

**NOTA TÉCNICA**  
**ZONA DE MAYOR AFECTACIÓN EN EL PUERTO DE**  
**MANZANILLO COLIMA MÉXICO, POR EVENTOS**  
**HIDROMETEOROLÓGICOS INTENSOS Y SU PERIODICIDAD**

M. Patiño-Barragán<sup>1</sup>, A. O. Meyer-Willerer<sup>1</sup>, M. A. Galicia Pérez<sup>1</sup>,  
C. Lezama Cervantes<sup>2</sup> y B. Lara Chávez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima, km. 20 Carretera Manzanillo–Cihuatlán, Manzanillo, Colima, 28860, México. E-mail: [mpkile@cgc.ucol.mx](mailto:mpkile@cgc.ucol.mx)*

<sup>2</sup>*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, km. 20 Carretera Manzanillo–Cihuatlán, Manzanillo, Colima, 28860, México.*

**RESUMEN**

En el año de 1999 se inundaron diferentes zonas del puerto de Manzanillo Colima México a consecuencia del Huracán Greg, la más afectada fue la colonia más grande del puerto (Valle de las Garzas). El nivel del agua dentro de las habitaciones llegó a una altura de 1 m, el sistema de drenaje y la planta de tratamiento de aguas residuales existente en la zona fueron desbordados afectando toda el área con aguas negras. El fraccionamiento quedó aislado del resto del puerto y a las personas sólo fue posible sacarlas con lanchas. El evento produjo pérdidas económicas cuantiosas.

Palabras clave: inundación, huracán, Manzanillo Colima México, zonas de riesgo elevado

**MOST AFFECTED AREA IN THE PORT OF MANZANILLO COLIMA MEXICO BY SEVERE  
HYDROMETEOROLOGIC EVENTS AND THEIR PERIODICITY**

**ABSTRACT**

In the year of 1999 different areas was flooded in Manzanillo Colima Mexico, in consequence of the Hurricane "Greg". The more affected was the biggest urban colonia of port (Valle de las Garzas). The water level inside the rooms arrived at a height of 1 m, the system of drainage and the plant of residual water processing in the zone were flooded, affecting all the area with black waters. The urban colony remained cut off from the remainder of the port and to the alone people was possible to remove them with launches. The event caused loses economics substantial.

Key words: flood, hurricane, Manzanillo Colima Mexico, zones of high risk

**1. INTRODUCCIÓN**

En los EEUU, el promedio de desastres declarados por año se ha incrementado de 20 en la década de los sesentas, a 30 en los años noventa y más de 45 para fin del siglo, con una cifra a nivel mundial de más de 10,000 muertes por evento (Comerio, 2004). Aunque las estimaciones varían, los impactos económicos indican pérdidas mundiales anuales que van de \$3.9 mil millones en los años cincuenta a \$15.1 mil millones en la década de los ochentas y \$63 a \$75.9 mil millones en la década de los noventas (Kreimer et al., 2003, Siembieda et al., 2002).

Estos impactos se deben al sitio donde se desarrollan las poblaciones ya que en el período 1980-2000, el 75% de la población mundial vivía en áreas afectadas por terremotos, ciclones tropicales, huracanes, inundaciones, o por la sequía (United Nations Development Program, 2004).

Los huracanes han sido uno de los eventos que han producido desastres naturales más devastadores. El año 2005 fue uno de los más activos en la formación de huracanes que causaron graves daños a muchos países. De acuerdo a las estadísticas de trayectoria de los eventos meteorológicos que se originan tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico, México se considera uno de los países con mayores posibilidades de ser afectado por estos eventos. De 1980 al 2002 han impactado al país 82 ciclones tropicales y 42 huracanes (SMN, 2003). Además, los porcentajes de riesgo se incrementan por factores antropogénicos asociados con usos de suelo adjudicados sin estudios ecológicos y territoriales lo que trae como consecuencia inundaciones y deslizamientos del terreno, entre otros aspectos, que han ocasionado eventos catastróficos. En las costas del país el paso de estos fenómenos ha dejado víctimas, daños a la propiedad privada, al espacio urbano, a la industria y al comercio, con costos económicos y sociales elevados. Uno de estos eventos afectó a Manzanillo Colima, México, en el año de 1999 dejando en evidencia áreas de riesgo.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

Se establecieron las áreas de la República Mexicana que son afectadas por eventos hidrometeorológicos y se analizaron los impactos en el municipio de Manzanillo Colima, basados en datos del Servicio Meteorológico Nacional (2003) de los últimos 60 años; se calculó el coeficiente de correlación ( $r^2$  Pearson) para analizar la relación entre la intensidad de la lluvia y el fenómeno del Niño, así como la periodicidad de las precipitaciones intensas. Se describe la infraestructura del puerto y su desarrollo. En función de una trayectoria representativa de los ciclones que pasan frente a la costa del estado de Colima (Oldenbourg, 1996) se seleccionó el Huracán Greg de 1999 con categoría 1 en la Escala de Saffir-Simpson para determinar la zona de mayor afectación en Manzanillo Colima México. Por superposición de imágenes se ubicaron las zonas de riesgo del puerto (H. Ayuntamiento de Manzanillo, 2004), el área urbana, el tipo de relieve y las inundaciones provocadas por el Huracán "Greg" para determinar el índice de coincidencia.

## 3. RESULTADOS

La República Mexicana, debido a su ubicación entre los paralelos 16° y 32° latitud Norte, es afectada por ciclones tanto en el litoral del Océano Pacífico como del Atlántico. Los ciclones que llegan a México provienen de la sonda de Campeche, Golfo de Tehuantepec, Mar Caribe (alrededor de los 13° latitud Norte y 65° longitud Oeste) y Sur de las Islas Cabo Verde (cerca de los 12° latitud Norte y 57° longitud Oeste, región Atlántica) (Fig. 1).

Las áreas afectadas regularmente exceden el 60% del territorio nacional (Fig. 2). Por lo mismo, los asentamientos humanos cercanos a las costas, están expuestos a la influencia de las perturbaciones ciclónicas. Se ha determinado que en México, entre mayo y noviembre, se presentan un promedio de 25 ciclones anuales con vientos mayores de  $63 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , de los cuales 15 ocurren en el Océano Pacífico y 10 en el Atlántico. De éstos, cada año, 4 ciclones (dos del Pacífico y dos del Atlántico) inciden a menos de 100 km del territorio nacional (H. Ayuntamiento de Manzanillo 2004). Debido a su ubicación (Fig. 3) anualmente el 51% de la población del estado de Colima puede verse afectada por la presencia de un ciclón (CENAPRED, 2001). El municipio de Manzanillo ocupa la cuarta parte del estado de Colima al que pertenece. El puerto se localiza en la Bahía de Manzanillo, en las coordenadas, Norte 19° 31', al Sur 18° 41' de latitud Norte; al Este 103° 29', al Oeste 104° 41' de longitud Oeste (INEGI, 2000). Limita al Norte, con el Municipio de Minatitlán, al Este, con Coquimatlán y Armería, al Sur, con el Océano Pacífico, al Oeste y Noroeste, con el estado de Jalisco. Tiene una altura sobre el nivel del mar de 4 m en el malecón.



Figura 1. Zonas y trayectorias de los ciclones que penetran al territorio nacional. (H. Ayuntamiento de Manzanillo 2004).

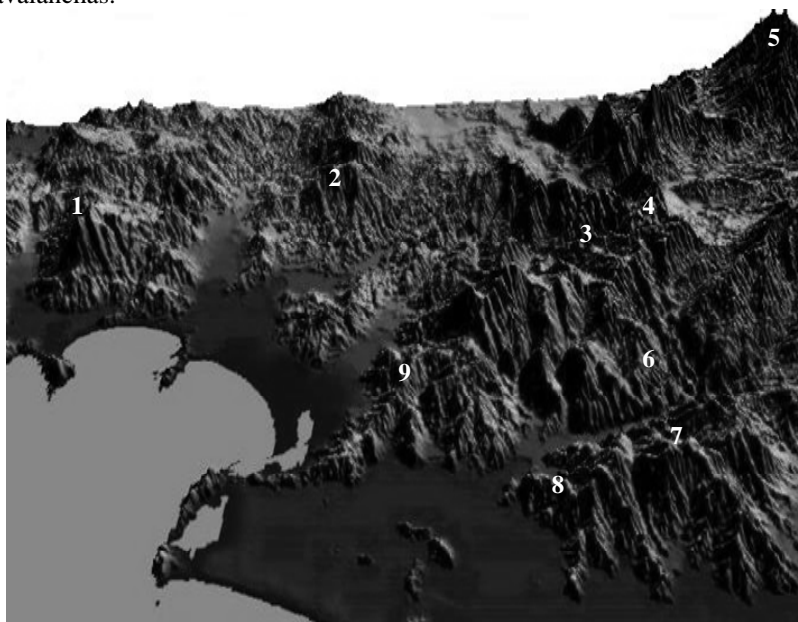


Figura 2. Mapa de peligros por incidencia de ciclones de la República Mexicana. (CENAPRED, 2001).



Fig. 3. Localización del estado de Colima y el Municipio de Manzanillo.

El tipo de relieve de la región (Fig. 4) está formado por rocas sedimentarias que se presentan en capas de echados bajos, unos inclinándose hacia el océano y otras inclinadas hacia el centro de las sierras menores, están constituidas por areniscas arcósicas en capas medianas de granos de cuarzo y feldespatos unidos firmemente con cementante silíceo, por lo que son rocas con alta cohesión tanto en seco como en húmedo; otras son grauvacas, con granos líticos y feldespatos incluidos en una matriz arcillosa y cementante silíceo, pero que pierde cohesión cuando se satura con agua; también hay capas de conglomerados con fragmentos del tamaño de gravas derivados de cuarzo lechoso y rocas metamórficas. Los cerros cónicos son del intrusito hipabisal del Terciario Inferior Oligoceno y las rocas que lo rodean son endurecidas por metamorfismo de contacto. La rocas presentan fracturas inclinadas de 45 a 60° hacia el océano, de vez en cuando modificadas por pequeñas fallas normales que se inclinan de 35 a 45° hacia el centro de la serranía (Muñiz Murguía et al., 2006), estas pendientes propician la ocurrencia de flujos torrenciales y avalanchas.



**Fig. 4. Orografía de la región donde se encuentra el Puerto de Manzanillo: 1 Cerro El Toro (820 m), 2 Cerro El Centinela (800m), 3 Cerro Espumilla (1400 m), 4 Cerro El Ocote (1750), 5 Nevado de Colima y Volcán de Fuego (4340 y 3860 m), 6 Cerro El Zacate (1300 m), 7 Cerro El Escorpión (1000 m), 8 Cerro de San Buenaventura (620 m) y 9 Cerros Francisco Villa (820 y 940 m).**

Es el puerto más importante del pacífico mexicano, segundo en cuanto a volumen de carga transportada se refiere. Tiene una actividad dinámica en el comercio de mercancías, inversiones y terminales especializadas, cuenta con un parque industrial constituido por el Fondo para el Desarrollo Portuario (FONDEPORT), además de una terminal marítima de Petróleos Mexicanos (PEMEX).

El turismo representa la segunda fuente de trabajo con una infraestructura de 3,800 habitaciones hoteleras (H. Ayuntamiento de Manzanillo 2003-2006). En el espacio conurbado opera una Central Termoeléctrica que produce el 5.4% de la energía eléctrica del país que abastece al sistema interconectado nacional, especialmente a los estados de Jalisco, Michoacán, Zacatecas y Aguascalientes, además del puerto.

A partir de 1824 en que se abre Manzanillo como puerto del pacífico, inicia su desarrollo histórico como ciudad y puerto (Tabla 1). Este desarrollo ha traído como consecuencia un incremento en la infraestructura (Tabla 2) que a partir de 1980 ha provocado un crecimiento acelerado de la población

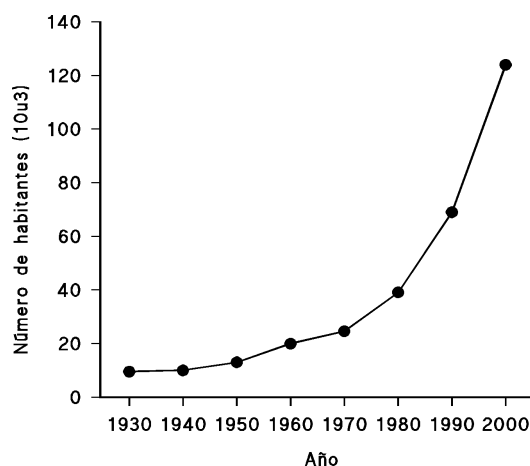
(Fig. 5) (INEGI, 2000) que los Ayuntamientos Municipales no han podido organizar, otorgando concesiones de manera indiscriminada a las inmobiliarias. El número de colonias autorizadas es de 68 (H. Ayuntamiento de Manzanillo 2003-2006), sin embargo, existen más del doble. Las colonias se han incrementado desde menos de una decena hasta 150 en unos cuantos años, instalándose algunas en lugares con riesgo elevado (Fig. 6). Todo esto ha producido que el puerto se desarrolle de manera desordenada.

**Tabla 1. Desarrollo histórico del puerto de Manzanillo Colima.**

1824	Apertura de Manzanillo como Puerto del Pacífico.
1825	Puerto de Cabotaje.
1840	Puerto de Altura.
1854	Inicia "El Fundo Legal", repartiendo lotes urbanizados.
1868	Se abre el canal que une la Bahía de Manzanillo con la Laguna de Cuyutlán (Proyecto Saneamiento del Puerto).
1908	Se inaugura el ferrocarril y las obras del puerto, malecón y rompeolas.
1971	Se inaugura el Puerto Interior de San Pedrito.
1972	Se inaugura el Aeropuerto Internacional "Playa de Oro" y el hotel "Las Hadas".
1974	La peletizadora de Tapeixtles se pone en servicio.
1982	Inicia sus funciones la Planta Termoeléctrica.
1995	Se privatizó el Puerto Interior de San Pedrito, a la Administración Portuaria Integral (API).

**Tabla 2. Desarrollo de la infraestructura en el puerto de Manzanillo Colima.**

Muelle Fiscal	Astilleros para construcción de barcos
Malecón	Instalaciones de Peña Colorada
Muelle de Cabotaje	Instalaciones de la CFE
Muelle de Zona Naval	Aeropuerto
Muelle de Pasajeros	Hoteles
Muelle de Petróleos Mexicanos	Industrias Pesqueras
Puerto Interior	Urbanización Valle de las Garzas
Instalaciones de Petróleos Mexicanos	Plantas de tratamiento de aguas negras

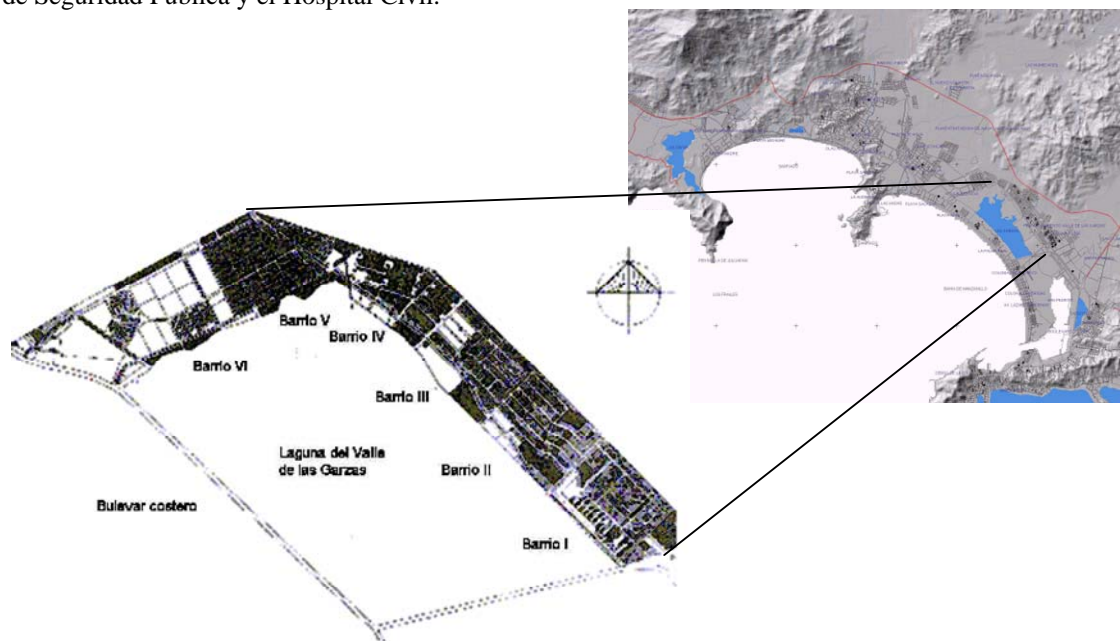


**Figura 5. Crecimiento de la población del puerto de Manzanillo, Colima**



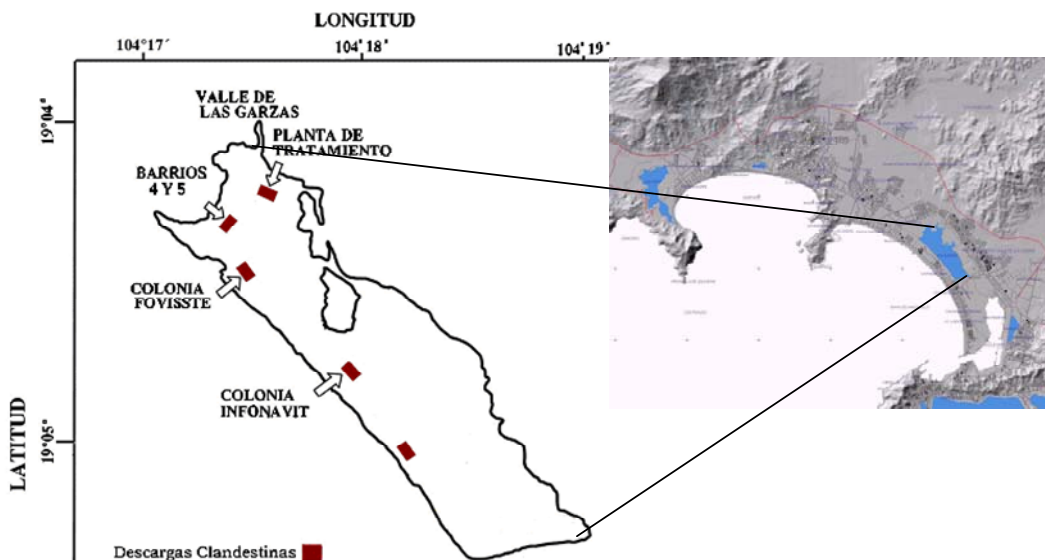
**Figura 6. Casa destrozada por oleaje de tormenta. Colonia las Brisas Manzanillo Col., (Sep. 2000).**

Para resolver la demanda creciente de vivienda se creó el enorme Fraccionamiento Valle de las Garzas en 1984 mediante fideicomiso 332 Banobras-Manzanillo-Las Garzas (FIMAGA) (Ayala, 1999). Se ubicó en el contorno costero de la Laguna del Valle de las Garzas, con una división de sectores llamados Barrios, del I al VI (Fig. 7). Durante los 24 años de existencia de FIMAGA se han urbanizado y comercializado los seis Barrios y zonas de equipamiento regional y urbano habiéndose desarrollado el 98% de la vivienda potencial con una población de 50,000 habitantes. El Fraccionamiento cuenta con diferentes tipos de vivienda. Uno de los desarrollos residenciales más cotizados se ubica en el Barrio VI con un costo de las casas habitación entre \$80,000.00 y \$100,000.00 dólares. Entre los servicios más importantes que se encuentran en el citado desarrollo urbano están la Central de Autobuses, el Complejo de Seguridad Pública y el Hospital Civil.



**Figura 7. Ubicación del Fraccionamiento Valle de las Garzas.**

La Laguna Valle de las Garzas (Fig. 8) es la prolongación de la antigua Laguna de San Pedrito. Se localiza a  $19^{\circ} 06'$  de latitud N y  $104^{\circ} 19'$  de longitud W y una altura de 2 m snmm (sobre el nivel medio del mar), se encuentra sobre el margen del Océano Pacífico, a 5 km del centro histórico de la ciudad de Manzanillo Colima. La longitud aproximada de la laguna es de 2.5 km. Su parte más ancha mide 0.6 km, presentando una forma casi rectangular con una superficie de captación de 150 has. En diciembre de 1980 se determinó una superficie de agua de 86.225 has (COCOMABA, 1982).



**Figura 8. Ubicación de la Laguna del Valle de las Garzas.**

La Laguna de las Garzas podía considerarse hace 30 años como un cuerpo poikilohalino, esto es, que regulaba su salinidad por medio externos (debido a la influencia de las mareas) pero actualmente como consecuencia de las modificaciones antropogénicas se ha convertido en un cuerpo endohalino, o sea, que su salinidad está regulada internamente. Aún cuando existe una estructura para aislarla de la influencia de las mareas, el contenido que presenta es al menos parcialmente marino. El aporte de agua está dado únicamente por la precipitación pluvial y por los escurrimientos de la micro cuenca a la que pertenece; por consiguiente, cuando la precipitación es escasa y el medio adyacente no facilita el escurrimiento de las aguas de lluvia, el aporte es mínimo. Se puede considerar también como una aportación de agua, los escurrimientos de drenajes (aguas fecales) de las casas que se encuentran en el margen de la laguna. Aún cuando el volumen aportado sea pequeño, la polución orgánica de esta agua provoca modificaciones importantes en el metabolismo del ecosistema. Por otra parte la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la zona, vierte sus aguas a la laguna convirtiendo el cuerpo de agua en una laguna de oxidación (Meyer-Willerer et al., 2008). La circulación del agua se lleva a cabo exclusivamente por la acción del viento y es mínima. La profundidad máxima que presentaba en 1982 era de 0.5 m con un promedio de 0.40 m, actualmente es de 0.20 m.

La estación de lluvias para la región es muy marcada durante los meses de julio a octubre, con una precipitación pluvial anual promedio de 1000 mm. En los últimos 50 años las lluvias cuya intensidad superan un litro por minuto durante una hora, tienen un promedio de una cada dos años (Tabla 3) en tanto que las lluvias que superan los 200 mm en 24 horas tienen una frecuencia de una cada cuatro años (Tabla 4) (Martínez, 2006).



**Tabla 3. Datos de lluvia máxima en 1 hora en Manzanillo, Col., en el periodo de 1950 al año 2000.**

Color gris claro, períodos de afectación a las lluvias por fenómeno Niño, sin color, años no afectados por fenómeno Niño. Color gris oscuro, valores mayores que el valor crítico (60 mm).  
Se incluyen los valores de 59 mm (Martínez, 2006).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1950	0	0	0	0	0	63.4	34.7	78.6	60.3	49.1	0	0.4	78.6
1951	1.1	0	3.1	0	46.6	38	19.2	58.7	65.6	19	22.3	0	65.6
1955	4.1	0.2	0	0	0	1.8	45.5	79.6	26	31.8	0.5	0	79.6
1956	0	0	0	0	27.3	10.4	17.5	57.5	63.7	7.6	1	0	63.7
1958	11.2	9.5	0.6	0	0	55.2	26.2	74.4	40.8	45.3	13	1.7	74.4
1959	3.8	0	0	26	0	61.2	17.7	0	0	0	0	0	61.2
1960	0	0	0	0	0	12.4	28.1	69.5	13.3	0	0	15.5	69.5
1962	0	0	0	0	0	25.2	34.1	59.9	51.1	24.9	32.2	0.2	59.9
1964	3	0	0.3	0	0	11.9	70.9	8.9	13.7	30.5	0	24.4	70.9
1966	2.1	0.2	0	0	0	78	17.1	33.4	9.3	46	0	0	78
1982	0	0	0	0.6	0	66	32.2	3.9	45.7	4.1	101.2	12.4	101.2
1986	0	0.5	0	0	0	8.4	36.7	71.8	24.1	32.3	14.6	0.1	71.8
1988	0	0	0.5	0	0	7.6	19.6	35.4	59.2	20.7	0	0	59.2
1990	0	5.8	0	0	0.9	49.8	65.2	19.5	60.5	44.8	1	0	65.2
1992	50.7	33.7	0	0.3	7.6	10	40	38	62.8	47.7	1.5	29	62.8
1993	7	0	0	0	0	39.5	45.4	44.1	60	41.9	20.5	0	60
1996	0	0	0	0	0.1	64.6	46.7	60.5	10	32.6	14.3	14.8	64.6
1998	0	0	0	0	0.3	14.7	20.9	11.2	86	10.1	0	0	86
1999	0	0	0	0	0	67.8	38.5	11	38.4	15.1	4.6	0	67.8
2000	0	0	0	0	16.5	13	73.6	59.7	34	30.5	3.5	1.3	73.6
MAX	56.1	33.7	16.3	26	46.6	78	73.6	79.6	86	57.6	101.2	29	101.2

**Tabla 4. Datos de lluvia máxima en 24 horas en Manzanillo, Col., en el periodo de 1941 al año 2000.**

Color gris claro, períodos de afectación a las lluvias por fenómeno Niño, sin color, años no afectados por fenómeno Niño. Color gris oscuro, valores mayores que el crítico (200 mm)  
(Martínez, 2006).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1941	3.3	22	1.6	0	0	6.5	62.8	19.5	233	73.6	1.5	7	233
1944	2.6	0.8	1	0	1.5	6.3	33.1	236.1	210.4	3.8	99.3	0	236.1
1948	2	0	0.7	0	0	80.7	199.7	47.2	212.2	51	22.2	1	212.2
1951	3	0	10	0	45.5	219.1	52.4	251.9	174	39.6	46.5	0	251.9
1952	35	101	0	0	8.5	90.5	68	62.4	222.6	59.4	0	3.4	222.6
1959	4.1	0	0	54.7	0	74.8	24.8	132.8	43	250	0	0	250
1964	4.9	0	0.3	0	0	15.9	200.5	16	43.4	42.3	0	29.5	200.5
1966	2.3	0.3	0	2.2	0	269.2	17.1	71.3	14	58.9	0	0	269.2
1971	2	0	0	0	0	15.1	12.9	194	101.6	282.8	0.1	0.5	282.8
1974	0	0	0	0	67	48.3	13.2	73	202.1	26.1	4.9	6.4	202.1
1982	0	0	0	0.6	0	84	36	7.8	52.5	13	280	15.4	280
1987	0.9	1.2	0	0	0	7	245.6	24	77.9	23.1	0	1.3	245.6
1988	0	0	3.2	0	0	14.8	34.9	203.5	157.8	32.7	0	0	203.5
1999	0	0	0	0	0	80.5	69.4	32.6	259.5	17.8	4.8	0	259.5



Existe una relación baja entre las lluvias máximas en una hora y años afectados por el fenómeno del Niño (coeficiente de correlación  $r^2 = 0.24$ ), mientras que para lluvias máximas en 24 h no existe ( $r^2 = 0.03$ ). Por otra parte, en los últimos 60 años se han presentado periodos de afectación por el fenómeno del Niño en el 58.4 %, de los años, la lluvia máxima en una hora (101.2 mm) se produjo en el año de 1982 con fenómeno del Niño.

Desde su creación y hasta 1999 se habían producido inundaciones cada vez que llovía en el Fraccionamiento del Valle de las Garzas, en ese año se presentó la más adversa. El día 5 de septiembre de 1999 se formó Greg (SMN, 2003) aproximadamente a 100 km al Oeste Suroeste de Manzanillo, Col. con vientos máximos sostenidos de  $55 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , rachas de  $75 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y desplazamiento hacia el Nornoroeste a  $11 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . La depresión se desarrolló rápidamente, convirtiéndose por la tarde en la Tormenta Tropical Greg, con vientos máximos de  $75 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y rachas de  $95 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Durante el día 6 de septiembre, cuando se encontraba a 230 km al Sureste de Cabo San Lucas, Baja California Sur (BCS) aumentó su intensidad hasta convertirse en huracán, con vientos máximos de  $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y rachas de  $150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . El día 7 siguió hacia el Noroeste, acercándose a las costas de BCS. Por la tarde, a 20 km al Sur de San José del Cabo, BCS., "Greg" se debilitó a tormenta tropical, con vientos máximos sostenidos de  $95 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y rachas de  $110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . A las 19:00 horas se localizó en tierra, con categoría I en la Escala Saffir-Simpson, aproximadamente a 25 km al Oestenoeste de Cabo San Lucas, BCS, con vientos máximos sostenidos de  $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y rachas de  $110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Después de atravesar el extremo Sur de la península con dirección Oestenoeste, salió al mar y continuó su desplazamiento en aguas del Océano Pacífico.

El día 8, al avanzar sobre aguas de menor temperatura, la Tormenta Tropical Greg se degradó a depresión tropical, con vientos máximos de  $55 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y rachas de  $65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , cuando se encontraba a 140 km al Oeste de Cabo San Lucas, BCS, con movimiento errático. El día 9 por la mañana, a 140 km al Suroeste de Puerto Cortés, BCS, la Depresión Tropical Greg inició su proceso de disipación.

El evento meteorológico Greg tuvo una duración de 95 horas y una distancia recorrida de 1,090 km a una velocidad promedio de  $11 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Por su cercanía al litoral mexicano desde que inició su trayectoria (Fig. 9), afectó con fuerte intensidad a los estados de Colima, Guerrero, Michoacán y Jalisco, con lluvias en 24 horas de 249 mm en Cihuatlán, Jalisco, 244 mm en la Villita, Michoacán, 200 mm en Coyuquilla, Guerrero, 400 mm en la Presa de Jala en Colima y 260 mm en Manzanillo Col.

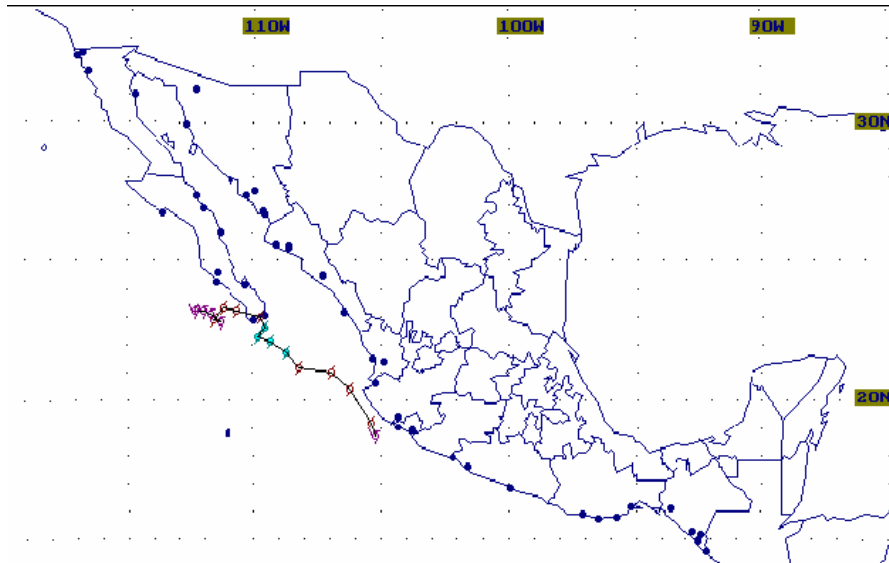


Fig. 9. Trayectoria del Huracán Greg. Septiembre de 1999.

En el puerto se inundaron diferentes zonas de la localidad y se presentaron algunos deslizamientos, sin embargo, la zona más afectada fue el Fraccionamiento del Valle de las Garzas inundándose los 6 Barrios. El nivel del agua dentro de las habitaciones alcanzó una altura de 1.0 m (Fig. 10 A, B, C y D). El fraccionamiento quedó aislado del resto del puerto y a las personas solo fue posible sacarlas con lanchas de la Armada de México (Fig. 10 E). El sistema de drenaje y la planta de tratamiento se inundaron disipando las aguas negras a toda la zona. La inundación fue tal que posteriormente en los trabajos de recuperación se encontró gran cantidad de peces en los tanques de clarificación de la planta de tratamiento de aguas negras. Los daños fueron severos: La Laguna del Valle de las Garzas subió más de un metro su nivel, formando una fuerte avenida que inundó el bulevar costero. Se formaron flujos de agua espectaculares (Fig. 10 F), quedaron incomunicados 10 ejidos con pérdidas de cultivos agrícolas y ganaderos; 5000 viviendas quedaron afectadas en todo el municipio. Las pérdidas económicas fueron cuantiosas y los problemas de los afectados no terminaron con el desalojo del agua, para muchas familias, las consecuencias del evento tardaron desde meses, hasta años, en volver a las condiciones normales.



A



B



C



D



E

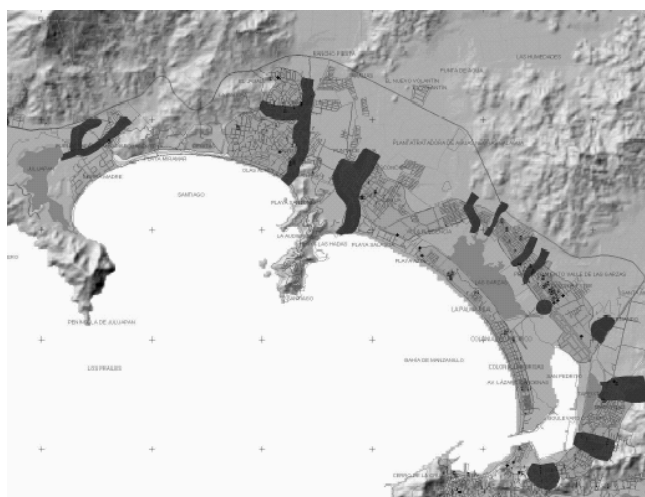


F

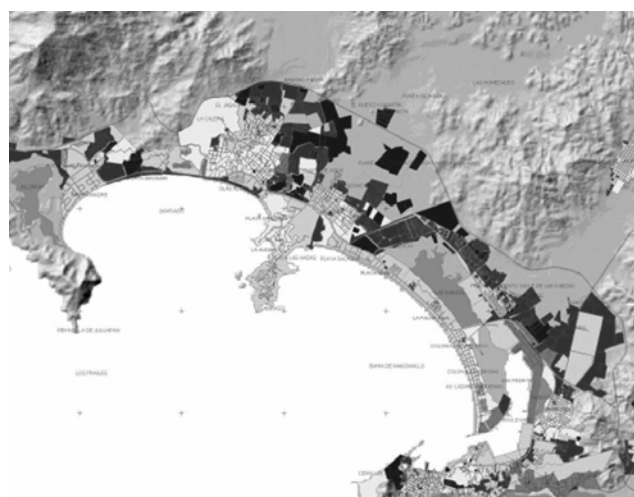
**Fig. 10. (A) Barrio III del Fraccionamiento Valle de las Garzas. (B) Avenida Elías Zamora Verduzco. Fraccionamiento Valle de las Garzas. (C) Barrio IV del Fraccionamiento Valle de las Garzas. (D) Barrio VI del Fraccionamiento Valle de las Garzas. (E) Armada de México evacuando personas. Barrio VI del Fraccionamiento Valle de las Garzas. (F) Intensidad de los flujos de agua por la precipitación del huracán Greg.**

El relieve de la región tiene pendientes que propician flujos torrenciales y avalanchas. El 26 de noviembre de 1982 se registró una de las precipitaciones más intensas (101.2 mm en una hora) en el periodo analizado, causando la muerte de 21 personas, algunas debido a avalanchas que inundaron con agua y lodo, calles, avenidas y casas en el puerto.

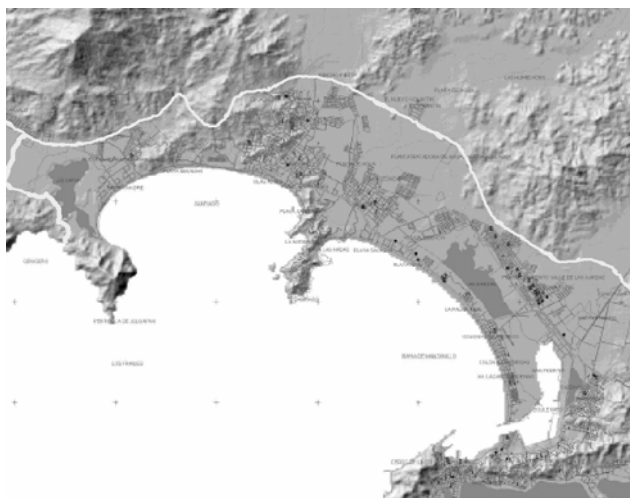
Al realizar la superposición de imágenes, las zonas determinadas como de mayor riesgo en el puerto (Fig. 11) (H. Ayuntamiento de Manzanillo, 2004) coinciden en un 100% con la localización de la inundación ocasionada por el Huracán Greg y en el mismo porcentaje con la ubicación de viviendas del Fraccionamiento Valle de las Garzas (Fig. 12). Por otra parte, la zona del Valle de las Garzas se ha determinado como susceptible de ser afectada por impactos de tsunamis o riesgos hidrometeorológicos (Fig. 13) con un Índice de Riesgo Relativo Global (considerando 12 variables) entre 3 y 4 en una escala del 1 al 6 (Ayuntamiento de Manzanillo, 2004).



**Figura 11. Zonas de mayor riesgo en Manzanillo Colima (H. Ayuntamiento de Manzanillo, 2004).**



**Figura 12. Localización de las viviendas en Manzanillo Colima (H. Ayuntamiento de Manzanillo, 2004).**



**Figura 13 Zona susceptible de ser afectada por impactos de tsunamis o riesgos hidrometeorológicos en Manzanillo Col.**

#### 4. DISCUSIÓN

Considerando que el fraccionamiento del Valle de las Garzas se ubica dentro de las zonas de riesgo elevado (Índice de Riesgo Relativo Global entre 3 y 4 en escala de 1 a 6) (Fig. 11) y se encuentra dentro del área susceptible de ser afectada por impactos de tsunamis o riesgos hidrometeorológicos (Fig. 13) y fue el área más afectada por un evento meteorológico representativo, resulta evidente que se ubicó en un sitio inadecuado por lo cual es imprescindible realizar un estudio integral para analizar medidas preventivas o una reubicación. Por otra parte ya que la laguna ahora es una laguna de oxidación (Meyer-Willerer et al., 2008) se sugiere establecer medidas sanitarias para evitar enfermedades.

Para evitar las inundaciones en el Fraccionamiento del Valle de las Garzas el Gobierno del Estado construyó en el año 2000 un sistema pluvial con capacidad de  $230 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  conformado por el Canal de Conducción Punta de Agua-Salagua de 3.4 km y  $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 10 bocas de desfogue entre la Laguna de las Garzas, el Estero San Pedrito y el Canal Punta de Agua-Laguna las Garzas de 3.5 km y  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Gobierno del Estado de Colima, 2000). Sin embargo, considerando como una precipitación crítica aquella que supera los 60 litros en una hora o 200 litros en 24 horas y que produce problemas de inundaciones, avalanchas y deslaves (SMN, 2006) se deduce que en los últimos 50 años por precipitaciones mayores a 60 litros por hora en el puerto de Manzanillo se ha presentado una inundación severa y problemas asociados, cada dos años y por precipitaciones mayores a 200 litros en 24 horas, cada cuatro años. En otros trabajos se indica que el meteoro más poderoso que impactó al estado de Colima en el siglo XX ocurrió en octubre de 1959 (Padilla, 2006), provocó una precipitación de 362.5 mm en 24 horas en el puerto, tan solo un 28% más que la Tormenta Tropical Greg, lo que bastó para producir mil muertes y cuantiosos daños materiales en el estado, particularmente afectó a Manzanillo por donde pasó el ojo del ciclón. Por ello, el sistema de canalizaciones en la zona más afectada debe ampliarse, ya que los flujos rebasan su capacidad de desalojo aún cuando las precipitaciones no exceden los 200 mm en 24 horas como ocurrió recientemente en el año 2006 (Fig. 14) y en julio del 2008.



**Figura 14. Sistema de canalizaciones en la zonas adyacentes al Fraccionamiento Valle de las Garzas, 15 de septiembre de 2006, (Martínez, 2006).**

De acuerdo al comportamiento de los últimos 60 años, la correlación entre lluvias máximas en una hora ( $r^2 = 0.24$ ) o en 24 horas ( $r^2 = 0.03$ ) y años con evento del Niño es muy baja, por consiguiente, la posibilidad de que se presenten lluvias que excedan los valores críticos se eleva notablemente ya que se puede producir en un año con o sin Niño, por lo cual es seguro que se presentará otra precipitación como la de octubre de 1959 o la de noviembre de 1982 causando un mayor número de muertes, debido a que se ha incrementado el número de personas en los mismos asentamientos o se han instalado en otros con mayor riesgo. La estadística de 55 tsunamis arribados a México en 250 años (Sánchez y Farreras, 1993) y el cambio climático que ha provocado eventos meteorológicos como Katrina y Stan que han causado daños catastróficos, hacen necesaria una nueva cultura de prevención de riesgos.

## 5. CONCLUSIONES

La zona más afectada por un evento meteorológico representativo en el puerto de Manzanillo Colima es el Fraccionamiento del Valle de las Garzas; además zonas cercanas a cuerpos de agua y sistemas de canalizaciones de aguas pluviales se han utilizado para vivienda, un uso de suelo que no es adecuado, ya que se encuentra determinado como de riesgo elevado.

Considerando que la probabilidad de que se presenten precipitaciones mayores a 60 litros por hora es de cada dos años y mayores de 200 litros en 24 horas, cada cuatro años, produciendo una inundación severa y problemas asociados. Se sugiere realizar estudios de ordenamiento territorial, que constituyan una herramienta eficaz en la toma de decisiones para el otorgamiento de permisos de construcción de nuevas edificaciones por parte de las administraciones municipales.

Por otra parte, es importante la construcción del drenaje pluvial y reubicar la planta de tratamiento de aguas negras que se encuentra en el Valle de las Garzas e informar a la población acerca de las rutas de evacuación y zonas seguras en caso de tsunamis.

## 6. REFERENCIAS

1. Ayala, M.G. 1999. Análisis de la situación de FIMAGA. Dirección administrativa. Ayuntamiento de Manzanillo, 2003. Departamento de Planeación, 123 p.
2. CENAPRED, 2001. La prevención de los desastres en México. Secretaría de Gobernación/Serie de Fascículos México, 35 p.

3. COCOMABA. 1982. Evaluación Ecológica para promover la Rehabilitación del Estero Valle de las Garzas. Reporte Técnico. 37 p.
4. Comerio, M. 2004. Public policy for reducing earthquake risks: a US perspective. Building Research and Information. 32(5): 403-413.
5. INEGI. Marco Geoestadístico, 2000.  
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/prodsgeograficos/mgm2000/mgm2000.cfm?c=224> (Julio del 2008).
6. Gobierno del Estado de Colima, 2000. Nuevo Colima, Dirección General de Comunicación Social. 9 p.
7. H. Ayuntamiento de Manzanillo 2003-2006. <http://www.manzanillo.gob.mx/> (12 junio 2006).
8. H. Ayuntamiento de Manzanillo-Secretaría de Desarrollo Social. 2004. Estudio Integral del Atlas de Riesgos para Manzanillo. 175 p.
9. Kreimer, A., Arnold, M. and Carlin, A. 2003. Building Safer Cities: The Future of Disaster Risk. Washington, D.C. The World Bank.
10. Martínez Venegas, R. 2006. Zonas de riesgo hidrometeorológico en Manzanillo, Colima, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima, 176 p.
11. Meyer-Willerer, A. O., Torres, E. y Patiño, M. 2008. La laguna del Valle de las Garzas deteriorada como laguna de oxidación. Iridia, U. de Colima 3(5): 28-39.
12. Muñiz Murguía J. J., Patiño-Barragán M., Olivos Ortiz A. Galicia Pérez M. A., Meyer Willerer A. O., Gaviño Rodríguez J. H., Lara Chávez B., Calderón Riveroll G., Jiménez Ramón G. A., Ramírez Ruiz J. J., Bretón González M., 2006. Manifestación de Impacto Ambiental Terminal de Gas Natural Licuado de Manzanillo. <http://www.semarnat.gob.mx/pages/inic.aspx> SEMARNAT México D. F., 1040 p.
13. Padilla, R. 2006. El huracán del 59. Historia del desastre y reconstrucción de Minatitlán, Colima. Universidad de Colima. Colima Col., 180 p.
14. Sánchez A.J. and S. F. Farreras, 1993. Catalog of tsunamis on the Western Coast of México, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, Publication SE-50, National Geophysical Data Center, NOAA, Boulder, Colorado. 79 p.
15. Servicio Meteorológico Nacional (SMN) CNA-CGT, 2003. Ciclones tropicales.  
<http://webferret.search.com/click?wf.ciclones,,smn.cna.gob.mx%2Ficiclones%2Ficiclones.html,altavista>
16. Siembieda, W., Baird, B. and Topping, K. 2002. Disaster Recovery-A Global Perspective. Interplan. No. 69. Chicago: American Planning Association, Publication of the International Division, 1-4.
17. United Nations Development Program, 2004. Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. New York: United Nations, Bureau for Crisis Prevention and Recovery. 146 p.