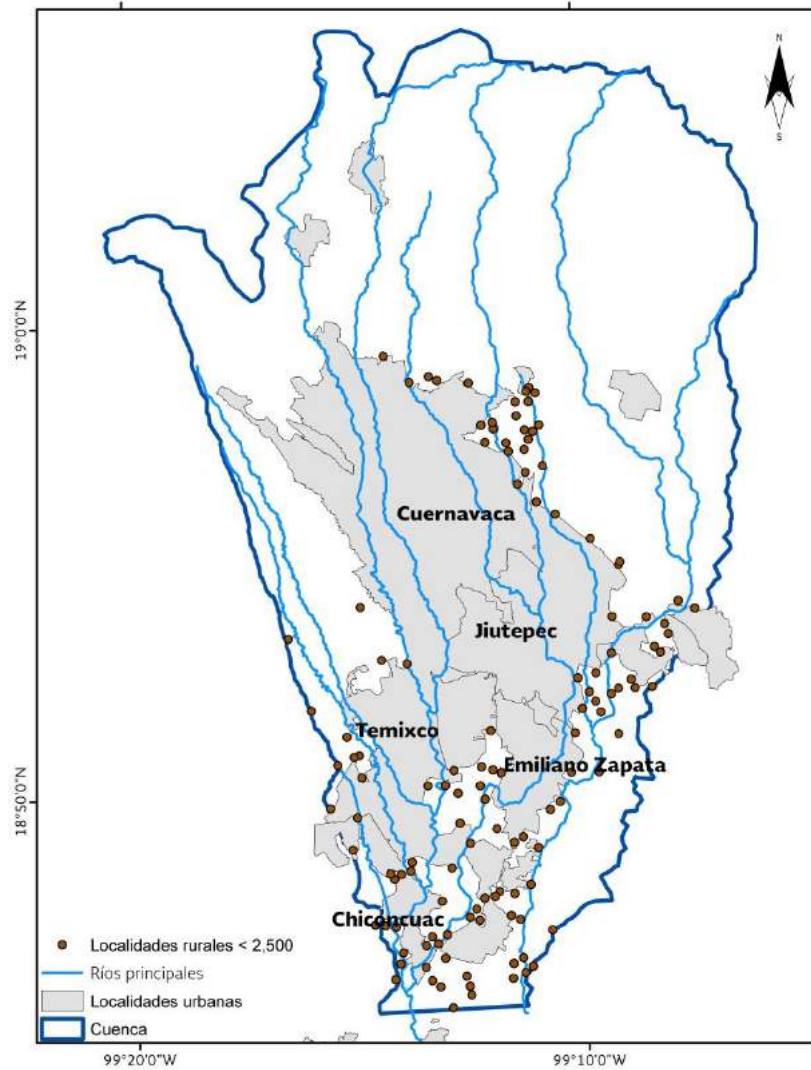


Figura 7. Población rural y urbana

1.5 Causas de las inundaciones

De acuerdo al documento "Compendio de identificación de asentamientos humanos en cauces federales" sólo se tienen registros de eventos de inundaciones en las localidades de Temixco, Xochitepec y Jiutepec (Tabla 7), las cuales sufrieron afectaciones por los desbordamientos del río Apatlaco, Puente Blanco y La Gachupina.

Tabla 7. Eventos de inundaciones en el área de estudio

Fecha	Municipio	localidad	Evento	Afectaciones	
				Casas	Habitantes
14 de septiembre de 2008	Temixco	Las Ánimas, Las Rosas	Desbordamiento del río Apatlaco	70	350
14 de septiembre de 2008	Xochitepec	Unidad deportiva Mariano Matamoros	Desbordamiento del río Apatlaco	Sin dato	Sin dato

Fecha	Municipio	localidad	Evento	Afectaciones	
				Casas	Habitantes
18 de septiembre de 2008	Jiutepec	Residencial Country, San José, Pedregal de Tejalpa, Lázaro cárdenas	Desbordamiento de las barrancas Puente Blanco y La Gachupina	130	650

Fuente: CONAGUA. Agosto 2012. Compendio de identificación de asentamientos humanos en cauces federales.

En la zona se ubican los bordos Atzingo y Chapultepec en Cuernavaca en un estado físico regular, los cuales no representan ningún riesgo en lo que se refiere a la población ni área productiva.

La Comisión Estatal del Agua de Morelos (CEAgua) ha identificado las principales zonas que han sufrido afectaciones por inundación en los últimos años (Figura 8). En la imagen se observa que las afectaciones han ocurrido principalmente en las localidades de Jiutepec, Temixco, Emiliano Zapata y Xochitepec. Estas zonas fueron identificadas a partir del “Compendio de identificación de asentamientos humanos en cauces federales” elaborado por el Organismo de Cuenca Balsas en 2012 y que la CEAgua actualizó hasta el 2014.

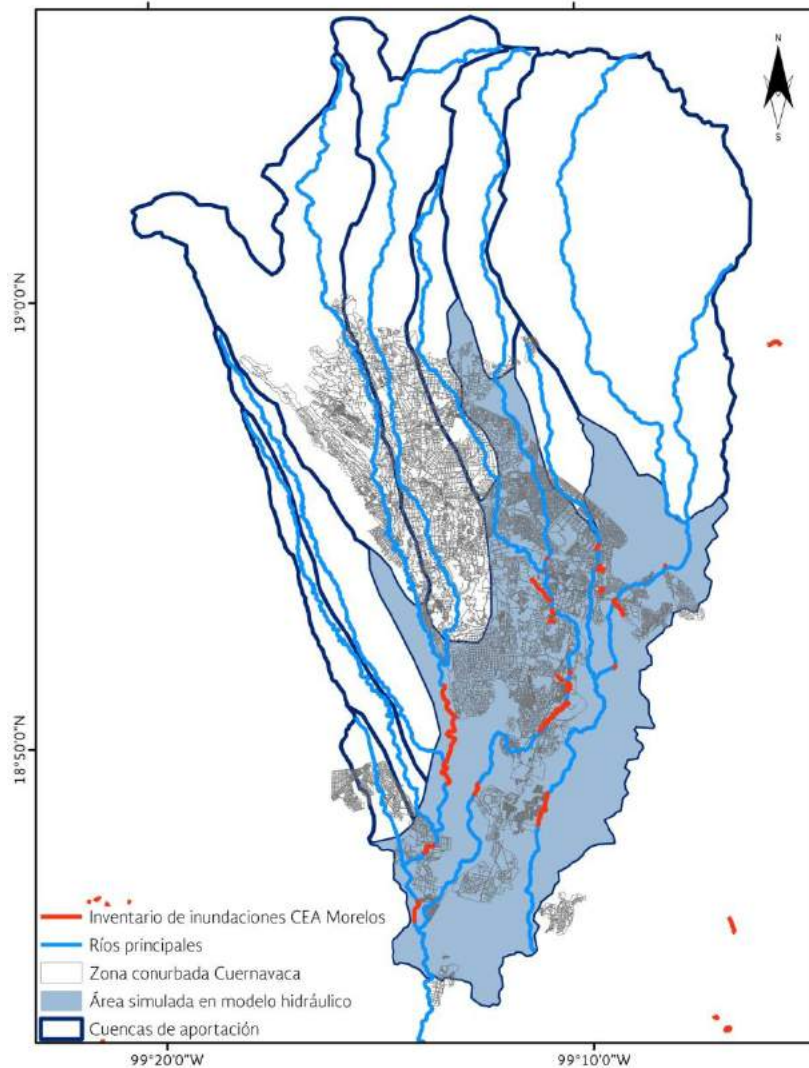


Figura 8. Zonas de inundación identificadas por la CEAguía de Morelos.

Los principales problemas recurrentes que causan las inundaciones en la zona conurbada de Cuernavaca son:

- *Asentamientos irregulares o invasión de cauces.* Estos se observan prácticamente en toda la zona urbana, pero este problema se acentúa en las colonias La Joya, Los Pinos, Paraíso, Vicente Guerrero, Maravillas y Calera Chica en el municipio de Jiutepec. Al invadir los cauces la capacidad de conducción disminuye.
- *Inundación pluvial.* Este tipo de inundación se encuentra distribuido en toda la zona urbana y se genera por la baja capacidad de drenaje que en principio está pensado como conducción de aguas residuales, además de taponamiento por basura.
- *Acumulación de azolves.* En todas las corrientes y barrancas que cruzan la zona urbana se acumulan residuos generados de forma natural y por actividad humana. Temixco usualmente ha presentado este tipo de problemas generando el desbordamiento del río Apatlaco en su cruce por esta localidad.
- *Estrechamiento de cauces por puentes vehiculares.* Este problema se localiza principalmente en las zonas inundables identificadas por CONAGUA y la CEAguía

(Figura 8). En conjunto con la invasión de cauces y acumulación de azolves se reduce la capacidad de conducción de los ríos provocando su desbordamiento.

1.6 Subdivisión de la ciudad/cuenca

Con el fin de estimar el riesgo por inundación en la zona conurbada de Cuernavaca se delimitaron 11 áreas de drenaje natural que ingresan a la zona urbana (Figura 9). Las áreas de mayor aportación son las subcuencas denominadas como E, F y K.

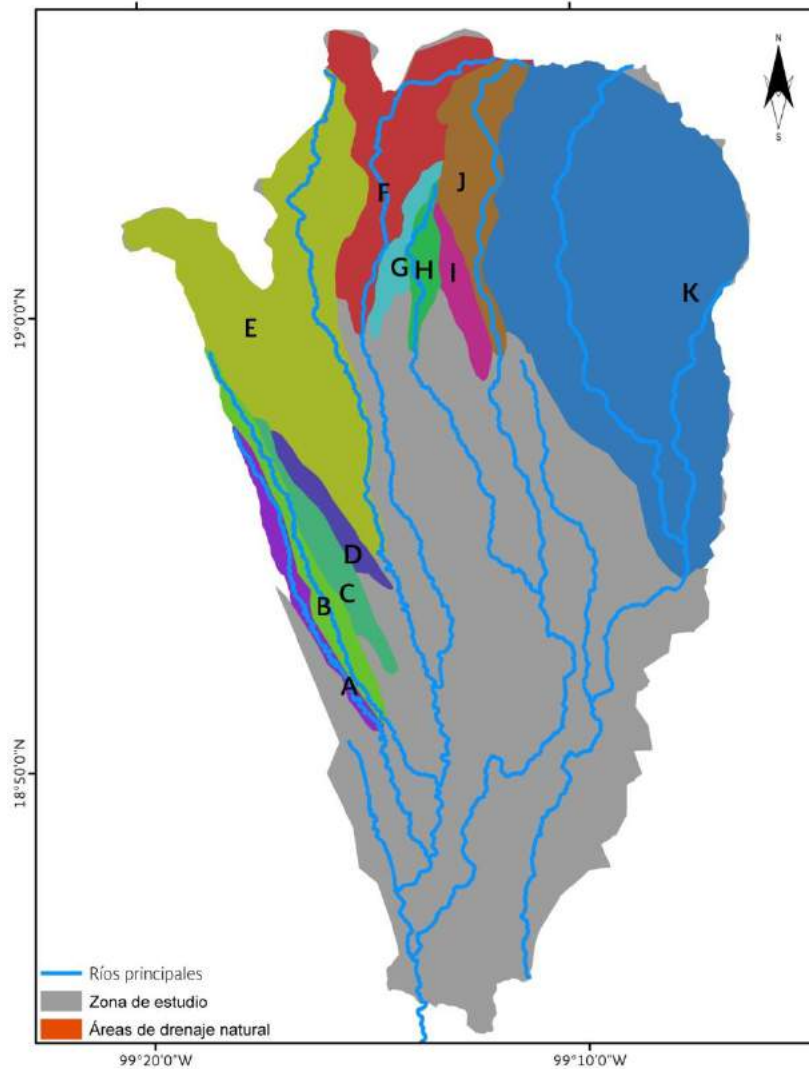


Figura 9. Áreas de drenaje natural con aportación de caudal a la zona de estudio.

En la tabla 8 se muestran las características fisiográficas generales de cada subcuenca, se observa que aun para las subcuencas de mayor área de aportación el tiempo de concentración es menor a 3 h.

Tabla 8. Características generales de las subcuencas

Etiqueta	Longitud del cauce principal (m)	Elevación máxima (msnm)	Elevación mínima (msnm)	DH	Pendiente (Si)	Área (km ²)	Tc (h)	N
A	14,438.06	1,990.00	1,270.97	719.03	0.026	9.40	2.18	63.63
B	17,509.10	2,321.08	1,255.01	1,066.07	0.030	13.01	2.36	71.00
C	12,155.34	1,980.02	1,290.15	689.87	0.020	9.09	2.06	76.69
D	8,126.01	1,905.08	1,375.22	529.86	0.030	5.50	1.34	75.20
E	22,921.89	3,089.88	1,425.02	1,664.86	0.027	79.12	2.92	62.68
F	15,973.04	3,050.78	1,973.89	1,076.89	0.024	31.81	2.35	71.05
G	8,336.44	2,962.14	1,941.36	1,020.78	0.094	5.45	0.94	63.57
H	7,806.77	2,881.50	1,917.87	963.63	0.107	5.92	0.86	62.32
I	7,660.21	2,782.46	1,788.02	994.44	0.115	6.56	0.83	62.32
J	14,563.27	3,251.83	1,869.12	1,382.71	0.035	20.57	1.92	66.74
K	23,908.10	3,425.34	1,400.17	2,025.17	0.029	145.77	2.94	64.58

1.7 Descripción general del sistema de drenaje

Los ríos principales que cruzan la zona conurbada son el Río Apatlaco, Arroyo Puente Blanco y el Río Dulce. El primero lo hace de norte a sur por el poniente de la ciudad de Cuernavaca, en sus inicios lleva el nombre de Río Coajomulco y se le une el Río San Antón en las inmediaciones de la localidad de Temixco, al cruza esta localidad se le une el Arroyo la Tlilapeña y continúa su recorrido hasta pasar por la localidad de Xochitepec. El segundo fluye de norte a sur, inicia al norte del poblado de Ahuatepec, pasa por el centro de Jiutepec y Emiliano Zapata para finalmente unirse al Río Apatlaco al sur de Xochitepec. Por último el Río Dulce inicia su recorrido en el noreste del área de estudio muy cerca de la colindancia con el Distrito Federal, este hace gran parte de su recorrido por zonas despobladas excepto al cruzar por el pueblo de Santa Catarina, posteriormente sigue con el nombre de Río Acolapa hasta llegar al poblado de Progreso, en donde cambia su nombre a Río Dulce, continúa fluyendo hacia el sur por la localidad de Emiliano Zapata hasta llegar a la localidad de Chiconcuac (Figura 10).

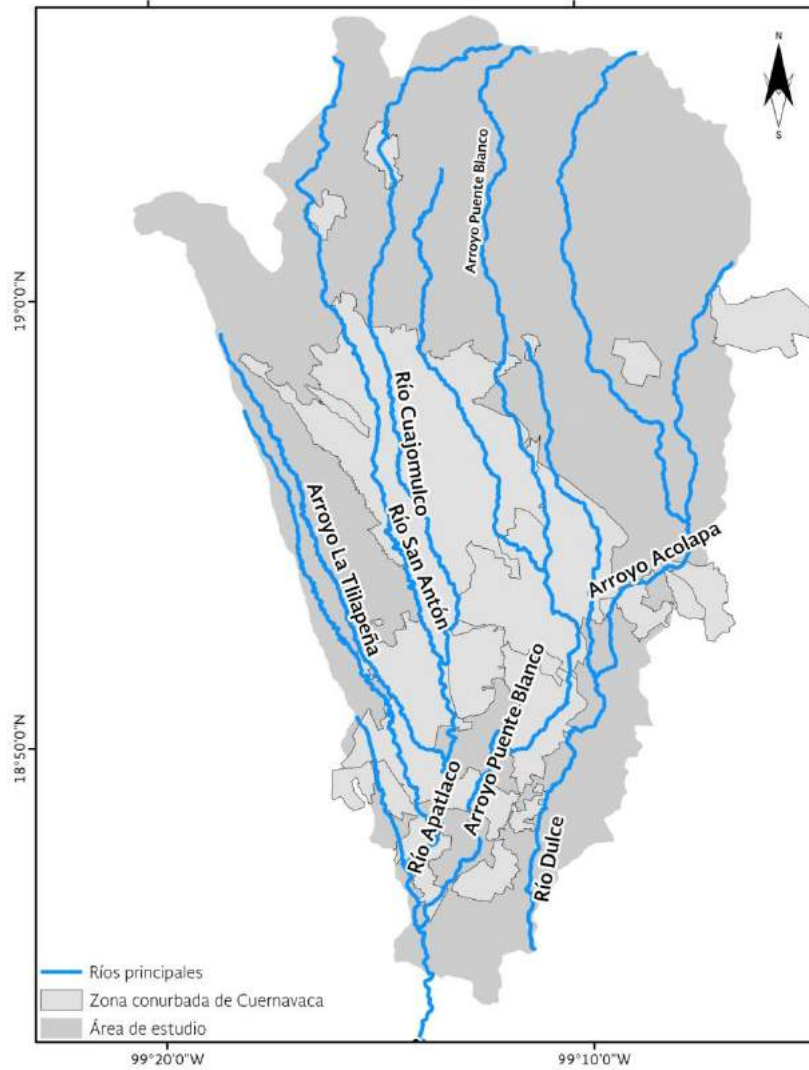


Figura 10. Ríos principales.

1.8 Avenidas máximas en la estación hidrométrica Temixco (18271)

Avenidas máximas

Del SIAS v2 se extrajeron las avenidas generadas en cinco diferentes eventos, en los cuales se registraron los caudales máximos anuales. Estas avenidas se relacionaron con las lluvias máximas en 24 horas registradas en la misma fecha que se ubican sobre la cuenca del Río Apatlaco (Figuras 11, 12, 13, 14 y 15).

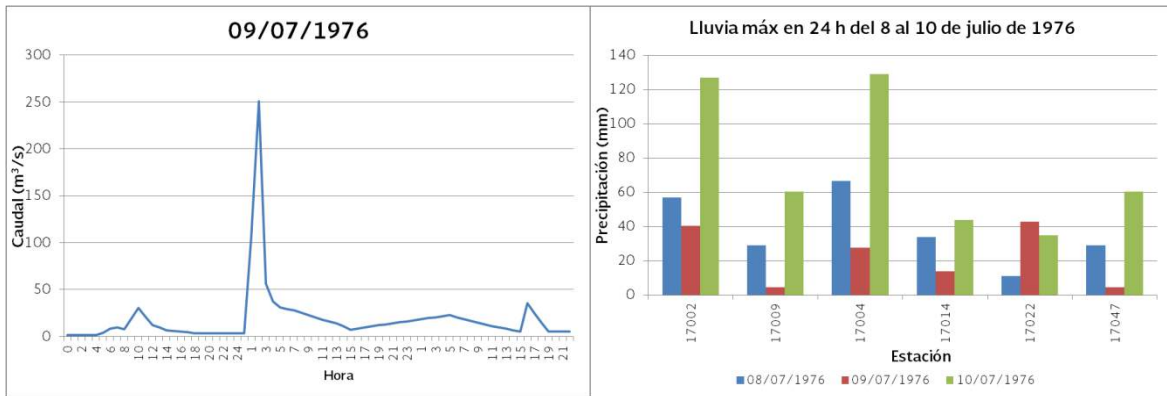


Figura 11. Avenida registrada y lluvia del 09/07/1976.

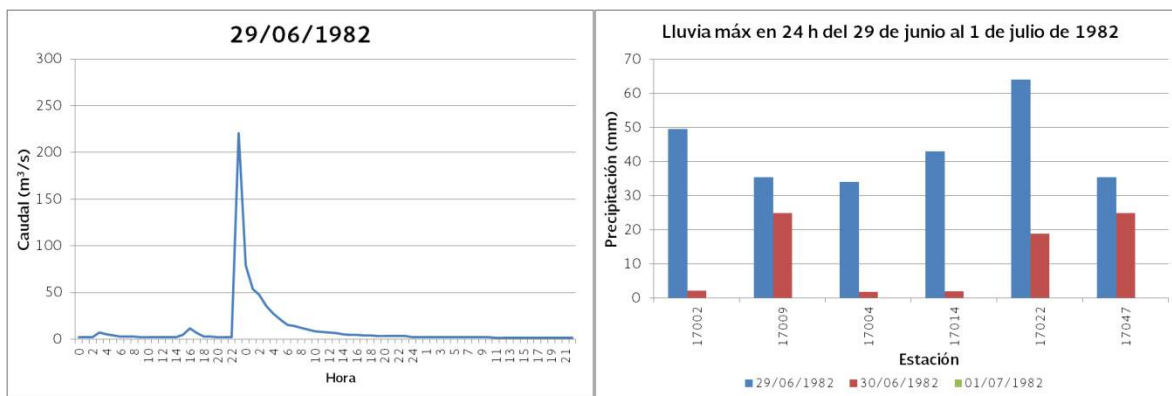


Figura 12. Avenida registrada y lluvia del 29/06/1982.

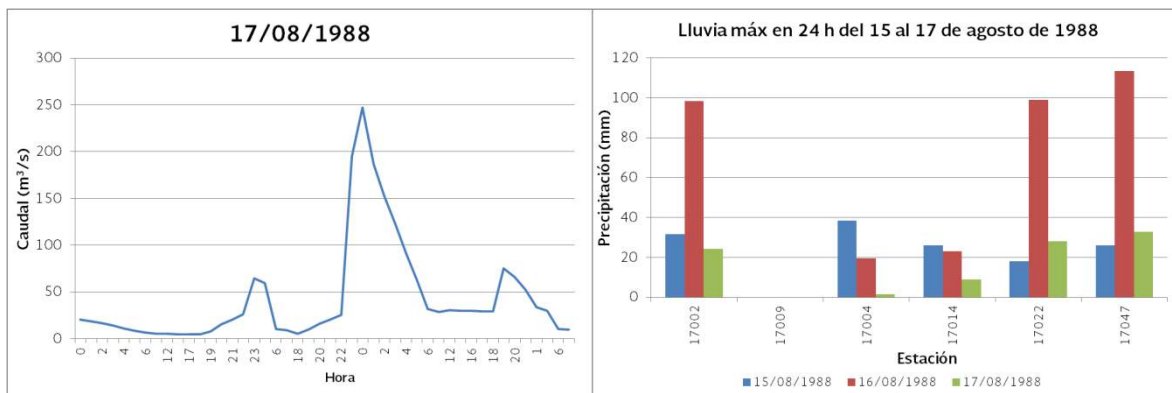


Figura 13. Avenida registrada y lluvia del 17/08/1988.

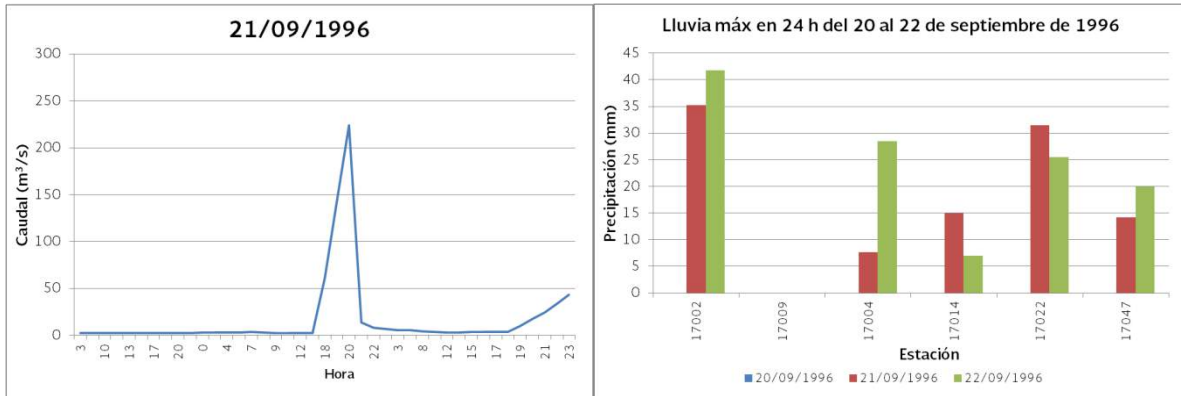


Figura 14. Avenida registrada y lluvia del 21/09/1996.

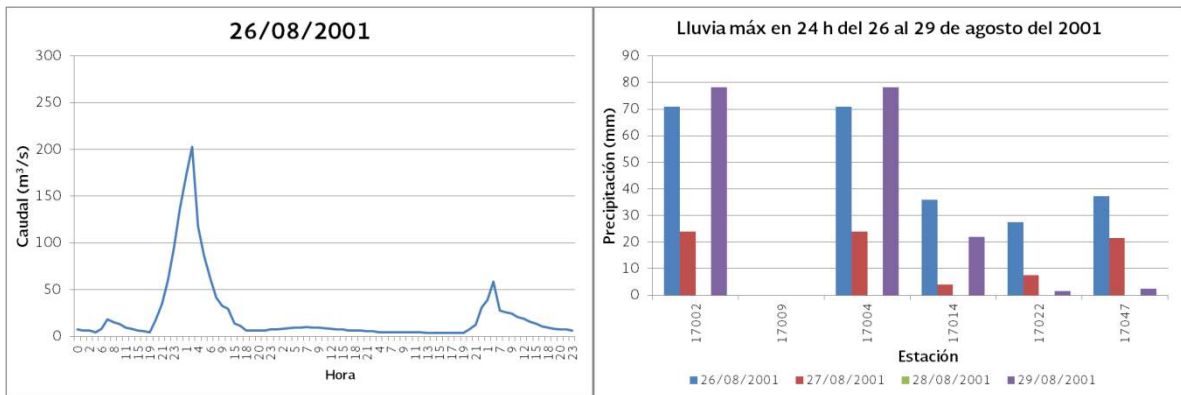


Figura 15. Avenida registrada y lluvia del 26/08/2001.

De acuerdo a lo observado en las figuras, en 1976 se registró la avenida máxima histórica ($251 \text{ m}^3/\text{s}$) provocada por una lluvia en 24 h en promedio de 40 mm un día antes del evento, posteriormente el 10 de julio del mismo año se presentan en dos estaciones (17002 y 17004) lluvias mayores a 120 mm las cuales no generaron escurrimientos importantes.

El 29 de junio de 1982 y el 17 de agosto de 1988 se presentaron avenidas superiores a los $200 \text{ m}^3/\text{s}$ provocadas por las lluvias de la misma fecha, de aproximadamente 40 mm y 80 mm respectivamente.

El 21 de septiembre de 1996 y el 26 de agosto de 2001 ocurre algo similar a 1976 en donde las avenidas registradas no corresponden al evento de lluvia máximo. En 1996 el primer día de lluvias (30 mm) genera una avenida de $220 \text{ m}^3/\text{s}$ y al siguiente día lluvias de 35 mm genera una avenida menor a los $50 \text{ m}^3/\text{s}$. En 2001 el caso es similar, una avenida de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ es provocada por lluvias de 70 mm, dos días después se precipitan casi 80 mm y los escurrimientos resultan de poco más de $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Análisis de frecuencias de caudales máximos anuales

Se realizó el análisis de frecuencias para los caudales máximos anuales registrados en la estación de Temixco, el método de mejor ajuste fue Gumbel dos poblaciones (Tabla 9 y Figura 16). En la figura se muestran los caudales registrados en la línea negra. La cantidad de datos registrados de la estación es de 47 años de 1957 a 1996, 1998 a 2003 y 2005.

Tabla 9. Caudal estimado

Tr (años)	Q (m ³ /s)
2	115.8
5	169.4
10	215.4
20	229.2
50	244.4
100	255.8
200	267.6
500	284.8
1,000	299.3
2,000	315.3
5,000	338.6
10,000	357.2

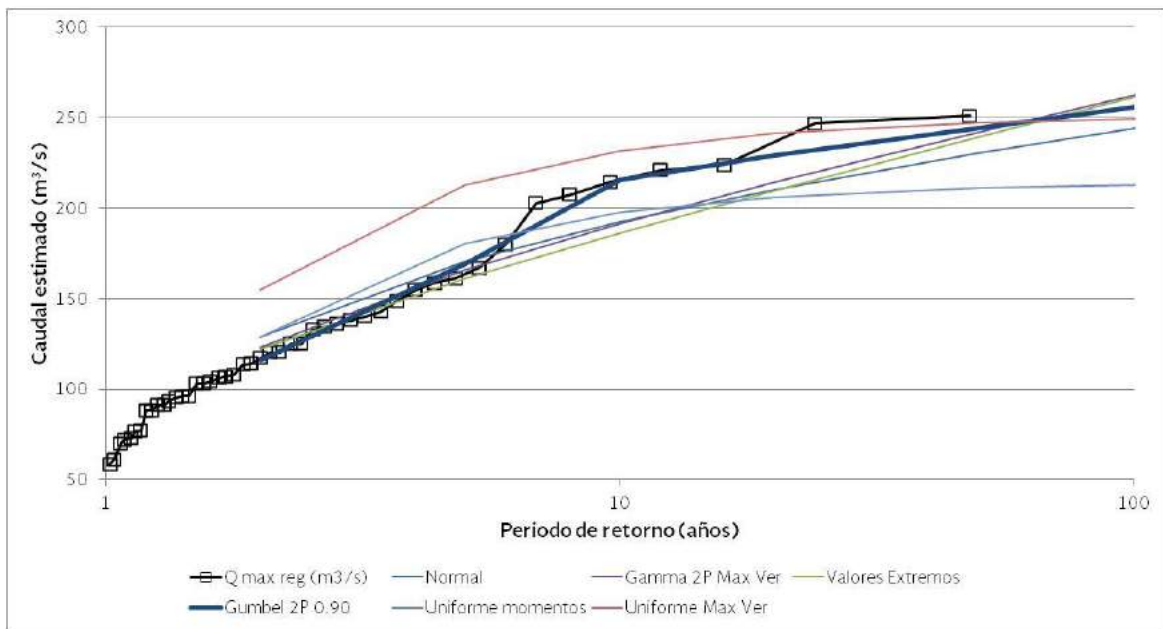


Figura 16. Análisis de frecuencias para la estimación de caudales

2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO

2.1 Estimación de los caudales y tormentas de entrada al sistema

La determinación del caudal de entrada se basa en las aportaciones naturales de escurrimiento que se genera en cada una de las subcuencas de aportación y las generadas por la lluvia sobre la zona urbana. Dado que la información hidrométrica no es la adecuada por ubicación, la estimación de los caudales de entrada se lleva a cabo de manera indirecta a través del proceso lluvia-escurrimiento en cada una de las subcuencas, lo que respecta a la zona urbana se explicará más adelante la conversión de lluvia a escurrimiento.

Se utilizan los resultados del análisis de frecuencias de los registros climatológicos y con las variables fisiográficas de cada una de las subcuencas de aportación se obtienen las avenidas de entrada asociadas con diferentes periodos de retorno utilizando el método del HU del Soil Conservation Service.

El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

- a. Se considera la información base de los resultados del análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas anuales registradas en cada una de las estaciones climatológicas convencionales (Tabla 10). De las 16 estaciones identificadas (Tabla 1) se utilizaron 14 que contaban con registros en más de 20 años.

Tabla 10. Lluvia para diferentes periodos de retorno por estación (d=24 h).

Clave	Nombre de estación	Lluvia máxima registrada (mm)	Años con registro	Tr 2 años (mm)	Tr 5 años (mm)	Tr 10 años (mm)	Tr 50 años (mm)	Tr 100 años (mm)
9022	EL GUARDA	115.0	45	52.7	69.1	80.0	104.0	114.1
15173	AHUATENCO	115.0	33	59.3	80.0	93.9	125.0	138.4
15298	SANTA CRUZ TEZONTEPEC E-21	137.0	27	53.2	79.4	99.2	145.3	165.1
17002	COLONIA EMPLEADO	130.5	61	69.9	87.9	99.9	127.0	138.8
17004	CUERNAVACA (DGE)	129.0	57	66.5	83.2	95.5	125.6	139.5
17009	C.B.T.A.154 HUITZILAC	150.7	26	75.6	96.3	112.5	148.4	163.5
17014	TEMIXCO	112.0	59	56.3	70.5	81.2	106.2	116.9
17018	TICUMAN	89.8	58	61.8	75.5	82.1	91.9	94.6
17022	TRES CUMBRES	124.5	30	74.1	94.7	107.7	134.9	146.0
17039	SAN JUAN TLACOTENCO	218.3	38	80.0	102.3	128.6	202.7	230.0
17047	HUITZILAC	157.5	52	74.8	94.7	109.7	144.7	159.7
17049	TEPOZTLAN E-12	182.5	26	72.8	95.0	120.4	196.8	221.1
17071	PROGRESO	123.2	32	61.9	84.3	98.2	127.3	139.4
17072	ALPUYECA	84.0	33	53.5	75.8	77.1	85.8	93.0

- b. Se generaron Polígonos de Thiessen de acuerdo con la proporción de áreas correspondientes a cada estación para posteriormente asignar el número de escurrimiento N basado en el tipo y uso de suelo por subcuenca (Figura 17).

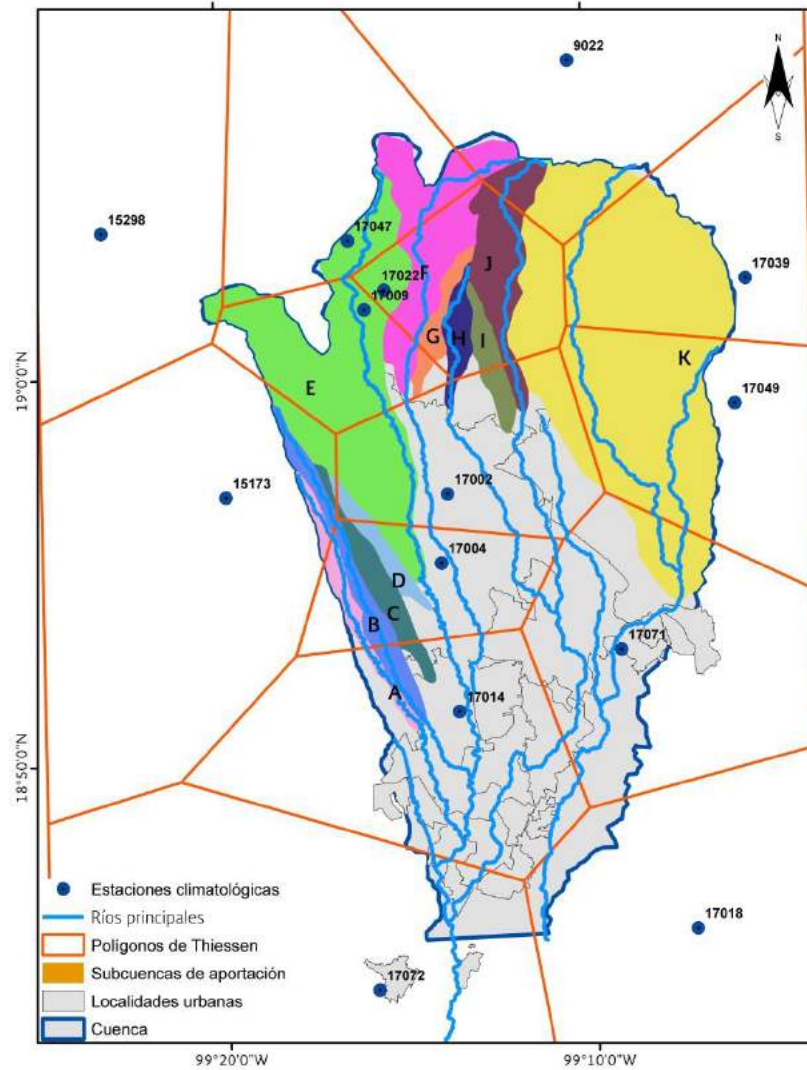


Figura 17. Polígonos de Thiessen.

c. Con los parámetros y consideraciones descritos anteriormente se generan los caudales pico (Tabla 11) e hidrogramas con el Método de Chow.

Tabla 11. Caudales pico por subcuenca de aportación

Tr (años)	Qp (m ³ /seg.)										
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)	G (7)	H (8)	I (9)	J (10)	K (11)
2	0.05	1.41	3.13	1.58	2.81	6.54	0.03	0.00	0.00	2.04	15.48
5	0.89	4.34	6.22	3.60	12.27	15.56	0.84	0.56	0.59	6.94	45.72
10	2.03	7.14	8.94	5.47	22.81	22.70	1.86	1.50	1.63	11.25	96.99
50	6.14	15.55	16.87	11.14	55.20	40.59	5.12	4.74	5.25	22.78	306.17
100	8.54	20.02	21.04	14.19	72.19	48.88	6.84	6.51	7.23	28.35	400.28

Nota: A(1), B(2),...,K(11) es la nomenclatura de las subcuencas de aportación (Figura 17).

d. Para el caso de las tormentas sobre la zona urbana, se considera la distribución en el tiempo (d= 10 min) de las tormentas registradas en las EMA's, generando su Curva Masa Adimensional Media, posteriormente se asocian las lluvias máximas en 24 h de cada Tr a la EMA más cercana. A continuación se muestran un ejemplo de la

asociación de la lluvia en 24 h con Tr 100 años con la EMA Cuernavacaob y su Curva Masa Adimensional Media (Figura 18).

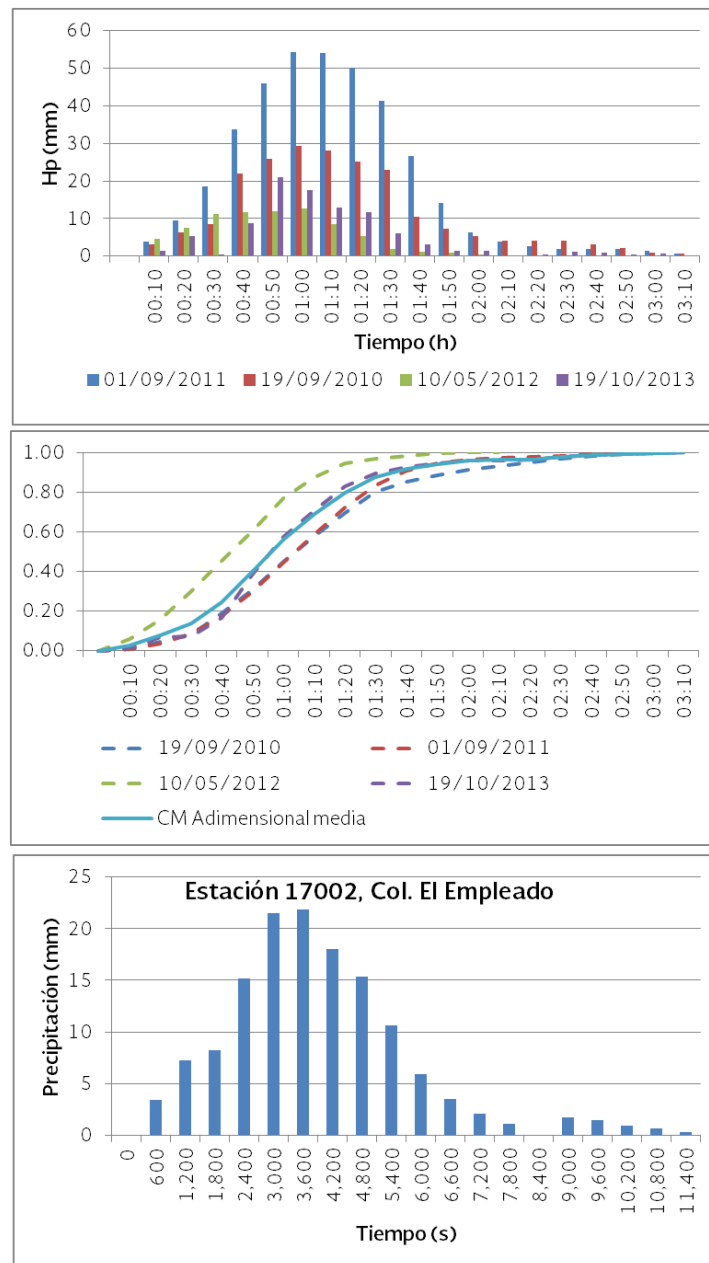


Figura 18. Distribución de diferentes tormentas y curva masa adimensional (EMA Cuernavacaob).

2.2 Topografía

La información topográfica fue tomada de tres diferentes fuentes: del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0), curvas de nivel escala 1:5,000 y 1:1,000, estas últimas dos fueron proporcionadas por la CEAgua de Morelos (Figura 19).

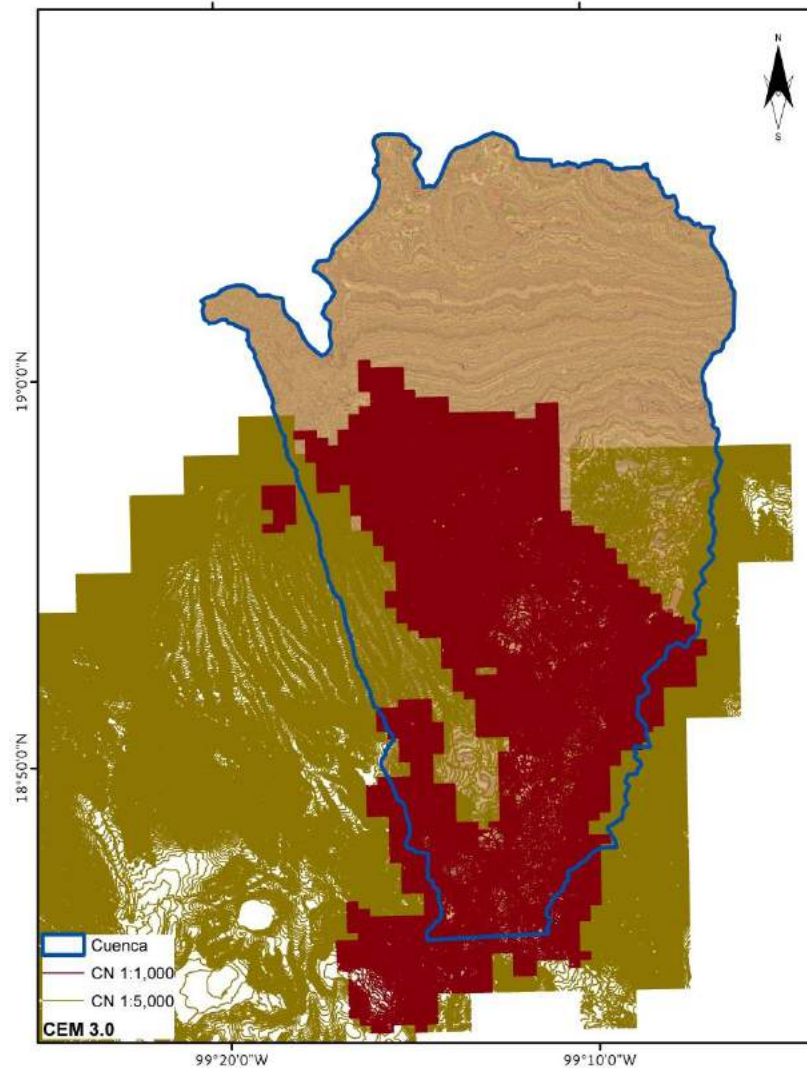


Figura 19. Topografía.

Se tomó como topografía base las curvas de nivel 1:1,000 y se complementó con las de escala 1:5,000 y con el CEM, con las cuales se generó un MDE del terreno con resolución de 1m.

Una vez generado el MDE se procedió a definir correctamente la planimetría de los cauces principales que cruzan la zona urbana, esto debido a que la información vectorial de cauces del Simulador de Flujos de Agua en Cuencas Hidrográficas (SIATL) con escala 1:50,000 no se localizan en algunos tramos sobre el eje longitudinal de las corrientes, ubicándose varios metros a un costado de las márgenes.

Se revisaron, en cuanto a sus elevaciones, los perfiles longitudinales de los cauces para corregir las crestas o valles que surgieron al transformar de CN a MDE (Figura 20). Es importante destacar que algunas de estas sobreelevaciones corresponden a terraplenes de vías carreteras, principalmente a los de la autopista México-Acapulco que cruza por la ciudad de Cuernavaca. Estas sobreelevaciones no se modificaron por ser importantes para la modelación hidráulica, para ellos se generaron alcantarillas de 3m x 3m con revestimiento de concreto y que permiten el paso de flujo de agua. Las dimensiones y

características de las alcantarillas que se ubican en la zona urbana, desde la Glorieta de la Paz hasta la Col. Flores Magón se obtuvieron mediante inspección visual.

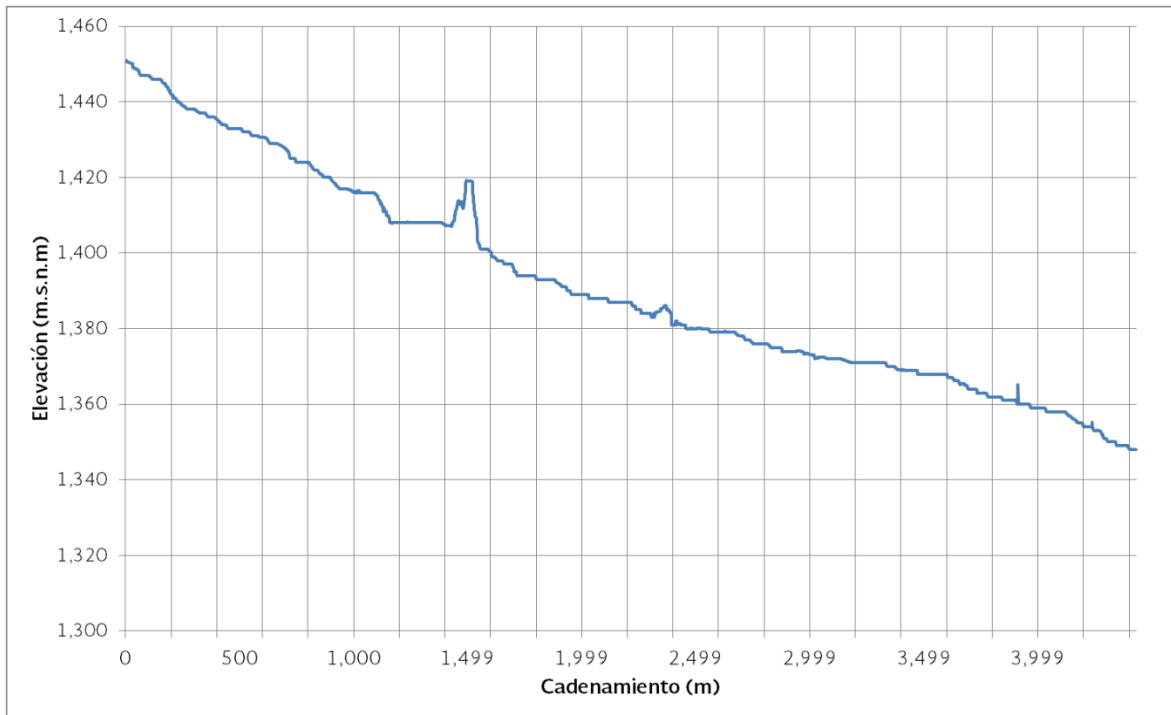


Figura 20. Perfil longitudinal de un tramo de la parte alta de la subcuenca del río Apatlaco.

En el paso siguiente se revisaron las secciones transversales del Arroyo Puente Blanco que el Organismo de Cuenca Balsas proporcionó para este estudio y se compararon con las que se generan del MDE generado con base en el CEM y las curvas de nivel (Figura 21). En la comparación se aprecia una diferencia de niveles en promedio de 2m.

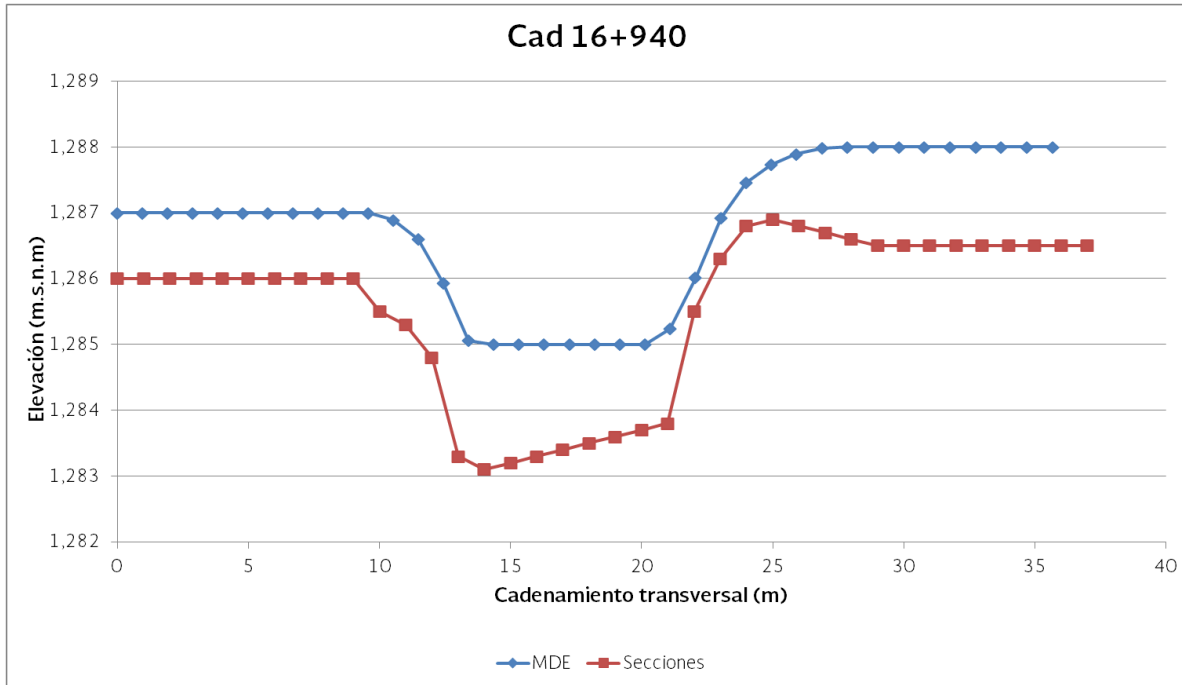


Figura 21. Sección transversal.

Por último se profundizaron los cauces en las zonas donde se trazaron manualmente los ejes longitudinales de los ríos principales (Figura 22). En los tramos de corrientes con menor ancho y pendientes fuertes se profundizó el MDE 3 m (Cuernavaca, Ocotepc, Ahuatepec), en zonas intermedias 2m (Temixco, Jiutepec), y en las zonas planas y con cauces anchos 1.5m (Emiliano Zapata, Chiconcuac, Tezoyuca, Xochitepec).

Se debe recordar que el MDE se procesó con anchos de celda de 1m, proveniente de una combinación de curvas de nivel 1:5,000, 1:1,000 y el CEM de 15m x 15m. Las profundidades anteriores pierden altura al momento de interpolar la malla del modelo de simulación hidráulica IBER, debido a que el tamaño de los elementos a considerar sobre los cauces es de 5m.

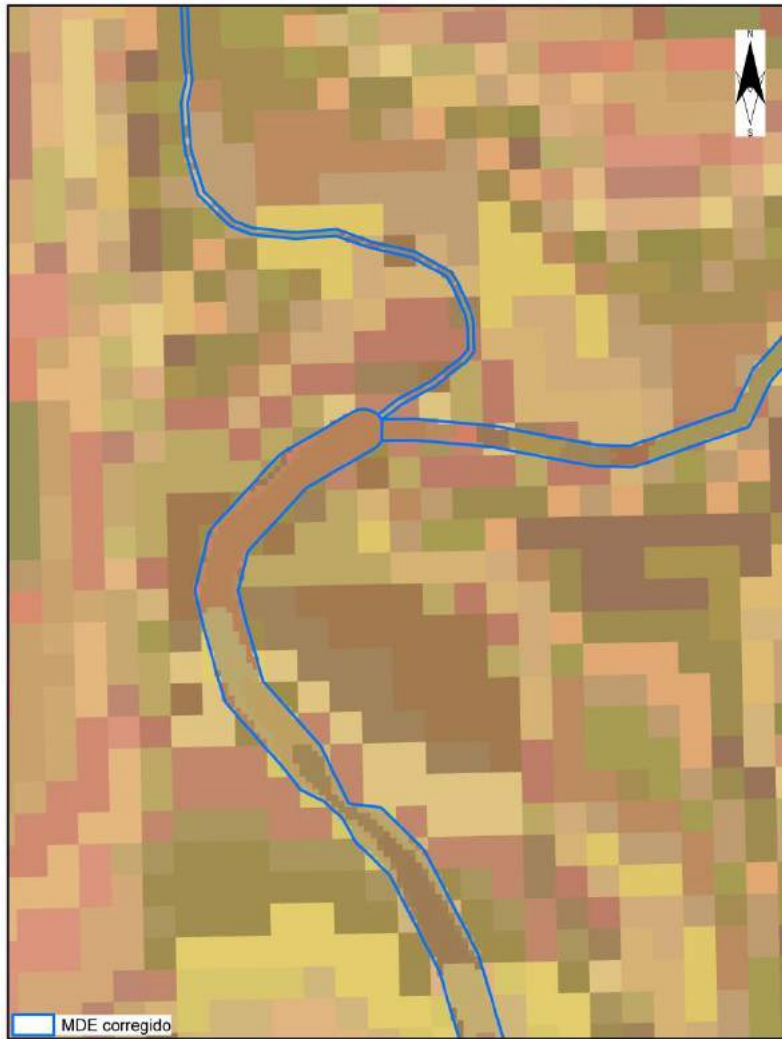


Figura 22. Modificación de elevaciones de las celdas dentro de los cauces.

2.3 Modelación hidráulica

La magnitud de la inundación se representa a través de la altura del agua y la velocidad, ambas se obtienen utilizando el modelo de simulación hidráulico bidimensional IBER.

Fue necesario recortar la zona urbana en tres secciones: Río Apatlaco, Ocotepec y Río Dulce, esto debido a que se incrementaron los tiempos computaciones de cálculo y por el desbordamiento de la memoria RAM, ya que se tiene un área a modelar de 254.22 km² y una densidad de malla en los cauces de 5m (los cauces del área urbana de Cuernavaca, y de Ocotepec y Ahuatepec en su paso por Jiutepec, tienen anchos menores a 3m).

Los principales requerimientos para la modelación hidráulica en las tres secciones son:

Modelo Digital de Elevaciones de la superficie a modelar.

Construcción de la geometría y mallado. Se traza el área en donde se llevará a cabo la simulación incorporando la red de ríos (Figura 23). En este paso se define el tamaño de las celdas de la malla (5m sobre el cauce y 10 m en la zona posible a inundar). Además se se

asignaron alcantarillas que cruzan las vías vehiculares. En la primera configuración del modelo se intentó usar mallas de mayor densidad para aprovechar el MDE de 1m de tamaño de celda, sin embargo la capacidad computacional con el que se cuenta no fue suficiente.

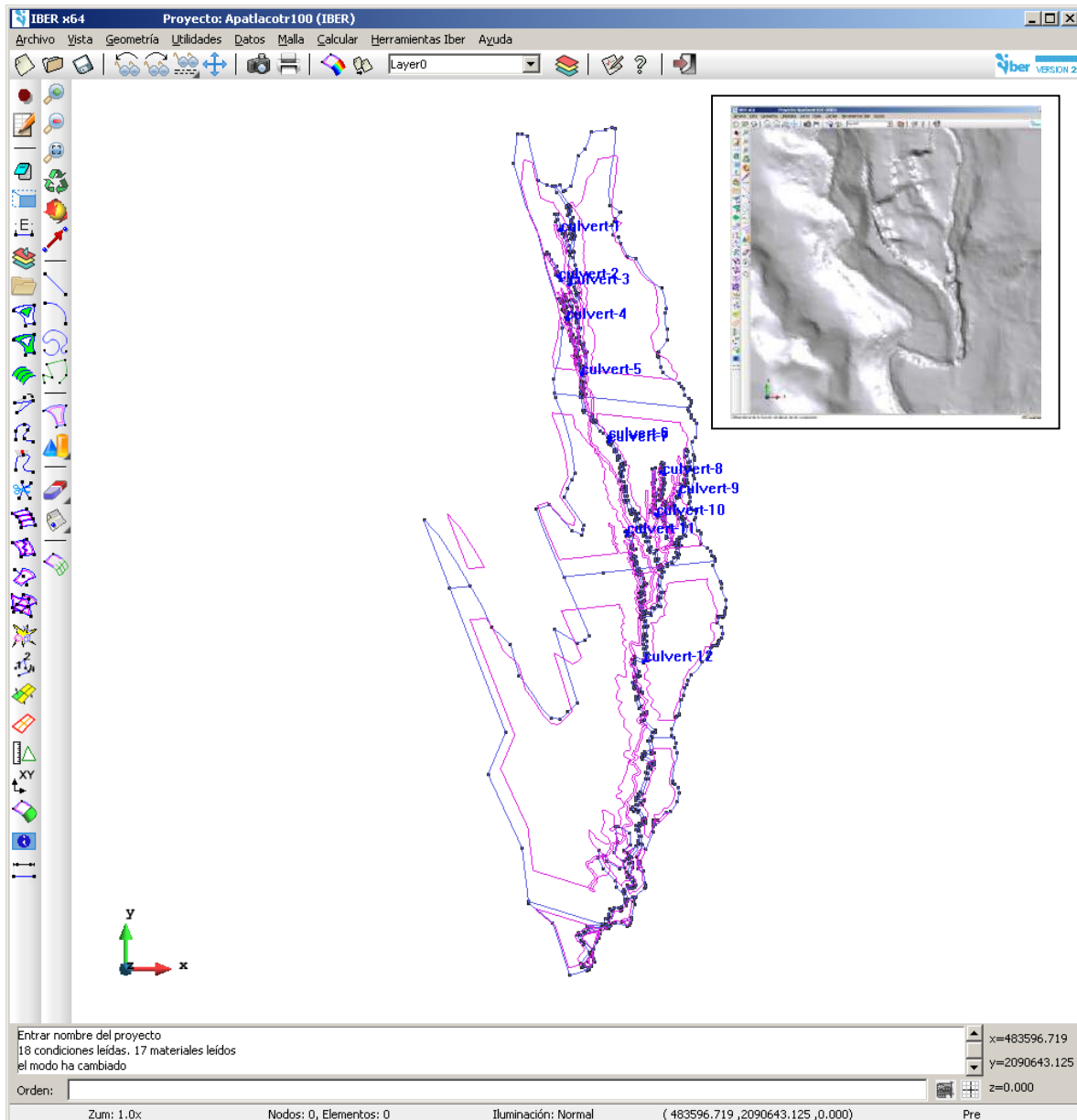


Figura 23. Geometría del modelo IBER, simulación sobre el río Apatlaco.

Asignación de la rugosidad. Tomando en cuenta el uso de suelo escala 1:250,000 e información proporcionada por la CEAgua Morelos, se asigna un valor de rugosidad a cada elemento de la malla, esta rugosidad es basada en la literatura y valores propios de IBER (Figura 24).

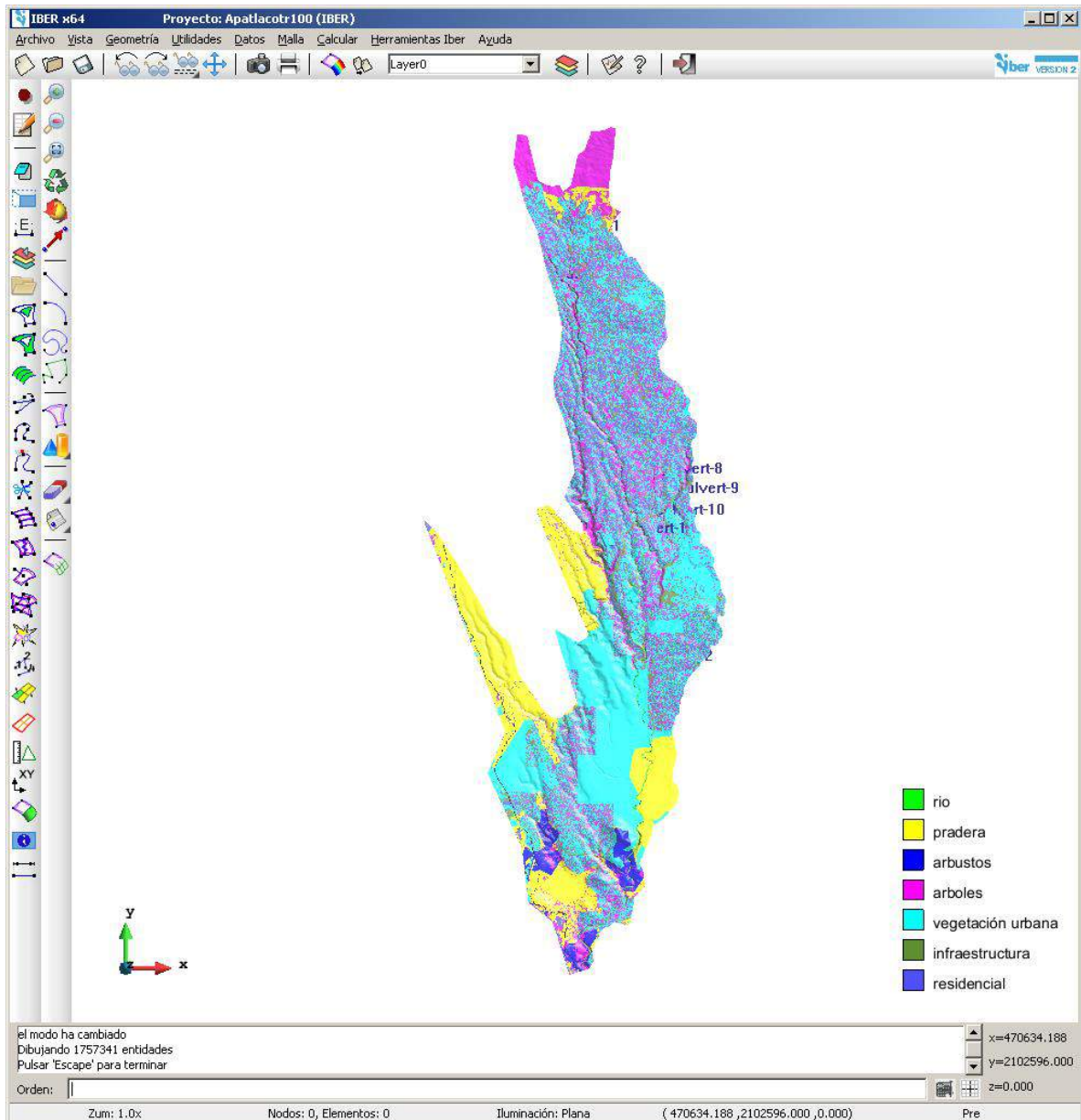


Figura 24. Asignación de rugosidades.

Condiciones de frontera (entradas y salidas). Los valores de entrada corresponden a los hidrogramas obtenidos anteriormente para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años. Para las condiciones de salida se consideró régimen crítico y se asignó sobre todo el borde sur del área simulada

Condiciones iniciales. No se consideraron.

Tiempo de simulación. El tiempo simulado fue de 24 h (86,400 s) con intervalo de tiempo de 30 min (1800 s).

Modelo hidrológico. Se asignaron las tormentas determinadas anteriormente a cada polígono de la geometría de IBER para cada Tr (Figura 25). No se considera el modelo de

pérdidas por presentar resultados no adecuados en la transformación de lluvia a escurrimiento.

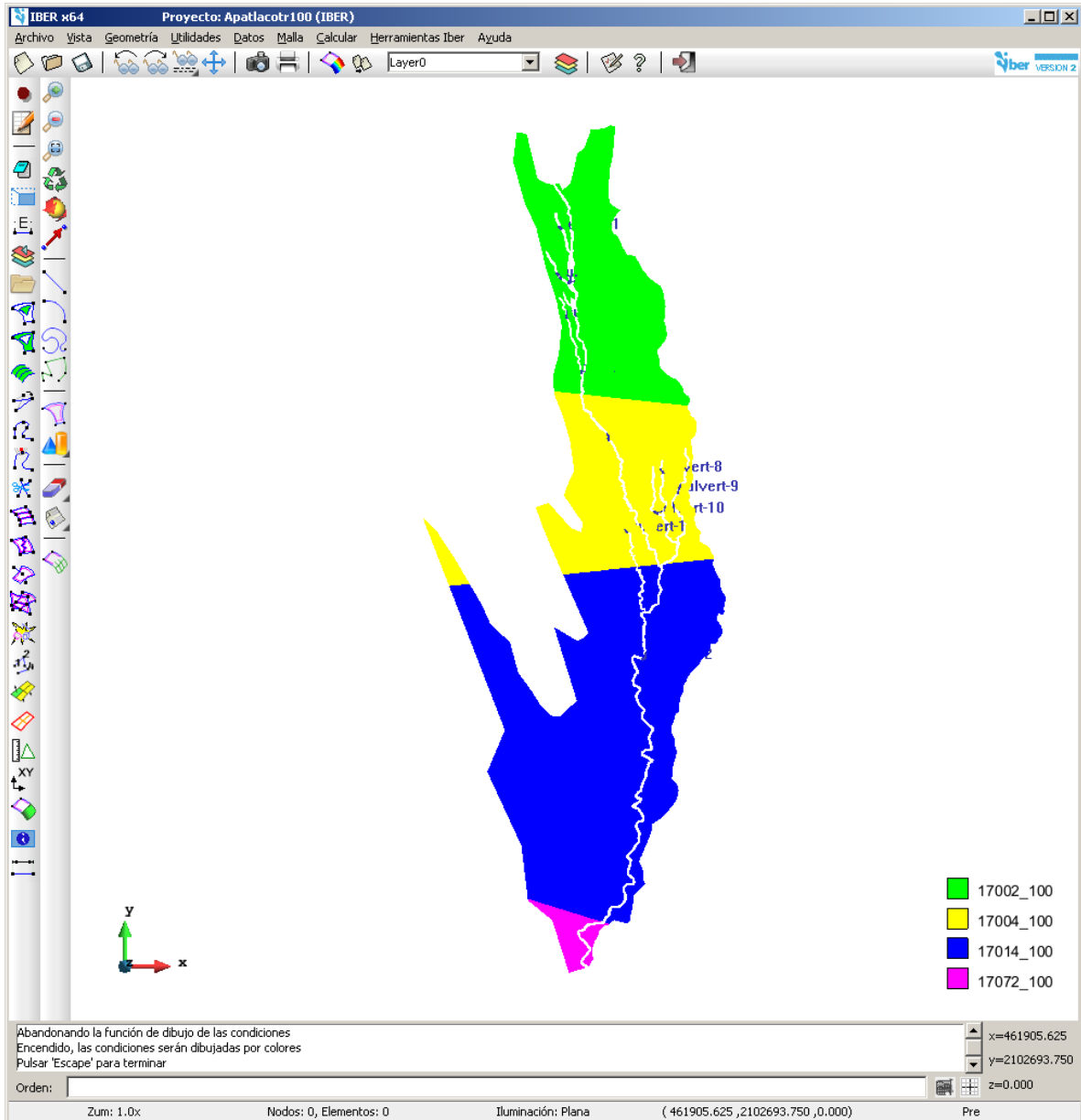


Figura 25. Asignación de Hietogramas de Lluvia.

Resultados sección Apatlaco

Los tirantes y velocidades por periodo de retorno (2, 5, 10, 50 y 100 años) se generan en formato ASCII y se pueden visualizar directamente en IBER (Figuras 26 a 31).

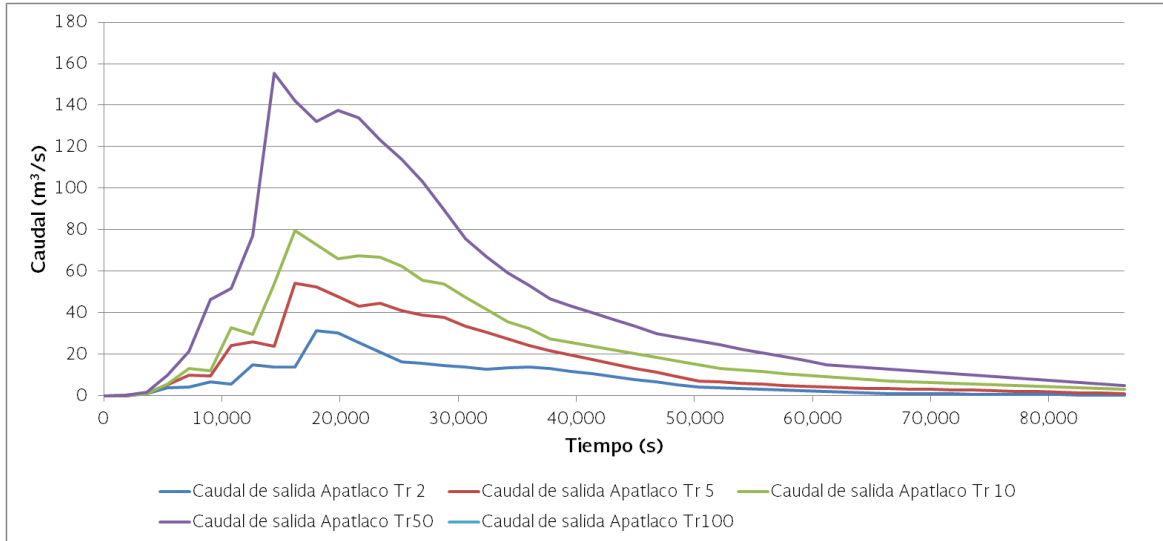


Figura 31. Hidrogramas de salida del río Apatlaco.

En general la subcuenca del Río Apatlaco no sufre de problemas de inundación por alguna baja capacidad de conducción en los ríos. Los principales problemas se generan por la propia lluvia sobre la superficie urbana y la insuficiente capacidad de desalojo de las aguas debido al taponamiento del sistema de drenaje y colectores pluviales. Además, en las zonas donde ha habido desbordamiento del río Apatlaco, como por ejemplo en Temixco, ha ocurrido por el estrechamiento del cauce por acumulación de escombros. En el anexo de Figuras se tienen las zonas de inundación para el Tr de 100 años.

Resultados sección Ocotepec

Los tirantes y velocidades por periodo de retorno (2, 5, 10, 50 y 100 años) se generan en formato ASCII y se pueden visualizar directamente en IBER (Figuras 32 a 38).

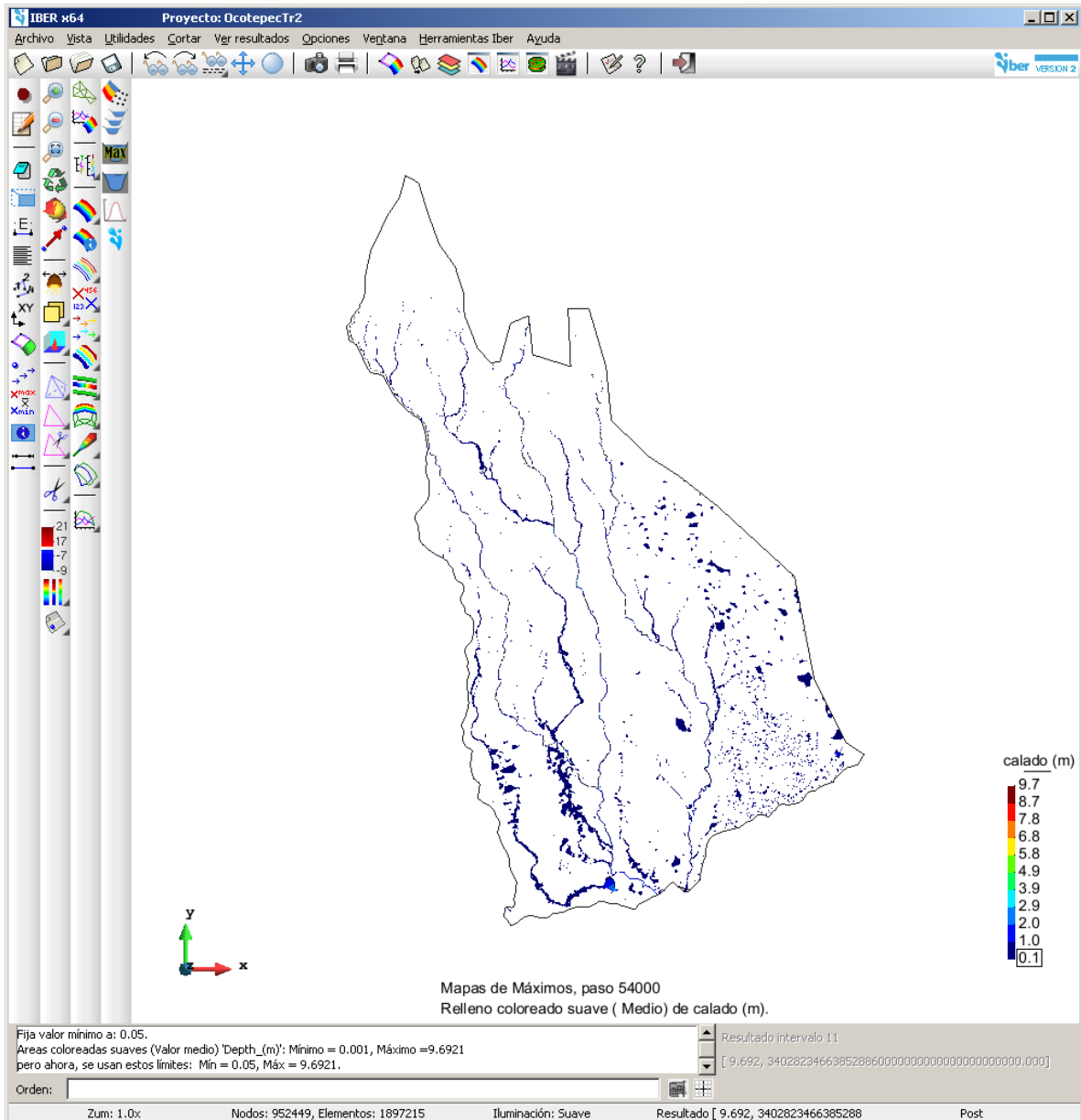


Figura 32. Altura de agua Tr 2 años

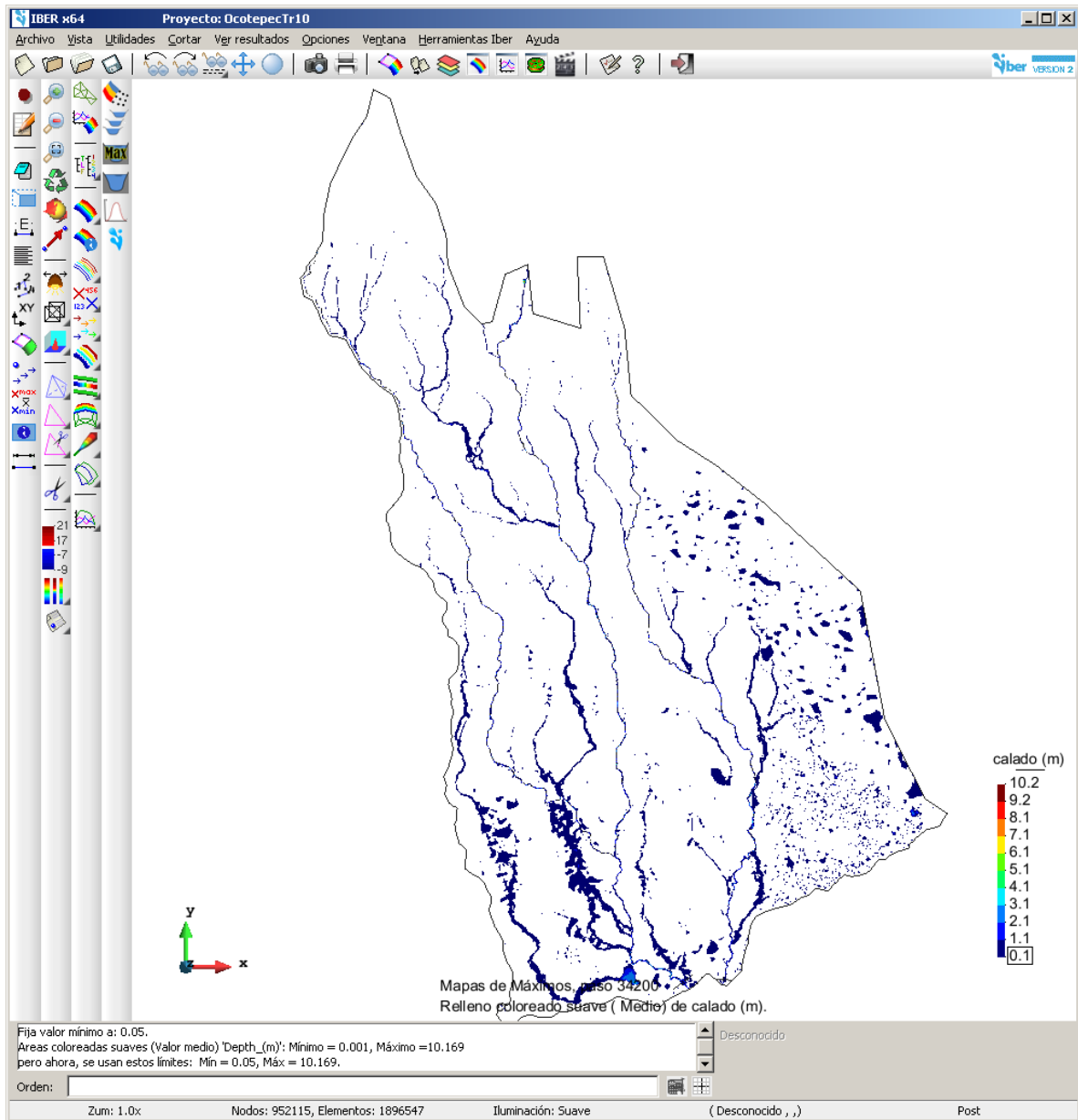


Figura 35. Altura de agua Tr 50 años.

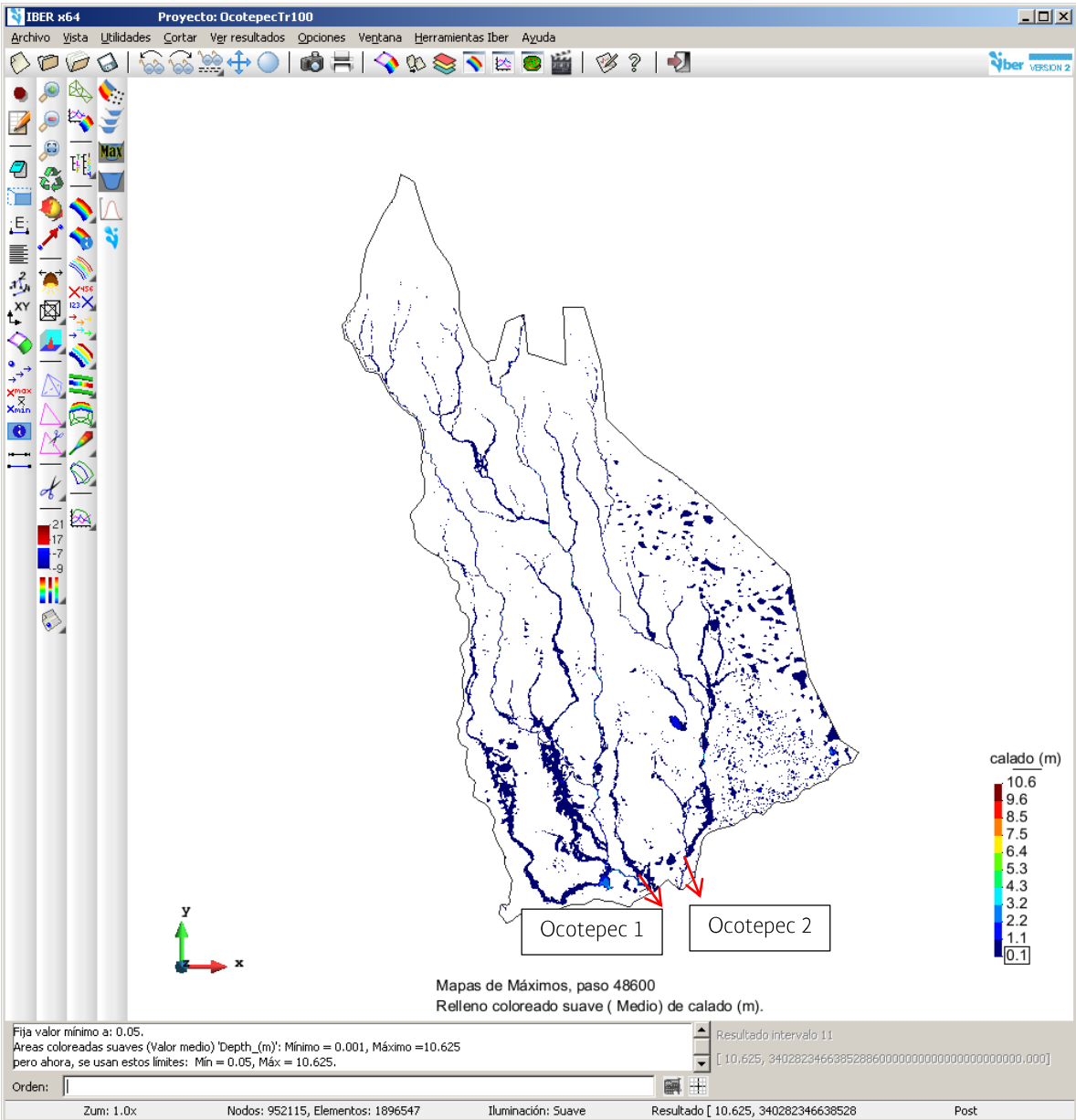


Figura 36. Altura de agua Tr 100 años.

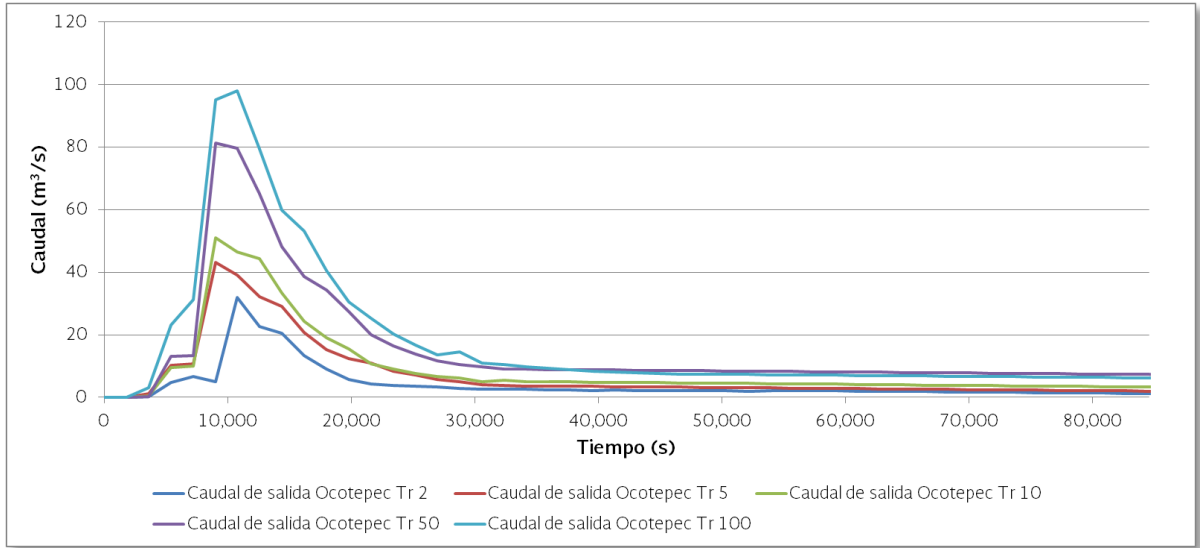


Figura 37. Hidrogramas de salida de la sección Ocotepec 1.

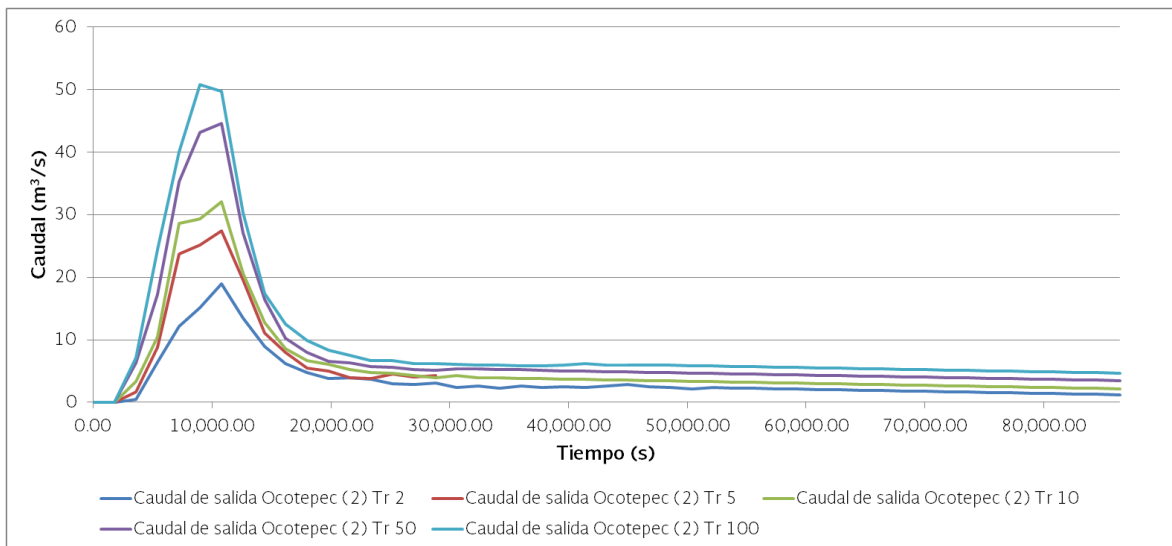


Figura 38. Hidrogramas de salida de la sección Ocotepec 2.

En la sección de Ocotepec se observa que al tener zonas con menor pendiente, las corrientes desbordan con mayor libertad para todos los Tr simulados, principalmente hacia la zona sur de esta sección, sobre la localidad de Jiutepec. En el anexo de Figuras se tienen las zonas de inundación para el Tr de 100 años.

Resultados sección Río Dulce

Los tirantes y velocidades por periodo de retorno (2, 5, 10, 50 y 100 años) se generan en formato ASCII y se pueden visualizar directamente en IBER (Figuras 39 a 46).

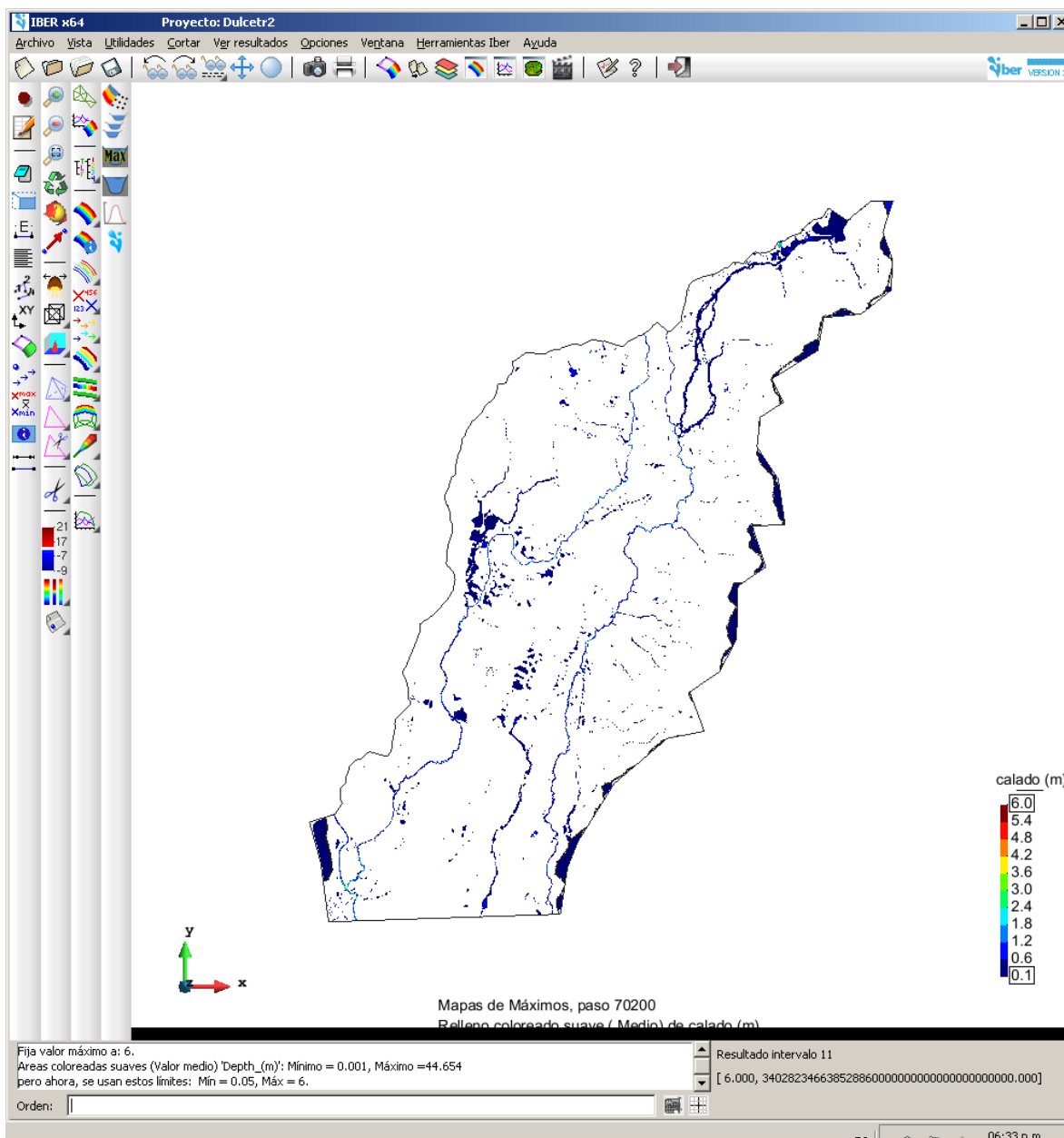


Figura 39. Altura de agua Tr 2 años.

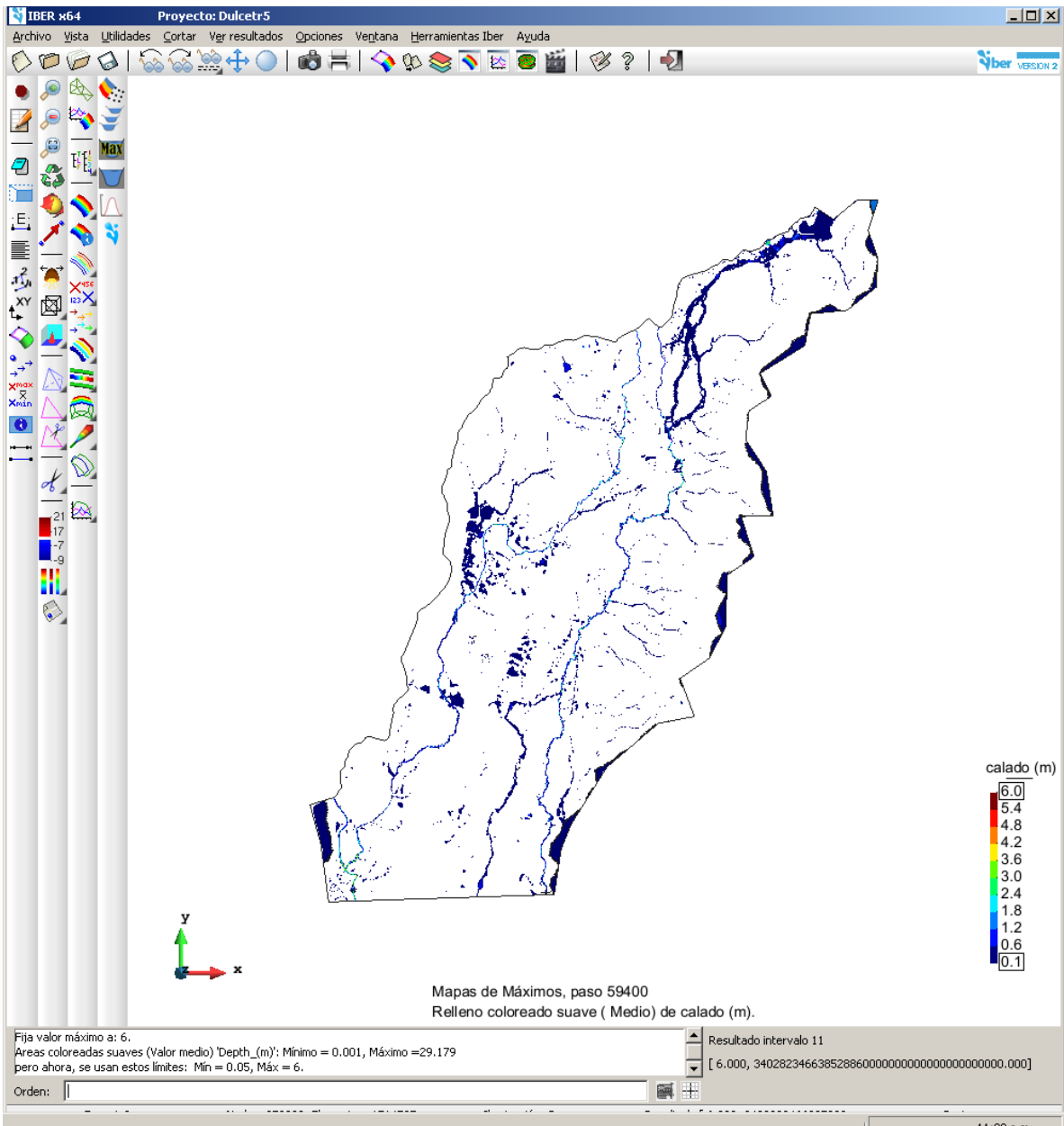


Figura 40. Altura de agua Tr 5 años.

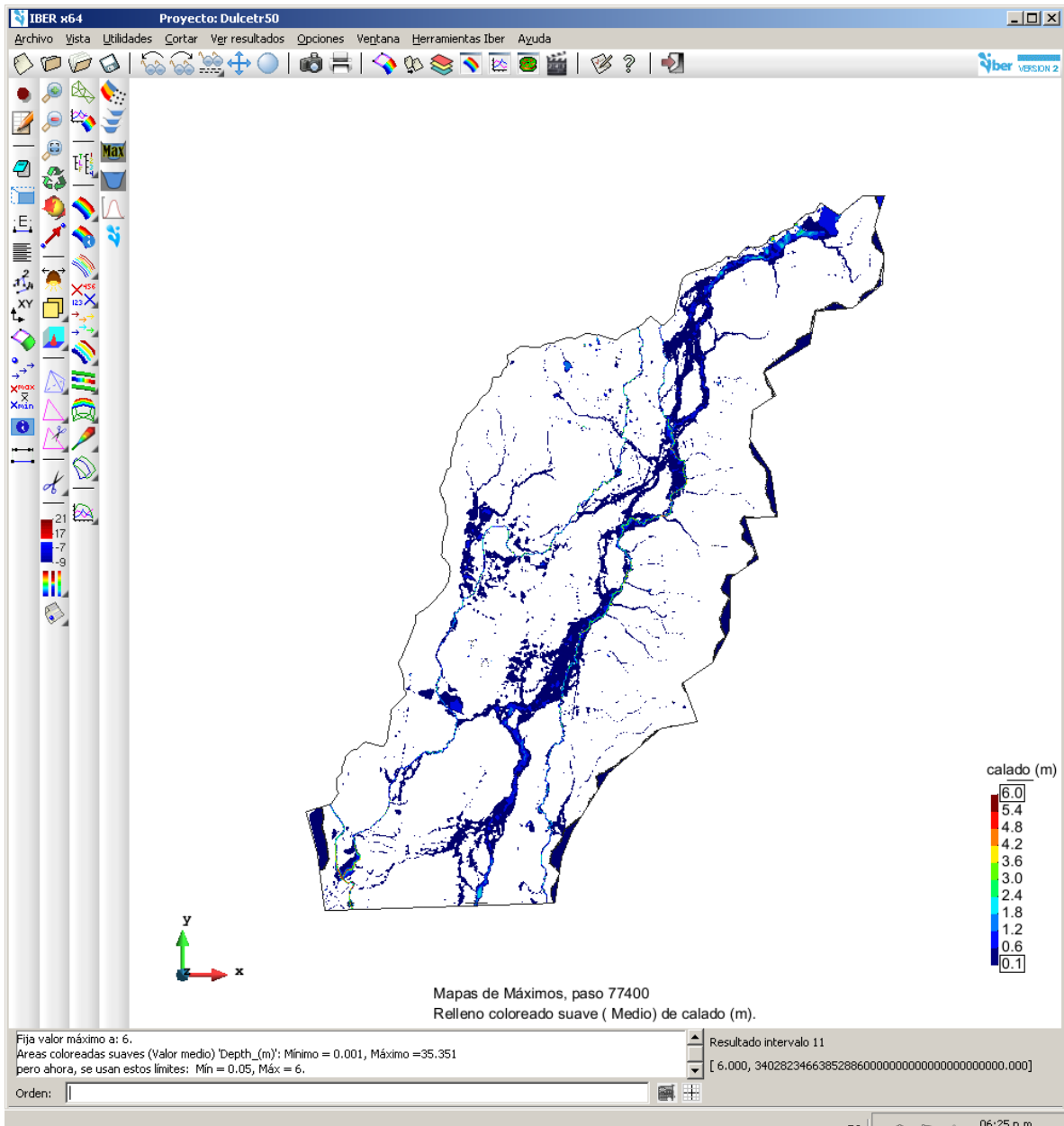


Figura 42. Altura de agua Tr 50 años.

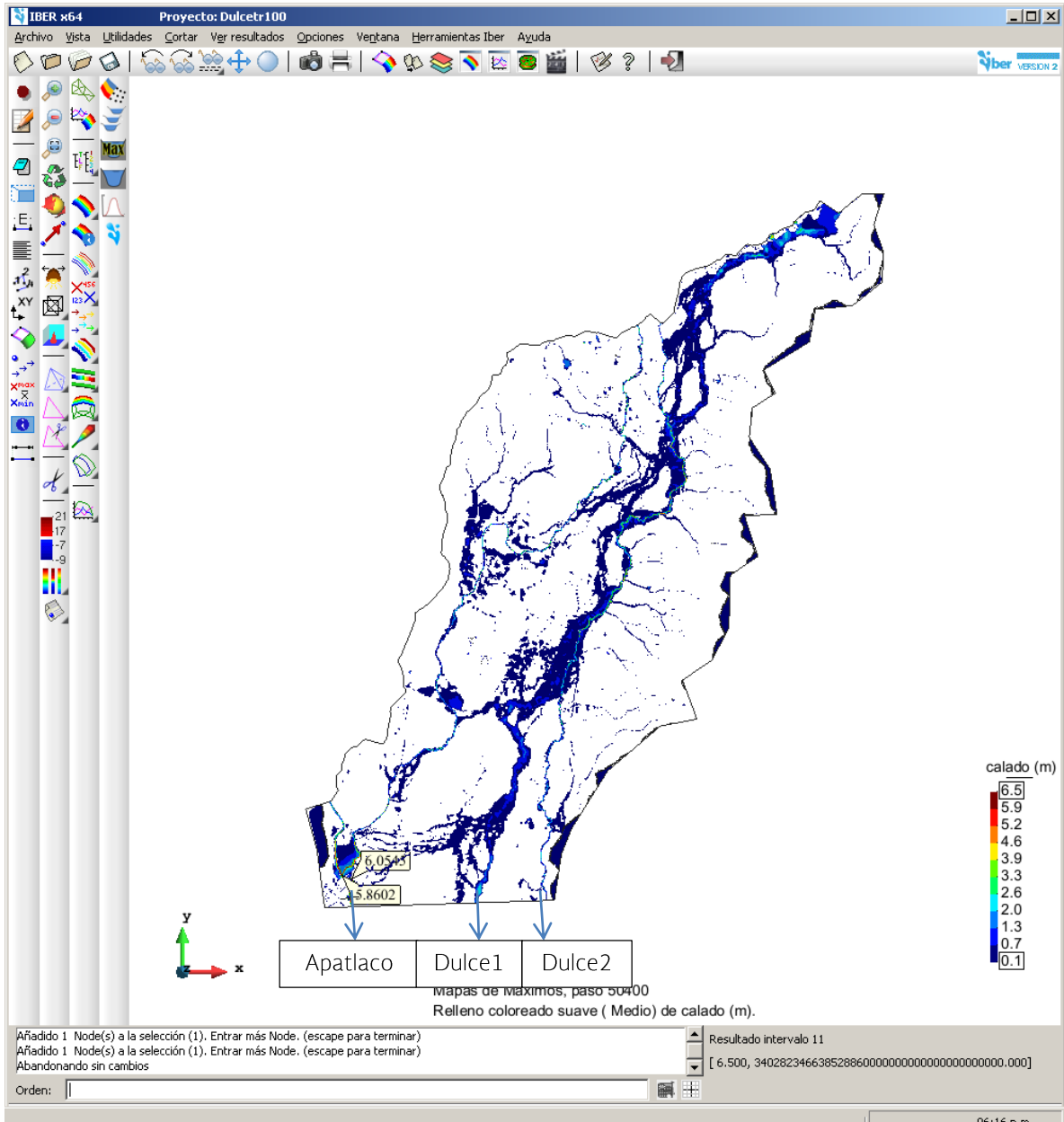


Figura 43. Altura de agua Tr 100 años.

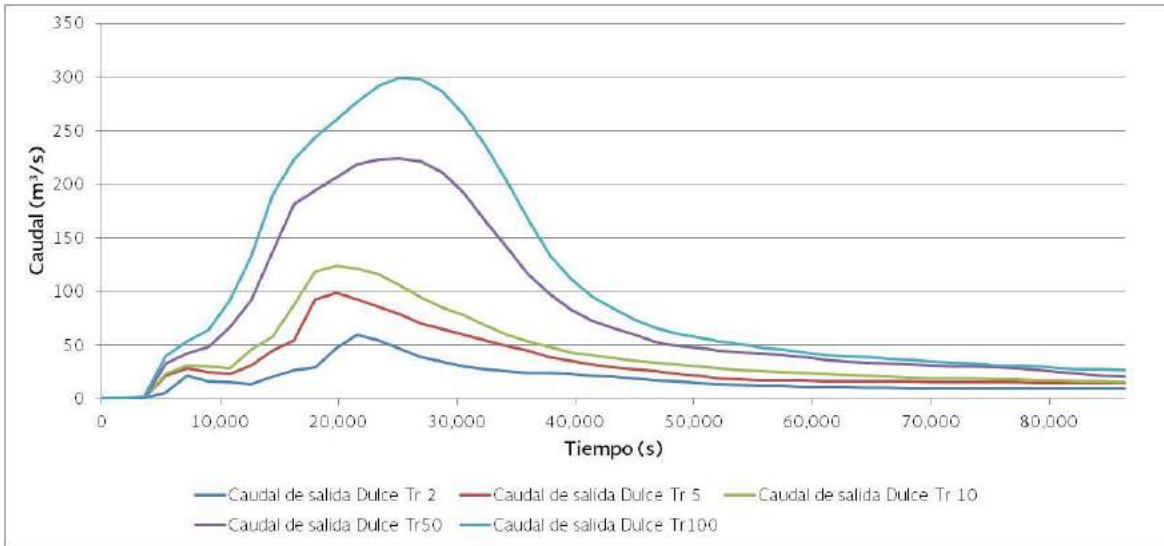


Figura 44. Hidrogramas de salida de la sección Río Dulce (Apatlaco).

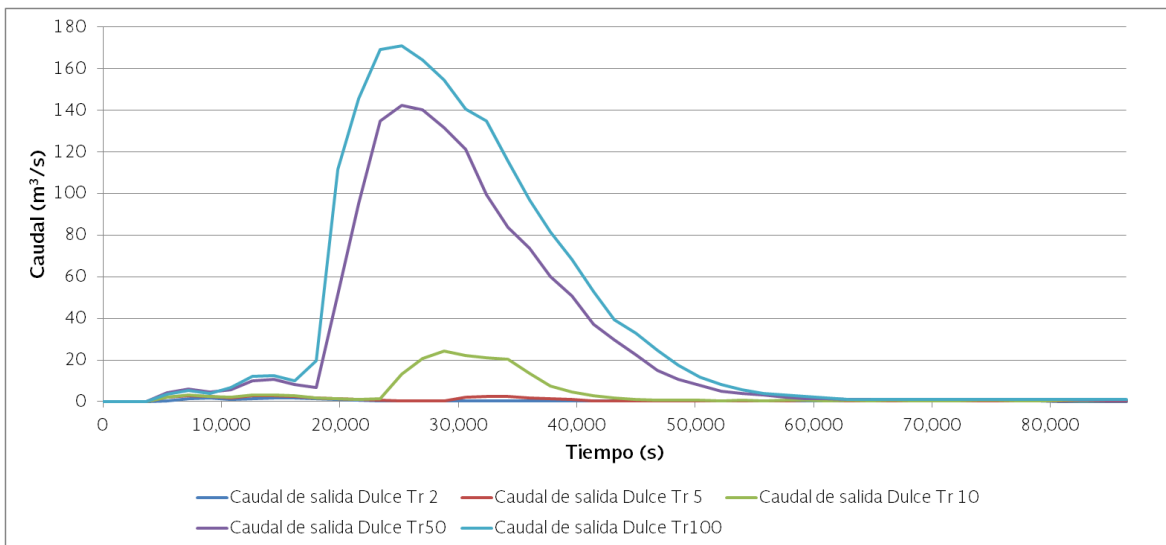


Figura 45. Hidrogramas de salida de la sección Río Dulce 1.

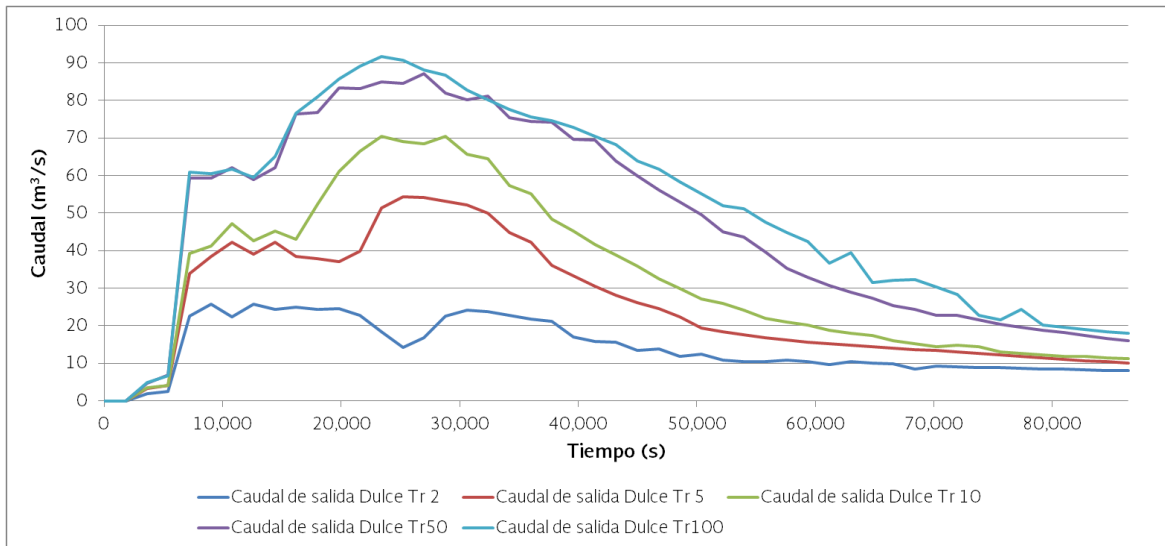


Figura 46. Hidrogramas de salida de la sección Río Dulce 2.

De acuerdo a la modelación hidráulica, se identifican desbordamiento de los cauces Arroyo Puente Blanco y Río Dulce, este último con mayores afectaciones por tener una mayor aportación de caudal drenado desde la sierra del Chichináutzin (145 km²). Los tramos del Río Dulce con más afectaciones son la unidad habitacional Acolapa, Plan de Ayala, IMTA (Tr 100 años = 1m), club de golf Hacienda San Gaspar, El Tomatal, Tezoyuca y más hacia el sur las afectaciones son sobre áreas productivas de siembra. En lo que respecta al arroyo Puente Blanco hasta su unión con el Río Apatlaco no presenta graves problemas excepto en los tramos donde cruza la carretera federal Aeropuerto-Cuernavaca, Paraíso Country Club y en las cercanías con el estadio deportivo Mariano Matamoros. En el anexo de Figuras se tienen las zonas de inundación para el Tr de 100 años.

Comparación con zonas identificadas por la CEAgua

Se compararon los resultados de la simulación hidráulica con respecto al mapa de sitios de inundación entregado por la CEAgua de Morelos. Para los 5 Tr se generaron polígonos de inundación que coinciden con los sitios de la CEA, excepto en el tramo del Río Apatlaco que cruza la localidad de Temixco, aquí no se lograron reproducir los sitios de inundación porque los desbordamientos del cauce se deben a la reducción de la sección hidráulica por azolvamiento y no por baja capacidad natural de conducción, en otro sentido, el modelo de simulación IBER se construyó con buscando la mayor aproximación a la topografía del cauce natural, sin residuos sólidos (Figuras 47, 48, 49, 50 y 51).

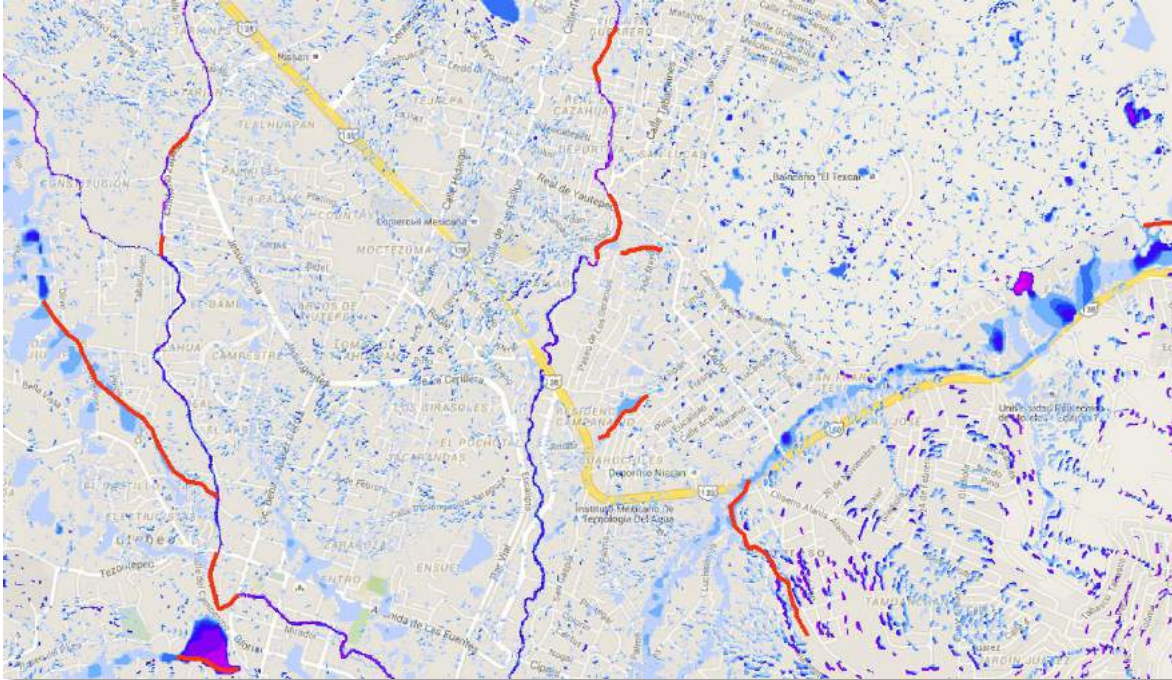


Figura 47. Comparación entre sitios de inundación de la CEA contra simulación hidráulica Tr2, Jutepec. Los sitios identificados por la CEA están marcados como líneas rojas.

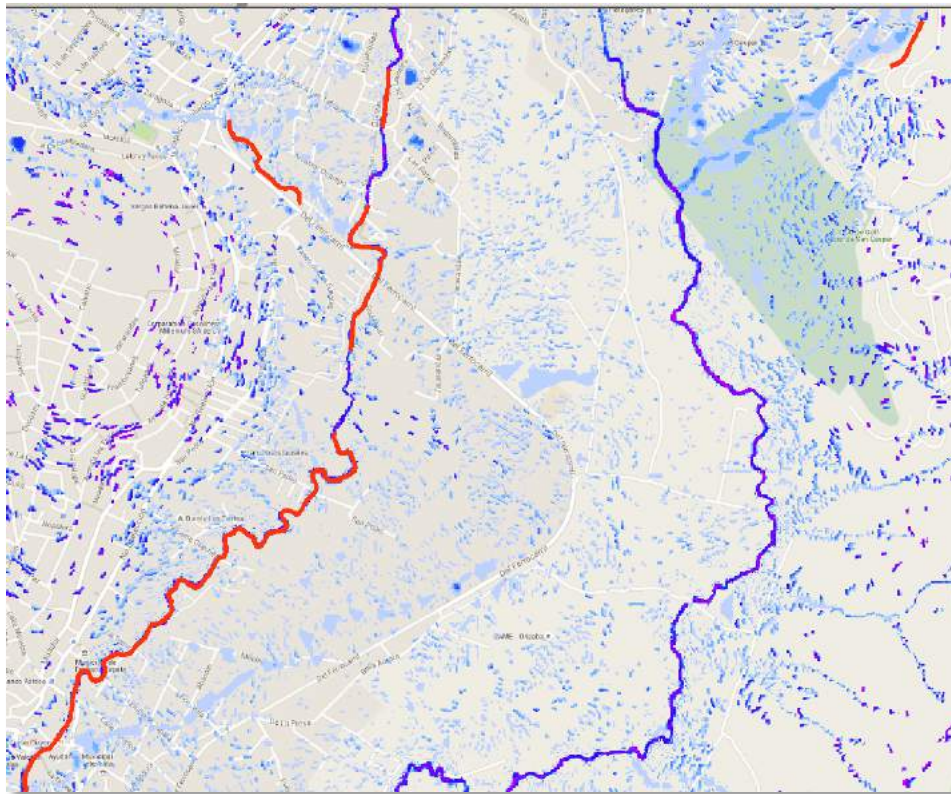


Figura 48. Comparación entre sitios de inundación de la CEA contra simulación hidráulica Tr2, San Gaspar-Emiliano Zapata. Los sitios identificados por la CEA están marcados como líneas rojas.



Figura 49. Comparación entre sitios de inundación de la CEA contra simulación hidráulica Tr2, Tezoyuca. Los sitios identificados por la CEA están marcados como líneas rojas.

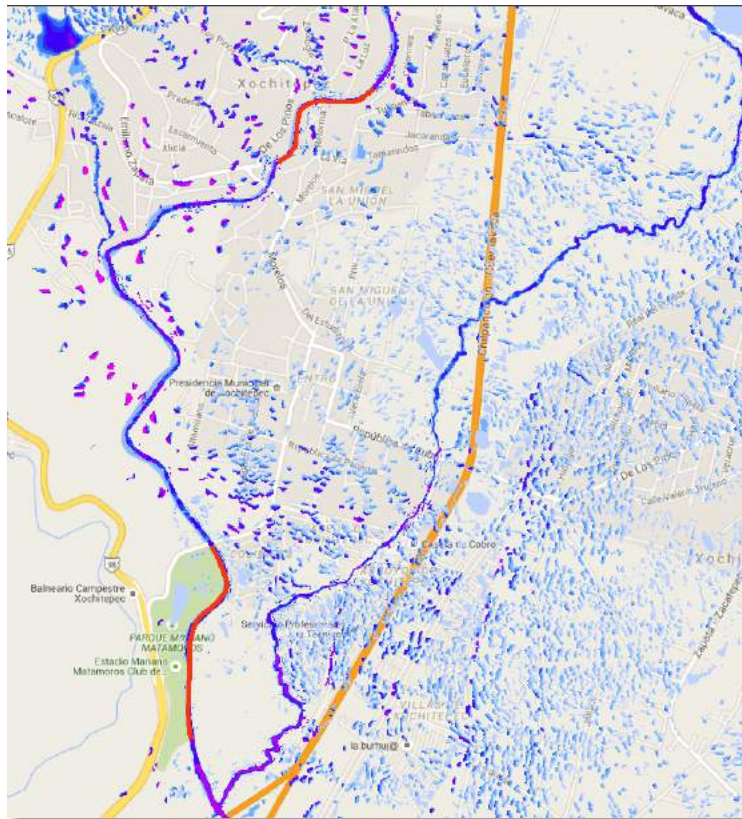


Figura 50. Comparación entre sitios de inundación de la CEA contra simulación hidráulica Tr2, Xochitepec. Los sitios identificados por la CEA están marcados como líneas rojas.

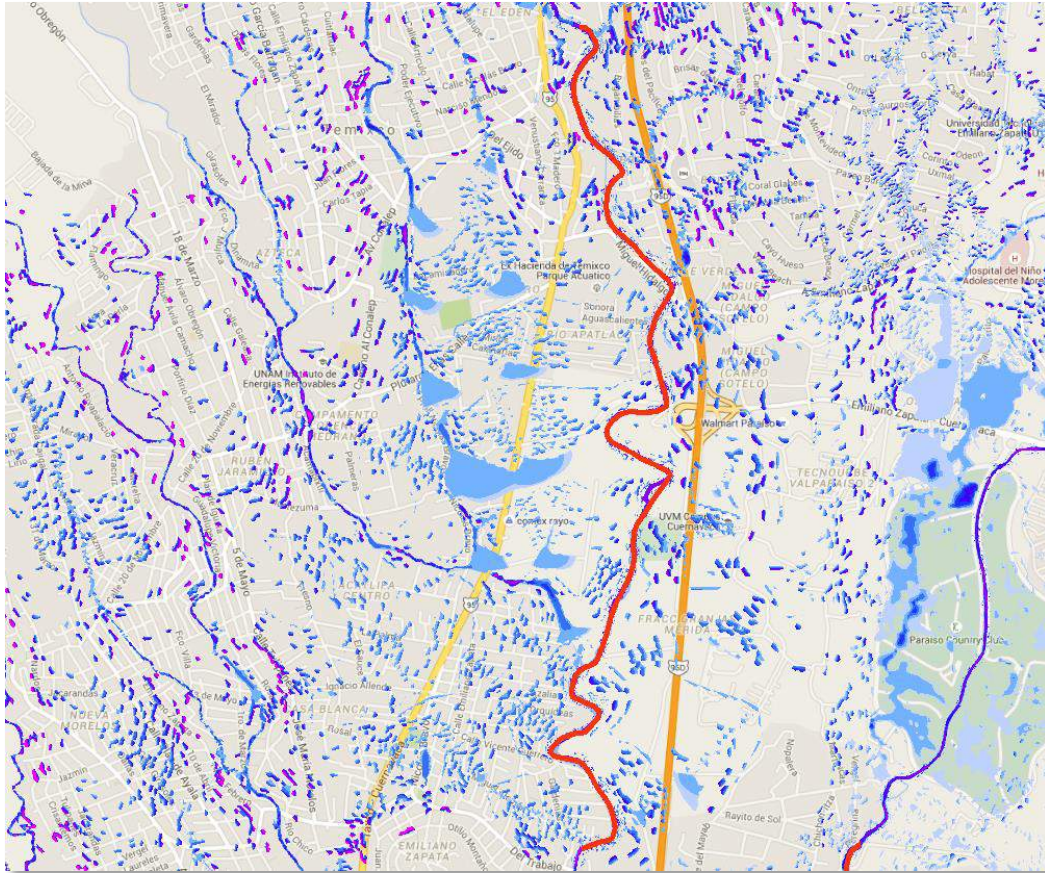


Figura 51. Comparación entre sitios de inundación de la CEA contra simulación hidráulica Tr2, Temixco. Los sitios identificados por la CEA están marcados como líneas rojas.

GLOSARIO

Alerta. Se avisa de que se aproxima un peligro, pero que es menos inminente que lo que implicaría un mensaje de advertencia. (2,7).

Alerta temprana (Aviso temprano). Provisión de información oportuna y eficaz de instituciones y actores claves, que permita a individuos expuestos a una amenaza la toma de decisiones a fin de evitar o reducir su riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (2,7).

Área de Aportación. Véase cuenca (4).

Avenida (Crecida). Elevación, generalmente, rápida en el nivel de las aguas de un curso fluvial, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor (3).

Avenida Súbita. Es el incremento en el nivel del agua en el río, debido a que por él fluye un caudal mayor a lo normal, con un corto tiempo entre el momento en que se generan y el momento en que se detecta. A estos fenómenos se debe el mayor número de pérdida de vidas humanas y daños materiales (4).

Azolve. Material de acarreo que obstruye una corriente de agua (4).

Bienes Expuestos. Son todos aquellos bienes y servicios usados por la población para satisfacer sus necesidades y que pueden ser afectados durante una inundación (4).

Bordo de protección. Estructura que sirve para contener el agua de una corriente, ya sea no dejando que ésta salga e inunde las zonas vecinas, o bien, una vez que el escurrimiento del río ha sobrepasado la capacidad de conducción de la corriente y se ha desbordado, éste no alcance una determinada zona (4).

Caudal. Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo (2).

Capacidad de conducción. Potencial máximo con el que cuenta una corriente para desalojar un determinado volumen de agua durante cierto tiempo (4).

Cauce. Se refiere a la zona más baja del terreno por donde normalmente escurre el agua que se precipita en las zonas aledañas (4).

Control de crecidas (control de inundaciones). Manejo de los recursos de agua a través de construcciones de diques, represas, etc. para evitar inundaciones (2).

Cuenca. Área que aporta el agua precipitada hasta un determinado punto sobre una corriente, a través de un sistema de corrientes. Está delimitada por el parteaguas.

Cuerpo de agua. Formación hídrica que en conjunto forman la hidrosfera como charcos temporales, estanques, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, manantiales, reservas subterráneas, acuíferos, casquetes polares y masas nubosas. (Sarmiento, 2001) (4).

Cubierta vegetal. Conjunto de plantas localizadas en un área geográfica definida que forman una capa protectora para el suelo; puede ser total, parcial, rala, dispersa, etc. (Sarmiento, 2001) (4).

Daño. Efecto adverso o grado de destrucción causado por un evento peligroso de inundación sobre las personas, los bienes, los sistemas de producción y servicios, y en sistemas naturales o sociales (4).

Deforestación. Limpieza o destrucción de un área previamente forestada (2).

Desbordamiento. Volumen de agua que sale por los lados de un río, cuando la capacidad de conducción de éste ha sido superada.

Emergencia. Situación anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, generada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador (5).

Estaciones Hidrométricas. Sitio junto a un río donde periódicamente se lleva a cabo la medición del escurrimiento, para conocer su régimen hidráulico a lo largo del año (4).

Evaluación del riesgo. Abarca el análisis, evaluación e interpretación de las distintas percepciones de un riesgo y de la tolerancia de la sociedad ante el riesgo como información para tomar decisiones y acciones en el proceso de riesgo de inundaciones. Es el postulado de que el riesgo resulta de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos en un territorio y con frecuencia a grupos o unidades sociales y económicas particulares. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. Análisis de amenazas y de vulnerabilidades componen facetas del análisis de riesgo y deben estar articulados con este propósito y no comprender actividades separadas e independientes. Un análisis de vulnerabilidad es imposible sin un análisis de amenazas, y viceversa (3).

Gasto. Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río (4).

Gestión Integral de Riesgos: El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, reducción, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (5).

Hidrograma. Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo. En cada instante se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición (4).

Hietograma. Es una gráfica de barras que muestra la variación de la altura o de la intensidad de la precipitación en intervalos de tiempo, usualmente de una hora (4).

Intensidad de precipitación. Es la cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, mm/día, etc. (4).

Inundación. Evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, genera invasión o penetración de agua en sitios donde “usualmente” no la hay (4).

Mapa de riesgos de inundaciones. Mapa confeccionado según criterios científicos, que indica los elementos de riesgo e informa sobre el grado y la extensión espacial de la inundación (3).

Medidas estructurales. Cualquier construcción física concebida para reducir o evitar el posible impacto de eventos peligrosos, ellas, incluyen obras de ingeniería y construcción de estructuras hidráulicas e infraestructuras resistentes a las inundaciones (3).

Medidas no estructurales. Acciones concebidas para reducir o evitar el posible impacto de fenómenos peligrosos, se encaminan a través del ordenamiento físico de los asentamientos humanos, la planificación de proyectos de inversión de carácter industrial, agrícola o de infraestructura, la educación y el trabajo con comunidades expuestas. Estas medidas son de especial importancia para que, en combinación con las medidas estructurales, se pueda reducir el riesgo de una manera efectiva y equilibrada. Las medidas no estructurales pueden ser activas o pasivas. Las medidas no estructurales activas son aquellas en las cuales se promueve la interacción directa con las personas y destacan: la organización para la atención de emergencias, el desarrollo y fortalecimiento institucional, la educación formal y capacitación, la información pública y campañas de difusión así como la participación comunitaria y la gestión a nivel local. Las medidas no estructurales pasivas son aquellas más directamente relacionadas con la legislación y la planificación. (3).

Monitoreo (Vigilancia). Sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas (2).

Nivel de alarma de crecida (Alarma de nivel de inundación). Nivel de agua que se considera peligroso y en el cual deberían iniciarse las advertencias (2).

Ordenamiento territorial (Planificación del uso de la tierra). Rama de la planificación física y socioeconómica que determina los medios y evalúa el potencial o limitaciones de varias opciones de uso del suelo, con los correspondientes efectos en diferentes segmentos de la población o comunidad, cuyos intereses han sido considerados en la toma de decisiones. Es la asignación planificada y regulada de determinado uso del suelo, ya sea urbano, rural, área natural, etc. El ordenamiento territorial tiene en cuenta el uso actual y futuro del suelo, así como, el interés colectivo para asignar los diferentes “usos del suelo” (3).

Parteaguas. Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico que separa una cuenca de sus vecinas (4).

Peligro. Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (5).

Percepción del riesgo. Percepción de un riesgo por parte de una persona o grupo de personas; refleja los valores culturales y personales, así como la experiencia por eventos pasados de desastre (3).

Periodo de retorno. Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años y la magnitud del evento puede ser el escurrimiento, expresado como un cierto gasto, una lámina de precipitación o una profundidad de inundación (tirante). Se subraya que el evento analizado no ocurre exactamente en el número de años que indica el periodo de retorno, ya que éste puede ocurrir el próximo o dentro del periodo especificado (4).

Preparación: Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazo (5).

Precipitación. Proceso por el cual el vapor de agua que forma las nubes se condensa, formando gotas de agua que al alcanzar el tamaño suficiente se precipitan, en estado líquido como lluvia o sólido como nieve o granizo, hacia la superficie terrestre. La precipitación pluvial se mide en milímetros (Ahrens, 2000).

Prevención: Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos (5).

Previsión: Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, reducción, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción (5).

Probabilidad de excedencia. Probabilidad de que una magnitud dada de un evento sea igual o excedida (2).

Protección civil. Sistema de medidas, usualmente ejecutadas por una agencia del gobierno, para proteger a la población civil en tiempo de guerra, responder a desastres y prevenir y mitigar las consecuencias de un desastre mayor en tiempos de paz. El término Defensa civil se usa cada vez más en estos días (2).

Población en riesgo. Una población bien definida cuyas vidas, propiedades y fuentes de trabajo se encuentran amenazadas por peligros dados. Se utiliza como un denominador (2).

Pronóstico. Determinación de la probabilidad de que un fenómeno físico se manifieste con base en: en el estudio de su mecanismo generador, la observación del sistema perturbador y/o registros de eventos en el tiempo. En el caso de las inundaciones corresponde a la previsión del nivel, caudal tiempo de ocurrencia y duración de la avenida, especialmente de su caudal máximo en un punto determinado, producida por precipitación sobre la cuenca (3).

Reducción de Riesgos: Intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones de el impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementación de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento (5).

Régimen Hidráulico. Variación temporal de una corriente. Normalmente hay dos regímenes: el estiaje y la temporada de lluvias (4).

Regulación. Capacidad de un río, en un cierto tramo y para un instante dado, de sacar más agua de la que entra, es decir, almacenar instantáneamente un cierto volumen (4).

Rehabilitación. Operaciones y decisiones tomadas después de un desastre con el objeto de restaurar una comunidad golpeada, y devolverle sus condiciones de vida, fomentando y facilitando los ajustes necesarios para el cambio causado por el desastre (2,7).

Resiliencia: Es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos (5,7).

Reubicación. Acciones necesarias para la instalación permanente de personas afectadas por un desastre, a un área diferente a su anterior lugar de vivienda (2).

Remanso. Aumento en el nivel de agua de un río, debido al taponamiento natural o artificial de éste (2).

Riesgo. Es la combinación de tres factores: el valor de los bienes expuestos, C, la vulnerabilidad, V, y la probabilidad, P, de que ocurra un hecho potencialmente dañino para lo expuesto (4).

Riesgo Inminente. Aquel riesgo que según la opinión de una instancia técnica especializada, debe considerar la realización de acciones inmediatas en virtud de existir condiciones o altas probabilidades de que se produzcan los efectos adversos sobre un agente afectable (5).

Seguro. Instrumento de Administración y Transferencia de Riesgos (5).

Seguro contra desastres. Pólizas de seguros patrocinadas por entidades privadas o del gobierno para la protección contra pérdidas económicas que resulten de un desastre (2).

Simulacro. Ejercicio para toma de decisiones y adiestramiento en desastres dentro de una comunidad amenazada, con el fin de representar situaciones de desastre para promover una coordinación más efectiva de respuesta, por parte de autoridades pertinentes y de la población (2).

Sistema de información geográfica. Es una herramienta de software que permite capturar, almacenar, organizar, presentar y realizar análisis sobre información geográficamente referenciada, es decir, que posee coordenadas terrestres. La tecnología GIS integra operaciones de bases de datos comunes tales como búsquedas o análisis estadísticos apoyados por la ayuda y beneficios ofrecidos por el desplegado gráfico de dicha información (1).

Tirante. Elevación de la superficie del agua sobre un punto en el terreno (4).

Vulnerabilidad. Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales (5).

Zona de Riesgo. Espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (5).

Zonificación. Por lo general indica la subdivisión de un área geográfica, país, región, etc. en sectores homogéneos con respecto a ciertos criterios, como por ejemplo, la intensidad de la amenaza, el grado de riesgo, requisitos en materia de protección contra una amenaza dada (2).

(1) Ciclones tropicales. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, diciembre 2003.

(2) Department of Humanitarian Affairs (DHA) (1992). Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. United Nations.

(3) González T. M. E. (2008), Tesis doctoral. Un modelo integral para la valoración del riesgo de inundación en centros urbanos y/o suburbanos. Enfoque metodológico utilizando indicadores Caso: Pueblo Viejo, Veracruz, México. Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Geografía.

(4) Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, octubre 2004. ISBN 978-870-821-002-7.

(5) Ley General de Protección Civil. Decreto por el que se expide la Ley General de Protección Civil. Diario Oficial de la Federación. Junio de 2012.

(6) Proyecto de norma mexicana. PROY-NMX-AA-175-SCFI-2015. Operación segura de presas. Parte 1.- Análisis de riesgo y clasificación de presas.

(7) Este término no se maneja en el presente documento, sin embargo, sirvió de base para la gestión integrada de la zona de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2014. Programa Nacional de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas. 13 Organismos de Cuenca. Primera Versión.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2011. Manual para el control de inundaciones.

US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center, 1989. Expected Annual Flood Damage Computation.

Baró-Suárez, J], BARÓ, J.E., DÍAZ, C., CALDERÓN, G., CADENA, E. y ESTELLER, M. V. Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México. Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, vol. II, núm. 3, julio-septiembre de 2011, pp. 201-218.

USACE, 1991. Expected Annual Flood Damage Computation. User's Manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. March 1989, pp 45-49.