

Para quienes integramos la Asociación Mexicana de Hidráulica, resulta de la mayor trascendencia la expedición del Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales, en función de que es el marco jurídico que norma y regula las acciones encaminadas a preservar este valioso recurso.

Como miembros de un sector que promueve la instrumentación de proyectos técnicos que conlleven a un mejor aprovechamiento y administración del agua en el territorio nacional, las reformas a la Ley revisten, al mismo tiempo, un reto para participar, junto con los distintos órdenes de gobierno, en el diseño de políticas encaminadas a lograr este fin.

En este sentido, la celebración de nuestro XVIII Congreso Nacional de Hidráulica y de la Expo Hidráulica Internacional México 2004, a celebrarse en noviembre próximo, en la ciudad de San Luis Potosí, serán foros idóneos que contribuirán a fortalecer la reflexión y el análisis de éste y otros temas que nos apasionan y ocupan de manera permanente.

Sabemos que el agua, recurso finito y escaso en nuestro país, es un elemento cuyo manejo y cuidado requiere de la mayor atención y compromiso de quienes, desde diversos espacios y foros, podemos proponer acciones que nos permitan preservarlo en cantidad y calidad para la presente y futuras generaciones.

Por ello, la de hoy es una valiosa oportunidad para ensanchar los canales de comunicación que deben existir y prevalecer para que juntos avancemos en el logro de metas específicas y, que en nuestro caso, pueden ser determinantes para el desarrollo nacional.

En lo anterior radica la importancia de que, como miembros de un sector preocupado por los problemas hídricos nacionales, participemos activamente y con el mayor de los entusiasmos en la celebración nuestro congreso anual que, sin duda alguna, redundará en la aportación de ideas y propuestas novedosas que contribuirán al mejor manejo del agua en nuestro país.

Gustavo A. Paz Soldán
presidente



**Consejo Editorial**

Dr. Polioptro F. Martínez Austria
Director

Dr. A. Carlos Escalante Sandoval
Editor

Dr. Felipe I. Arreguín Cortés
Dr. Humberto Marengo Mogollón
Dra. María Luisa Torregrosa Armenta
Editores Asociados

Miembros del Consejo Editorial

Carlos Cruickshank Villanueva
Instituto de Ingeniería, UNAM

Carlos Díaz Delgado
CIRA, U.A. del Estado de México

Daniel Campos Aranda
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Gabriel Echávez Aldape
División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM

Gabriela Moeller Chávez
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Gilberto Sotelo Ávila
Facultad de Ingeniería, UNAM

Héctor Bravo
Centro de Investigación y Docencia Económicas

Ignacio Castillo Escalante
Comisión Nacional del Agua

Jaime Collado
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Juan Carlos Valencia Vargas
Comisión Nacional del Agua

Miguel Ángel Vergara
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

Nabil Mobayed Khodr
Universidad Autónoma de Querétaro

Ramón Domínguez Mora
Instituto de Ingeniería, UNAM

Ricardo Álvarez Bretón
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Román Gómez González Cossio
Consultor

Roberto Melville
Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social

Rubén Chávez Guillén
Comisión Nacional del Agua

Salvador Díaz Maldonado
Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Sonora

Sergio Díaz Cruz
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias, IPN

Tlálloc AMH

Tlálloc AMH, No. 30, Enero-Abril 2004

**ÓRGANO DE COMUNICACIÓN DE LA
ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA, A.C.**

XXVI Consejo Directivo del AMH**Presidente**

Gustavo Paz Soldán Córdova

Vicepresidente

Polioptro F. Martínez Austria

Tesorera

Adriana Cafaggi Félix

Primer Secretario

Antonio Fernández Esparza

Segundo Secretario

Germán A. Martínez Santoyo

Vocales

Isis Ivette Valdez Izaguirre

Nahun Hamed García Villanueva

Editor Responsable

Gustavo Paz Soldán Córdova

Ventas y Publicidad:

Lic: Blanca Rubio

Gerente de la AMH

Tel.:5666-0835

Tlálloc AMH. Es una publicación cuatrimestral de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C. Para otros intereses dirigirse a Camino Santa Teresa 187, Colonia Parques del Pedregal, C.P. 14010, México, D.F., tel. y fax (55) 5666 0835. Certificado de licitud de título num. 12217 y de contenido num. 8872. Reserva de derechos al uso exclusivo en trámite. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de los autores y no necesariamente representa la opinión de la AMH. Ninguna parte de esta revista puede ser reproducida en medio alguno, incluso electrónico, ni traducida a otros idiomas sin autorización escrita de sus editores.

El tiraje es de 2,500 ejemplares incluyendo los de reposición. Impresa en los talleres de "Editores e Impresores FOC, S.A. de C.V.", Los Reyes 26, Col. Jardines de Churubusco, Delegación Iztapalapa, C.P. 09410, México D.F., Tel. 5633 2872.

www.amh.org.mx

ARTÍCULOS

Variación espacial de la conductividad hidráulica para suelos del acuífero costero de Guasave, Sinaloa, México. **4**
Norzagaray Campos M., Herrera Barrientos J., Ladrón de Guevara T.

Análisis de las inundaciones en México: caso particular, la inundación del 2003 sobre el río Lerma en el estado de Michoacán. **10**
Fermín García, Norlang M. García, Rafael Marín Cambranis.

ENTREVISTA

La peligrosa Sobreexplotación de la barranca de Amatzinac **25**
Entrevista a: Ing. Javier Bolaños
Secretario Ejecutivo de la Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente de Morelos

SEMBLANZA

Alvaro Muñoz Mendoza (1956-2004) **29**

PUBLICACIONES

El agua en México vista desde la Academia **32**

Protección y control de cauces **33**

NOTICIAS Y RESEÑAS

Reformas a la ley de Aguas Nacionales **34**
Palabras del Director General de la Comisión Nacional del Agua: Cristóbal Jaime Jáquez

La Comisión Nacional del Agua celebra 15 años de su creación **39**

Proyecto de recarga del acuífero en el sur del Distrito Federal **40**
Conferencia de: Dra. Claudia Sheinboum (resúmen)
Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal

SITIOS WEB

Inundaciones y Sequías **42**
José María Hinojosa Aguirre



Variación espacial de la conductividad hidráulica para suelos del acuífero costero de Guasave, Sinaloa, México.

Norzagaray Campos M.¹

Herrera Barrientos J.²

Ladrón de Guevara T.¹

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR).

² Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada,

Resumen

Amplias extensiones de tierra cultivadas bajo riego en el Municipio de Guasave, Sinaloa, están degradadas por problemas de drenaje y/o salinidad. Uno de los parámetros más importantes para determinar el espaciamiento de los drenes en un saneamiento y recuperación de suelos es la conductividad hidráulica (K), la cual representa la capacidad de los suelos para transmitir el agua por unidad de área y tiempo debido al gradiente gravitacional y capilaridad, bajo condiciones de humedad, en este trabajo se presenta en condiciones de saturación total, ya que se determina la conductividad hidráulica de los materiales acuíferos, mismos que consideramos pueden representar una primera aproximación a la conductividad del suelo en condiciones de saturación total. Un buen sistema de drenaje forma parte de la economía de la productividad agrícola, la cual está asociada al conocimiento de la conductividad hidráulica del suelo y la eliminación de sales de la zona de acumulación en un perfil clásico de suelo. Es por ello que en este trabajo se presenta un mapa de la curva de igual conductividad hidráulica, con el propósito de caracterizarla y constituir un insumo a los técnicos en sistemas de irrigación y drenaje. La conductividad hidráulica se ha obtenido a partir de pruebas de bombeo, métodos geofísicos, análisis piezométrico y columnas de pozos.

Localización del área de estudio

La zona agrícola del municipio de Guasave se localiza a una distancia de 145 km al norte de la ciudad de Culiacán, Sinaloa entre las siguientes coordenadas geográficas: 25° 10' y 26° 35' latitud norte, 108° 10' y 109° 00' longitud oeste. Véase figura 1.

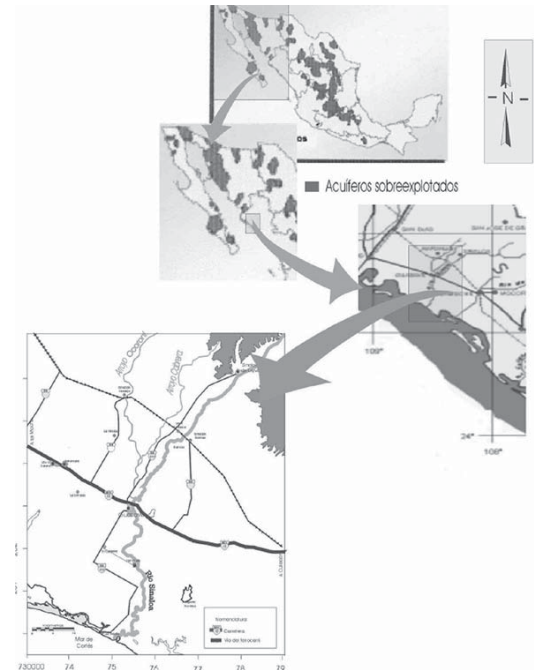


Figura 1. Macro y Micro localización del Valle de Guasave.

La zona forma parte de la planicie costera de Sinaloa, caracterizada por un relieve topográfico suave del orden de 0.4 cm/km.

Antecedentes

Piezometría:

La zona agrícola del municipio de Guasave, Sinaloa es atravesada por el Río Sinaloa, cuyo flujo es hacia el mar. Considerando un observador con su mirada hacia la dirección de flujo del río se reconoce la margen derecha e izquierda de éste.

De acuerdo con la piezometría (carga hidráulica) realizada en el año de 1964 en el valle de Guasave por la SARH, en ambas márgenes del Río Sinaloa, se observó que la profundidad del nivel estático oscilaba entre 5 y 25m, con evoluciones en la margen izquierda de 1.5m/año (Elenes, 2002). En aquel entonces, la mayoría de los pozos estaban ubicados en la parte central del Valle, cerca del Río Sinaloa, con una disminución del gradiente hacia la costa debido al abatimiento en la porción central.

En la región de bombeo se lograron observar abatimientos de bombeo en el rango de -0.5 m a -3.0 m.

De 1967 a noviembre de 1970, la SARH reporta abatimientos máximos de 1.0m en la margen derecha, y recuperaciones de hasta 2.0m al sudeste de la zona de estudio (Valle, 2001).

El flujo subterráneo presentaba una dirección paralela a la del río Sinaloa, y este flujo se torna cambiante hacia las zonas próximas del Cerro de Teta-meche, lo cual probablemente se originaba por el efecto de infiltraciones del canal Valle del Fuerte. Por otra parte, los abatimientos graduales en los niveles estáticos de la margen izquierda han llegado a formar conos de abatimiento local.

En 1978, en otro estudio de la SARH, en lo referente a la profundidad de los niveles estáticos, estos fluctuaron entre 4 y 30 m.

Transmisividad Hidráulica:

Dentro de los estudios de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), ahora Comisión Nacional del Agua (CNA), en el año de 1977 se realizaron actividades, pruebas de bombeo, para determinar la transmisividad hidráulica del valle de Guasave (CNA, 2000). Dichos resultados, en m²/día, se observan en figura 2.

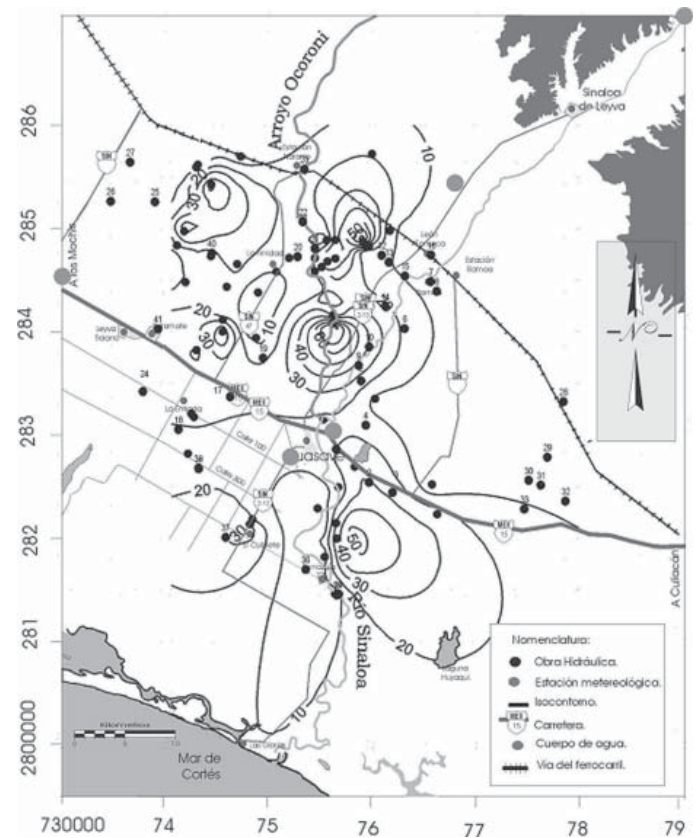


Figura 2. Variación espacial de la transmisividad en la década de los 70's (datos según CNA), en m²/seg x10⁻³.

Metodología

La transmisividad hidráulica es el producto de la conductividad hidráulica y el espesor saturado del acuífero (Villanueva e Iglesias, 1984):

$$T = K.b \quad (1)$$

donde T es la transmisividad hidráulica (L²/T), b es el espesor saturado del acuífero (L) y K es la conductividad hidráulica (L/T).

Como se puede observar, la ecuación número 1 tiene implícito el valor de la conductividad hidráulica. Por lo que, a partir del conocimiento de la transmisividad hidráulica y el espesor saturado se puede obtener ésta.

Además de los valores de T obtenidos por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, con el uso del

método de Theis simplificado o de Jacob se realizaron 23 pruebas de bombeo, de forma que

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta S_{10}} \quad (2)$$

Donde :

ΔS_{10} = Es el abatimiento del nivel del agua medido en una década de tiempo, (L).

Q = Es el caudal de extracción del pozo, (L³T⁻¹).

Respecto al espesor saturado del acuífero, éste se determinó a partir de sondeos eléctricos verticales y electromagnéticos (EM-34) en conjunto con la profundidad del nivel freático. Para lo cual se obtuvieron secciones geoelectricas con ambos métodos geofísicos, definiéndose el espesor saturado, dicho procedimiento se realizó a través de perfiles. Ya integrados todos los perfiles se generó una malla asignando a cada celda de espaciamiento regular el valor promedio de T y b, para así obtener el valor de K representativo de cada malla.

Resultados

Transmisividad hidráulica

De los resultados de las 23 pruebas de bombeo realizadas por los autores, así como las realizadas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos se reflejaban dos sitios de transmisividad hidráulica alta, uno en la parte de Portugués de Gálvez y otro en la parte de Tamazula.

La media aritmética de los datos de Transmisividad (T) es de 26.0 m²/día, con los valores fluctuantes en las márgenes del río. La figura 3 muestra la distribución de T, con valores máximos al norte y sur de Guasave.

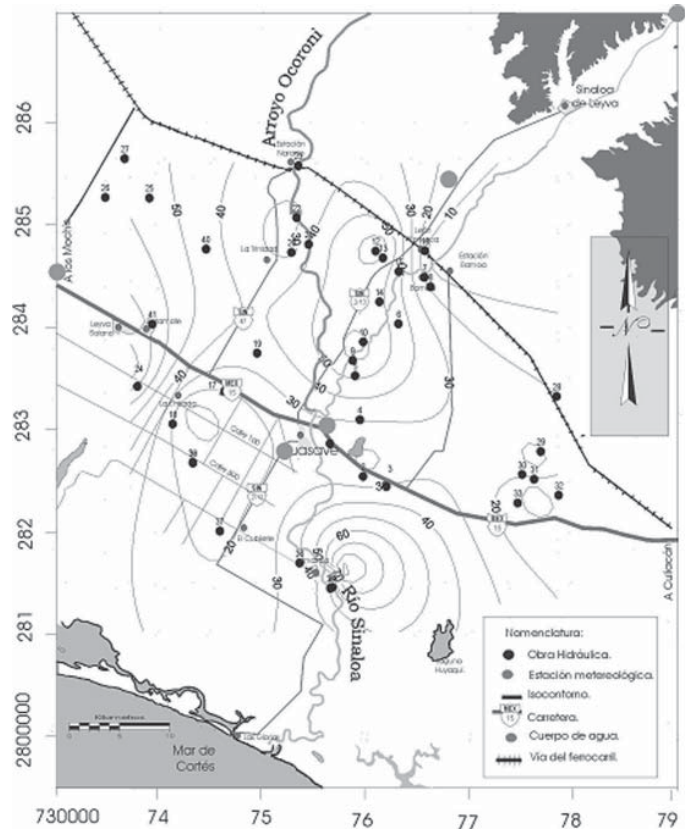


Figura 3. Variación espacial de la transmisividad para el año 2000, en m²/seg x10⁻³.

Métodos geofísicos.

En la figura 4 se muestra la distribución de 51 sondeos eléctricos verticales con el dispositivo eléctrico Schlumberger y 81 calicatas Wenner generados por CNA (2000). Respecto a los primeros con una abertura de electrodos de corriente de 500 m. Los sondeos y calicatas se interpretaron mediante el programa Resix-Plus versión 1.31, 1991 de la casa Interprex Limited.

También se muestran 111 sondeos electromagnéticos interpretados mediante modelado directo unidimensional con el programa realizado por Herrera, J., 1995.

Como ejemplo de interpretación de las diversas líneas mostradas en la figura 4, se describe un par de ellas. La línea 7, (figura 5) observándola de norte a sur muestra un acuífero superior con espesores de

hasta 80 m en las porciones más serranas, un cuerpo confinante o semicautivo que suprayace a un cuerpo acuífero confinante, el cual correspondería a materiales con altos contenidos de arcilla, ya que los valores de resistividad eléctrica son bajos. Es también de observarse que los materiales menos arcillosos corresponderían a la porción norte de las vías de ferrocarril. El techo del acuífero cautivo tiene un espesor que ronda los 40 m. Respecto al acuífero cautivo, en sus constituyentes hay notable presencia de arcillas.

Las líneas 10 y 9 se sitúan en la zona de pozos, por lo que sus resultados corresponden a la respuesta geológica mostrada en esta área (véase figura 9).

La línea 9 (figura 6) de norte a sur, muestra la presencia del acuífero libre y el confinado, el libre con espesor variable de 20 hasta 80 m. En profundidad y sobre la línea 9 a la altura de Tamazula, se aprecia un cuerpo permeable, de resistividad, que correspondería a gravillas y arenas con pocos contenidos en arcillas. El resto de la sección muestra que las gravas y gravillas están embebidas por arcillas, esto por sus valores bajos de resistividad.

Conductividad hidráulica.

A través de la figura 7 se puede observar la variación espacial de la conductividad hidráulica, con valores máximos en las márgenes del Río Sinaloa.

Los valores con K más bajos se encuentran en la parte noroeste del valle de Guasave en las poblaciones del Serrano y Serranito. Considerando la clasificación que presenta Villanueva, M., 1984, dichos valores corresponden a materiales de valor medio.

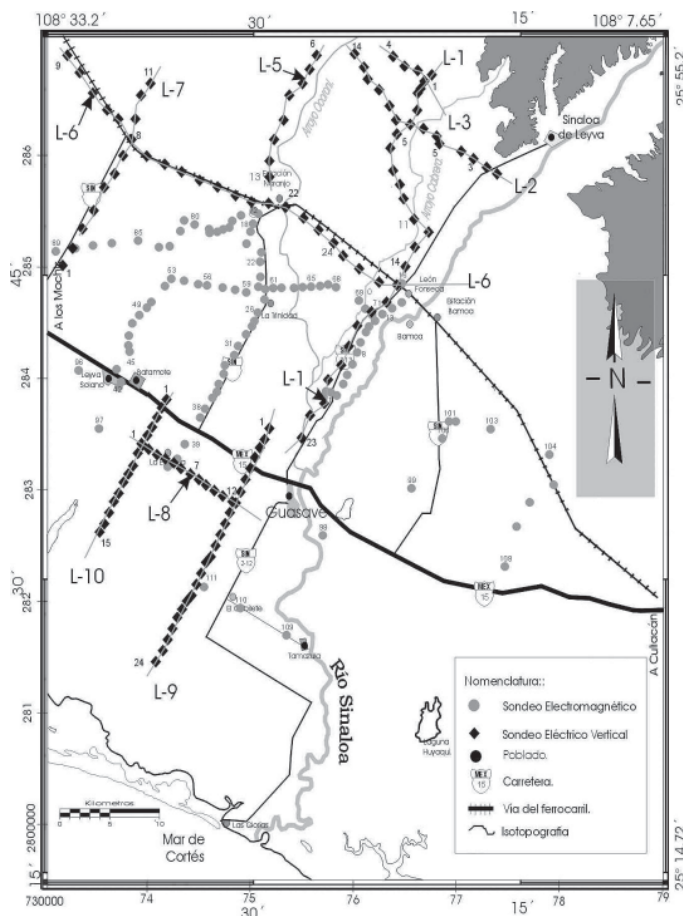


Figura 4. Se muestran 10 líneas de investigación geofísica por corriente continua y 111 sondeos electromagnéticos (tomado de Norzagaray, 2004), (original en color).

Nomenclatura para las secciones electroestratigráficas	
	Cuerpos permeables de gravas sin arcillas o tobas, asociados a corrientes antiguas.
	Cuerpos de arenas y gravillas.
	Cuerpos con poca permeabilidad (arenas, arcillas, gravas empacadas en arcillas).

Tabla I. Nomenclatura para las secciones electromagnéticas en el valle de Guasave.

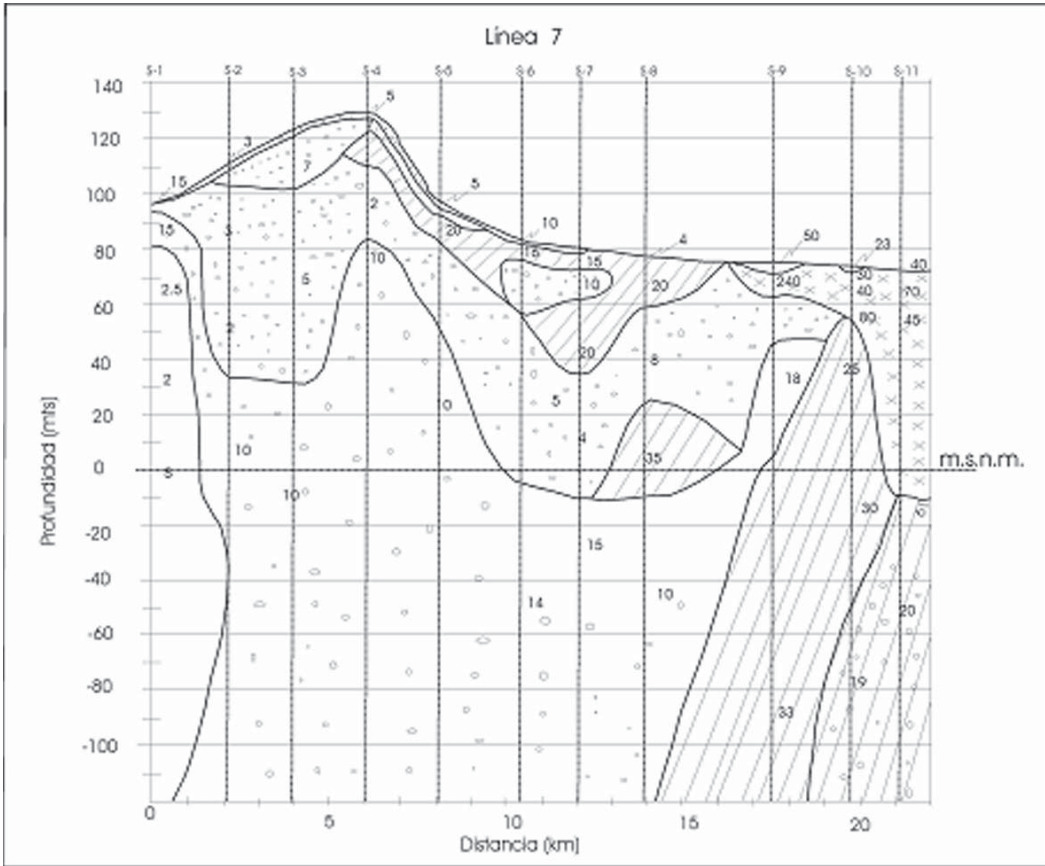


Figura 5. Distribución de los materiales del subsuelo a partir de resistividad eléctrica (dispositivo Wenner).

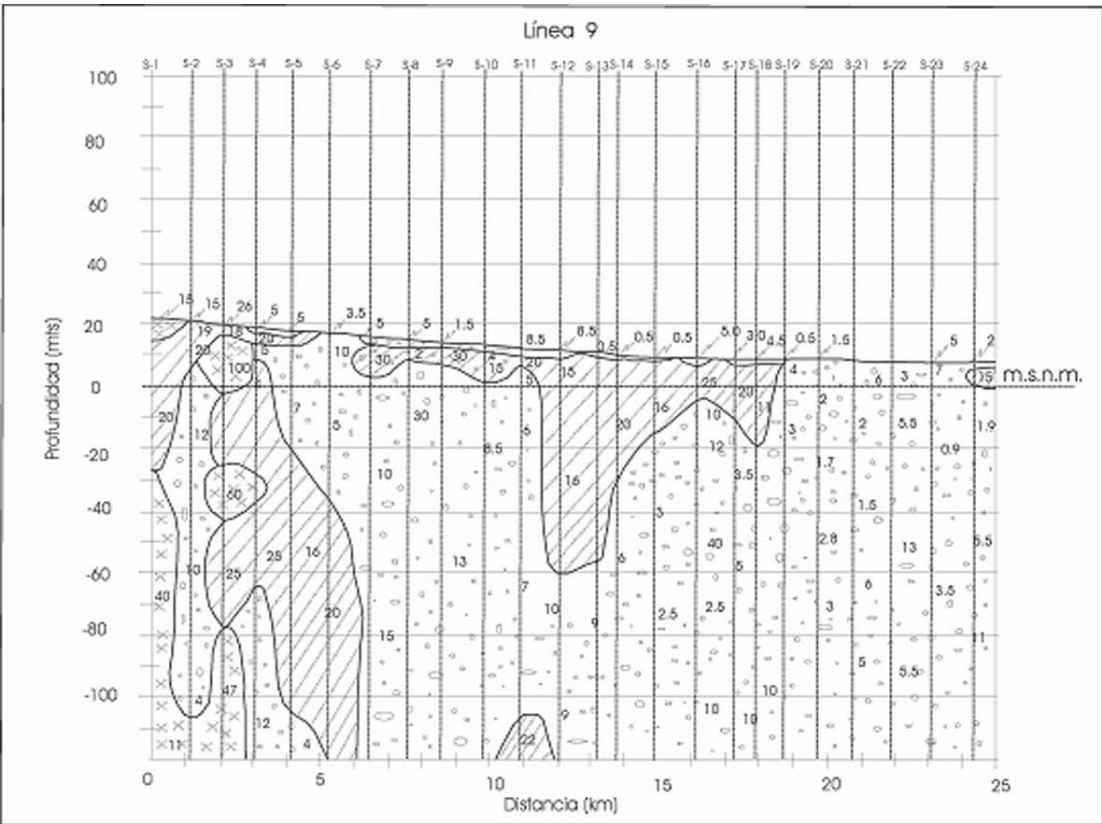


Figura 6. Distribución de los materiales del subsuelo a partir de resistividad eléctrica (dispositivo Schlumberger).

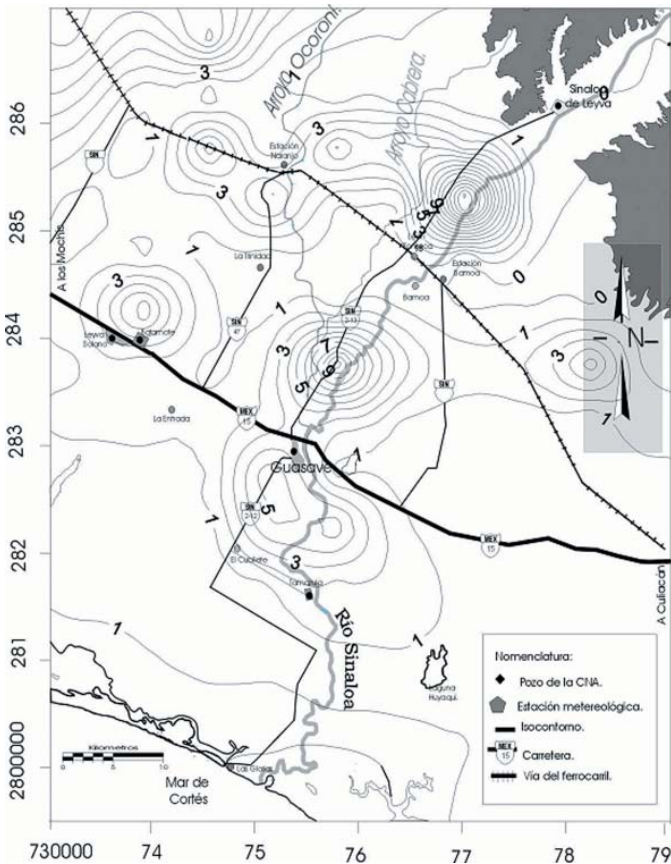


Figura 7. Variación espacial de la conductividad hidráulica del acuífero de Guasave, Sinaloa (m/día).

Conclusiones.

La media aritmética de los datos de Transmisividad (T) es de 25.97 m²/día.

Los valores altos de conductividad hidráulica son de 11 m/s, y se sitúan en la población de Tamazula, Ranchito de Castro, así como la zona de Bamoa y Portugués de Galvéz. Los puntos más bajos se encuentran en la parte noroeste del valle de Guasave en las poblaciones del Serrano y Serranito.

El Río Sinaloa es un portador de materiales de gravas y arenas que permite que se tengan valores altos de conductividad hidráulica cerca de sus riveras.

Los valores altos de K correspondientes al acuífero superior, se deben al aporte de sedimentos del río, así como sus variaciones históricas a lo largo del valle, por la magnitud de los valores de K, esta se puede considerar como media.

Bibliografía.

- CNA, 2000. Expediente técnico justificativo del acuífero del Río Sinaloa para la publicación de la disponibilidad en el Diario Oficial de la Federación. Culiacán, Sinaloa.
- Custodio, E., y M.R. Llamas. 1983. Hidrología subterránea., Ediciones Omega. 1157 pp.
- Elenes C. E., 2002. Determinación del riesgo a la contaminación del sistema acuífero granular costero de Guasave, Sinaloa a través de un Sistema de Información Geográfico. Universidad Autónoma de Sinaloa. Tesis de maestría. Guamuchil, Sinaloa México. 120 pp.
- Freeze, R.A., and J.A. Cherry. 1979. Groundwater. Prentice-Hall International, Inc., London. 604 pp.
- Herrera Barrientos. J., Mendoza Edgar Yuri y Fernando Herrera Barrientos. 1995. Determinación de la geometría del acuífero costero Vicente Guerrero, B.C. mediante prospección geoelectrica, 41 pp. Informe Técnico. CICESE.
- Norzagaray-Campos, M., 2003. Flujo regional en acuíferos, sus causas y efectos en la dispersividad hidrodinámica: Un caso de estudio. Tesis Doctoral. CINVESTAV.
- Valle M.O, 2001. Planeación Regional Bidimensional en Función de la Disponibilidad del Recurso Hídrico del Acuífero de Guasave, Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa. Tesis de maestría. Guamuchil, Sinaloa, México. 110 pp.
- Villanueva M. M y Alfredo Iglesias L. 1984. Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Madrid, Talleres gráficos IBERGESA. 426 pp.

De éste artículo se necesitan los

Análisis de las inundaciones en México: caso particular, la inundación del 2003

sobre el río Lerma en el estado de Michoacán

Fermin García¹

Norlang M. García²

Rafael Marín Cambranis²

1- Investigador del Área de Riesgos Hidrometeorológicos

2- Investigador del Área de Riesgos Socioeconómicos

Centro Nacional de Prevención de Desastres

Antecedentes

México es afectado año con año por las inundaciones, ellas forman parte de los efectos provocados por fenómenos de origen hidrometeorológico. A continuación se da la definición de algunos tipos de inundaciones.

Inundaciones fluviales

Su característica es que se originan por el desbordamiento de un río, a causa de la incapacidad del río de transportar un volumen de agua. El agua desbordada queda sobre la superficie del terreno cercano al río afectando, principalmente las zonas bajas las cuales se conocen como planicies de inundación, figura 1.



Figura 1. Inundación fluvial

Las regiones más propensas de sufrir este tipo de inundaciones son la vertiente del Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche) y el Bajío (Michoacán, Guanajuato, Querétaro, sur de Zacatecas, sur de San Luis Potosí y norte de Jalisco).

Inundaciones pluviales

Pueden presentarse en cualquier lugar y sus características son que se originan por una lluvia local extraordinaria inundando las zonas bajas, esta agua, al ser incapaz de desplazarse permanece en el lugar por horas o días. En ocasiones las inundaciones pluviales, cuando se presentan en zonas urbanas, se pueden agravar debido a la insuficiencia del sistema de drenaje para desalojar el agua en forma rápida, por ejemplo, en la ciudad de México es común este tipo de inundación.

Inundaciones costeras

Se originan por la sobre elevación del nivel medio del mar, donde el agua marina penetra tierra adentro. Afectando áreas bajas de terreno que en ocasiones pueden cubrir grandes regiones. Esta sobre elevación puede ser debido a la marea astronómica o por la marea de tormenta a causa de la presencia de un ciclón tropical.

Las regiones en México que más las padecen son las costas de la península de Yucatán, principalmente la vertiente del mar Caribe, así como las costas del Golfo de México y del Pacífico centro.

Históricamente las inundaciones son el fenómeno natural que más afecta a México, tanto en daños materiales como en vidas humanas, por ejemplo, más

del 85 % de las pérdidas económicas generadas por desastres en México fueron ocasionadas por fenómenos de origen hidrometeorológico.

En la tabla 1 se presenta un resumen de los acontecimientos más relevantes por inundaciones en México entre los años de 1943 a 1999.

Tabla 1. Daños provocados por inundaciones (1943-1999)

AÑO	EVENTO	RÍOS DESBORDADOS	ESTADOS AFECTADOS	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS
1943	Tormentas de invierno	Tamazula, Humaya, Fuerte Sinaloa y Culiacán	Sinaloa	27 muertes, la parte norte del estado quedó incomunicado, 600 personas quedaron sin hogar, las pérdidas económicas se calcularon por arriba de los 144,500 dólares. Se consideró como la inundación más catastrófica en su historia.
1949	Tormentas de invierno	Fuerte, Yaqui y Mayo	Sinaloa y Sonora	10 muertes, más de 35 localidades quedaron inundadas, 150,000 personas en Navojoa, Sonora quedaron sin hogar y 9,000 en Sinaloa. Los daños ascendieron a 10.2 millones de dólares. Se perdieron cientos de cabezas de ganado. La presa Álvaro Obregón, que estaba en construcción se destruyó casi en su totalidad.
1955	Huracanes: Gñadys, Hilda y Janet	Tempoal, Tampaón, San José, Santiago, Pánuco y Tamesi	Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Yucatán y Quintana Roo	70 muertes, inundación en la ciudad de Tampico (5.88 m de profundidad), una parte de la ciudad de San Luis Potosí se inundó, la ciudad de Chetumal fue destruida, pérdidas económicas por alrededor de los 8 millones de dólares.
1959	Ciclón Manzanillo		Colima y Jalisco	1,500 muertes, la ciudad de Manzanillo fue la más afectada, 3 barcos mercantiles se fueron a la deriva con todo y su tripulación, 25% de las casas de Cihuatlán fueron totalmente destruidas, carreteras dañadas y trenes descarrilados.
1960	Tormentas de invierno	Yaqui, Fuerte, Mayo, Bavispe, Tamazula y Culiacán	Sonora, Sinaloa y Chihuahua	3 muertes, cerca de 60 localidades quedaron inundadas, de entre las afectadas fueron: Los Mochis, Navojoa, Culiacán y Navolato. La región más afectada fue la del río Fuerte. En Sinaloa se estimaron las pérdidas económicas en 18,815 millones de dólares.
1967	Huracán Beulah	Santa Catarina y Salado	Tamaulipas, Nuevo León, Yucatán y Quintana Roo	Inundaciones severas en las ciudades de Reynosa y Matamoros, 25,000 damnificados y pérdidas por más de 500 millones de dólares.
1967	Huracán Karina	Balsas, Turbio, La Unión y Tecpan	Guerrero, Península de Baja California, Sonora y Nayarit	15 muertes, daños en túneles de la presa "Infiernillo" por cavitación, más de 30,000 damnificados.
1968	Huracán Naomi	Presidio, Baluarte, Acajoneta y Nazas	Colima, Sinaloa, Durango, Coahuila y Chihuahua	10 muertes, 50,000 damnificados, 60,000 hectáreas de cultivo dañadas, severas inundaciones en Torreón, Gómez Palacio y Chihuahua.

Tabla 1.

Fuente: Fascículo "Inundaciones", CENAPRED, México, 1999

Tabla 1. Daños provocados por inundaciones (1943-1999). (continuación)

AÑO	EVENTO	RÍOS DESBORDADOS	ESTADOS AFECTADOS	DESCRIPCIÓN DE DAÑOS
1976	Huracán Liza	Arroyo, El Cajoncito en la ciudad de la Paz, Baja California Sur	Baja California Sur y Sonora	600 muertes aproximadamente, se inundó la ciudad de la Paz, 12,000 damnificados, los daños materiales se calcularon en 3.1 millones de dólares.
1988	Huracán Gilbert	Santa Catarina, San Juan, Pesquería, Potosí, Pabillo y Camacho	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila	250 muertes, la mayoría en la ciudad de Monterrey, resultaron dañadas amplias zonas turísticas, agrícolas y boscosas en la Península de Yucatán, el viento, el oleaje y la marea de tormenta destruyeron gran parte de las costas de Quintana Roo, 150,000 damnificados en total, las pérdidas económicas fueron de 570 millones de dólares en Quintana Roo, 110 millones de dólares en Yucatán y 86 millones de dólares en Nuevo León.
1990	Tormentas de invierno	Sinaloa, Mayo, Batopilas y Urique	Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Chihuahua	En Sinaloa, 120 comunidades quedaron inundadas, 40,000 damnificados y pérdidas económicas alrededor de los 50,850 millones de dólares.
1992	Tormentas de invierno	Santiago, San Pedro, Acaponeta y Ameca	Nayarit	61 muertes, se inundaron más de 70 localidades, de entre ellas fueron la de Tecuala, Tuxpan, Santiago Ixcuintla, Bahía de Banderas y San Blas. Los daños económicos por cabeza de ganado ascendieron a los 161,300 dólares, 100,000 personas quedaron sin hogar.
1993	Tormentas de invierno	Tijuana, Tecate, arroyo El Carrizo y Matanuco	Península de Baja California	Más de 20 muertes, en la ciudad de Tijuana, 10,000 damnificados. Los sistemas de comunicación y las zonas agrícolas fueron afectadas con una pérdida económica de 32 millones de dólares.
1993	Huracán Gert	Tamesi y Pánuco	Veracruz, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas	40 muertes, 70,000 damnificados aproximadamente, varias localidades incomunicadas, más del 80% de las cosechas se perdieron.
1995	Huracán Ismael		Sonora, Sinaloa y Baja California Sur	Guasave fué una de las ciudades más afectadas, murieron entre 150 y 200 pescadores en Sinaloa, 24,111 damnificados en Sonora y 21,500 hectáreas de cultivo dañadas.
1997	Huracán Pauline	El Camarón	Oaxaca y Guerrero	228 muertes, 81 en Oaxaca y 147 en Acapulco, 8,500 damnificados, 54,000 casas dañadas, 122,282 hectáreas de cultivo dañadas y 80,000 hectáreas de bosques y selva perdidos en Oaxaca.

Daños provocados por inundaciones (1943-1999)

Fuente: Fascículo "Inundaciones", CENAPRED, México, 1999



Inundación del 2003 en el Lerma: estado de Michoacán

Durante los primeros días de septiembre de 2003 se registraron lluvias extraordinarias en gran parte del estado de Michoacán, afectando principalmente la cuenca Lerma - Santiago (zona norte del estado) lo que desencadenó en el desbordamiento del río Lerma, en diferentes tramos durante su recorrido. Tal situación provocó que se declararan en estado de emergencia a varios municipios de este estado.

Los municipios que se tuvieron que declarar en emergencia, fueron: Maravatio, Morelia, Briseñas, Cojumatlán de Regules, Huaniqueo, José Sixto Verduzco, Penjamillo, Sahuayo y Zacapu, *figura 2*.



Figura 2. Municipios afectados en Michoacán

Cuenca hidrológica y corrientes principales de agua

La zona norte del estado de Michoacán está contenido dentro de la cuenca Lerma - Santiago, donde su principal afluente es precisamente el río Lerma, el cual nace en la faldas del Nevado de Toluca, en el estado de México, y a su paso atraviesa los estados de Michoacán, Guanajuato y Jalisco, para desembocar finalmente en la laguna de Chapala, *figura 3*. Los afluentes principales al Lerma son los ríos La Laja y Turbio.

Infraestructura hidráulica

En el trayecto del río Lerma se encuentran varias presas, de entre ellas las más importantes son la presa Tepuxtepec y la presa Solís, También se tienen secciones de control para medir los gastos en algunos puntos del río, *figura 4*.



Figura 4, Infraestructura hidráulica dentro de la cuenca Lerma - Santiago Fuente: Comisión Nacional del Agua

Aspectos meteorológicos

Desde los primeros días del mes de septiembre se presentó una línea de convergencia que interactuó con el paso de las ondas tropicales 43 y 44, *figura 5*, lo que provocó lluvias defuertes a muy fuertes en los estados de México, Querétaro, Guanajuato y Michoacán.



Figura 3. Cuenca Lerma - Santiago



Figura 5. Fenómenos Meteorológicos

Tabla 2. Registro de lluvia de los primeros días de septiembre del 2003.

Estación	Estado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Máxima	Acumulada
Acámbaro	GTO.	0.00	6.50	18.80	0.50	9.00	60.0	70.50	38.00	28.20	30.50	5.20	0.00	22.70	3.00	0.00	0.00	70.50	292.90
Ameche	GTO.	14.80	0.00	0.00	24.60	62.0	59.50	17.50	28.00	14.00	47.00	29.50	12.50	42.00	0.00	0.00	0.00	62.00	351.40
Apaseo el Grande	GTO.	0.00	0.00	0.00	23.60	67.0	42.20	0.00	18.70	14.90	18.20	23.30	0.00	20.50	0.00	0.00	0.00	67.00	228.40
Celaya	GTO.	18.50	0.00	0.80	9.40	70.40	57.20	44.50	2.80	11.30	37.80	8.30	11.90	18.80	0.00	0.00	0.00	70.40	291.70
Cortazar	GTO.	0.00	0.00	0.00	0.00	97.90	35.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	97.90	132.91
El Cubo	GTO.	32.10	19.90	10.20	7.70	32.10	20.40	10.00	0.01	34.80	7.20	32.10	0.01	1.80	0.00	0.00	0.00	34.80	208.32
El Palote	GTO.	1.00	32.40	20.30	14.20	57.50	22.70	6.80	1.50	22.40	21.30	5.00	0.00	9.90	0.00	0.00	0.00	57.50	215.00
Las Adjuntas	GTO.	1.20	15.20	0.01	73.20	13.30	19.60	5.00	0.00	10.20	0.00	6.20	16.60	0.00	0.00	0.00	0.01	73.20	160.52
Los Castillos	GTO.	2.30	23.30	17.10	7.50	70.30	20.60	0.00	1.70	17.20	5.70	0.01	0.00	17.40	0.00	0.00	0.00	70.30	183..11
Salamanca	GTO.	10.50	0.00	3.20	1.80	58.50	17.50	0.00	0.01	50.80	29.30	17.80	16.80	17.30	0.00	1.50	0.00	58.50	225.01
Salvatierra	GTO.	46.50	28.0	11.70	5.50	28.50	9.10	11.0	0.00	18.50	12.20	26.80	0.01	2.70	0.00	0.00	0.00	46.50	200.51
Tres Guerras	GTO.	24.00	0.01	2.00	20.00	84.50	44.0	34.50	3.50	15.00	31.70	15.50	11.00	24.50	0.00	0.00	0.00	84.50	310.21
Maravatio	MICH.	44.50	2.00	4.00	5.00	19.00	11.50	0.01	33.00	15.30	1.50	41.00	11.50	40.00	1.00	0.00	0.00	44.50	229.31
Pastor Ortiz	MICH.	5.00	18.50	12.50	11.50	4.00	28.0	29.50	19.00	46.00	2.00	32.00	0.01	12.50	2.00	0.00	0.00	46.00	222.51
San José	MICH.	35.0	1.00	3.50	18.00	16.00	8.00	1.00	23.50	17.00	19.00	48.00	16.00	35.00	0.01	0.00	0.00	48.00	241.01
Carrillo	QRO.	0.01	0.00	0.00	17.00	125.10	0.00	0.00	12.40	44.50	9.10	0.00	38.20	18.70	0.00	0.00	0.00	125.10	265.01
El Pueblito	QRO.	10.00	0.00	0.00	2.90	105.50	35.30	83.70	17.00	44.00	38.00	2.00	11.00	67.00	0.00	0.00	0.00	105.50	416.40
Juriquilla	QRO.	2.50	0.00	0.00	6.50	37.0	24.50	16.50	28.00	74.00	1.50	0.00	46.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.00	236.50
Querétaro, OBS	QRO.	1.20	0.00	0.00	2.50	0.00	35.20	53.90	12.80	65.10	27.00	0.30	9.00	26.50	0.00	0.00	0.00	65.10	233.50
GRC,HGO. Querétaro	QRO.	0.50	0.00	0.00	11.20	116.0	38.20	36.00	7.70	36.00	8.50	0.00	27.00	15.60	0.00	0.00	0.00	116.00	296.70



Lluvias

En la tabla 2 se presentan los datos disponibles de lluvias registradas durante estos días en algunas estaciones climatológicas, administradas por la Comisión Nacional del Agua, y que corresponden a aquellas ubicadas dentro de la cuenca Lerma - Santiago. Se puede apreciar en esta tabla que algunos valores sobrepasan los 50 mm de lámina de lluvia, lo que indica la presencia de lluvias con características extraordinarias.

Al interpolar las lluvias acumuladas del 1 al 16 de septiembre, calculadas en la tabla anterior, se obtiene el campo de precipitación dentro de la cuenca Lerma - Santiago, figura 6. Se puede observar un núcleo de lluvia máxima en la parte norte de Michoacán, entre los estados de Guanajuato y Querétaro, en realidad ésta es la zona que aportó mayor cantidad de agua hacia el río Lerma, en este periodo, y que se fue transitando aguas abajo hasta llegar a la Laguna de Chapala.

Afectaciones

- Algunas afectaciones por las inundaciones del 2003, en el estado de Michoacán, se mencionan a continuación.
- Entre los días 12 y 13 de septiembre del 2003, la ciudad de Maravatio se inundó, principalmente en las zonas más bajas, a consecuencia de los vertidos extraordinarios que se generaron en la presa Tepuxtepec, ubicada aguas arriba de la ciudad, sobre el río Lerma, figura 7.
- Las lluvias de principios de septiembre provocaron escurrimientos importantes en algunos de los afluentes que alimentan a la presa de Tepuxtepec ocasionando una elevación extraordinaria de dicha presa por lo que fue necesario abrir más las compuertas de su vertedor a partir del día 12 de septiembre. De datos proporcionados por la Gerencia Regional Lerma - Santiago de la Comisión Nacional del Agua, se presenta en la figura 8, los gastos que pasaron por el vertedor de la presa Tepuxtepec durante los días de septiembre del 2003, en ella se aprecia un gasto cercano a los 350 m³/s, que duró por tres días, 13, 14 y 15 de septiembre, el cual rebasó la capacidad de conducción del río Lerma, a la altura de Maravatio y por consiguiente la inundación de esta ciudad.



Figura 6. Campo de lluvias acumuladas del 1 al 16 de septiembre en la cuenca Lerma - Santiago



Figura 7. Ubicación de Maravatio



Figura 8. Gastos en el vertedor de la presa Tepuxtepec



Figura 9. Dren Barajas

- En la noche del 15 de septiembre y madrugada del 16, se presentó una lluvia local, muy puntual, de características extraordinarias, en la ciudad de Morelia. Esta lluvia provocó el desbordamiento de varios drenes que desalojan las aguas negras de la ciudad, de entre ellos, y los que tuvieron mayores problemas, son: río Grande, dren Barajas y dren Itzicuaro. figuras 9 y 10.
- Varias colonias fueron afectadas por el desbordamiento de los drenes que atraviesan la ciudad de Morelia, de entre las más afectadas están las colonias de Tres Puentes, Benito Juárez y fraccionamiento los Manantiales y las Higueras, figuras 11 y 12.



Figura 10. Río Grande



Figura 11. colonia Tres Puentes

- Las inundaciones en Morelia se debieron a que los drenes no tuvieron suficiente capacidad de conducción para desalojar, rápidamente, los escurrimientos provocados por la lluvia intensa, además de que en algunos tramos de los drenes se tenía basura y lirio dentro de ellos. Otro aspecto que favoreció la inundación es que algunos puentes y alcantarillas, localizados en los cruces de los drenes con los arroyos vehiculares, tienen poca área hidráulica lo que provocó que el agua excedente se desbordara hacia aguas arriba de estos obstáculos aumentando el tirante del dren.
- Otras áreas de inundación fueron algunas localidades cercanas al río Lerma, tanto del estado de Guanajuato como de Michoacán, donde se tuvieron desbordamientos del mismo río a conse-



Figura 12. colonia Benito Juárez

cuencia de los gastos excesivos que se venían transitando desde su inicio, así como las entradas laterales de la misma lluvia local como de los aportes de los afluentes, la mayoría de las veces, estas inundaciones se presentaron en la zona de meandros, figuras 13 y 14.

- Las afectaciones se presentaron principalmente en el sector agrícola, los daños directos a la población fueron menores. Las zonas agrícolas más afectadas fueron las ubicadas en el Distrito de Riego No. 87 (Rosario Mezquite).

Daños económicos

El costo total de los daños ocasionados por el fenómeno se estimó en más de 225 millones de pesos, el sector más afectado fue el agrícola a consecuencia de las inundaciones en unas veinte mil hectáreas de diversos cultivos. Sin embargo es probable que a raíz de este mismo fenómeno se genere un efecto positivo, tanto por la gran cantidad de agua captada por las presas, como por la humedad en las tierras de cultivo que podrían redundar en un mayor rendimiento de las cosechas del próximo ciclo. Tabla 3.



Figura 13, inundación en campos de cultivo



Figura 14, inundación en zona de meandros

Tabla 3. Resumen de daños totales

Concepto	Daños directos (miles de pesos)	Daños indirectos (miles de pesos)	Total (miles de pesos)	Porcentaje
Infraestructura Social				
Vivienda	80,344		80,344	35.4%
Educación	1,135	277	1,412	0.62%
Salud	10,403		10,403	4.5%
Infraestructura Hidráulica	9,225		9,225	4.0%
Subtotal	101,107	277	101,384	44.6%
Infraestructura Económica				
Comunicaciones y Transportes	3,172		3,172	1.3%
Subtotal	3,172		3,172	1.3%
Sectores Productivos				
Sector agropecuario		120,445	120,445	53%
Subtotal		120,445	120,445	53%
Atención a la emergencia	2,025		2,025	.089%
TOTAL GENERAL	106,304	120,722	227,026	100%

Nota: Es posible que la suma de los porcentajes no de el 100% exactamente debido al redondeo de las cifras.

En referencia con la infraestructura social, los daños fueron de aproximadamente 100 millones de pesos, en este rubro el sector más afectado fue la vivienda que registró daños por más de 80 millones de pesos.

La infraestructura económica, sólo sufrió daños en lo referente a comunicaciones y transportes, que ascendieron a 3 millones de pesos. Por último, en la agricultura, que fue el sector productivo más afectado, los daños se calcularon en aproximadamente 120 millones de pesos.

El número de personas afectadas a consecuencia del fenómeno se calculó en más de cien mil. Fueron dañadas alrededor de 5,439 viviendas en diferente grado, figura 15. También se registraron daños, aunque menores, en las infraestructuras de salud, hidráulica, educativa y carretera.

Atención a la Emergencia

Como consecuencia de las lluvias torrenciales se puso en marcha el Programa de Atención a la Emergencia, coordinado por la Unidad Estatal de Protección Civil, en cooperación con la Secretaría de Desarrollo Social, que a través de DICONSA administró y repartió los recursos y apoyos. A su vez, cada una de las demás atendió los daños correspondientes a sus áreas de operación.



Figura 14. Comunidades afectadas en la rivera del Río Lerma

En los primeros días de la emergencia, la Secretaría de la Defensa Nacional activó el plan DN-III y fue la encargada de entregar los apoyos a los damnificados. Debido a las características del fenómeno fue posible la evacuación oportuna de la población en riesgo, ya que la inundación fue paulatina.

Se instalaron centros de acopio, así mismo, se instauró un programa a cargo de SEDESOL para canalizar donaciones de muebles y enseres domésticos, ya que la mayoría de las viviendas afectadas sufrieron daños en este rubro y no existe ningún otro mecanismo para atender este tipo de pérdidas. Así mismo se solicitó apoyo para la población damnificada mediante mercancía decomisada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que resultó en la obtención de tres contenedores con ropa y calzado, entre otros bienes.

La Secretaría de Salud llevó a cabo un operativo de vigilancia sanitaria el día 16 de septiembre con el fin de evitar el brote y la propagación de enfermedades relacionadas con las inundaciones. También se instalaron módulos en los refugios temporales y en las zonas más afectadas, en los que se proporcionó atención médica gratuita.

Se instalaron un total de 5 refugios temporales en los cuales se brindó atención a 482 personas, se repararon alrededor de 68,000 despensas y más de 60,000 litros de agua potable.

En total, los recursos utilizados para atender la emergencia, por concepto de alimentos fueron de aproximadamente dos millones de pesos únicamente.

Vivienda y asentamientos humanos

Sin lugar a dudas uno de los principales sectores que resultan ser los más afectados en este tipo de fenómeno es la vivienda, y en este caso no fue la excepción. A raíz de las lluvias e inundaciones resultaron afectadas un total de 5,439 viviendas de 20 municipios en 97 localidades.



El municipio que resultó ser el más afectado fue el de Morelia, en donde un total de 2,935 casas sufrieron daños de diversa índole. La mayoría de las afectaciones provocadas por la inundación fueron anegaciones en las viviendas, por lo que predominaron las pérdidas en enseres domésticos.

Se registraron un total de 20 colonias afectadas, por la inundación, en la capital del estado, las cuales únicamente dos de ellas eran regulares y el resto eran predios constituidos en forma irregular, figuras 16 y 17. Una de las colonias afectadas fue la colonia Benito Juárez que se encuentra ubicada en una ciénega que se inundó por la insuficiencia del drenaje.

Como consecuencia de la inundación, las viviendas sufrieron daños de tipo parcial en su mayoría debido a que ésta fue paulatina, no causando daños estructurales en las viviendas.

La estimación de las afectaciones en lo referente a la pérdida de enseres domésticos, se hizo con base a cálculos en los que se determinó que un promedio de mermas en enseres domésticos por vivienda era de alrededor de seis mil pesos, tomando en cuenta, además, el nivel de vida de los habitantes de dichas colonias.

El monto total de daños en vivienda fue de poco más de ochenta millones de pesos, siendo Morelia el que registrara los mayores estragos con 43.3 millones de pesos, seguido, pero en mucho menor medida, por el municipio de Zacapú con 6.2 millones de pesos. Los daños en enseres domésticos incluidos en dicha cifra ya de por sí superaron los 30 millones de pesos.

Infraestructura de educación

Los daños en edificios escolares se concentraron en planteles de nivel básico, el municipio más afectado fue Coeneo, con 24 colegios que sufrieron daños menores. El costo de los mismos lo estimó la SEP en 900 mil pesos aproximadamente.

Entre ellos el plantel que más resintió los efectos fue la Primaria Escudo Nacional que sufrió daños en seis aulas y en el mobiliario. En el conjunto de la infraestructura educativa las pérdidas se valorizaron en aproximadamente un millón y medio de pesos.



Figura 16. Colonia afectada por las inundaciones



Figura 17. Vivienda dañada

El Sector Salud

Se registraron escasos daños en la infraestructura de salud. Sin embargo el sector salud debió desplegar actividades extras relacionadas con el fenómeno cuyo monto total se calculó en 10.4 millones de pesos, de los cuales se utilizaron 7.3 millones de pesos para las acciones de vigilancia epidemiológica y sanitaria, así como para medicamentos y atención a damnificados.

Se instauraron 18 brigadas de salud, para atender posibles brotes de enfermedades, que se dirigieron a más de 100 localidades y visitaron alrededor de 33 mil casas. Se tuvo especial cuidado en evitar brotes de cólera, ya que era probable que estos se

presentaran debido que el agua potable se mezcló con agua contaminada.

También se brindó apoyo para atender el impacto psicológico del desastre en la población afectada. Únicamente en los municipios de La Piedad, Maravatio y Lázaro Cárdenas la población protegida a este respecto fue de más de 89 mil personas. Para estos efectos se visitaron 18,621 casas. Además se cubrieron 160 hectáreas mediante nebulización.

En lo referente a la infraestructura de salud, se presentaron daños sólo en dos centros de salud, uno ubicado en el municipio de Numarán, cuyo costo por reparación se estimó en poco más de un millón de pesos, y otro en el municipio de Puruandiro, que presentó daños por casi dos millones de pesos. Así, el total de daños que se registró en el Sector de Salud fue de 10.4 millones de pesos, en el cual un 74% correspondió a erogaciones que se realizaron para la atención de la emergencia, mientras que un 28% a daños en infraestructura de centro de salud, Tabla 4.

Infraestructura hidráulica

La infraestructura hidráulica sufrió daños relativamente leves, a excepción de la antigua presa "El Tablón" construida en 1904, que por la presión ejercida por el agua agravó el daño que ya tenía. La reparación de esta presa se estimó en 6 millones de pesos, esta es una presa de riego que atiende a 4,364 hectáreas. Otras afectaciones que se presentaron en la infraestructura hidráulica consistieron en la contaminación y azolve de pozos, el daño a la red de tuberías de agua potable y el daño al sistema de drenaje. El costo total de los mismos ascendió a 9.2 millones de pesos. Las obras de captación fueron las que presentaron un costo más alto: 7.5 millones de pesos, tabla 5.

El municipio en el que la población afectada tuvo mayores problemas de agua fue el de La Piedad con 40,000 habitantes que sufrieron escasez, la mayoría en la localidad de La Piedad de Cavadas. Debido a la extraordinaria captación de agua, varias presas llegaron al límite de su capacidad, por lo que

fue necesario abrir las compuertas de emergencia de algunas con el fin de evitar que éstas cedieran ante la presión del agua, lo que hubiera provocado mayores afectaciones en la población.

En síntesis, fueron quince las localidades afectadas por los daños en la infraestructura hidráulica, seis de las cuales pertenecen al municipio de Numarán

Sector Comunicaciones y Transportes

Las inundaciones del mes de septiembre afectaron prácticamente sólo a la red rural carretera provocando daños en 51.2 km en total. Esta red sirve a un total de 22,560 habitantes. El costo total de los daños fue estimado en 3.1 millones de pesos, tabla 6.

El municipio más dañado fue el de Numarán que presentó el 53% del total de las pérdidas registradas en el estado a causa del evento. Venustiano Carranza presentó un 15%, Maravatio y Penjamillo les correspondió un 11 % y finalmente Angamacutiro registró daños por el 10% del total del estado.

Sector Agropecuario

El sector agrícola fue el que mayor impacto sufrió a causa de las inundaciones del mes de septiembre. En efecto, más de 23 mil hectáreas presentaron afectaciones, con lo que dejaron de cosecharse aproximadamente 85,092 toneladas de diversos granos y hortalizas, en su mayoría, maíz y sorgo. Las pérdidas correspondientes calculadas a precio de productor ascendieron a 120.4 millones de pesos aproximadamente.

Dentro de los afectados en este rubro, se encuentran también los jornaleros agrícolas que realizan la labor de pizca, ya que al verse dañados los cultivos varios de ellos se quedaron sin trabajo.

De las 23 mil hectáreas afectadas, los cultivos que mayores daños sufrieron, como se mencionó



Tabla 4. Daños en Infraestructura de Salud (miles de pesos)

Municipio	Afectaciones	Monto de Daños
		Total
Numarán	Centro de Salud	1,008
Puruandiro	Centro de Salud	1,918
Gastos de Operación	-	88
Insumos utilizados durante la emergencia	-	7,389
Total		10,403

Fuente: Secretaría de Salud

Tabla 5. Daños en Infraestructura Hidráulica (miles de pesos)

Concepto	Municipios afectados	Población afectada	Total
Obras de Captación	Angamacutiro	1,254	300
	Penjamillo	1,780	450
	Puruandiro (Presa "El Tablón")	N.D.	6,000
	Numarán	2,150	750
Obras de Conducción y Distribución	Numarán	500	100
Saneamiento	Maravatio	2,000	300
	Angamacutiro	1,000	25
	Penjamillo	600	150
	La Piedad	40,000	1,000
	Numarán	500	150
Total		49,784	9,225

Fuente: CNA de Michoacán.

Tabla 6. Daños en Infraestructura Carretera (miles de pesos)

Municipio	Población afectada	Espacio dañado (km)	Monto de daños
Angamacutiro	1013	5.1	318
Maravatio	1435	19	327
Numarán	9936	12	1,650
Penjamillo	6751	10.5	335
Venustiano Carranza	3425	4.6	450
Gastos de Operación	-	-	92
Total	22560	51.2	3,172

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

anteriormente, fue el maíz, con 16,245 hectáreas dañadas y el sorgo con 6,726 hectáreas, figura 18. El resto de hectáreas siniestradas corresponde a hortalizas con menor participación.

Entre los municipios maiceros más afectados destaca el de Zacapú con 5,484 hectáreas que generaron pérdidas por 27 millones de pesos, seguido del municipio de Villa Jiménez con pérdidas por 20.3 millones de pesos en poco más de 4 mil hectáreas.

Es importante mencionar que la producción afectada todavía estaba en sus primeras etapas, por lo que el daño en agricultura calificó como daño indirecto (producción que se dejó de percibir por efectos del fenómeno).

Conclusiones

Aunque las lluvias reportadas están por arriba de lo normal, lo que en realidad afectó a las poblaciones es la falta de planeación urbana que limite las construcciones en áreas de riesgo por inundación, así como el nulo o escaso mantenimiento de limpieza al río Lerma que permita conservar una capacidad hidráulica satisfactoria.

La mayoría de las inundaciones se presentaron en las zonas de meandros, afectando principalmente a la actividad agrícola, dentro del estado de Michoacán. Una población importante ribereña al río Lerma, que tuvo problemas de inundación, a causa del desbordamiento del río, fue la ciudad de Maravatio, ubicado en la parte oriente del estado.

En lo que respecta a Morelia, las inundaciones se debieron a una lluvia local muy puntual de características extraordinarias, que no tuvo nada que ver con el río Lerma y que provocó fuertes escurrimientos en la zona sur-oeste de la ciudad, desbordando los drenes río Grande, Barajas e Itzicuaru.



Figura 18. Campos de cultivo dañados por la inundación

Además, se observó una falta de planeación de uso del suelo ya que no sólo los asentamientos irregulares que están dentro de las áreas de inundación sufrieron daños, sino que incluso, unidades habitacionales de clase media también fueron afectados. Otro aspecto que provocó la inundación fue una falta de mantenimiento a los drenes y un mal diseño de las alcantarillas ubicadas en los cruces con los arroyos vehiculares, ya que no tienen suficiente capacidad hidráulica.

Aunque hubo algunos daños a la población de Michoacán, no se puede negar que las lluvias extraordinarias de septiembre del 2003 fueron benéficas, ya que la mayoría de las presas y lagos ubicados en esta zona recuperaron, en gran parte, sus niveles de conservación.

Acciones para evitar inundaciones

Las acciones para evitar las inundaciones están orientadas en dos sentidos; por un lado se tienen todas aquellas obras hidráulicas que sirven para mitigar los efectos negativos de un exceso de lluvia provocado ya sea por frentes fríos, ciclones tropicales, lluvias tropicales de verano, fenómenos convectivos o efectos orográficos, y por otro, están aquellas acciones institucionales que se deben implementar en la población para disminuir el riesgo por inundación.



De entre las obras hidráulicas (medidas estructurales) que se utilizan para disminuir los riesgos por inundación están:

- **Presas de regulación**, su función es almacenar el agua de lluvia que escurre de las zonas ubicadas arriba de la presa hacia el vaso, para después, por medio del vertedor y/o la obra de toma, desfogar esta agua en forma controlada de tal manera que no provoque inundaciones a las poblaciones que están aguas abajo de ella, figura 19.



Figura 19. Presa de regulación



Figura 20. Canales de conducción

- **Canales de rectificación y conducción**, este tipo de obras tienen como función encauzar el agua de lluvia hacia lugares que no afecten a alguna población cercana, además de desalojar en forma rápida el agua fluvial fuera de una zona urbana, figura 20.

- **Bordas en las márgenes de los ríos**, normalmente para darle más capacidad de conducción a un cauce o río se elevan los bordos en ambas márgenes y así se evita el desbordamiento.

- **Bordas perimetrales en las localidades** estos bordos se construyen en zonas urbanas ubicadas en planicies y su función es evitar que el agua que escurre fuera de una localidad entre y la inunde, o sea, sirve como una muralla.

- **Red de drenaje fluvial**, ayudan a desalojar en forma rápida el agua de lluvia que ocurre dentro de una localidad. Para que su funcionamiento sea siempre el óptimo es importante darle mantenimiento año con año, antes de la temporada de lluvias.

- **Dragado de cauces**, para mantener siempre la capacidad hidráulica óptima de un cauce es importante llevar a cabo trabajos de dragado, antes de la temporada de lluvias.

Las medidas institucionales son más económicas que las obras estructurales pero que pueden, en cierto momento, ser más efectivas para disminuir el riesgo por inundación. De entre este tipo de medidas están:

- **Elaboración de mapas de riesgo**. Es importante que en una región se tengan identificadas aquellas zonas de alto, mediano y bajo riesgo por inundación. Estos mapas requieren de un estudio hidrológico, topográfico y geológico para su elaboración.

- **Reglamentación de uso del suelo.** En función de los mapas de riesgo se tiene que reglamentar el uso de suelo y las autoridades deben hacerlos respetar.

- **Concientizar a la población.** Mediante folletos, pláticas a la comunidad y la participación de los medios de comunicación se tiene que concientizar a la población del riesgo que corren en la zona donde

viven y hacerles ver que la autoprotección debe ser parte importante de su estilo de vida.

- **Elaborar planes de emergencia.** Con apoyo de personal autorizado, como pueden ser Protección Civil y el ejército se deben elaborar planes de emergencia que contemplen ubicación de albergues, rutas de evacuación y simulacros, así como hacer partícipes a los pobladores en estos planes.

Bibliografía

- 1.- Domínguez R, Fuentes O., García F., “Inundaciones”, fascículo No. 3, CENAPRED, México 1999.
- 2.- Fuentes O. y García F., “Huracanes”, fascículo No. 5, CENAPRED, México 1999.
- 3.- Servicio Meteorológico Nacional, “Boletines Meteorológicos diarios por Internet”, www.smn.cna.gob.mx, Comisión Nacional del Agua, México, septiembre del 2003.
- 4.- Gobierno del estado de Michoacán, “Página principal por Internet del gobierno del estado”, www.michoacan.gob.mx, México, enero 2004.
- 5.- García M. E, et. al. “Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana”, Editorial Porrúa S.A., México 1993.



Desarrollo Tecnología y Planeación S.A. de C.V.

Filadelfia No. 124-402 Col. Nápoles C.P. 03810 .México, D.F.
 Tel:5543-8658 con 4 líneas Fax 5682-3470
 E-Mail:dtpconsultores@dtpconsultores.com.mx

FELICITA A LA ASOCIACION MEXICANA DE HIDRAULICA, A. C., POR LA EDICION DE SU REVISTA.

DTP Participa en la supervisión de la construcción de las Lagunas de Regularización denominadas “Casa Colorada” y “El Fusible”, ubicadas en la zona federal del Vaso de Texcoco

DATOS GENERALES

	LAGUNA CASA COLORADA	LAGUNA EL FUSIBLE
Superficie	353 Ha	42 Ha
Embalse en el Name	5'298,626 m ³	614,154 m ³
Construcción de Bordos	9,992 m	1,485 m

La función es la de regular en tiempo de lluvias las aguas combinadas de la zona metropolitana del Valle de México.
 DTP Consultores, S.A. de C.V., supervisa también obras de PEMEX, realiza inspección de gasolineras, verifica instalaciones de transporte, distribución y aprovechamiento de gas natural para el sector privado y supervisa la construcción de edificios como reclusorios y hospitales.

www.dtpconsultores.com.mx