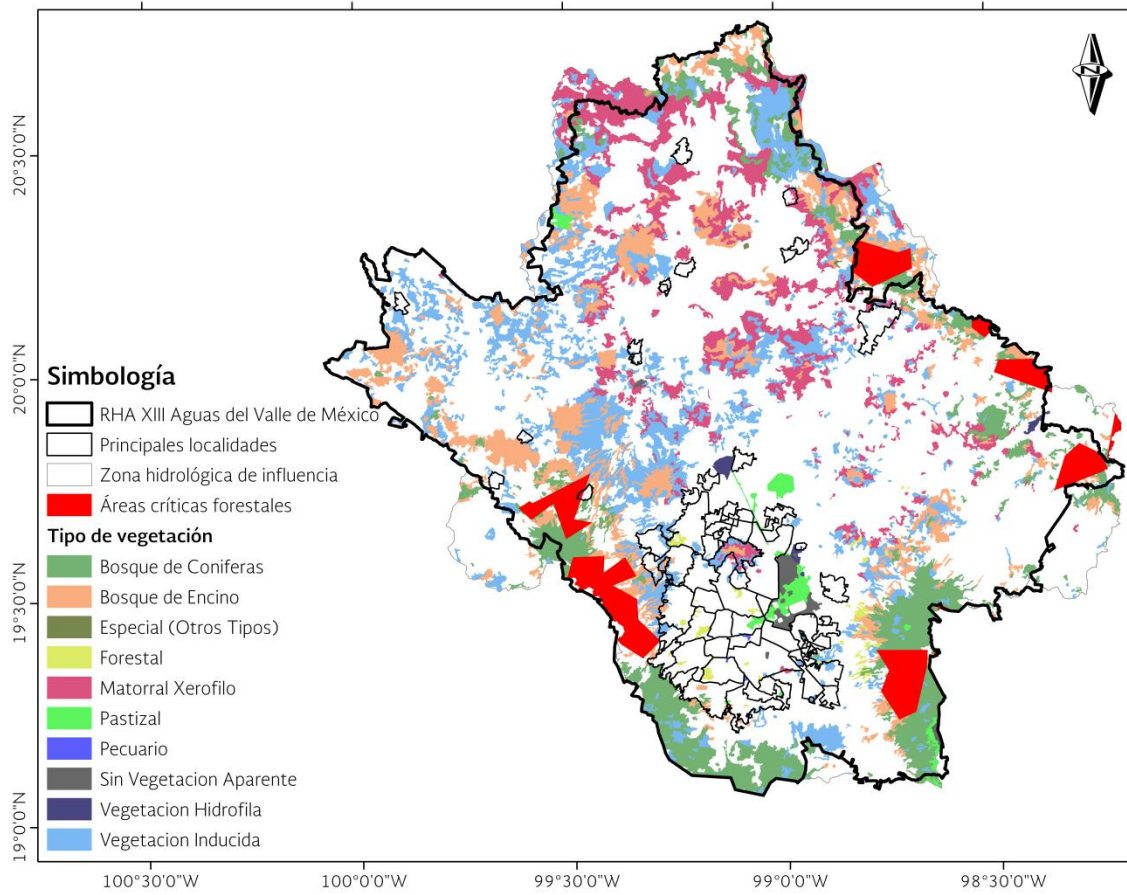


Figura 3.8 Superficie forestal



Fuente: Elaborado a partir de: INEGI serie IV. Uso de suelo y vegetación, 2010. Semarnat. Procuraduría Federal del Protección al Ambiente (ed.), Publicado en 2001. <http://infoteca.Semarnat.gob.mx/metadataexplorer/explorer.jsp>

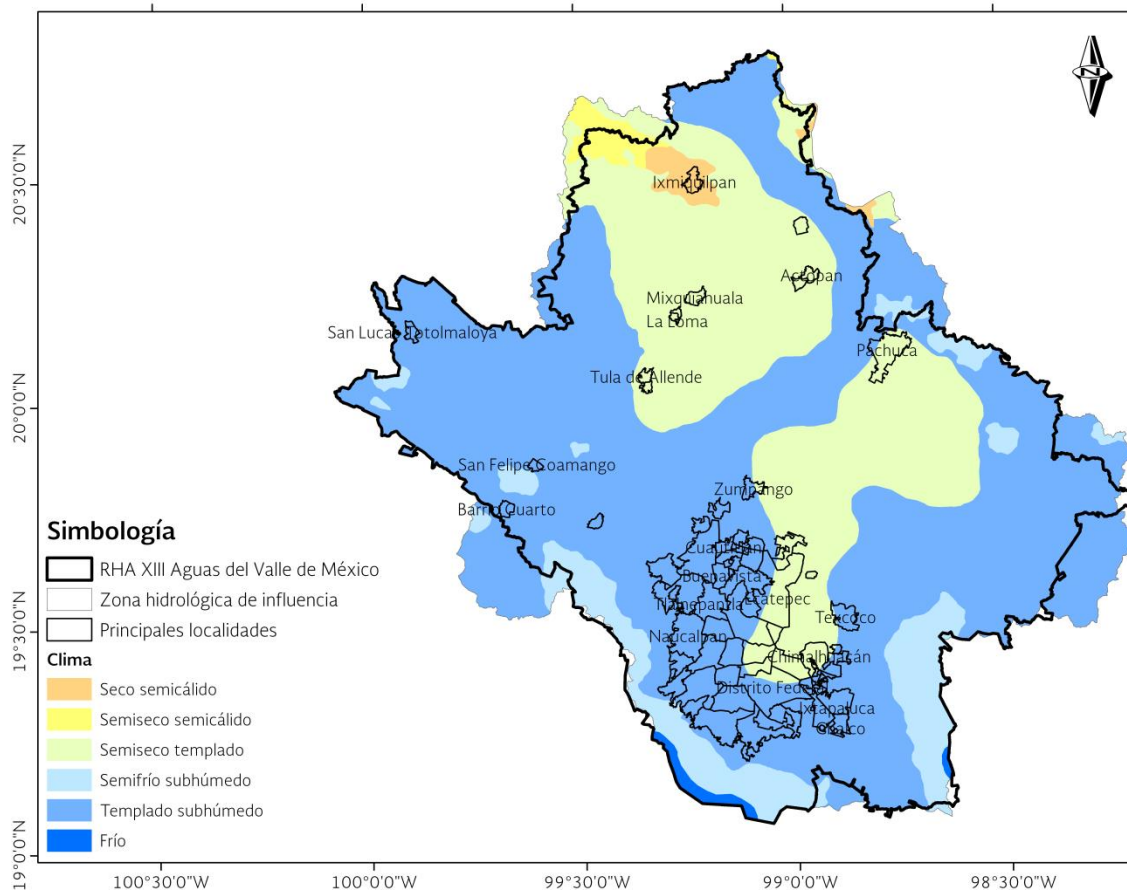
### 3.3.2 Meteorología

#### Clima

En la RHAXIII existen seis tipos de clima, el seco semicálido en los alrededores de la localidad de Ixmiquilpan Hidalgo, clima frío en una mínima extensión hacia la zona sur, semiseco semicálido al noroeste de Ixmiquilpan, semiseco templado desde el noreste de la Ciudad de México hasta la ciudad de Pachuca Hidalgo y zona norte de la Región,

semifrío subhúmedo al sur de la Región, y templado subhúmedo, el cual es el clima predominante en la mayoría de la superficie de la Región (Figura 3.9).

Figura 3.9 Climas



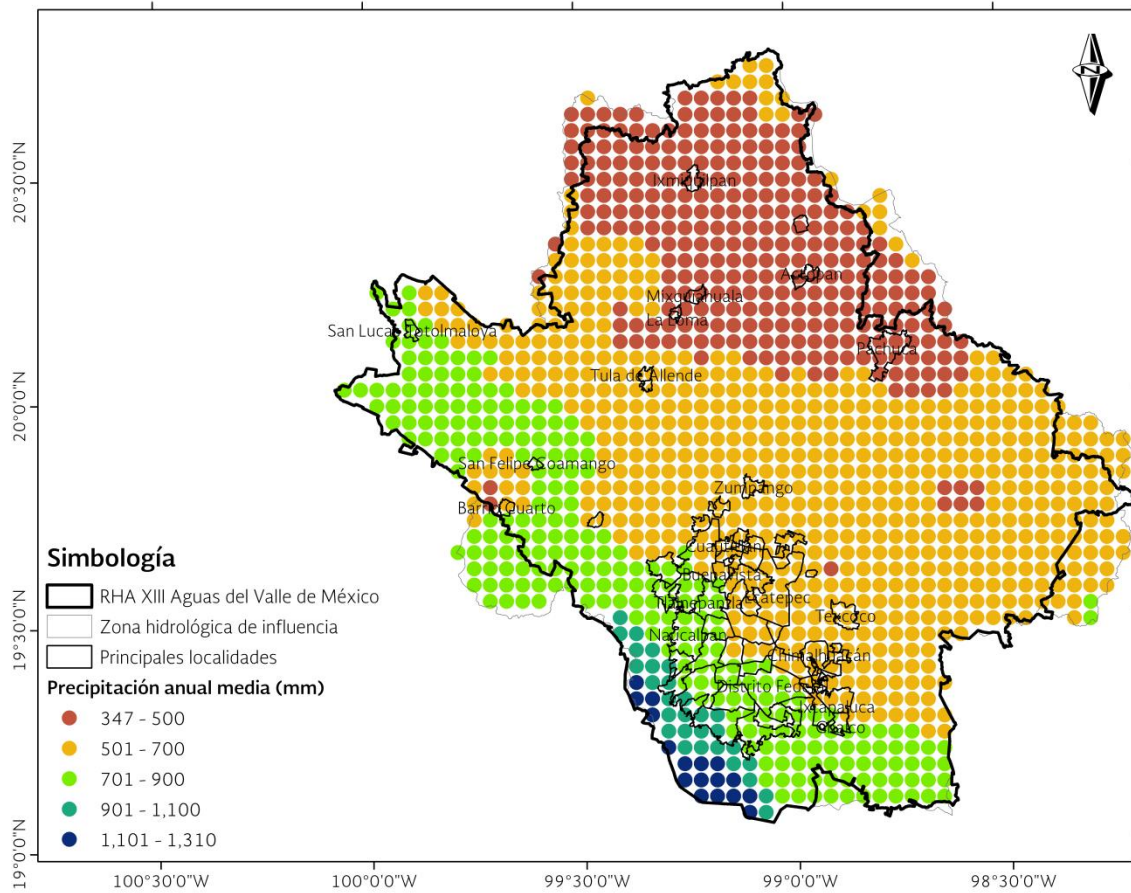
Fuente: Elaborado a partir de: INEGI 2000. Unidades climáticas.

#### Precipitación

El promedio de precipitación anual media en la región es del orden de los 612 mm. Hacia la zona suroeste la precipitación llega a ser de hasta 1,300 mm, en la zona del Distrito Federal varía entre 700 y 900 mm y al norte

de la Región desde Pachuca hasta Ixmiquilpan la precipitación anual media disminuye hasta el rango de 300 a 500 mm (Figura 3.10).

Figura 3.10 Precipitación media anual (mm)



Fuente: Elaborado a partir de: base de datos CLICOM actualizado a 2009.

### 3.3.3 Hidrología

#### **Antecedentes de la Cuenca del Valle de México<sup>5</sup>**

La Cuenca del Valle de México se localiza en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano y tiene un área aproximada de 9,600 kilómetros cuadrados. El valle, situado a una altitud cercana a los 2,400 metros sobre el nivel del mar, es el más alto de la región y se encuentra rodeado por sierras, montañas y elevados volcanes, entre los que destacan el Popocatepetl con 5,438 metros sobre el nivel del mar, el Iztaccíhuatl con 5,286 y el Ajusco con 4,153 msnm.

Esta cuenca es una depresión cerrada de manera natural, por lo cual recibe el nombre de Cuenca endorreica. En su condición original, en la parte más baja, se tenían grandes áreas lacustres que en conjunto sumaban una superficie de más de 2,000 km<sup>2</sup>. La Cuenca lacustre del Valle de México estaba formada por los lagos de Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Una característica singular de este sistema de lagos era el carácter distinto de sus aguas. Mientras que los lagos de Xochimilco y Chalco estaban formados con aguas dulces, las de Texcoco, Zumpango y Xaltocan eran salobres.

De cualquier modo, el agua de los lagos del Valle de México no era provechosa para la vida humana. Las aguas saladas no eran potables; y las dulces tampoco, porque aunque

<sup>5</sup> Conagua. Compendio del Agua de la Región Hidrológica Administrativa XIII, Edición 2010.

no contenían sal, estaban infestadas de residuos de las plantas y animales que poblaban en los ecosistemas asociados.

Desde que se iniciaron los primeros asentamientos en el Valle de México, comenzó la lucha de los habitantes del Valle contra el agua en dos frentes: la falta de agua potable y constantes inundaciones por el desbordamiento de los lagos.

En los primeros años, la ciudad sobrevivió gracias al agua potable de los manantiales existentes en la zona sur de la Cuenca y por otra parte, los lagos eran un constante peligro para la Ciudad, ya que bastaba con que durante varios años se presentaran veranos lluviosos para que el nivel de los lagos se elevara peligrosamente, ya que no existían desagües naturales de la Cuenca.

Con el paso de los años, conforme se iba acentuando el proceso de urbanización del Valle, los problemas se fueron agudizando, lo

que provocó la modificación paulatina del sistema hidrológico del Valle de México. Para evitar las inundaciones, inicialmente se construyeron obras que evitaban que los lagos se desbordaran, sin embargo con el paso de los años se tomó la decisión de desaguar por completo el Valle, teniendo como resultado que en la actualidad se tenga un área lacustre menor a los 100 kilómetros cuadrados.

El desagüe de la Cuenca, se llevó a cabo a través de la construcción de cuatro salidas artificiales: el Tajo de Nochistongo (1629), el Túnel de Tequixquiac (1900), el Nuevo Túnel de Tequixquiac (1955) y el Emisor Central (1975). Estas obras, que operan actualmente, sirven para desalojar las aguas residuales y de lluvia de la Cuenca del Valle de México, evitando los problemas de inundaciones y aprovechando los volúmenes desalojados para abastecer principalmente a los Distritos de Riego ubicados en la Cuenca del río Tula (Figura 3.11).



Figura 3.11 Desagüe de la cuenca



Fuente: Tomado de Conagua. Inundaciones en el Valle de México y su exacerbamiento por el impacto del cambio climático. Agosto de 2011.

La desecación del área lacustre aceleró el crecimiento de la mancha urbana en el Valle de México y por consiguiente, se incrementó la demanda de agua potable; por otra parte, los manantiales ya no eran suficientes para

cubrir la demanda requerida, por lo que en los inicios del siglo XX, se inició la explotación de los mantos acuíferos de la Cuenca.

## Ríos principales<sup>6</sup>

Los cauces naturales solamente se conservan en las zonas montañosas que rodean al Valle de México. Los ríos que cruzan la zona urbana han sido entubados para evitar el contacto de la población con las aguas negras.

De las montañas del sur bajan los ríos San Luis, San Lucas, San Gregorio, Santiago y San Buenaventura. Normalmente conducen escurrimientos escasos, porque sus cuencas están en formaciones basálticas muy permeables. Sólo el río San Buenaventura, ocasionalmente, conduce crecientes importantes, debido a precipitaciones intensas combinadas con deshielos del volcán del Ajusco.

Los principales aportadores al Valle de México son los ríos que bajan de las sierras del poniente. Los más importantes son los ríos Magdalena, Mixcoac, Tacubaya y Hondo, que drenan hacia el sistema de presas del poniente que los intercepta, descargando gastos regulados en el Interceptor del Poniente. Este conduce las avenidas hacia el norte y la descarga por la parte baja del río Hondo, en el Vaso del Cristo, donde pueden ser reguladas nuevamente y descargadas en el Emisor del Poniente, hacia el norte, o en el río de Los Remedios, hacia el oriente.

Al norte del Vaso del Cristo, el Emisor del Poniente recibe las descargas de los ríos Tlalnepantla, San Javier, Cuautitlán y Hondo de Tepotzotlán, los cuales son regulados previamente por las presas Madín, San Juan, las Ruinas, Guadalupe y La Concepción. El Emisor descarga las avenidas fuera del valle por el Tajo de Nochistongo.

Aguas abajo del Interceptor del Poniente, los antiguos ríos ya entubados tienen una trayectoria aproximada de poniente a oriente. Los principales, citados de sur a norte, son el

río Churubusco, el río Mixcoac, el río de La Piedad y el río Consulado, que originalmente descargaban en el lago de Texcoco.

Actualmente, el río Churubusco constituye la infraestructura básica para el drenaje de las cuencas de la zona situada al sur de su trayectoria y descarga las crecientes en los nuevos lagos de Texcoco (el Churubusco y el de Regulación Horaria), que las regulan antes de descargarlas en el Dren General del Valle.

Los ríos Mixcoac, La Piedad y Consulado, y en general toda la red primaria que conduce las avenidas con una trayectoria aproximada de poniente a oriente, son interceptados primero por el Sistema de Drenaje Profundo y después por el Gran Canal del Desagüe. Las descargas en el sistema profundo se realizan por gravedad y en el Gran Canal mediante bombeo.

El Sistema de Drenaje Profundo maneja los escurrimientos captados por los Interceptores Centro-Poniente, Central y Oriente, y los conduce por el Emisor Central fuera del valle hasta el río El Salto. El interceptor Centro-Poniente puede auxiliar al Interceptor del Poniente, recibiendo parte de las crecientes que conduce este último. El Interceptor Oriente puede ayudar de la misma forma al Gran Canal.

En los últimos años, el Sistema de Drenaje Profundo ha ampliado su cobertura hacia el sur y el este, con objeto de auxiliar al río Churubusco y absorber las avenidas generadas por el crecimiento acelerado de las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac, situadas al sur-oriental del Distrito Federal.

La zona sur-oriental del Valle también ha crecido aceleradamente en el Estado de México, sobre todo en los municipios de Chalco e Iztapalapa. Para su drenaje depende básicamente del río de La Compañía, que conduce los escurrimientos hacia el norte, hasta descargarlos en el Dren General del Valle y de ahí en el Gran Canal del desagüe.

Finalmente, el otro gran conducto para drenar las avenidas fuera del Valle de México, es el Gran Canal del Desagüe. Este recibe direc-

---

<sup>6</sup> Tomado de: Dr. Domínguez M. R. Las Inundaciones en la Ciudad de México. Problemática y Alternativas de Solución. Revista digital Universtaria, UNAM. Vol. 1, no. 2, 1 de octubre de 2000. <http://www.revista.unam.mx/vol.1/num2/proyec1/>

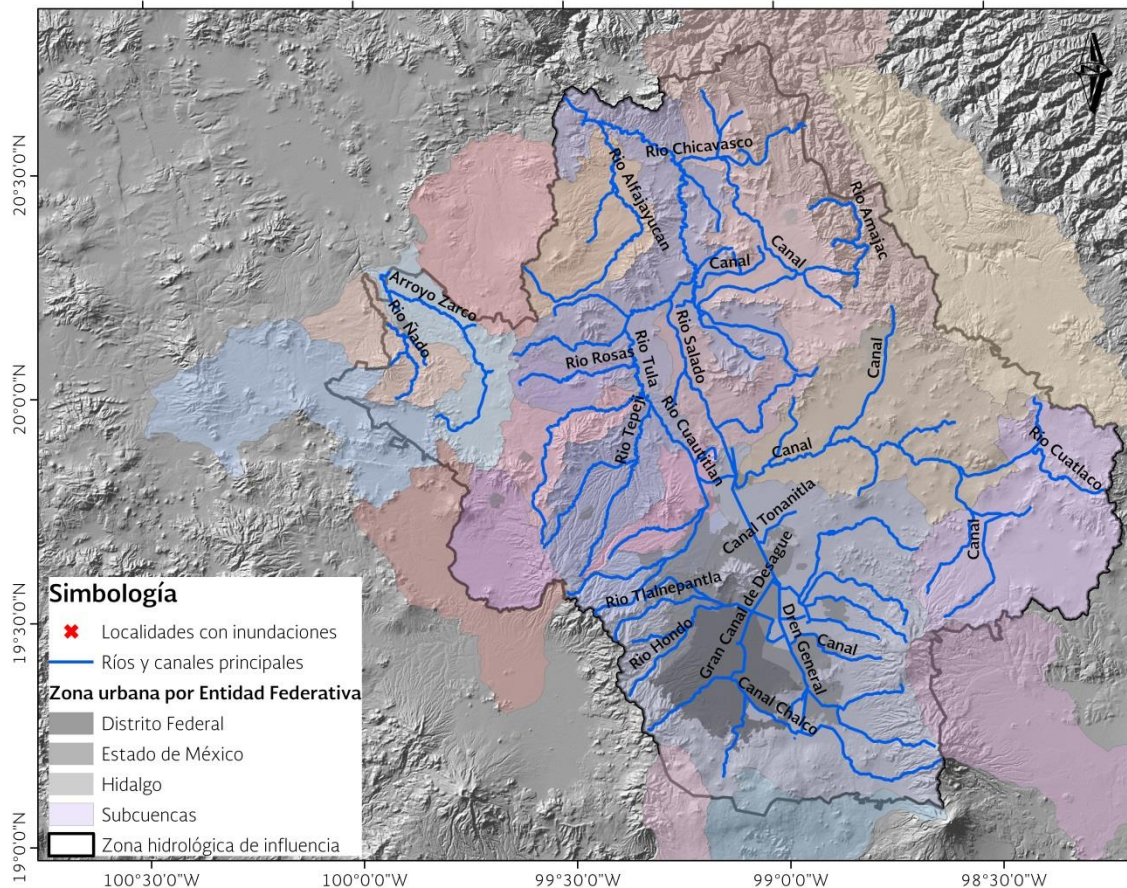


tamente las descargas de toda la zona urbana situada al oriente del Interceptor del Poniente y al norte del río Churubusco, con el agravante de que, por el hundimiento de la ciudad, dichas descargas tienen que efectuarse mediante bombeos. Más adelante recibe al Dren General del Valle, que conduce los escurrimientos del río Churubusco, ya regulados en los lagos de Texcoco y del río de La Compañía (Figura 3.12).

Las descargas del Valle de México son recibidas por la cuenca del Río Tula mediante los ríos Cuautiltán y Salado, este último además de recibir las descargas del Túnel de Tequisquiatic recibe las aportaciones de las cuencas del Lago de Tochac y Río Tezontle ubicadas

al oriente de la RHA. El Río Cuautiltán aguas abajo confluye con el Río Tepeji en donde cambia su nombre a Río Tula. Continuando aguas abajo se unen el Río Rosas y Los Orégano, La capacidad del Río Tula se ve incrementada al recibir las aportaciones del Río Salado. En su trayecto hacia aguas abajo y en dirección sur a norte se suma el escurrimiento de la cuenca del Río Actópan por medio del Río Chicavasco. El Río Alfajayucan se une al Río Tula justo unos kilómetros aguas arriba de la salida de la cuenca para dar inicio al Río Moctezuma que transita sus aguas hasta confluir con el Río Pánuco y este a su vez descargar sus aguas en el Golfo de México.

Figura 3.12 Ríos principales



Fuente: Elaborado a partir de: Sistema Nacional de Información del Agua 2012.

## Humedales

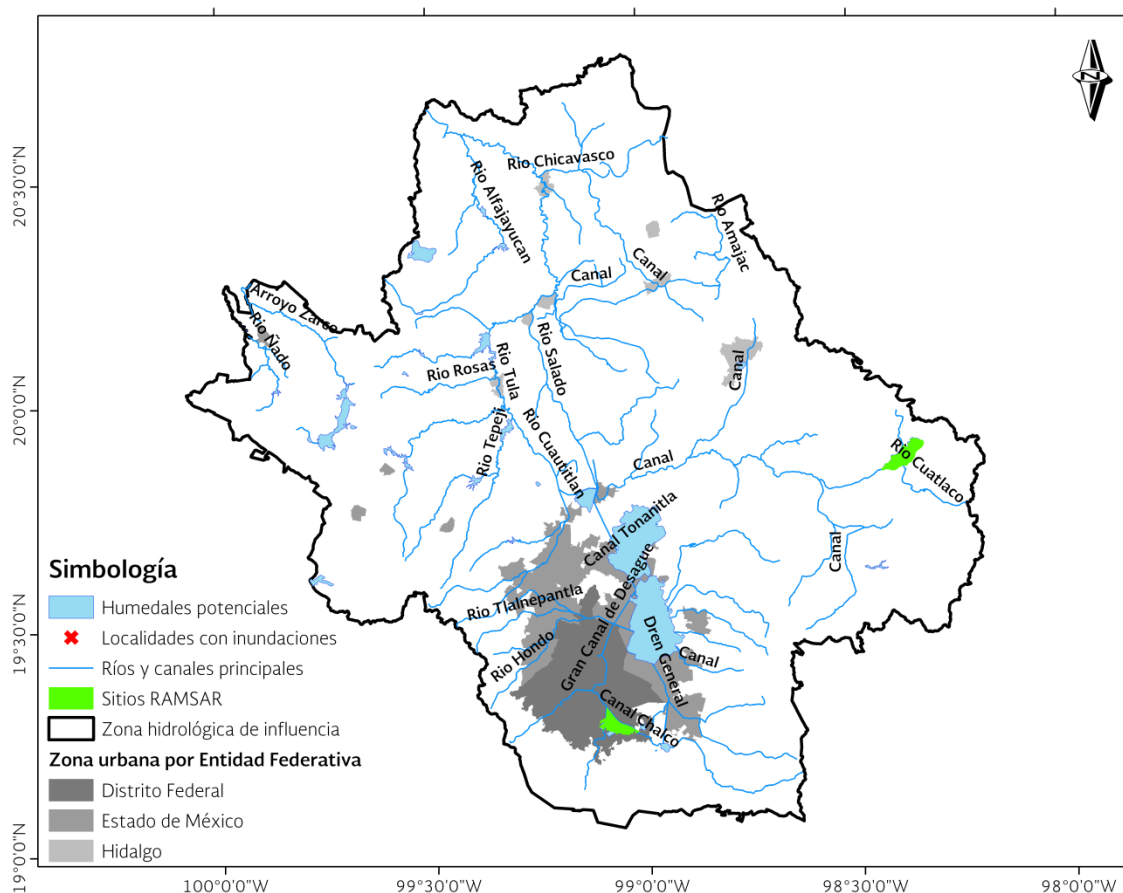
Los humedales son las zonas que por su tipo de vegetación, suelo, agua, pendientes y drenaje tiene la capacidad de albergar sistemas acuáticos y terrestres, estos constituyen áreas de inundación temporal o permanente y cuyos límites están constituidos por vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional.

Algunas de sus funciones de importancia son el almacenamiento, purificación del agua, mitigación de inundaciones, recarga y descarga de acuíferos, estabilización de litorales y control de la erosión.

En la RHA XIII se tienen 28 humedales potenciales (Figura 3.13), comunidades vegetales que se esperaría encontrar como resultado de la interacción entre las especies y el medio ambiente (en exclusión del hombre) en un lugar determinado.

Por otro lado, en la Región existen dos humedales declarados como de importancia internacional por ser hábitat de aves acuáticas y cuyo principal objetivo es la conservación y el uso racional de los humedales, estos humedales son: Lago de Tecocomulco en Hidalgo y el Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco en el Distrito Federal.

Figura 3.13 Humedales



Fuente: Elaborado a partir de: INEGI. Humedales potenciales, 2007. CONANP. Sitos Ramsar, 2009.

## Caudal medio

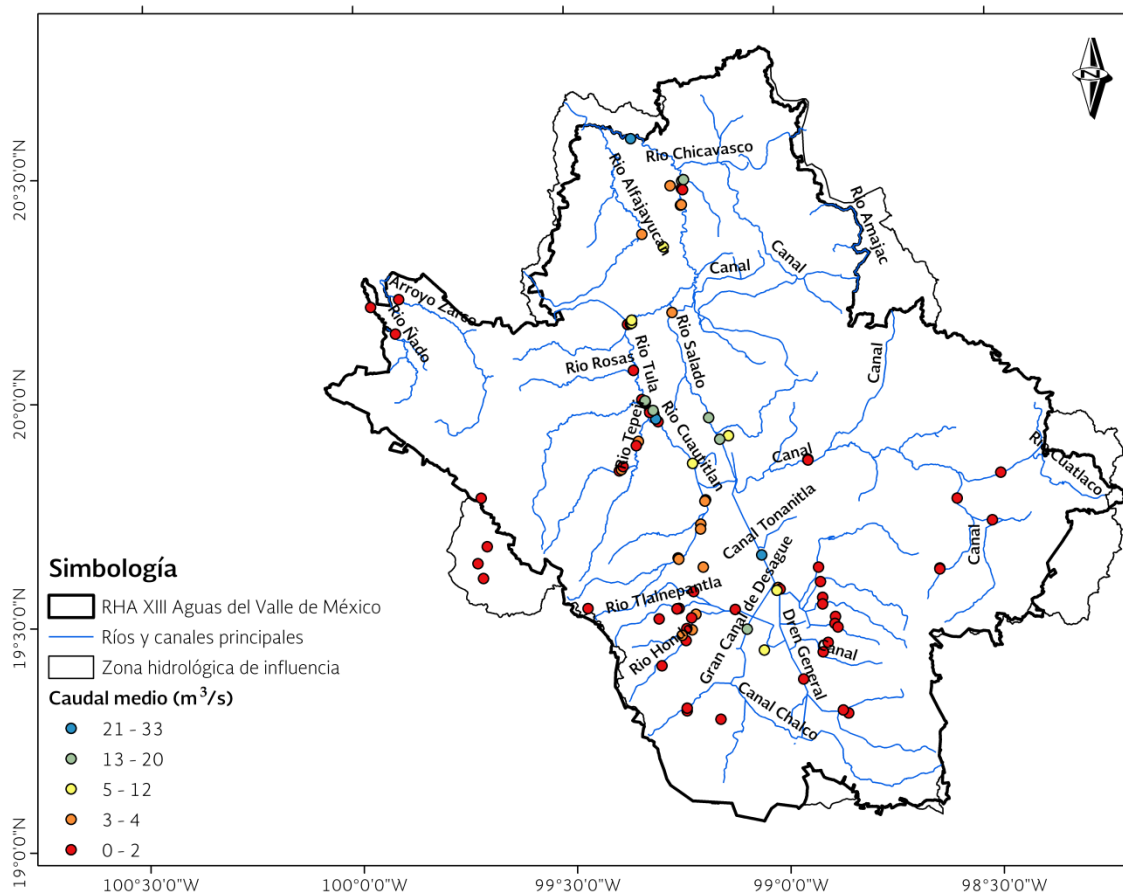
Con base en Banco Nacional de aguas Superficiales 2002 complementado con el Sistema

de Información de Aguas Superficiales 2012 se tiene que para la RHA escurre un caudal medio de 3.86 m<sup>3</sup>/s, considerando

este caudal los escurrimientos registrados en corrientes naturales, canales y salidas de las presas. En la zona sur de la Región y por ser parte de las cuencas cabeceras el caudal medio llega a ser de 2 m<sup>3</sup>/s. El gran canal de desagüe al recibir la gran parte de las aportaciones y descargas del Distrito Federal

registra un caudal medio de 20 m<sup>3</sup>/s. El Río Chuquivasco, al norte de la RHA registra un caudal medio de 25 m<sup>3</sup>/s, y finalmente, el cuerpo conductor de mayores registros es el Emisor poniente a la salida del Tajo de Nochistongo con 33 m<sup>3</sup>/s (Figura 3.14).

Figura 3.14 Caudales medios



Fuente: Elaborado a partir de: Banco Nacional de Aguas Superficiales (BANDAS) 2002 y Sistema de Información de Aguas Superficiales (SIAS) versión 2, 2012.



### **Drenaje y alcantarillado<sup>7</sup>**

En el año 2008, los sistemas de alcantarillado y drenaje de la región XIII recolectaron un caudal promedio de 59 metros cúbicos por segundo, de los cuales el 96% provienen de la Zona Metropolitana del Valle de México (Tabla 3.5).

En promedio en los meses de estiaje (diciembre-mayo) de 2005 a 2008 se tuvo un volumen de agua residual y pluvial recolectado de aproximadamente 100 m<sup>3</sup>/s, mientras que en época de lluvias la recolección se incrementó cerca de los 300 m<sup>3</sup>/s para el mes de septiembre (Figura 3.15).

A partir de 1975 inició la operación de uno de los componentes más importantes del sistema de desagüe de la Ciudad de México, el Sistema de Drenaje Profundo, el cual permite el desalojo de las aguas residuales y pluviales de la Ciudad de México y algunos municipios conurbados, por medio de túneles colocados a una gran profundidad hacia el estado de Hidalgo (Tabla 3.6 y 3.7).

Actualmente, el drenaje profundo está compuesto por las estructuras que se describen a continuación (Figura 3.16):

**Emisor Central.** Se construyó entre los años 1967 y 1975, actualmente tiene una longitud de operación de 50 kilómetros a una profundidad que va desde los 40 a los 220

metros; tiene un diámetro de 6.5 metros y una capacidad de conducción de 220 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Central.** Tiene una longitud de 16.1 kilómetros y una profundidad de 22 a 41 metros; cuenta con un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 90 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Oriente.** Tiene una longitud de 28 kilómetros y una profundidad que va de los de 20 a 50 metros; cuenta con un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 85 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Oriente Sur.** Tiene una longitud de 13.8 kilómetros y una profundidad que va de los de 20 a 25 metros; tiene un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 40 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Centro-Poniente.** Con una longitud de 16 kilómetros tiene una profundidad que va de los de 20 a 51 metros; cuenta con un diámetro de cuatro metros y una capacidad de conducción de 40 metros cúbicos por segundo.

**Interceptor Poniente.** Con una longitud de 16.2 kilómetros tiene una profundidad que va de los de 12 a 35 metros; tiene un diámetro de cuatro metros y una capacidad de conducción de 25 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Centro-Centro.** Con una longitud de 3.7 kilómetros tiene una profundidad promedio de 26 metros; cuenta con un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 90 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Oriente-Oriente.** Tiene una longitud de 3.4 kilómetros y una profundidad de 20 metros; tiene un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 40 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Iztapalapa.** Tiene una longitud de 5.5 kilómetros y una profundidad que va desde 10 a los 16 metros; cuenta con un diámetro de 3.1 metros y una capacidad de conducción de 20 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco.** Tiene una longitud de 11.6 kilóme-

---

<sup>7</sup> Conagua. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009

En muchas ocasiones se utilizan ambos términos indistintamente para señalar a la infraestructura existente para el desalojo de agua residual o pluvial, sin embargo, el alcantarillado se puede considerar como el sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas residuales (alcantarillado sanitario) o aguas de lluvia (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al sistema de drenaje, cauce o planta de tratamiento. El drenaje o desagüe, es el conjunto de obras (colectores, emisores, canales, túneles, entre otras obras) que permiten el desalojo de las aguas residuales y pluviales que se reciben de los sistemas de alcantarilla.

tros y una profundidad que va desde 10 a los 180 metros; tiene un diámetro de 3.1 metros y una capacidad de conducción de 20 m<sup>3</sup>/s.

**Interceptor Obrero Mundial.** Tiene una longitud de 0.8 kilómetros y una profundidad de 16 metros; cuenta con un diámetro de

3.2 metros y una capacidad de conducción de 20 m<sup>3</sup>/s.

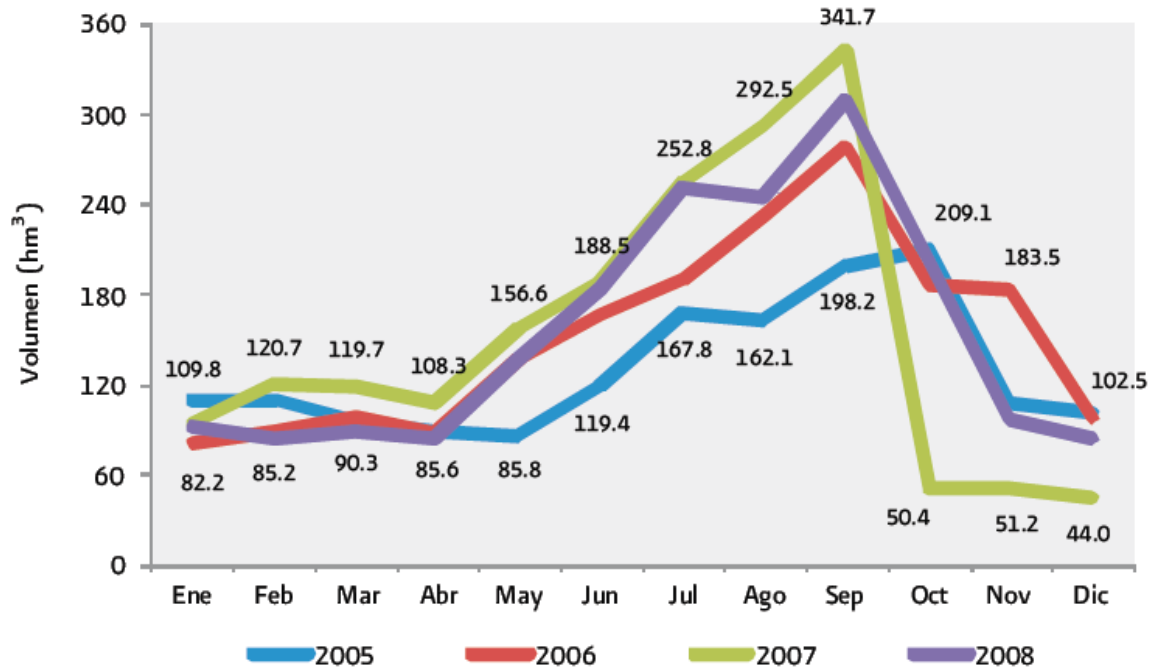
**Interceptor Gran Canal.** Tiene una longitud de 1 kilómetro con diámetro de 3.1 metros y una capacidad de conducción de 90 m<sup>3</sup>/s.

Tabla 3.5 Agua residual y pluvial recolectada

Ubicación	2005		2006		2007		2008	
	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s
ZMVM	1,501.7	47.6	1 771.3	56.2	1,759.4	55.8	1,797.1	57.0
Resto de la región	56.2	1.8	58.5	1.9	61.4	1.9	64.5	2.0
<b>Total</b>	<b>1,557.9</b>	<b>49.4</b>	<b>1,829.8</b>	<b>58.1</b>	<b>1,820.8</b>	<b>57.7</b>	<b>1,861.6</b>	<b>59.0</b>

Fuente: Tomado de Conagua. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009, página 108.

Figura 3.15 Volumen de agua residual y pluvial recolectada mensualmente (2005-2008)



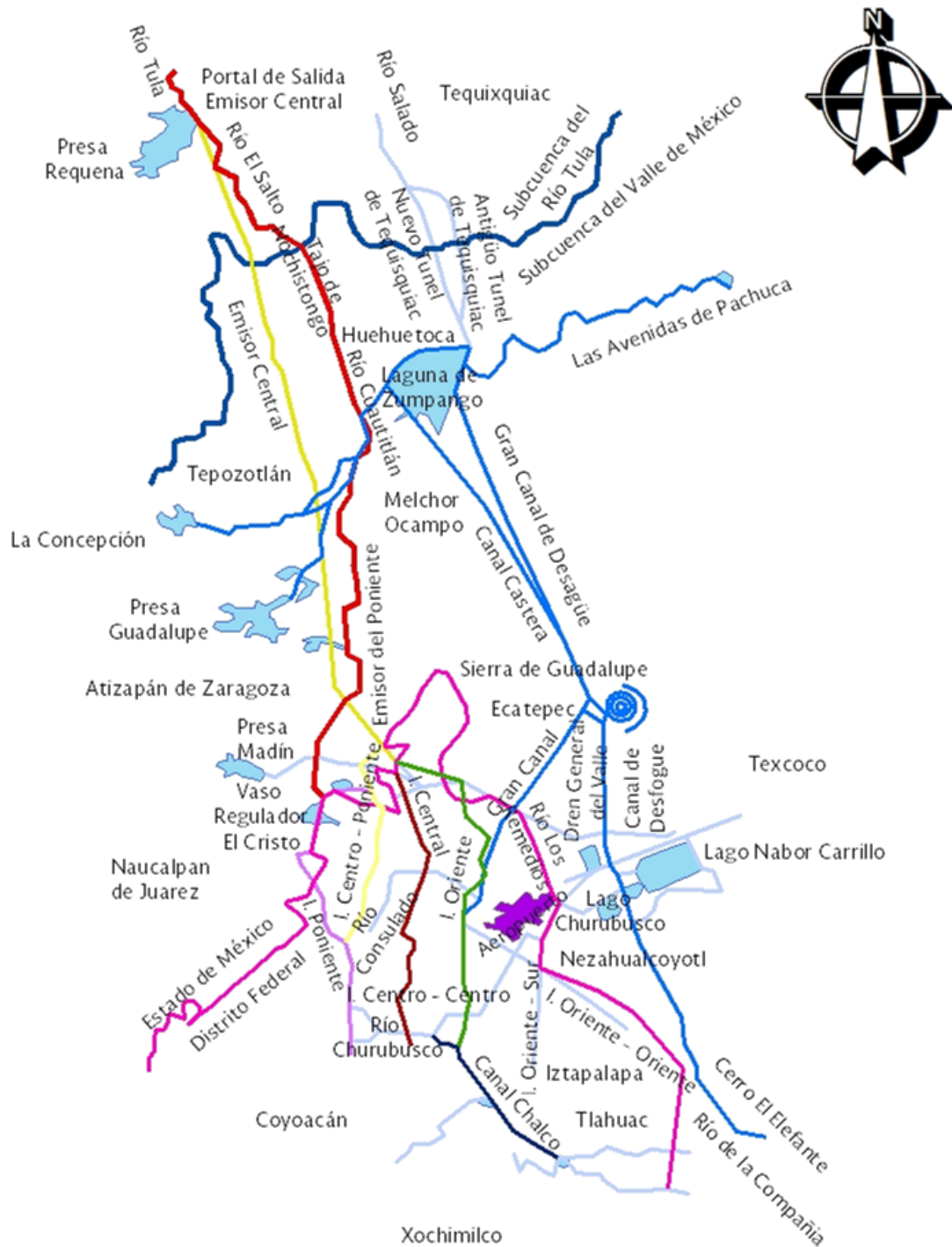
Fuente: Tomado de Conagua. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009, página 109.

Tabla 3.6 Sistema de drenaje profundo de la Ciudad de México

Nombre del túnel	Diámetro (m)	Capacidad de conducción (m <sup>3</sup> /s)	Profundidad promedio (m)	Longitud proyecto (km)	Longitud operación (km)	Periodo de construcción	No. De lumbresas
Emisor Central	6.5	220	40-220	50	50	1967-1975	23
Interceptores							
Central	5	90	22-41	22.28	16.1	1967-1975	15
Oriente	5	85	20-50	28	28	1967-1975 1987-1990	22
Oriente-Sur	5	80	20-25	13.8	13.8	1990-1997	9
Centro-Poniente	4	40	22-51	16	16	1975-1982	9
Poniente	4	25	12-35	16.2	16.2	1960	27
Centro-Centro	5	90	26	3.7	3.7	1986-1988	4
Oriente-Oriente	5	90	20	7.3	3.4	1997	6
Iztapalapa	3.1	20	10-16	5.5	5.5	1994	6
Canal Nacional - Canal de Chalco	3.1-3.2	20	10-18	16.3	11.64	1987	10
Obrero Mundial	3.2	20	16	0.8	0.8	1987	3
Gran Canal	3.1	90	---	1.01	1	---	---
Indios Verdes	3.1	---	15-28	2.76	---	---	---
Ermita	3.1	---	28-16	6.58	---	---	---
Cuautepec	3.1	---	---	1.82	---	---	---

Fuente: Tomado de Conagua. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009, página 109.

Figura 3.1.6 Sistema principal del drenaje del Valle de México



Fuente: Tomado de Conagua. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009, página 110.

Tabla 3.7 Resumen de la infraestructura de drenaje en operación en la Ciudad de México

Red primaria	2,087 km
Red secundaria	10,237 km
Colectores marginales	145 km
Plantas de bombeo urbanas	91
Capacidad instalada de plantas de bombeo	670 m/s
Presas de almacenamiento del sistema general del desagüe	20
Capacidad de almacenamiento de presas	3.32 hm <sup>3</sup>
Cauces a cielo abierto	133.3 m <sup>3</sup> /s
Cauces entubados	49.3 km
Lagunas y lagos de regulación	13
Capacidad de almacenamiento de lagunas y lagos	12.08 hm <sup>3</sup>
Longitud total del drenaje profundo	166 km
Estaciones pluviográficas en tiempo real	78

Fuente: Tomado de Conagua. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009, página 111.

### Protocolo de operación<sup>8</sup>

Ante la necesidad de establecer acciones coordinadas, el Gobierno del Distrito Federal a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México dependiente de la Secretaría del Medio Ambiente, el Gobierno del Estado de México a través de la Comisión del Agua del Estado de México y la Comisión Nacional del Agua a través del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México establecieron el Protocolo de Operación Conjunta para la Temporada de Lluvias 2013 que se compone de las siguientes estructuras:

#### Zona poniente

- Compuertas del Vaso del Cristo hacia el río de los Remedios
- Planta de Bombeo Río Hondo
- Compuertas del Semiprofundo Río San Javier al Interceptor Centro Poniente
- Emisor Poniente
- Compuertas sobre el Río de los Remedios para derivar al Vaso Fresnos

- Compuertas sobre el Río de los Remedios para derivar al Vaso Carretas
- Compuertas de Captación de los Ríos de los Remedios y Tlalnepantla hacia el Interceptor Central
- Compuertas del Sistema de presas del poniente
- Compuertas de la derivadora San Andrés al Río Tlalnepantla

#### Zona Dren General

- Planta de Bombeo Churubusco Lago y Compuertas de Captación del Río Churubusco hacia el Interceptor oriente Sur (P. B. Zaragoza)
- Compuertas en Salida Sur de la Laguna de Regulación Horaria
- Planta de Bombeo casa Colorada Superficial
- Planta de Bombeo Casa Colorada profunda
- Compuertas sobre el Dren General
- Compuertas para desfogue de la Laguna casa Colorada al Dren General
- Compuertas para desfogar a la Laguna Casa Colorada a la Laguna Texcoco
- Compuertas para desfogue de la Laguna Casa Colorada al Túnel Interceptor Río de los Remedios

<sup>8</sup> Conagua, Gobierno del Estado de México y Ciudad de México. "Protocolo de Operación Conjunta Para la Temporada de Lluvias 2013, Para el Sistema Hidrológico del Valle de México".



- Planta de Bombeo Canal de Sales (Cár-camos 1, 2 y 3)
- Túnel Interceptor Río de los Remedios y sus descargas
- Sistema Río de la Compañía (túnel)
- Sistema Río de la Compañía (cajón de estiaje)

#### Zona Gran Canal

- Compuertas de Obra de Toma Gran Canal (EL Coyol)
- Planta de Bombeo Gran Canal km 11+600
- Planta de Bombeo Gran Canal km 18+500
- Planta de Bombeo El Caracol
- Túnel Emisor Oriente y sus descargas

El protocolo en condiciones de lluvia importante se establece cuando la acumulación de lluvia en las últimas 6 horas es mayor o igual a 8 mm, basado en los registros de 29 pluviógrafos, o cuando los niveles alcanzados en el Drenaje Profundo sea de 6.5 m o más de tirante en la Lumbrera 0 del Emisor Central o simultáneamente se llegue a:

- 5 m o más en la Lumbrera 6 del Interceptor Central
- 5 m o más en la Lumbrera 8 del Interceptor Oriente
- 5 m o más en la Lumbrera 6 del Interceptor Oriente Sur
- 4 m o más en la Lumbrera 5 del Interceptor Centro - Poniente

Para este caso de condiciones de lluvia severa, la Coordinación General del Servicio meteorológico Nacional emitirá el reporte de aviso correspondiente al menos tres horas antes del evento. Se deberá entonces verificar que los cuerpos de regulación del sistema estén vacíos o estén en proceso de vaciado, para que al momento de lluvia (en caso de que se ponga en marcha el protocolo), se encuentre en las mejores condiciones de capacidad de regulación.

La atención de emergencias se establece no sólo durante el evento, sino que se desarrollan actividades previamente a la temporada de lluvias, para lo cual es necesaria la participación de los organismos operadores en las tareas de mantenimiento de la infraestructura hidráulica.

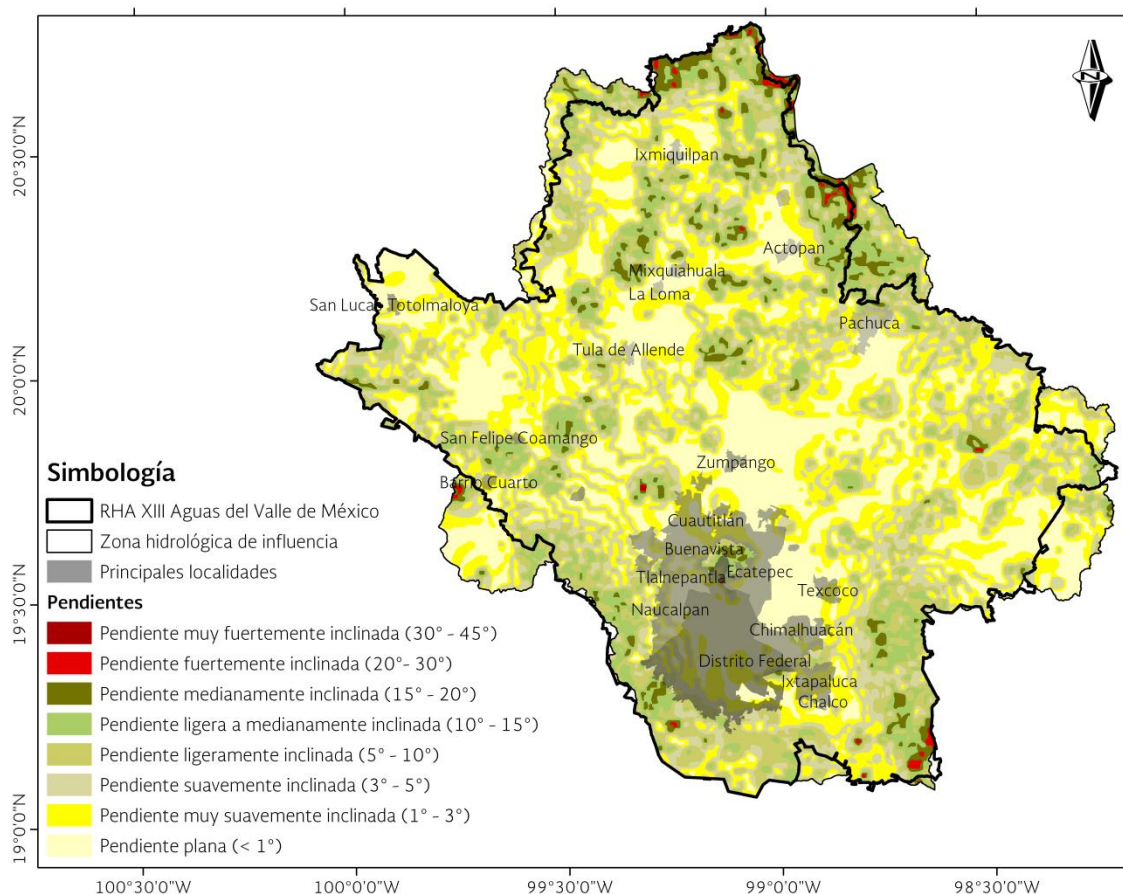
Por otra parte se cuenta con un “Operativo de Lluvias”, en el cual se monitorean puntos críticos por medio del apoyo de brigadas de técnicos con cuya información recabada, se establece el Sistema de monitoreo de Lluvias en tiempo real.

### **3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación**

#### ***Pendientes***

Como se mencionó anteriormente existe un amplio rango de elevaciones sobre el nivel del mar por lo que, en la siguiente figura de pendientes se observa que existen terrenos donde se presentan pendientes que van de planas a muy fuertemente inclinada, pero en más de la mitad del área predominan superficies con pendientes planas (Figura 3.17).

Figura 3.17 Pendientes



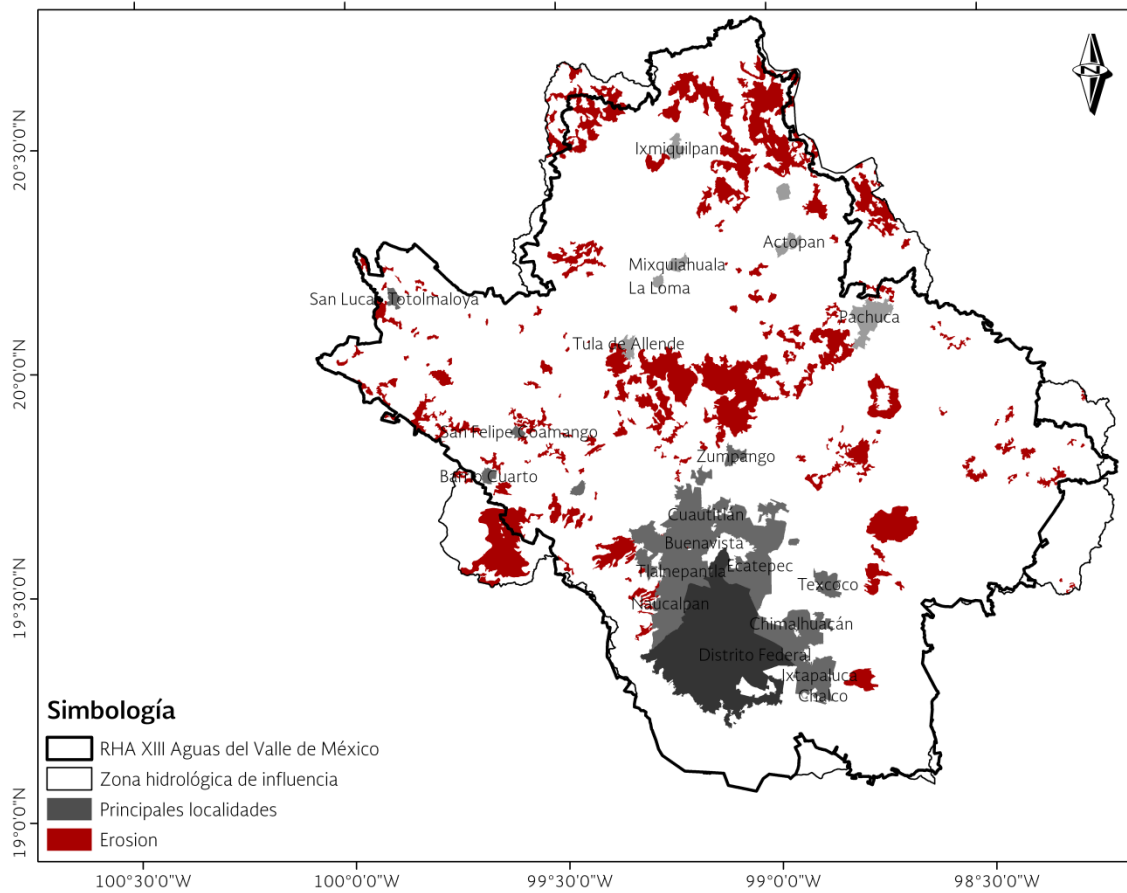
Fuente: IMTA. Elaborado a partir de: Semarnat. Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. (ed.), Fecha de publicación: Junio de 2003. <http://infoteca.Semarnat.gob.mx/metadataexplorer/explorer.jsp> (Ángulos de inclinación).

### Erosión y degradación

En la región, y en específico en las áreas que desde el punto de vista hidrológico influyen en las zonas de inundación (19,927.7 km<sup>2</sup>), se tiene aproximadamente 10.34% de superficie erosionada, (2,061.34km<sup>2</sup>) debido

al encostramiento y sellamiento en el Distrito Federal y su zona conurbada. Las áreas erosionadas se encuentran dispersas en toda la RHA, pero en mayor cantidad al centro y norte de la Región (Figura 3.18).

Figura 3.18 Áreas de erosión apreciable

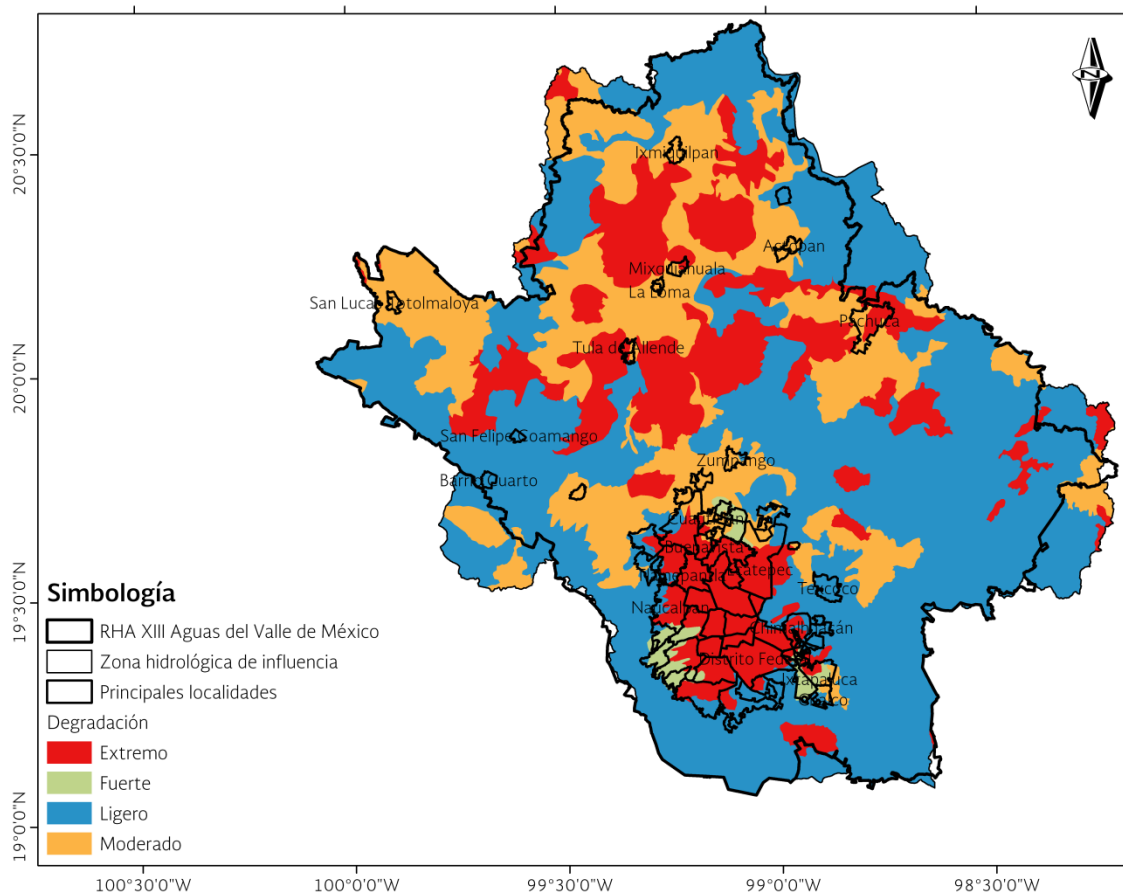


Fuente: Elaborado a partir de: INEGI, uso de suelo y vegetación, serie III.

La Región presenta un proceso de degradación natural y degradación por causas antropogénicas (Figura 3.19). Se tiene una extensa zona con un grado de degradación extremo, el cual indica que su productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible, estas zonas corresponden a tierras sin uso, áridas montañosas y encostamiento y sellamiento producto de la urbanización. Casi en la misma proporción se tienen zonas con degradación ligera y moderada, estos terrenos se han degradado por efectos de la acción del viento, contamina-

ción, erosión hídrica y compactación, los dos tipos son aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas, la degradación ligera presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad y, la moderada, una marcada reducción. Finalmente, y en una pequeña extensión, se tiene degradación fuerte, en estos terrenos la degradación ha sido provocada principalmente por la urbanización. La degradación es tan severa que es considerada como productividad irrecuperable a menos que se realicen grandes trabajos de ingeniería para su restauración.

Figura 3.19 Tipos y grados de degradación



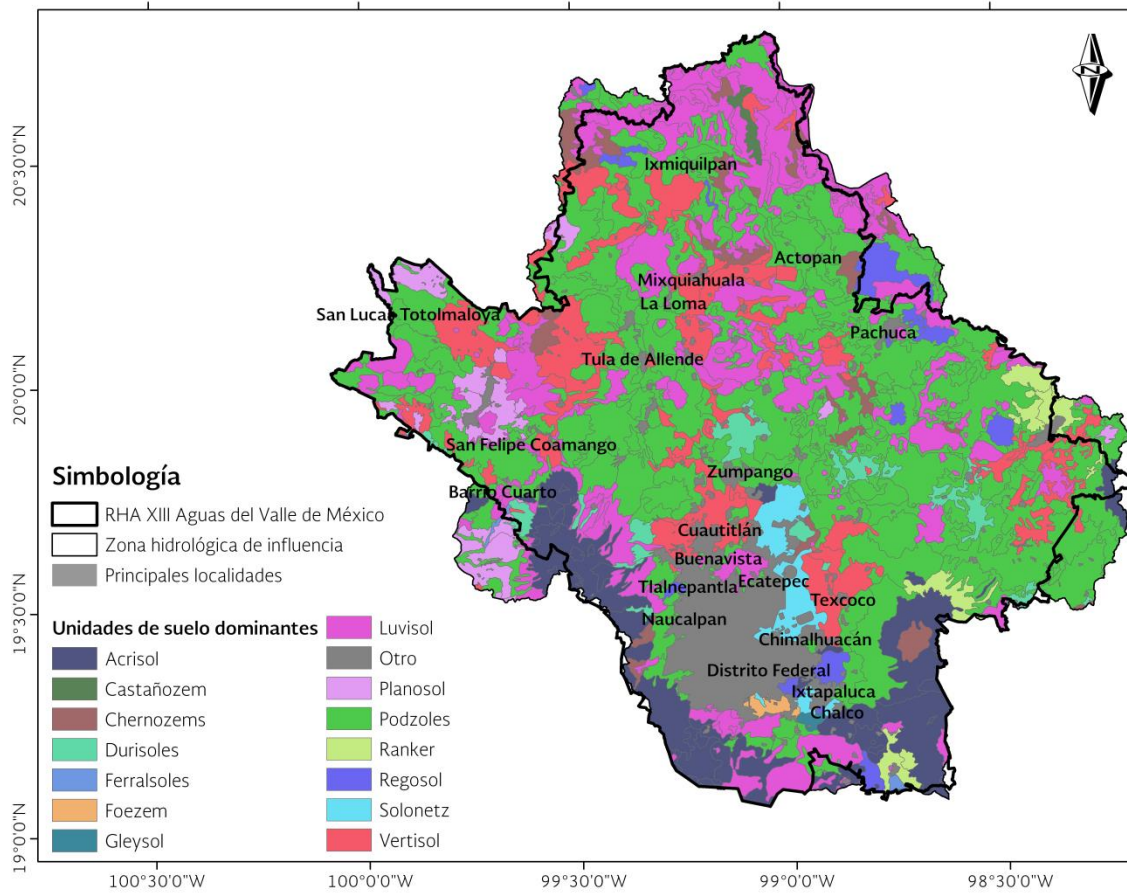
Fuente: Elaborado a partir de: Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, 2004.  
<http://infoteca.Semarnat.gob.mx/website/geointegrador/mviewer/viewer.htm?P1=infoteca.Semarnat.gob.mx&P2=degradacion&P3=Degradaci%C3%B3n&P4=>

### Edafología

La edafología de la región está conformada principalmente por suelos en un 40.6% podzoles, en un 18.3% luvisoles, 11.1% vertisoles, 9% acrisoles y en un 8% otro tipo de

suelos que corresponde a zonas urbanas. El 13% restante se dividen en 10 tipos más de suelos, (Figura 3.20).

Figura 3.20 Edafología



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

### 3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

#### 3.5.1 Clasificación de tipos de inundación

De acuerdo con el glosario de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), la definición oficial de inundación es: “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”. Entendiéndose, por “nivel normal”, aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación “es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas” (CENAPRED, 2004b).

Las inundaciones, son generadas por diversos y muy variados factores, y estos, varían con la cuenca hidráulica y la región en que ésta se encuentre. Las lluvias locales que caen en áreas susceptibles de inundarse

constituirán el factor primordial, mientras que a lo largo de las costas expuestas a fuertes cambios de mareas y vientos, ocurren con frecuencia inundaciones de agua salina. A ello debe añadirse el efecto extraordinario originado por ciclones o huracanes en las áreas costeras, así como aquellas olas generadas por movimientos verticales súbitos del piso oceánico debido a temblores submarinos -tsunamis-, erupciones volcánicas y deslizamientos, que en el caso de los dos primeros extenderían su efecto a muchos kilómetros de distancia (Gonzalez, 2008).

Las principales causas que originan las inundaciones se dan por razones naturales. Sin embargo, esto no es del todo cierto, también existen causas no naturales o antrópicas que suelen originarlas, e inclusive suelen ser las



más catastróficas, por ejemplo (González, 2008):

La rotura de presas: cuando se rompe una presa toda el agua almacenada en el embalse es liberada bruscamente y se forman grandes inundaciones muy peligrosas;

La actividad humana: los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunas actividades humanas tales como:

- La impermeabilización de suelos (pavimentación), cada vez mayores superficies se asfaltan lo que impide que el agua se absorba por la tierra y facilita el que con gran rapidez las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas.
- La tala de bosques y los cultivos que desnudan al suelo de su cobertura vegetal facilitan la erosión, con lo que llegan a los ríos grandes cantidades de materiales en suspensión que agravan los efectos de la inundación.

- Las canalizaciones solucionan los problemas de inundación en algunos tramos del río pero los agravan en otros a los que el agua llega mucho más rápidamente.
- La ocupación de los cauces por construcciones reduce la sección útil para evacuar el agua y reduce la capacidad de la llanura de inundación del río. La consecuencia es que las aguas suben a un nivel más alto y que llega mayor cantidad de agua a los siguientes tramos del río, porque no ha podido ser embalsada por la llanura de inundación, provocando mayores desbordamientos. Por otra parte el riesgo de perder la vida y de daños personales es muy alto en las personas que viven en esos lugares.

### **Tipos de inundaciones**

En la tabla 3.8, se presenta una posible clasificación de las inundaciones. Posteriormente se describen los tipos de acuerdo con González, 2008.

Tabla 3.8 Clasificación de las inundaciones.

Tipo de evento	Tipo de inundación
Por evento que lo genere	Inundaciones pluviales Inundaciones fluviales Inundaciones costeras Inundaciones por rompimiento o falla de infraestructura hidráulica
Por su tiempo de respuesta	Lentas Súbitas
Por impacto generado	Ordinaria Extraordinaria Catastrófica.

Fuente: González, 2008.

### **Inundaciones según evento que las genere**

- Inundaciones pluviales (Exceso de lluvia). Este tipo de inundación es consecuencia de la precipitación, ocurre cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia

excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días. La principal característica de este tipo de inundación es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte; por ejemplo, de la parte alta de la cuenca.

- Las lluvias que pueden provocar este tipo de inundaciones se pueden clasificar de acuerdo a lo que las ocasiona como: Lluvias por fenómenos hidrometeorológicos, Lluvias orográficas, Lluvias convectivas y Lluvias frontales.
- Inundaciones fluviales (Desbordamiento de ríos). Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos. A diferencia de las pluviales, el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier otra parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada. Muy importante es indicar que el volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales más importantes se darán en los ríos con más longitud o que lleguen hasta las planicies costeras.
- Inundaciones costeras. Este tipo de inundaciones se presentan cuando el nivel medio del mar asciende y permite que éste penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno. Muy diversas causas pueden generar que el nivel medio de mar ascienda. El nivel de las aguas está controlado por los vientos, la presión atmosférica, las olas, el mar de fondo, la topografía de la costa, la batimetría y la proximidad de la tormenta a la costa.
- Las inundaciones que el mar puede llegar a ocasionar se pueden clasificar en dos tipos: Dinámicas: aquellas que son provocadas por un tsunami o maremoto; y Estáticas: las que no originan por sí mismas las inundaciones, pero contribuyen de manera directa a su generación, ya que, con marea alta y fuertes índices de pleamar (entendiéndose el pleamar como el nivel superior de la marea), obstaculizan el drenaje de los ríos en sus desembocaduras, es decir, frenan la evacuación de las aguas fluviales al mar

abierto, que es su desagüe natural final. Este factor y las fuertes corrientes de aire hacia el interior se suelen unir a las crecidas de los cursos fluviales agravando las consecuencias de sus avenidas, fenómeno que está lejos de ser extraordinario en todo el perímetro costero nacional, donde los reflujos de las mareas son notables e intensos.

- Inundaciones por rompimiento o falla de infraestructura hidráulica. Este tipo de inundación, es considerada de las más graves que se puedan presentar en un territorio; si la capacidad de las obras destinadas para contención, retención y/o protección es insuficiente, la inundación provocada por la falla de dicha infraestructura, será mayor, que si no existieran obras.

### ***Inundaciones según su tiempo de respuesta***

- Inundaciones rápidas. Inundaciones producidas por lluvias de intensidad muy fuerte pero muy cortas en el tiempo. Usualmente producen inundaciones locales en las ciudades y pueblos (inundaciones de plazas, garajes, sótanos, etc., debido a problemas de drenaje) o en pequeñas cuencas con mucha pendiente, produciéndose las llamadas «flash-floods» o «inundaciones súbitas».
- Las zonas urbanas costeras y zonas turísticas próximas a las montañas del litoral son generalmente sitios donde se presenta este tipo de avenida, como consecuencia de la «cubierta impermeable» formada artificialmente por los edificios y calles, así como, por la deforestación.
- Inundaciones lentas. Las inundaciones producidas por lluvia de intensidad fuerte o moderada, y, duración inferior a 72 horas. Cuando estas lluvias afectan a ríos, con mucha pendiente, o, con mucho transporte sólido, las inundaciones pueden ser catastróficas.

Es posible distinguir tres categorías:

- Inundaciones producidas por lluvias de fuerte intensidad durante dos o tres horas, y una duración total del episodio inferior a 24 horas. Pese a que la zona más afectada pueda no ser muy grande (cuencas comprendidas entre 100 km<sup>2</sup> y 2,000 km<sup>2</sup>), las lluvias o el mal tiempo afectan áreas superiores a 2,000 km<sup>2</sup>. En este caso el tiempo de respuesta es muy corto y pueden producirse muchos muertos.
- Inundaciones producidas por lluvias de intensidad fuerte y moderada durante dos o tres días. La zona afectada puede ser muy grande (más de 2,000 km<sup>2</sup>). En este caso, el tiempo de respuesta puede ser muy corto para la parte alta de los ríos, pero el valor máximo de la crecida del río puede llegar un día después de que se hayan producido las máximas intensidades pluviométricas.
- Inundaciones producidas por lluvias de intensidad débil con valores fuertes pero muy cortos y locales, y de una duración superior a 3 días. Se dispone de un tiempo de respuesta suficiente para laminar la crecida utilizando los embalses, y para desplegar los sistemas de socorro, necesarios por los organismos encargados en cada país. En general, no suele haber muertes y los daños materiales son, generalmente, inferiores a los del caso anterior.

#### ***Inundaciones según el impacto generado***

- Esta clasificación, es útil, principalmente, para integrar estudios de inundaciones históricas a escala secular, es decir en periodos de siglos.
- Inundación ordinaria. Es la que se produce cuando el caudal del río aumenta de tal forma que puede alterar el ritmo de vida cotidiano, afectar infraestructuras no permanentes situadas en el río, por ejemplo, pasarelas o invadir pasos para el cruce del río. Sin embargo, no producen daños materiales mayores.
- Inundación extraordinaria. Se produce cuando el río se desborda, y, aunque afecta el desarrollo de la vida ordinaria, y, produce algunos daños, no generan destrucción completa de infraestructuras. Estas inundaciones pueden ser locales, o muy extensas.
- Inundación catastrófica. Aquella que produce pérdidas materiales graves, como destrucción total o parcial de puentes, molinos u otras infraestructuras, pérdidas de ganado, cosechas y recursos naturales.

En la República Mexicana, la mayoría de las inundaciones se deben a causas climáticas, en particular a precipitaciones extraordinarias de gran intensidad, como son las lluvias generadas por ciclones tropicales.

#### **3.5.2 Inundaciones históricas**

El problema de las inundaciones en el Valle de México proviene desde épocas precolombinas. Los primeros asentamientos se dieron en un islote al poniente del Lago de Texcoco, hoy prácticamente desecado, sobre el que se asienta la actual Ciudad de México. Con el crecimiento de la población se ha venido comprimiendo el lago para dar lugar a una ciudad cada vez más grande.

Los aztecas tuvieron que construir el Albaradón de Nezahualcóyotl, para prevenir las inundaciones y evitar la mezcla de aguas salobres del Lago de Texcoco con las aguas dulces de los lagos de Apán, Techac, Tecocomulco, Zumpango, Xaltocan y Chalco-Xochimilco.

A la llegada de los españoles con planes de conquista, destruyeron toda la infraestructura hidráulica realizada por los aztecas. Si bien durante varios años no padecieron las consecuencias de las inundaciones, fue en 1553 cuando llovió cerca de 24 horas, sin la albarrada se desbordó el Lago de Texcoco, el nivel de agua creció dramáticamente y nadie pudo detenerlas.

Posteriormente en 1629 se registró una de las más grandes inundaciones provocando graves afectaciones, murieron 30,000 personas y aproximadamente 20,000 familias españolas tuvieron que emigrar.

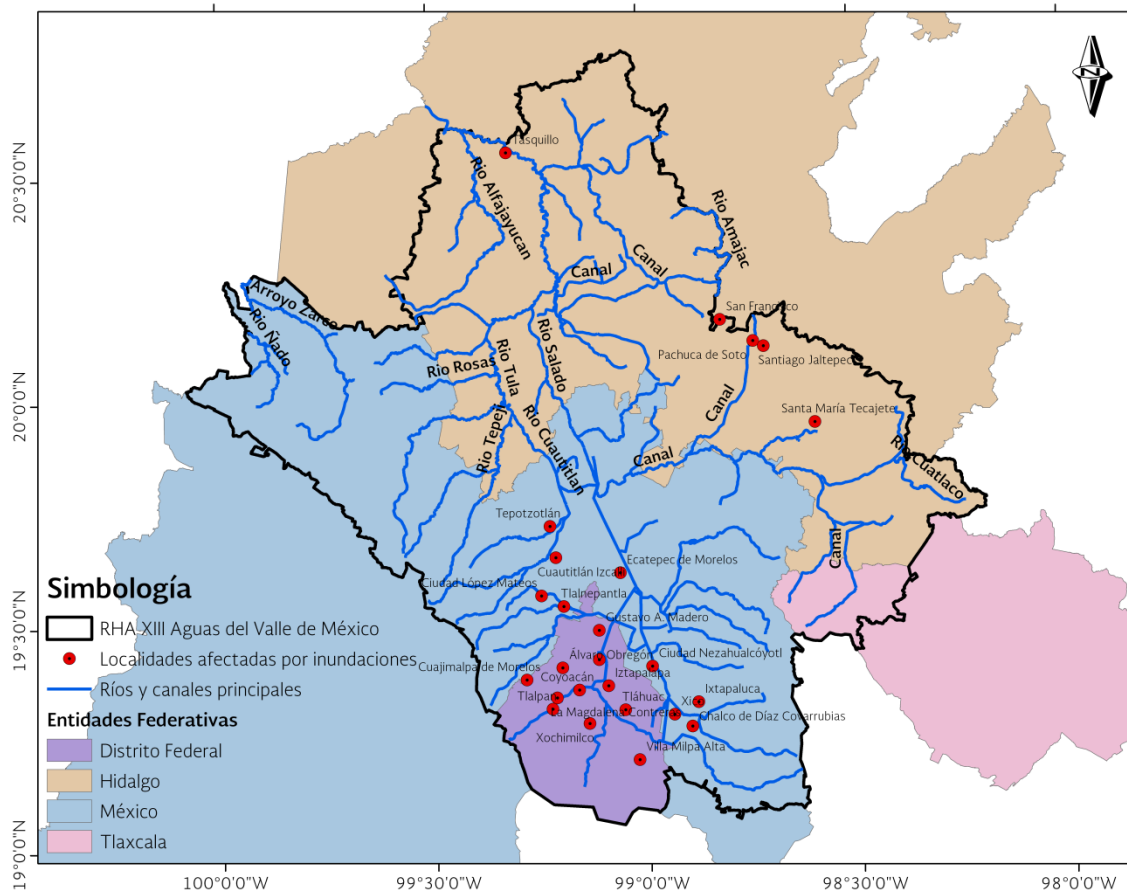
En el siglo XX y ya con gran parte de la infraestructura pluvial conocida, se dieron inundaciones en 1949 dejando 100 muertos en la ciudad de Pachuca, Hidalgo; en 1950 se inundó de agua y lodo 2/3 partes del Distrito Federal. En 1990, en la subregión de las Avenidas de Pachuca en Hidalgo, resultaron afectadas parcialmente 53,137 hectáreas de cultivos durante el paso del Huracán Diana.

En el presente siglo, en el año 2000 se registraron 4 horas de lluvia que provocaron el anegamiento de 1,000 viviendas con 30 cm

de agua en el municipio de Ecatepec, Estado de México. En el 2007 el Huracán Dean provocó una tormenta de 30 millones de m<sup>3</sup> en un periodo de 20 hrs sobre el Distrito Federal y en el estado de Hidalgo se declaró zona de desastre.

En la siguiente tabla (Tabla 3.9) se tiene las inundaciones históricas y sus daños ocasionados en diversas localidades de la RHA XIII (Figura 3.21), posteriormente (Tabla 3.10) se muestra una tabla del número de municipios declarados como zona de desastre de 2005 a 2011.

Figura 3.21 Localidades con eventos históricos de inundación



Fuente: Elaborado a partir de: Sistema Nacional de Información del Agua 2012.

Tabla 3.9 Inundaciones históricas

Entidad federativa	Municipio	Río	Fecha	Localidades afectadas	Daños	Fenómeno
Distrito Federal	Tenochtitlan	Lago de Zumpango	1446			
Distrito Federal		Lago de Texcoco	1449		Dio pie a la creación del Albarrodón de Nezahualcóyotl para evitar la mezcla de aguas salubres del lago de Texcoco con el resto de lagos.	
Distrito Federal			1469		Murió el 10% de su población	Lluvia extrema
Distrito Federal			1498		Aumentó el nivel 2m, destrucción de casas, amenaza de hambre	Lluvia extrema
Distrito Federal			1502		Provocó el aumento de los ríos, la ciudad se convirtió en un Archipiélago, los pobladores abandonaron.	Lluvia extrema
Distrito Federal			1629		30,000 víctimas indios, 20,000 familias españolas emigraron, dos siglos para la construcción del túnel de Nochistongo	Lluvia extrema
Distrito Federal			1856		Algunas zonas con inundaciones 3m de altura	Lluvia extrema
Distrito Federal	Delegación de Milpa Alta		01/06/1935	Delegación de Milpa Alta	150 muertos. Fuerte tromba en el Ajusco provoca corrientes de lodo.	Lluvias corrientes de lodo
Hidalgo			01/06/1949		100 muertos por inundación en Pachuca	Lluvias Torrenciales
Distrito Federal			1950		Se inundó de agua y lodo 2/3 partes de la ciudad y murieron 5 personas	Lluvia extrema
			01/06/1976	El Salado	1,350 hectáreas de cultivo dañadas	Lluvia Extrema con Granizo
Distrito Federal	Miguel Hidalgo, Benito Juárez, Álvaro Obregón		27/08/1976	Tacubaya, Mixcoac, Villa Obregón	Doce muertos e inundaciones, 26 personas lesionadas y 300 quedaron sin hogar. Varias vecindades en Tacubaya fueron dañadas y algunas se colapsaron por las malas condiciones en que se encontraban. El mercado de Las Américas sufrió el desplome del techo. Otras estructuras en Mixcoac y Villa Obregón tuvieron la misma suerte. El Metro paró sus actividades, hubo caos vial y la corriente eléctrica se cortó en la parte occidental de la ciudad.	Lluvia extrema con granizo
Distrito Federal	Delegación de Milpa Alta		17/08/1978		Dos muertos, 20 vehículos dañados, 10 bardas, un puente; el total de daños materiales se estimó en 80 millones de pesos. La inundación afectó 60 casas, dos escuelas, un parque infantil y 22 hectáreas de sembradíos. 57 milímetros en 50 minutos	Lluvia extrema
			27/07/1980	El Salto	20 hectáreas de cultivo dañadas	Lluvia Extrema con Granizo
México		Río Tepotzotlán	14/08/1980	Tepotzotlán y Cuautitlán Izcalli	Perdidas parciales de cultivos, 1,055 hectáreas de frijol, maíz y alfalfa por desbordamiento de río.	Lluvia Extrema
Distrito Federal	Gustavo A. Madero y Azcapotzalco		28/05/1987		Nueve muertos e inundaciones, deslizamiento en el cerro del Chiquihuite, en la Delegación Gustavo A. Madero. Doce heridos. Varios techos de viviendas, fábricas, estacionamientos y mercados derribados. Se suspendió el transporte público, hubo caos vial y varios postes de teléfonos cayeron. Colapsaron varias casas pobremente construidas. La tormenta duró 40 minutos y dejó una capa de granizo de 60 cm en algunas partes de la ciudad.	Lluvia extrema con granizo
Hidalgo			10/08/1987	Subregión de Apan	Perdidas parciales de cultivos, 2,950 hectáreas	Lluvia Extrema con Granizo
Hidalgo			07/08/1990	Subregión de las Avenidas de Pachuca	53,137 hectáreas de cultivo dañadas	Huracán Diana
Hidalgo	Tasquillo		07/08/1990		49,478 hectáreas de cultivo dañadas	Huracán Diana



Entidad federativa	Municipio	Río	Fecha	Localidades afectadas	Daños	Fenómeno
Distrito Federal	Anillo Periférico		10/09/1990		Inundaciones, flujo de lodos y deslaves, decenas de vehículos provenientes de la zona montañosa, las aguas traían tierra y piedras que azolvaban el drenaje.	Lluvia extrema con granizo
Distrito Federal	Coyoacán		10/09/1990		Inundaciones de más de medio metro después de dos horas de aguacero con tormentas eléctricas.	Lluvia extrema
Distrito Federal		Presa Tequilasco	02/10/1992	Álvaro Obregón	Cientos de casas y autos fueron arrastrados y muchas más fueron inundadas.	Lluvia Extrema
Distrito Federal	Cuajimalpa	Río San Borja	23/06/1998	Cuajimalpa	Tromba que dejó 4 muertos, 26 casas, 3 vehículos, 80 damnificados, el nivel del agua alcanzó 1 metro de altura	Lluvia Extrema
Distrito Federal	Cuajimalpa	Río San Borja	25/07/1998		Desborde del río San Borja a causa de una tromba. 4 Muertos, 26 casas inundadas, 3 vehículos arrastrados y 80 damnificados. 42 milímetros. El nivel de agua alcanzó hasta un metro.	Lluvia extrema
Distrito Federal	Milpa Alta		17/08/1998		Dos muertos, 20 vehículos dañados, 10 bardas, un puente; el total de daños materiales se estimó en 80 millones de pesos. La inundación afectó 60 casas, dos escuelas, un parque infantil y 22 hectáreas de sembradíos. 57 milímetros en 50 minutos	Lluvia extrema
Distrito Federal	Milpa Alta		17/08/1998	Milpa Alta	Intensas precipitaciones dejan 2 muertos, 20 vehículos dañados, 10 bardas, 1 puente, 60 Casas, 2 escuelas, 1 parque infantil, y 22 hectáreas de sembradíos.	Lluvia Extrema
Distrito Federal	Magdalena Contreras		28/09/1998		Desgajamiento de un cerro debido a las intensas precipitaciones pluviales. Seis muertos, 100 familias afectadas y daños materiales aún incuantificables. El nivel del agua subió más de un metro. 33.2 milímetros.	Lluvia extrema
Distrito Federal			04/09/1999	Iztapalapa	Inundaciones de más 70 cm por desbordamiento de tubería de agua negra	Lluvia Extrema
Distrito Federal			15/06/2000	Iztapalapa	Inundaciones de más 70 cm por desbordamiento de tubería de agua negra	Lluvia Extrema
México	Ecatepec		15/06/2000	Ciudad Azteca, Río de Luz, Josefa Ortiz de Domínguez, Los Reyes, Sagitario, Jardines de Santa Clara y San Agustín	4 horas de lluvias anegaron 1,000 viviendas con 30 cm de agua	Lluvia Extrema
México	Chalco, Valle de Chalco Solidaridad e Ixtapaluca	Río de la Compañía	31/06/2000		Desbordamiento de río provoco inundación de 80 hectáreas de zonas urbanas, afecto 757 viviendas y 6,048 habitantes directamente e indirectamente 42,212 habitantes	Lluvias Torrenciales
México	Atizapán de Zaragoza	Río San Javier y Presa Angulo	24/09/2000	Villas de la Hacienda, San Juan Ixtacala, Plano Norte, San Miguél		Lluvia Extrema
Hidalgo	Zempoala, San Agustín Tlaxica		20/07/2001	Santa Rita, San Francisco y Santa María Tecajete. Barrio el Mexiquito	Se vieron afectadas 30 hogares y 400 personas. Fuertes lluvias provocaron inundaciones por más de 70 cm.	Lluvia Extrema
Distrito Federal		Río de los Remedios	01/08/2007		Provoca una tormenta de 30 millones de m3 en un periodo de 20 hrs	Huracán Dean
México	Valle de Chalco	Canal de la	05/02/2010		2 mil 500 viviendas inundadas	

Entidad federativa	Municipio	Río	Fecha	Localidades afectadas	Daños	Fenómeno
		Compañía				
Hidalgo	Pachuca, Mineral de la Reforma		30/06/2011		Grandes encharcamientos, Colonias inundadas, Inundación de fraccionamiento, Derrumbes en carreteras	Tormenta Tropical Arlene
México	Cuautitlán	Río Cuautitlán	11/02/2013		Inunda mil 800 casas	Lluvia extrema
México	Ecatepec	Río de los Remedios	11/02/2013		Encharcamientos en 15 colonias de hasta 30 cm de alto	Lluvia extrema
Distrito Federal	Xochimilco, Iztapalapa, Coyoacán, Tlalpan, Venustiano Carranza y Tláhuac		10/06/2013		Inundaciones en 14 delegaciones	Lluvia extrema
México	Nezahualcóyotl		13/06/2013		500 familias inundadas, 55 centímetros en calles y algunas viviendas	Lluvia extrema
Hidalgo	Pachuca		10/07/2013		Fraccionamientos inundados	Lluvia extrema

Fuente: Elaborado a partir de: Periódicos locales, PHOC XIII, 2007 y CENAPRED.

Tabla 3.10 Declaratorias de desastres por inundaciones

Año	Fenómeno natural	Entidad federativa	Número de municipios
2005	Ciclón Tropical "Stan"	Hidalgo	8
2007	Huracán Dean	Hidalgo	16
	Huracán Lorenzo	Hidalgo	6
2009	Lluvias severas e inundación	México	5
2010	Lluvias severas e inundación	Distrito Federal	4
	Lluvias severas e inundación	México	3
2011	Lluvias severas e inundación	México	8
	Tormenta Tropical Arlene	Hidalgo	16

### 3.6 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales

que además de control de avenidas fueron construidas para otros fines (Tabla 3.11 y 3.12).

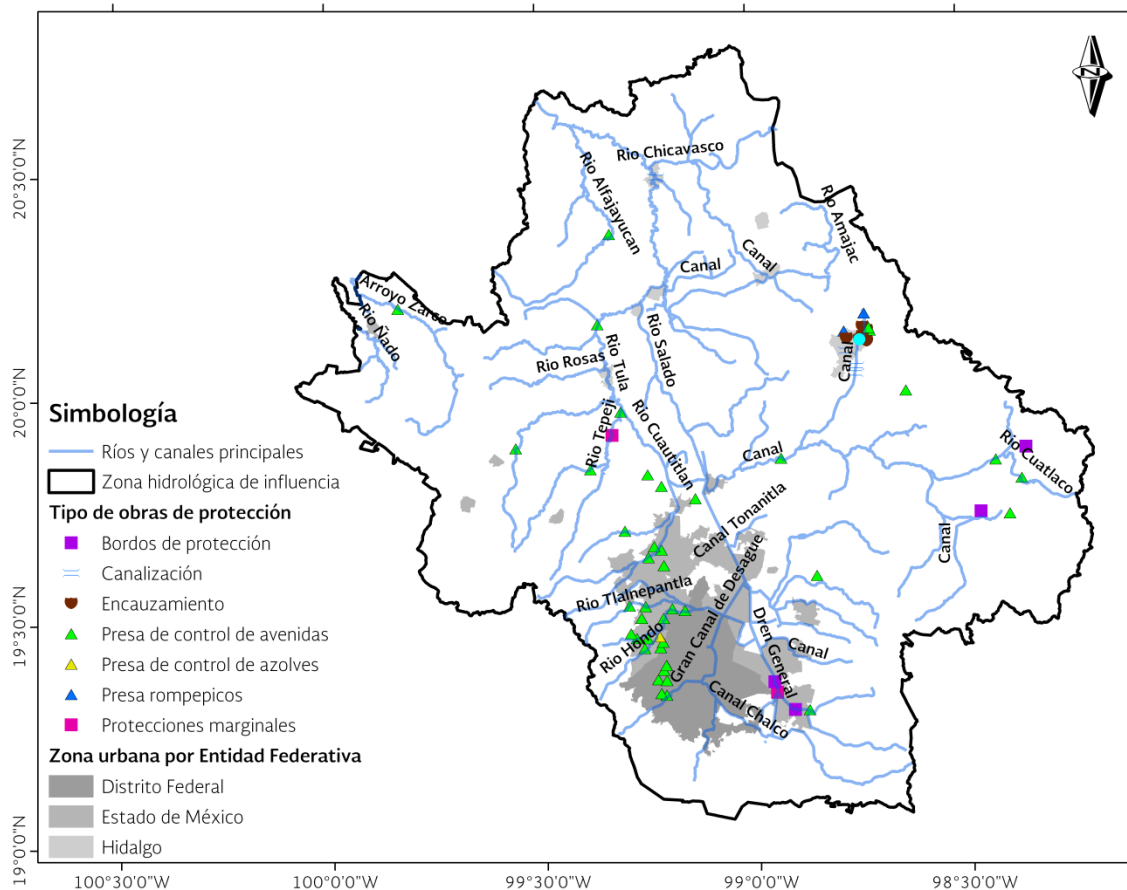
#### 3.6.1 Obras de protección contra inundaciones

De acuerdo al Inventario Nacional de Obras de Protección (IMTA, 2008), en la RHA XIII se tienen 62 obras de protección contra inundaciones en cauces naturales (Figura 3.22), de las cuales 12 protegen zonas agrícolas y 50 a localidades. Las presas de control de avenidas se encuentran localizadas en la Región en mayor cantidad, son 42 presas

Tabla 3.11 Obras de protección

Tipo de Obra	Objetivo
Presas de control de avenidas	42
Encauzamiento	7
Bordos de protección	4
Canalización	4
Presas rompepicos	4
Protecciones marginales	2
Presas de control de azolves	1
<b>Total</b>	<b>64</b>

Figura 3.22 Ubicación de obras de protección contra inundaciones



Fuente: Inventario Nacional de Obras de protección contra Inundaciones en Cauces Naturales, IMTA, 2008.

Tabla 3.12 Obras de protección

Objetivo	Bordos de protección	Canalización	Encauzamiento	Presa de control de avenidas	Presa de control de azolves	Presa rompepicos	Protecciones marginales	Total general
Actualmente control de avenidas, antes también riego.				1				1
Captar los escurrimientos de las zonas N y NO de Pachuca.			1					1
Completar el aprovechamiento del río Tula, que se viene haciendo con las presas de Taxhimay y Requena, para riego del sistema No. 3 Río Tula, Hgo.				1				1
Control de avenidas.				3		3		6
Control de avenidas y abastecimiento.				1				1
Control de avenidas y agua potable.						1		1
Control de avenidas y dar un gasto de 0.600 m <sup>3</sup> /s para abastecimiento de agua potable a la zona.				1				1
Control de avenidas y dotación de abastecimiento, proteger contra inundaciones a la colonia Altamira y a los poblados ribereños.				1				1
Control de avenidas y riego.				3				3
Control de inundaciones.			2					2
Controlar avenidas.				2				2
Evitar inundaciones.	2	4	1	2			1	10
La presa tiene una capacidad total de 51 millones de m <sup>3</sup> y se destina para riego de una superficie de 11,600 ha bajo la jurisdicción del Distrito de riego 100-Alfajayucan.				1				1
Para riego de 4 985 ha. y otros usos secundarios.				1				1
Protección a centros de pobla-	2			18	1		1	22

Objetivo	Bordos de protección	Canalización	Encauzamiento	Presa de control de avenidas	Presa de control de azolves	Presa rompepicos	Protecciones marginales	Total general
ción.								
Protección a centros de población.				2				2
Protección contra inundaciones.			3					3
Riego en combinación con la presa Taxhimay, de una parte del Distrito de Riego del Río Tula que también es servido con aguas negras del río Salado proveniente del Valle de México y de la presa Endó, Hgo.				1				1
Riego y control de avenidas.				2				2
Riego y protección a centros de población.				2				2
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>42</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>64</b>



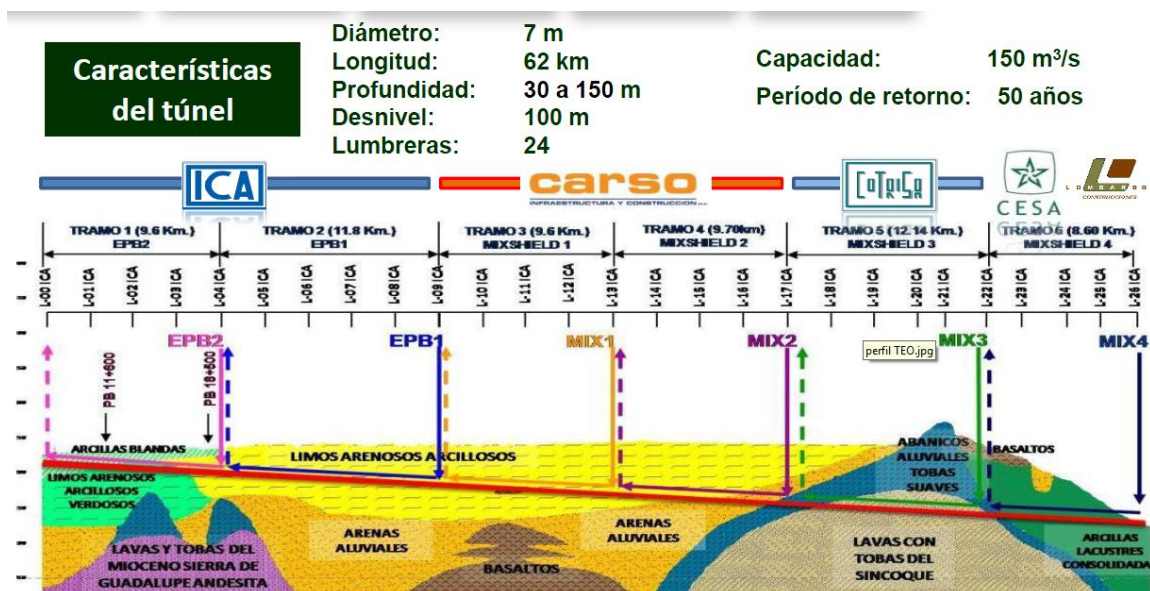
En el período 2001 – 2006 se construyó parte del sistema de presas para la regulación de avenidas en la Cuenca del Río de la Compañía; asimismo, se reforzó el Sistema de Drenaje del Valle de México y se encuentran en proceso obras de drenaje para incrementar finalmente la capacidad de desalajo de avenidas extraordinarias, en más de un 50% de la capacidad actual, principalmente a través del Emisor de Oriente.

### Túnel Emisor Oriente

Mediante estudios hidrológicos e hidráulicos se concluyó la necesidad de reforzar el Sistema Principal de Drenaje con obras para desalojar hasta 150 m<sup>3</sup>/s adicionales y otras para aumentar la capacidad de regulación en temporadas de lluvia.

El Túnel Emisor Oriente (TEO) reforzará el Sistema Principal de Drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) en beneficio de sus 20 millones de habitantes (Figura 3.23).

Figura 3.23 Características del perfil del TEO



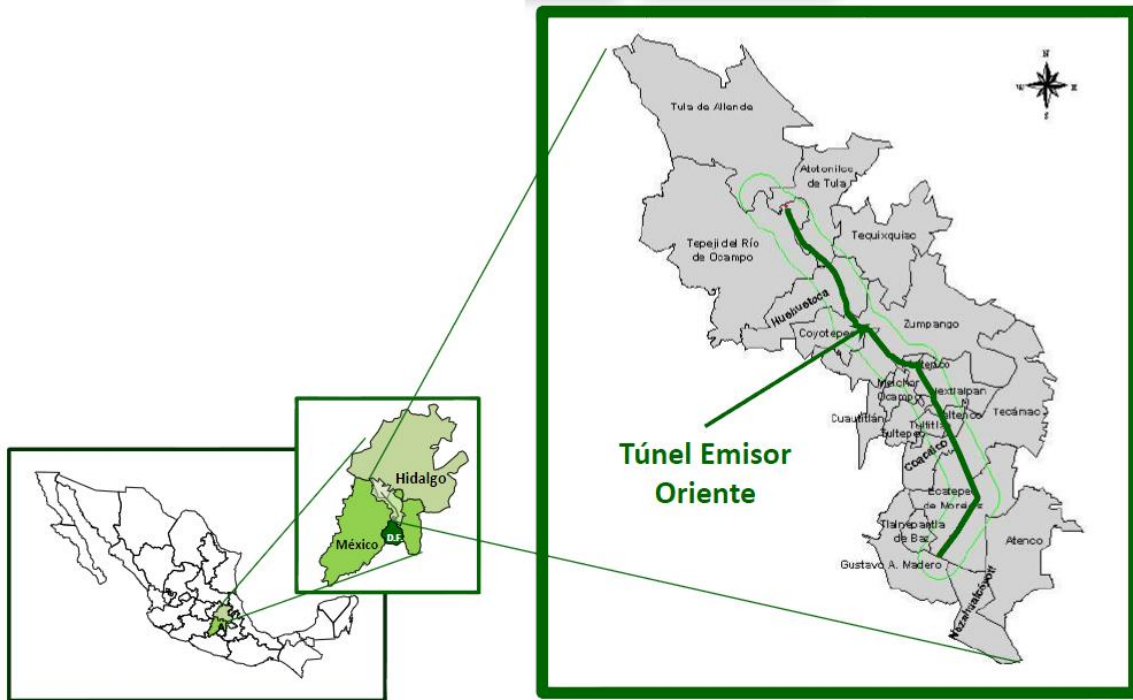
Fuente: Tomado de Conagua. Gerencia de Estudios y Proyectos de agua potable y redes de alcantarillado. Proyectos Estratégicos. 22 de julio de 2013.

Al contar con una capacidad suficiente para el desalajo de las aguas residuales y pluviales, dará sustentabilidad hídrica a la ZMVM al disminuir el riesgo de inundaciones.

El proyecto inició en la confluencia del Gran Canal con el Río de los Remedios (límite del

Distrito Federal con el Estado de México) y termina en el municipio de Atotonilco, estado de Hidalgo, en la cercanía de la salida del Emisor Central. En su trayecto se cruzarán varios municipios del Estado de México (Figura 3.24).

Figura 3.24 Ubicación Túnel Emisor Oriente



Fuente: Tomado de Conagua. Gerencia de Estudios y Proyectos de agua potable y redes de alcantarillado. Proyectos Estratégicos. 22 de julio de 2013.

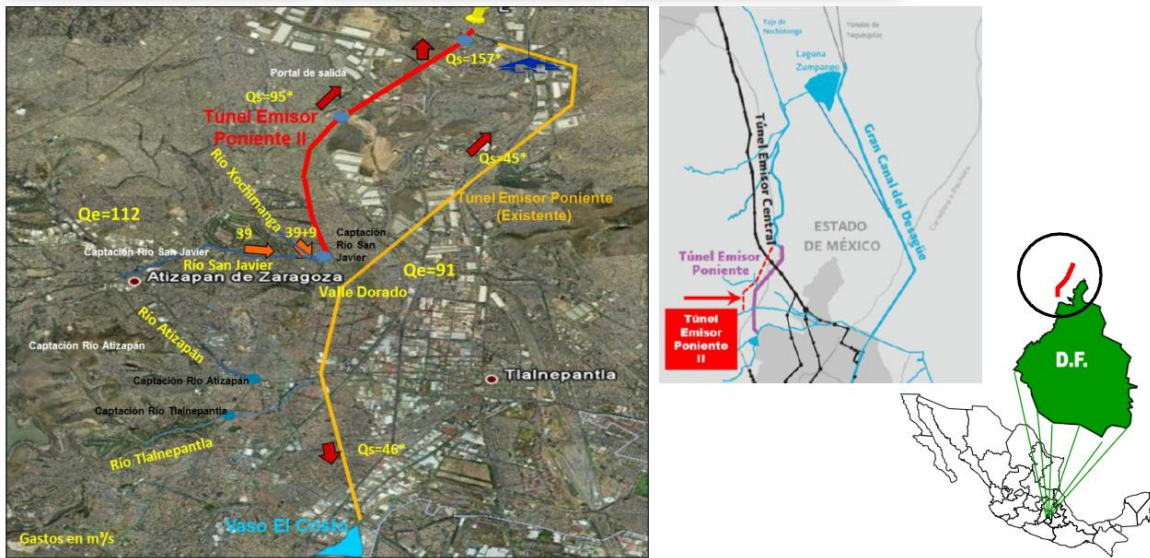
### ***Túnel Emisor Poniente II***

La Conagua desarrolló el Proyecto Ejecutivo del Túnel Emisor Poniente II (TEP II), para reforzar al actual Emisor del Poniente, y garantizar el desalojo eficiente de las aguas pluviales y residuales provenientes de la zona Norponiente.

El proyecto aprovecha el cauce a cielo abierto del Emisor del Poniente actual, recibiendo sin bombeo el agua del nuevo TEP II.

Con la construcción del TEP II, se estará protegiendo a la zona Norponiente (municipios de Naucalpan, Tlalneantla, Atizapán y Cuautitlán Izcalli, en el Estado de México) de inundaciones y catástrofes asociadas con eventos de lluvias extraordinarias (Figura 3.25).

Figura 3.25 Ubicación Túnel Emisor Poniente II



Fuente: Tomado de Conagua. Gerencia de Estudios y Proyectos de agua potable y redes de alcantarillado. Proyectos Estratégicos. 22 de julio de 2013.

### Túnel Río de la Compañía II

El monitoreo permanente del canal Río de la Compañía, en el tramo que aún funciona como canal abierto, hace suponer que podrían generarse condiciones de riesgo seme-

jantes a las que obligaron a la construcción del túnel y del ducto cerrado para el estiaje (Figura 3.26).

Figura 3.26 Ubicación Túnel Río de la Compañía II



Fuente: Tomado de Conagua. Gerencia de Estudios y Proyectos de agua potable y redes de alcantarillado. Proyectos Estratégicos. 22 de julio de 2013.

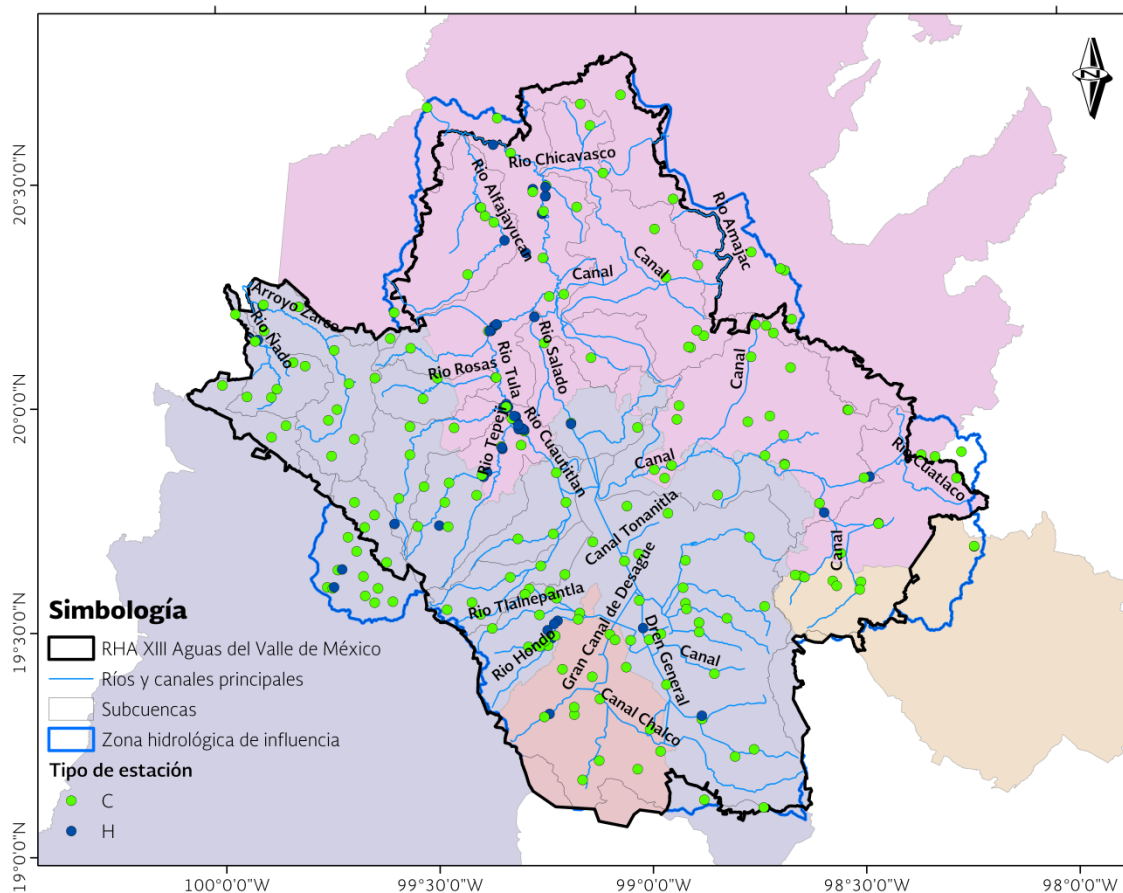
### 3.6.2 Acciones no estructurales

#### Red de estaciones hidrométricas y climatológicas

En la región se tiene un total de 276 estaciones, 71 hidrométricas y 205 climatológicas. Desde un enfoque hidrológico que influ-

ye directamente en la RHA se tienen estaciones, además del Distrito Federal, Hidalgo, el Estado de México y Tlaxcala, en el Estado de Puebla sobre las subcuencas L. Tochac y Tecocomulco (Figura 3.27). En operación se tienen 174 climatológicas y 39 hidrométricas (Tabla 3.13).

Figura 3.27 Estaciones totales



Fuente: Elaborado a partir de: GASIR

Tabla 3.13 Red de estaciones climatológicas e hidrométricas

Tipo	Situación actual	Distrito Federal	Hidalgo	Estado de México	Puebla	Tlaxcala	Total
C	O	14	66	86		8	174
	S	1	11	18	1		31
H	O	2	14	23			39
	S		29	3			32
<b>Total</b>		<b>17</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>276</b>

Fuente: GASIR

C = Climatológica, H = Hidrométrica

### **Sistema de alerta temprana y pronóstico de avenidas**

Adicionalmente a que la Comisión Nacional del Agua, se implementa cada temporada de lluvias un Operativo de Operación y Vigilancia del Sistema Hidrológico del Valle de México, para la operación y vigilancia de los Subsistemas.

El Gobierno del Estado de México en los cauces de mayor riesgo sólo cuentan con alertas electrónicas y sensores conectados al Centro de Operaciones de Naucalpan, los cuales se activan en caso de riesgo, lo que permite a las autoridades realizar acciones para salvaguardar a la ciudadanía, entre los cauces con dispositivos electrónicos están el Gran Canal, los ríos de Los Remedios y San Javier, Dren General del Valle, Casa Colorada, Vaso del Cristo y Emisor Poniente.

En el estado de Hidalgo no se cuenta con un sistema automatizado de alertamiento. Sin embargo, se tiene implementado un procedimiento de alertamiento y monitoreo, que se basa en la recopilación y difusión diaria, de información registrada en 73 estaciones meteorológicas convencionales y 36 automatizadas, que cubren la mayor parte del estado. Complementariamente, vía telefónica se monitorea diariamente la ocurrencia de incidencias, a través de las áreas de protección civil de los municipios que de acuerdo con los pronósticos del SMN, pueden ser afectados por lluvias intensas. Este procedimiento está a cargo de personal de la Brigada de PIAE y del área de hidroclimatología.

En lo que respecta al pronóstico de avenidas se han elaborado diversos estudios para analizar la problemática y proponer alternativas de solución en algunos puntos de la RHA en materia de manejo del agua y control de inundaciones, que sí bien han logrado su objetivo no se ha logrado generar un modelo de simulación hidrológica - hidráulica integral del Valle de México y de la cuenca del Río Tula. Estos estudios, por citar algunos, se han elaborado para el Río la Compañía, Emisor Poniente, Drenaje Profundo, siete presas del oriente y Río Cuautitlán.

### **Acciones e instituciones involucradas en la prevención, acción y reducción de daños por inundación.**

La Secretaría de Gobernación, a través del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), es la encargada de dar seguridad a la población en sus bienes y en su entorno. Cada entidad federal cuenta con su propia dirección de Protección Civil que en coordinación con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el CENAPRED son los encargados de prevenir, actuar y restablecer el orden ante los efectos de una inundación.

Al tener conocimiento la Coordinación General de Protección Civil de la formación de una tormenta tropical; se mantiene comunicación permanente con el Centro de Administración de Emergencias de la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, Comisión Nacional del Agua y Servicio Meteorológico Nacional, con la finalidad de obtener información fidedigna de la posible intensidad y trayectoria, y así estar en condiciones de apoyar a las direcciones municipales de Protección Civil e informar oportunamente a la población.

El Gobierno de la Ciudad de México cuenta con un equipo y personal especializado de atención a emergencias por inundación, denominado "Grupo Tormenta", mismo que opera desde hace varios años continuamente en temporada de lluvias.

Por su parte la Comisión Nacional del Agua cuenta con dos Centros regionales de Atención a Emergencias (CRAE), que pueden brindar atención al D.F. en caso de ser necesario, ubicados en Tlalnepantla y Texcoco, Estado de México.

De acuerdo al marco de atribuciones de los municipios, los H. Ayuntamientos y las Unidades Municipales de Protección Civil del Estado de México, realizan acciones de prevención y coordinación interinstitucional ante los eventos de origen hidrometeorológico antes y durante la temporada de lluvias. Los organismos participantes son: DIF, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación,

Secretaría de Comunicaciones, Secretaría del Agua y Obra Pública, Desarrollo Urbano, General de Comunicación Social, Desarrollo Agropecuario, del Medio Ambiente, H. Ayuntamientos, Conagua, SEDENA, CONAFOR, SEGOB.

El Estado de México cuenta con el Grupo Tláloc integrado por 450 elementos que utilizan 60 motocicletas. También cuenta con 46 equipos de succión, 62 pipas, 60 malacates y seis grúas de alta capacidad.

En Hidalgo existe la Subsecretaría de Protección Civil y Gestión de Riesgos, dependiente de la Secretaría de Gobierno. Esta Subsecretaría cuenta con 20 elementos, 3 vehículos pick up y un camión de rescate. Por otra parte en 63 de los 84 municipios se tienen instalados Consejos Municipales de Protección civil, sin embargo en general, carecen del equipo necesario para atender emergencias hidrometeorológicas mayores, en los centros de población de alta vulnerabilidad.

La Dirección Local Hidalgo de la CONAGUA cuenta con una fuerza de tarea de 43 elementos incluyendo 15 de la Brigada de PIAE, organizados en 10 grupos operativos y seis coordinaciones regionales, conforme al Manual Operativo para la Prevención y Atención de Emergencias 2013. Se tiene disponibles

cinco motobombas de 6 pulgadas con capacidad de bombeo de 80 lps cada una. En caso de un evento severo se puede recurrir a los Centros Regionales de Atención de Emergencias ubicado en Texcoco México.

Es importante mencionar que se han llevado a cabo campañas de comunicación y difusión de información para prevenir a la sociedad de no habitar zonas federales de riesgo.

### **3.7 Identificación de actividades productivas actuales en las planicies de inundación**

En cuanto a las zonas agrícolas, en la RHA se tiene una superficie total de 9,278.6 km<sup>2</sup> en los que se incluyen Distritos de Riego (DR) y Unidades de Riego (UR). Del total de la superficie 7,035.5 km<sup>2</sup> son de temporal y 2,243.1 km<sup>2</sup> de riego, aproximadamente 903 km<sup>2</sup> (9.7%) del total podría presentar problemas de inundación (Figura 3.28).

Específicamente para los DR se tiene una superficie de 1,544.3 km<sup>2</sup>, de los cuales, 147.3 km<sup>2</sup> (9.5%) presenta zonas con potencial de inundación. Los Distritos de Riego en la RHA son: 003Tula, 044 Jilotepec, 073 La Concepción, 088 Chiconautla, 096 Arroyozarco, 100 Alfajayucan y 112 Ajacuba.