

18
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN**

**HURACANES EN EL GOLFO DE MEXICO, SUS
EFECTOS SOBRE OBRAS COSTERAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

Adriel González Hernández

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

San Juan de Aragón, México.

1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Capítulo I	Introducción	4
Capítulo II	Características generales de huracanes	
2.1	Huracanes	5
2.1.1	Que es perturbación, depresión, tormenta tropical y huracán	5
2.1.2	Origen y temporada de huracanes	6
2.1.3	Categorías	10
2.1.4	Diferencia entre tornado y huracán	12
2.2	Estructura de huracanes	13
2.2.1	El ojo del huracán, calma engañosa	13
2.2.2	Energía de un huracán	13
2.2.3	Cuadrantes de un huracán	16
2.2.4	Nomenclatura	19
2.3	Zonas generadoras de huracanes	20
2.3.1	Zonas ciclógenas	20
2.4	Daños	23
2.4.1	Factores que causan los daños	23
2.4.2	Oleaje de tormenta	23
2.4.3	Marea de tormenta	26
2.4.4	El viento	28
2.4.5	Las precipitaciones	31
2.5	Los huracanes un mal necesario	32
2.5.1	Beneficios	32
2.5.2	Vulnerabilidad de las costas mexicanas	32
2.5.3	Promedio de huracanes por temporada y región matriz	33
	Referencias	35
Capítulo III	Descripción de huracanes estudiados	
3.1	Elección de huracanes	37

3.2	Resumen de trayectoria y daños	39
3.2.1	Huracán Inéz	39
3.2.2	Huracán Beulah	43
3.2.3	Huracán Ella	48
3.2.4	Huracán Caroline	51
3.2.5	Huracán Anita	55
3.2.6	Huracán Allen	58
3.3	Referencias	62
Capítulo IV Modelos de simulación		
4.1	Modelos de simulación	66
4.2	Utilidad de los modelos de simulación	67
4.2.1	Comparación del modelo de vientos y mediciones	68
4.3	Modelo de vientos	70
4.3.1	Modelo envolvente de vientos	93
4.4	Modelo de oleaje de tormenta	103
4.5	Modelo de marea de tormenta	114
	Referencias	124
Capítulo V Información bibliográfica		
5.1	Información generada de las distintas fuentes de información	126
5.2	Tabla de información	127
5.2.1	Explicación de daños	128
5.3	Daños en las actividades agropecuarias, industriales y comerciales	130
Capítulo VI Vulnerabilidad de las costa mexicanas en la zona noreste		
6.1	Huracanes que se presentaron en el Golfo de México y Océano Pacífico	136
6.2	Características físicas y geográficas en la zona noreste	139

6.2.1	Censos de población a nivel nacional	140
6.2.2	Influencia del Golfo en la zona noreste	143
6.2.3	Importancia de la Sierra Madre Oriental	143
6.2.4	Zonas climáticas	144
6.2.5	Ríos de la zona del Golfo	145
6.3	Poblaciones afectadas por huracanes en la zona del Golfo de México (Entidades y municipios)	146
6.4	Desarrollo agropecuario, industrial, comercial y turístico	156
6.4.1	Desarrollo industrial	157
6.4.2	Principales instalaciones expuestas a los efectos de huracanes	158
6.4.3	Puertos expuestos a los efectos de los huracanes	158
6.4.4	Actividades comerciales	160
6.4.5	Desarrollo turístico en las zonas costeras expuestas a los efectos de los huracanes	161
6.5	Obras, ríos y vías de comunicación afectadas por los huracanes en la zona del Golfo	162
6.6	Variación e incremento de la población en las entidades costeras y no costeras	164
6.6.1	Variación de la población	164
6.6.2	Incremento de la población de 1960-1980 y de 1980-2010	165
6.7	Ajuste de datos	167
6.7.1	Velocidades de viento contra número de decesos	167
6.7.2	Velocidades de viento contra número de evacuados	169
6.7.3	Velocidades de viento contra número de damnificados	169
6.7.4	Relación entre velocidades de viento y distancias	171
	Referencias	174
Capítulo VII Conclusiones		176

CAPITULO I INTRODUCCION

De los fenómenos que tienen lugar en la atmósfera terrestre los huracanes son los más espectaculares, desde su formación, desarrollo y desintegración. En regiones costeras con alta densidad de población y donde se encuentran instaladas grandes zonas industriales los huracanes constituyen un enemigo natural temible.

México por estar geográficamente situado entre dos océanos, año con año está expuesto a sufrir los embates de la temporada de huracanes y por lo tanto a los efectos que acompañan a estos sistemas, los cuales tienen implicaciones diferentes para las distintas regiones del planeta, según sean las características geográficas, climática, topográficas, desarrollo económico y distribución poblacional.

En este estudio se optó por el uso de los modelos de simulación para estimar los efectos de viento, oleaje y marea de tormenta que se presentaron en las ciudades y poblaciones costeras. Los modelos sirvieron de parámetro al compararse con mediciones realizadas por el Servicio Meteorológico Nacional dando resultados aceptables. Estos modelos son de útiles como método de predicción acerca de las posible consecuencias que pueden ocasionar los efectos de un huracán en las costas o en caso que toque tierra.

El análisis de estos fenómenos y sus efectos en el medio con los modelos de simulación, dejan de ser un hecho arbitrario para convertirse en proceso natural, que si bien no podemos conocerlo con exactitud, tampoco ofrecen dificultades insalvables para estudiarlos o para predecirlos con ciertas garantías de seguridad.

CAPITULO II CARACTERISTICAS GENERALES DE HURACANES

Los huracanes o ciclones tropicales son las tormentas más devastadoras y, no obstante los esfuerzos del hombre, redundan en enormes pérdidas humanas y materiales en las áreas bajo las rutas de su recorrido. En la actualidad éstas áreas se encuentran densamente pobladas, con desarrollo industrial, agrícola y pecuario aunado a tráfico aéreo, terrestre y marítimo, lo cual eleva los daños anuales en la economía de los países expuestos a este fenómeno natural.

Se ha logrado una reducción en la pérdida de vidas humanas gracias a la mejoría de detección y avisos de las organizaciones de carácter nacional e internacional, así como la ayuda de organismos gubernamentales para los sistemas de evacuación y alojamiento temporal.

2.1 HURACANES

2.1.1 Que es perturbación, depresión, tormenta tropical y huracán?

Por acuerdo internacional, todas las circulaciones atmosféricas ciclónicas (con el sentido antihorario en el hemisferio norte) originadas sobre aguas tropicales se denominan "ciclón tropical"; es el nombre genérico que se da a cualquier perturbación tropical, a partir de cuando tiene características de una depresión hasta que se constituye en huracán.

Perturbación tropical: es una circulación giratoria ligera o ausente en la superficie, pero algunas veces desarrollada en altura, sin isobaras (líneas de igual presión atmosférica) cerradas y sin vientos fuertes. Es un fenómeno común en los trópicos.

Depresión tropical: es una circulación giratoria sobre la superficie del mar, formada por una o más isobaras (líneas de igual presión atmosférica) cerradas. La velocidad máxima del viento sostenido tiene un rango de 35 a 59 km/h.

Tormenta tropical: es una circulación giratoria sobre la superficie del mar formada por isobaras cerradas. La velocidad máxima del viento sostenido tiene un rango de 60 a 119 km/h, es en esta fase donde se le asigna un nombre.

Huracán: es una circulación giratoria muy pronunciada y fuerte, formada por isobaras cerradas. La velocidad máxima del viento sostenido es de 120 km/h en adelante. Esta tormenta intensa que se origina sobre el océano tropical tiene vientos que soplan, alrededor de una región en calma llamada *ojo del huracán*.

Los vientos alrededor del ojo soplan en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en el mismo sentido que estas en el hemisferio sur; esta característica se cumple para toda circulación atmosférica alrededor de centros de baja presión (Revista Tiempo 1974).

2.1.2 Origen, temporada y clasificación de huracanes

El nacimiento de un huracán ocurre con frecuencia en regiones donde hay fuerte calentamiento y vientos encontrados, es decir, fenómenos que son ordinarios cerca del Ecuador, entre los grados 5 y 10 de latitud norte (en el hemisferio norte) donde los vientos Alisios se juntan para formar la zona intertropical de convergencia, figura 1.

La convergencia producida en la capa límite de los Alisios origina movimientos verticales que liberan calor debido a las condiciones de inestabilidad que existen. La absorción y el

almacenamiento de energía solar en las capas superiores de los océanos tropicales se transfiere al aire, mediante el flujo de vapor de agua en la superficie del mar, y después se produce la liberación de calor latente por condensación.

El movimiento ciclónico se inicia, por vientos Alisios que se encuentran de frente y empiezan a girar en torno al punto de convergencia, pero esto solo ocurre cuando la zona intertropical de convergencia se ha desplazado del Ecuador, de tal manera que la rotación de la tierra produce las fuerzas de giro, lo que no ocurre en el Ecuador, donde existe la llamada calma ecuatorial.

El centro de baja presión atrae aire girando hacia adentro y hace que el aire húmedo y caliente se eleve. La elevación de la masa húmeda origina la condensación de la humedad, liberando grandes cantidades de calor que aumentan la temperatura del aire que esta girando volviéndolo más ligero. Conforme el aire se eleva, más aire tropical húmedo entra al giro para reponer el volumen desplazado y producir así más condensación, figura 2.

En el Océano Pacífico del Este, al Sur de Guatemala y Chiapas, los huracanes crecen en el verano, pero se disipan en el mar o avanzan como depresiones hacia las costas de Baja California.

A lo largo de las costas del Golfo de México, hasta la Península de Yucatán la estación de huracanes es de Junio a Noviembre. Al comienzo de la estación el mar Caribe y el Golfo de México constituyen las principales zonas de generación de huracanes (Revista Tiempo 1974).

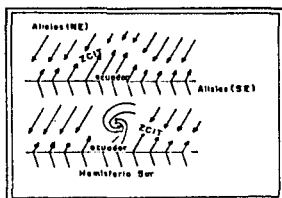


figura 1

Los vientos alisios de ambos hemisferios producen una zona de convergencia intertropical a unos 5 grados de latitud norte durante el verano

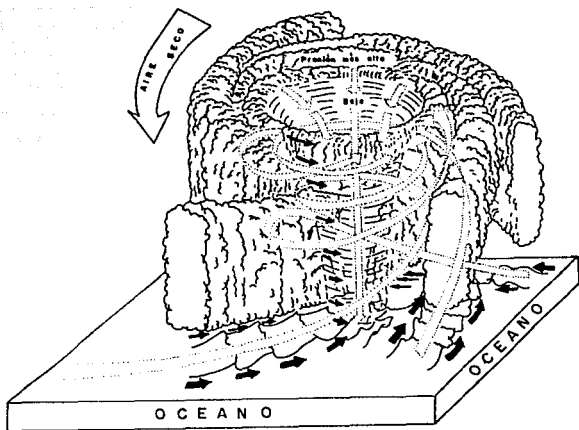


Fig.2-FORMACION DE UN HURACAN

2.1.3 Categorías

Para relacionar la intensidad de los huracanes con el daño potencial, se utiliza la escala de Saffir-Simpson, que se basa en la intensidad de viento del huracán. Son cinco los valores que permiten hacer una estimación de los daños materiales e inundaciones provocadas por un huracán en la zona costera.

HURACAN CATEGORIA UNO:

Vientos máximos sostenidos de 110-153 kh/h (74-95 Mi/h) y una altura de marea de tormenta de 1.5 m (4-5 pies) por encima de lo normal, ningún daño efectivo a edificios. Daños a casas rodantes, arbustos y arboles, presenta algunas inundaciones de carreteras costeras y daños leves a muelles.

HURACAN CATEGORIA DOS:

Vientos máximos sostenidos de 154-177 kh/h (96-110 Mi/h) y una altura de marea de tormenta de 2-2.5 m (6-8 pies) por encima de lo normal. Provoca algunos daños a tejados, puertas y ventanas de edificios. Daños considerables a la vegetación, casas rodantes y muelles. Las carreteras costeras se inundan de dos a cuatro horas antes de arribar el centro del huracán. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarras.

HURACAN CATEGORIA TRES:

Vientos máximos sostenidos de 178-209 kh/h (110-130 Mi/h) y una altura de marea de tormenta de 2.5-3.7 m (9-12 pies) por encima de lo normal. Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares, con pequeñas fisuras en los muros de revestimiento. Destrucción en casas rodantes. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a la estructuras mayores. Los terrenos planos abajo de 1.5 m NMM (5 pies) pueden resultar inundados, localizandose éstos hasta 13 km (8 millas) de la costa.

HURACAN CATEGORIA CUATRO:

Vientos máximos sostenidos de 210-240 km/h (131-155 MI/h) y una altura de marea de tormenta de 4-5.5 m (13-18 pies) por encima de lo normal. Provoca fisuras más generalizadas en los muros de revestimiento, con derrumbe completo de toda la estructura del techo en las residencias pequeñas. Erosión importante de las playas. Inundaciones de los terrenos abajo de 3 m NMM (10 pies), situados hasta 16 km (10 millas) de la costa.

HURACAN CATEGORIA CINCO:

Vientos superiores a 250 km/h (155 MI/h) y una altura de marea de tormenta de más de 5.5 m (18 pies) por encima de lo normal. Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios industriales. El viento se lleva las construcciones auxiliares pequeñas.

Daños graves en los pisos bajos de todas las estructuras situadas a menos de 4.6 m (15 pies) por encima del nivel del mar y una distancia hasta de 480 m (500 yardas) de la costa (Albarrán Asencio).

ESCALA DE SAFFIR-SIMPSON PARA HURACANES

SS	Clasificación	Velocidad media del viento		
		m/s	km/h	nudos
1	Flojo	32.7-42.6	118-153	64- 82
2	Mediano	42.7-49.5	154-177	83- 98
3	Fuerte	49.6-58.5	178-209	97-113
4	Muy fuerte	58.6-69.4	210-249	114-134
5	Devastador	69.5	250	135

tabla 1

2.1.4 Diferencia entre tornado y huracán

Los ciclones que comunmente se forman en las latitudes medias, difieren en varios aspectos importantes de otro fenómeno llamado *tornado*, cuyo origen es de norteamérica. Una de las diferencias principales entre éstas tormentas es la fuerza del viento. En un tornado los vientos pueden alcanzar hasta los 400 km/h, mientras que en un huracán raramente son superiores a 250 km/h. La duración y tamaño de las tormentas varía en sentido inverso. Un *tornado* tiene un diámetro del orden de 100 mts, y dura entre 10 y 20 minutos; un huracán puede tener un diámetro entre 1000 y 1500 kms. y durar tal vez una semana.

Cuando un huracán se mueve sobre tierra o agua oceánica fría, disminuye su intensidad y aumenta su tamaño, transformándose en un ciclón extratropical (Battan Louis 1961).

En el mundo se les conoce a los huracanes con diferentes nombres, dependiendo de el lugar en donde se generen. En las Filipinas se les conoce como "*Baguio*". Los que se forman al norte del Océano Pacífico y azotan Japón y China se les llama "*Tifones*". En la parte norte del Océano Indico se les llama "*Ciclones*". En Australia se les llama "*Willy-willies*". En el Atlántico Occidental y el Caribe, se les llama "*Huracanes*". Aunque son nombrados de diferentes formas, se hace notar que se trata del mismo fenómeno (Albarrán Asencio).

2.2 ESTRUCTURA DE HURACANES

2.2.1 El ojo del huracán, calma engañosa

Los "ojos" de los huracanes tienen típicamente un diámetro que varía de 10 a 100 kms. Los vientos en el ojo del huracán son en general, inferiores a 25 km/h, y algunas veces registran calmas. La nubosidad puede variar dentro de un amplio margen. A veces hay pocas nubes, a través de las cuales puede verse el cielo. Esto determina un marcado contraste con el borde exterior del ojo, donde una capa espesa de nubes se extiende cerca de la superficie del suelo hasta grandes alturas. Es común describir el borde del ojo como una pared de nubes (figura 3) (Battan Louis 1961).

Calma engañosa

El ojo de un huracán que es una zona en calma con respecto a la parte exterior, tiene forma lenticular, con un eje que puede medir unos 90 kms y uno menor de unos 35 kms. A una velocidad normal de traslación, esos 35 kms suponen dos horas, que resultan de aparente calma para quienes se encuentran bajo el vórtice. Se calman los vientos e incluso sale el sol; mucha gente cree que el huracán ha pasado, y de pronto llega la otra pared del meteoro, con la misma fuerza de vientos, con la única diferencia es que soplan en sentido contrario; frecuentemente la gente cree que el huracán regresó. Mucha gente que se hallaba a resguardo es sorprendida al salir, solo para encontrar la muerte. La causa del mayor número de muertes es por ahogamiento en las inundaciones producidas (Revista Tiempo 1974).

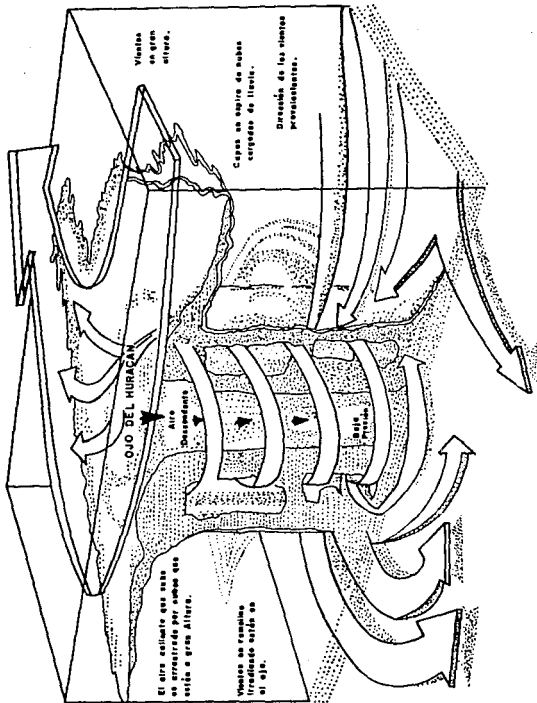


FIG. 3.-PERFIL DE UN CICLON TROPICAL

2.2.2 Energía de un huracán

La evolución de un huracán *tropical* esta condicionada a la fuente de energía constituida por la liberación de calor durante la condensación del vapor de agua, a razón de 590 calorías por cm^3 , lo que proporciona una energía cinética de 10^{10} kilowatts hora, que equivale a una bomba de hidrógeno. Esta energía la proporciona las cálidas aguas de los océanos que no deben tener temperaturas menores a 25°C , para vivificar a estos fenómenos.

La energía cinética, es aquella representada por el movimiento del aire, y cualquiera que sea la escala para medir estos sistemas atmosféricos es obvio que son poderosos. En los sistemas atmosféricos, la mayor parte de la energía se consume al superar los efectos de fricción y en calentar el aire dentro y fuera del sistema.

La energía liberada por un huracán puede equivaler a 10,000 bombas atómicas del tipo que destruyó Nagasaki. La razón por la cual tormentas como son los huracanes no causan daños aún mayores, se debe a que la energía se distribuye sobre una extensa región. En cambio, un *tornado*, puede estar concentrada en un área de 100 mts. de diámetro, lo que produce efecto destructivos concentrados.

En la tabla siguiente se muestran las magnitudes estimadas de la energía cinética en kilovatios hora de varios sistemas de viento en comparación con bombas atómicas y de hidrógeno típicas.

SISTEMA

Ráfaga
Torbellino de polvo
Tornado
Tormenta
Huracán
Bomba Atómica
Bomba de Hidrógeno
(Battan Louis 1961).

ENERGIA CINETICA

inferior a 1
10
10⁴
10⁶
10¹⁰ a 10¹¹
10⁷
10¹⁰

2.2.3 Cuadrantes de un huracán

Algunos investigadores han seccionado a los huracanes en cuatro cuadrantes para describir los efectos que producen cada uno de ellos.

El cuadrante delantero derecho produce las lluvias torrenciales más intensas, mientras que el cuadrante posterior derecho, ocasiona los vientos huracanados de mayor intensidad.

El vórtice parece estar circundado por un anillo relativamente frío que contrasta con lo elevado de las temperaturas en el ojo del meteoro, siendo notable que en el cuadrante posterior izquierdo, las temperaturas llegan a ser bastante altas, presentandose algunos tornados (figura 4 y 5) (Secretaría de Programación y Presupuesto 1979).

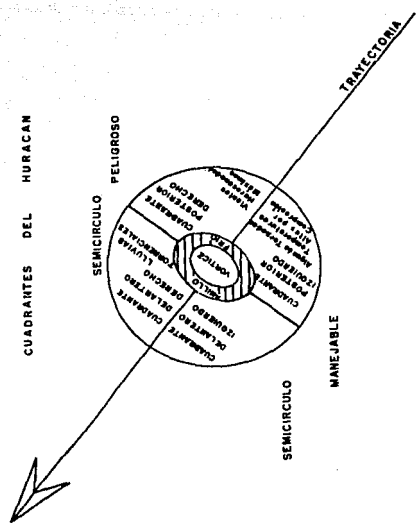


FIG. 9.-CUADRANTES DEL HURACAN

2.2.4 Nomenclatura

En Australia se les asignó por primera vez nombres de personas, a los ciclones tropicales en el año de 1900. Al final de la década de los cuarentas, se identifican a estos fenómenos con números romanos en el Océano Atlántico y con números arábigos en el Océano Pacífico. La idea de asignarles nombres se generaliza hasta 1950, cuando se empezó a conocer a estos sistemas tropicales con nombres femeninos, cuando alcanzaban la intensidad de *tormenta tropical*. La razón por la que se les asignaba nombres femeninos era por ser fácilmente recordados.

A partir de 1978 se aprobó, que los ciclones tropicales llevaran alternadamente nombres femeninos y masculinos. Dentro de las actividades que desarrolla la OMM (Organización Meteorológica Mundial) esta la de reunir a sus miembros cada cuatro años para escoger los nombres de los futuros huracanes. Los nombres son de fácil escritura, siguiendo un orden alfabético (en inglés por ser idioma internacional de la meteorología).

Los miembros de la región IV, formada por América del Norte, América Central, Las Antillas, Colombia y Venezuela son los que realizan actualmente en orden alfabético, la relación de los nombres a los futuros huracanes, en idioma español, inglés y francés por ser los idiomas que se dominan en esta región.

El salón de la fama de los huracanes, lo forman los que destacan por su furia, número de víctimas y los grandes daños que causan. Los nombres de estos huracanes se extraen de la lista y no vuelven a incluirse, por lo que en cierta forma se immortalizan (Albarrán Asencio).

2.3 ZONAS GENERADORAS DE HURACANES

2.3.1 Zonas ciclógenas

En nuestro planeta, se localizan ocho grandes zonas generadoras de ciclones tropicales, encontrándose todas muy cercanas al Ecuador. Sobre la República Mexicana tienen influencia dos de las ocho zonas ciclógenas.

ZONA CICLOGENA I o de las Indias Occidentales, se localiza en el Atlántico Norte donde se originan los huracanes que viajan por el mar Caribe alcanzando la Península de Yucatán y Vertiente del Golfo de México, así como las costas este y sureste de E.U.A. Esta zona desarrolla el 12% total de ciclones a nivel mundial.

ZONA CICLOGENA II, se localiza en el Océano Pacífico Nor-oriental, aquí se forman los huracanes que afectan las costas mexicanas del Pacífico. Esta región desarrolla el 17% de ciclones a nivel mundial.

ZONA CICLOGENA III, se encuentra en el Océano Pacífico Occidental entre las islas Filipinas y Marshall, aquí se desarrollan los tifones que castigan las costas de China y Japón, así como los baguios de las filipinas. Aquí se forma el 38% de ciclones a nivel mundial.

ZONA CICLOGENA IV, se localiza en el Golfo de Bengala, aquí nacen los ciclones que afectan Bangladesh y la costa oriental de la India, alcanzando en contadas ocasiones el mar de Arabia. Esta zona desarrolla el 5% de ciclones a nivel mundial.

ZONA CICLOGENA V, se encuentra en el mar de Arabia, esta zona presenta el más bajo porcentaje de generación ciclónica con solo el 1% a nivel mundial.

ZONA CICLOGENA VI, se encuentra al Noreste de Australia y al Sur de Polinesia sobre el Océano Pacífico, aquí se forman los willy-willies que viajan al Oeste afecta las costas Norte y Este de Australia, llegando a alcanzar el Sur de Indonesia. Esta zona genera el 9% a nivel mundial.

ZONA CICLOGENA VII, se localiza al Sureste del Océano Indico, frente a las costas del Noroeste de Australia, aquí también se generan los willy-willies, sólo que estos afectan las costas occidentales de Australia, Sumatra y la isla de Java. Esta zona produce el 9% a nivel mundial.

ZONA CICLOGENA VIII, se encuentra al Suroeste del Océano Indico, aquí se generan los ciclones que arriban a las costas Sur-orientales del continente africano y a la isla de Madagascar. Esta zona genera el 10% a nivel mundial.

En el hemisferio norte se desarrolla el 72% de la actividad ciclónica, formada por las zonas I a la V, con un total de 58 sistemas en promedio por año. En el hemisferio sur se genera el 28% restante, lo forman las zonas VI a la VIII, con 22 ciclones por año en promedio.

En estas zonas los huracanes, por encontrarse muy cerca a latitudes bajas del hemisferio norte, avanzan hacia el oeste, y para latitudes mayores de 30 grados el recorrido es hacia el este (Albarrán Asencio).

En la figura 6 se muestra las zonas ciclógenas que afectan al territorio mexicano.

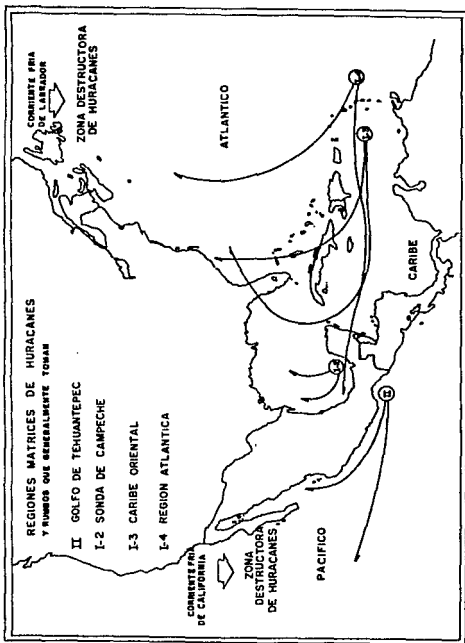


Fig. 6

2.4 DAÑOS

Los daños se pueden clasificar en:

- ▶ Directos: son daños físicos a las propiedades y su producción como la agricultura, ganadería, industria, comercio, obras públicas y casa habitación.
- ▶ Indirectos: son las pérdidas de los productos y servicios de una región, derivados de la interrupción temporal de la producción agropecuaria, forestal, de industria y comercio, así como el gasto destinado para ayuda de damnificados.
- ▶ Intangibles: se engloban heridos, damnificados y las pérdidas de vidas humanas (Secretaría de Gobernación 1989).

2.4.1 Factores que causan los daños

Las 4 causas a las que se deben los daños en un huracán son:

- ▶ Oleaje de tormenta
- ▶ Marea de tormenta
- ▶ Viento
- ▶ Precipitación pluvial

2.4.2 Oleaje de tormenta

La gran intensidad y extensión del campo de vientos genera fuertes oleajes que, al trasladarse en aguas profundas (con

poca pérdida de energía), pueden afectar en gran medida inclusive las zonas alejadas del punto de incidencia del huracán sobre la tierra. En grandes zonas del mundo, especialmente en México, los huracanes, producen las condiciones de oleaje más severas y, por lo tanto, dominan el diseño de las obras costeras y marítimas contra el oleaje.

Este se genera cuando la energía del viento se transfiere al mar, con un oleaje creciente bajo la duración de esta acción y con la extensión del campo de vientos. Conforme el oleaje generado crece en tamaño (longitud y altura), avanza más rápido hasta que alcanza una velocidad igual a la del viento, momento en el que no puede transferirse más energía y se alcanzan las condiciones máximas. Otro factor limitante de la altura de ola es la pérdida de energía cuando las olas rompen al alcanzarse su pendiente límite estable (rompientes en aguas profundas). Sobre la plataforma continental (aguas con profundidades menores a los 200 mts.), el oleaje se ve afectado además por su interacción con el fondo, lo que se manifiesta principalmente en atenuación por la fricción, en un cambio de dirección y altura por la refracción y en rompientes debido a las condiciones límites de profundidad (rompientes en aguas someras).

En ingeniería es habitual determinar un cierto estado de agitación de la superficie libre del mar con un oleaje único. La realidad es que el proceso de generación de oleaje es tal, que todas las frecuencias en un cierto rango se ven alteradas por el viento, y la respuesta es una sobreposición de trenes de oleaje de frecuencias y dirección múltiples que dan a la superficie del mar su aspecto caótico característico. El oleaje de diferentes frecuencias y direcciones son afectadas de manera diferente por la presencia del fondo en la plataforma continental.

Solo en las zonas alejadas del área de generación se observa un oleaje relativamente de iguales características, ya que las olas de mayores periodos y longitudes avanzan más rápido que las de periodos y longitudes menores dispersándose y arribando a las costas lejanas en forma separada. Las olas de mayor altura y periodo se esperan a la derecha de la trayectoria del huracán, cerca de la zona de vientos más intensos y avanzando en la misma dirección que el fenómeno meteorológico. Esto se debe a que en la zona derecha de la trayectoria, el campo de vientos acompaña al oleaje durante una distancia mayor que en el caso de los puntos simétricos del correspondiente lado izquierdo (Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria 1989).

2.4.3 Marea de tormenta

Los principales factores que influyen en la marea de tormenta son:

- ▶ Vientos fuertes
- ▶ Presión baja en el centro de la tormenta
- ▶ Configuración de la costa
- ▶ Pendiente de la plataforma continental
- ▶ Angulo entre la trayectoria del huracán y la línea costera
- ▶ Fase con la marea astronómica
- ▶ Efectos debido a la lluvia
- ▶ Rompimiento del oleaje
- ▶ Convergencia de corrientes generadas por el viento en el mar (Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria 1989).

La marea de tormenta es conocida también como sobre-elevación del nivel medio del mar; esta sobre-elevación se produce por varias razones. Una de ellas es que el viento en dirección perpendicular a la costa ejerce una fuerza cortante sobre la superficie del mar que, al no poder generar una corriente (por ser perpendicular a la costa), se contrarresta con una sobre-elevación en la costa. Por otra parte el viento en dirección tangencial a la costa produce una corriente a lo largo de esta, y la fuerza de Coriolis tiende a desviarla a la derecha; y si la costa se localiza a la derecha de la corriente, no ocurre desviación alguna y de nuevo se origina una sobre-elevación del nivel. Estos factores son sólo importantes en aguas poco profundas, y tiene efectos de poca importancia en alta mar. La baja presión en el ojo del huracán produce una sobre-elevación del nivel que actúa en forma independiente de la profundidad local. El nivel máximo de la marea de tormenta se puede ver adicionado por la marea astronómica, este aumento depende de la coincidencia de la pleamar o la bajamar con la incidencia del huracán. Es un hecho

que el principal efecto de esta marea es la inundación de extensas zonas costeras que, dependiendo de la topografía, puede cubrir franjas de varios kilómetros. En el hemisferio norte, las máximas mareas de tormenta se esperan a la derecha del punto de incidencia del huracán en tierra.

La combinación de oleaje y sobre elevación del nivel del mar produce efectos destructivos. Esta combinación aumentada con la acción del viento y la lluvia hacen que las zonas más afectadas sean las franjas costeras (Asociación Mexicana de Ingeniería Portuaria 1989).

Las bahías y otras entrantes de la costa también son vulnerables a la marea de tormenta. Otra situación crítica se presenta en la desembocadura o en las aguas costeras de los ríos, cuando el valor máximo de la inundación debida a las lluvias se produce al mismo tiempo que la marea de tormenta, teniendo como consecuencia niveles más altos del agua.

La marea de tormenta, alcanza mayor altura en regiones donde la plataforma continental es de pendientes tendidas, como en la costa Norte de Yucatán. En costas cerradas o vasos estrechos, puede ser mayor la marea de tormenta, es decir, bahías como Acapulco, Ensenadas y estuarios.

Para evaluar la marea de tormenta se debe tomar en cuenta la sobre elevación por viento y sumar los efectos de la presión atmosférica y los de la marea astronómica (Secretaría de Gobernación 1989).

2.4.4 El viento

La energía cinética del viento ocasiona gran parte de los daños materiales, por aumentar la fuerza que ejerce sobre las estructuras en forma geométrica con respecto a su velocidad; si la velocidad se duplica, la fuerza se cuadruplica. Por ello, la magnitud de la energía máxima disponible para causar daños por viento es considerablemente mayor en un huracán que en una tormentatropical y a su vez mayor ésta que una depresión tropical.

El valor de los vientos máximos sostenidos de un huracán a otro podrá reportar valores que van de 110 km/h hasta los 350 km/h. Estos vientos podrían hacer volar fácilmente y durante algunos minutos, objetos que presentan poca resistencia en su anclaje y convertirlos en auténticos proyectiles; cuando la arena es suspendida por tales vientos se convierte en pequeños proyectiles que pueden penetrar la capa superficial de la piel humana (Albarrán Asencio).

La escala del Almirante Beaufort clasifica las velocidades del viento y las características que acompañan a estos vientos. Esta escala tiene un rango de doce niveles que clasifica a cada uno de los vientos por los daños que ocasiona. Esta escala es usada principalmente para la navegación.

ESCALA DE VIENTOS DEL ALMIRANTE BEAUFORT

Escala	Características	Velocidad media del viento en 10 mts. de altura			Presión de viento kg/cm ²	Altura de ola m
		m/s	km/h	nudos		
		0	CALMA mar en calma el humo sube verti- cal.	0 a 0.2		
1	BRISA mar tranquilo la dirección del vien- to la señala el humo.	0.3 a 1.5	1 a 5	1 a 3	0 a 0.1	0 a 0
2	VIENTO SUAVE mar tran- quilo, las hojas susu- rran.	1.6 a 3.3	6 a 11	4 a 6	0.2 a 0.6	0 a 0.3
3	VIENTO LEVE mar tran- quilo, el viento extien- de banderas livianas.	3.4 a 5.4	12 a 19	7 a 10	0.7 a 1.8	0.3 a 0.6
4	VIENTO MODERADO mareja- jadillas y mueve ra- mas pequeñas.	5.5 a 7.9	20 a 28	11 a 15	1.9 a 3.9	0.6 a 1.2
5	VIENTO REGULAR mareja- das, las lagunas presen- tan olas pequeñas.	8.0 a 10.7	29 a 38	16 a 21	4.0 a 7.2	1.2 a 2.4
6	VIENTO FUERTE mareja- da fuerte, los para- guas son usados con- dificultad.	10.8 a 13.8	39 a 49	22 a 27	7.9 a 11.9	3.4 a 4.0

7	VENTARRON marejada muy fuerte, es moles- to caminar en con- tra del viento.	13.9 a 17.1	50 a 51	28 a 33	12.0 a 18.3	4.0 a 5.0
8	TEMPORAL mar grueso, es dificil caminar contra el viento.	17.2 a 20.7	52 a 74	34 a 40	18.4 a 25.8	4.0 a 5.0
9	TEMPORAL FUERTE mar grueso, desprendimien- to de tejas y cabezas de chimeneas.	20.8 a 24.4	75 a 88	41 a 47	25.9 a 37.3	4.0 a 5.0
10	TEMPORAL MUY FUERTE mar muy grueso, ocasio- na daños considerables en estructuras a edifi- cios.	24.5 a 28.4	89 a 102	48 a 55	37.4 a 50.5	5.0 a 9.0
11	TEMPESTAD mar furioso ocasiona daños genera- les.	28.5 a 32.5	103 a 117	55 a 53	50.5 a 55.5	9.0 a 14.0
12	HURACAN mar furioso, posee las caracteris- ticas de tempestad en forma más grave.	32.7 a a	118 en a	54 en delante	55.5 en adelante	más de 14.0

Tabla 2

2.4.5 Las precipitaciones

Son fuertes las precipitaciones que están asociadas a los huracanes, dependiendo de la prontitud con que viaja el ciclón tropical, de su radio de acción y del área formada por las nubes convectivas de tormenta, causando deslaves, desbordamientos de ríos, e inundaciones.

Una inundación provocada por éste fenómeno, depende de la intensidad de las lluvias, de su distribución en el tiempo y espacio, del tamaño de las cuencas afectadas, así como las características del suelo (Albarrán Asencio).

La combinación de desbordamiento de ríos con las inundaciones también han cobrado un importante número de víctimas.

Las precipitaciones ciclónicas se clasifican en frontal y por divergencia.

La frontal la origina el levantamiento de aire caliente sobre el frío, puede ocurrir cuando el aire caliente se mueve hacia el frío, entonces se dice que tiene una precipitación producida por un frente caliente. Si ocurre lo contrario es una precipitación producida por un frente frío. La precipitación provocada por un frente caliente se distribuye sobre un área bastante grande y varía entre ligera y moderada. La precipitación de frente frío es intensa y de poca duración.

La precipitación por divergencia es causada por la tendencia del aire húmedo a converger hacia el centro del ciclón. El aire al no poder concentrarse en una área menor, tiende a elevarse, por lo cual se enfría provocando la precipitación (Comisión Federal de Electricidad 1981).

2.5 LOS HURACANES UN MAL NECESARIO

2.5.1 Beneficios

Cuando se presenta un ciclón siempre se habla de los perjuicios, pero los beneficios pueden rebasar en mucho a los daños, ya que si la frecuencia de perturbaciones atmosféricas de esta naturaleza aumenta, hay humedad y agua necesaria para las actividades agrícolas.

El régimen de lluvias en países como México depende en gran medida de la incidencia de huracanes durante un año determinado. La orografía característica del país, con el altiplano bordeado por las dos ramas de la Sierra Madre, hacen que la actividad ciclónica sea determinante de los años lluviosos y secos. Los huracanes son los reguladores de la humedad, en especial en el noroeste del país, donde la actividad agropecuaria depende de estos fenómenos.

Las causas naturales para el retraso o la ausencia de éstos fenómenos, es que se produzcan *nories* (ciclones extratropicales) fuera de su época habitual. Esto provoca que los ciclones tropicales no tengan la potencia esperada. Otra causa que provoca el retraso de ciclones tropicales es que encuentren en su camino una corriente de agua fría y no se cumplan los factores para la generación de estos (Revista de Información Científica y Tecnológica 1989).

2.5.2 Vulnerabilidad de las costas mexicanas.

Los huracanes que afectan nuestro territorio provienen de varios centros generadores. Las primeras zonas ciclógenas en

activarse son las del Golfo de Tehuantepec en la última semana de Mayo, y le siguen los de la Sonda de Campeche que inician en la primera quincena de Junio, a principios de Julio entran en actividad los del Golfo de México y del Atlántico (Revista Tiempo 1974).

Los diversos asentamientos humanos que se han desarrollado, están expuestos a los efectos huracanados cuando son centros costeros o ribereños. Las áreas de la República Mexicana regularmente afectadas abarca más del 60% del territorio nacional.

Los estados de Baja California Sur, Michoacán, Sinaloa, Sonora, y Tamaulipas presentan una mayor recurrencia de penetración ciclónica, siendo afectado un punto cualquiera cada 2 a 4 años, con una población expuesta de 4 millones de personas ubicadas en 31 municipios. Otras entidades de penetración ciclónica son Campeche, Colima, Quintana Roo, Jalisco y Yucatán con una recurrencia de 5 a 7 años y una población expuesta de 2 millones de personas. Un tercer grupo de entidades expuestas son Nayarit, Guerrero, Tabasco, Oaxaca, Veracruz y Chiapas presentando un periodo de recurrencia o penetración ciclónica de 8 a 26 años (Secretaría de Gobernación 1989).

2.5.3 Promedio de huracanes por temporada y región matriz

Un total de 625 perturbaciones se presentaron en un intervalo de 25 años, dando un promedio de 24 perturbaciones anuales de las cuales 12 correspondieron a la zona del Pacífico, lo que indica que la región matriz del Golfo de Tehuantepec es tres veces más activa que cualquiera de las

otras tres sub-zonas que afectan a México, según se puede apreciar en la tabla siguiente.

El promedio se tomó de 1952-1977 de acuerdo a las perturbaciones que se presentaron en este intervalo de 25 años, el número de huracanes por región fué:

- 320 en la región matriz del Golfo de Tehuantepec
 - 85 en la región matriz del Golfo de México
 - 93 en la región matriz del Caribe
 - 127 en la región matriz del Atlántico
- (Secretaría de Programación y Presupuesto 1979).

HURACANES POR TEMPORADA Y POR REGION

Mes	Golfo de Tehuantepec	Sonda de Campeche	Caribe	Atlántico	Total
Mayo	1	-	-	-	1
Junio	1-2	0-1	-	-	1-3
Julio	2-3	1	1	-	4-5
Agosto	2-3	1	0-1	1-2	4-7
Septiembre	2	1	1	2-3	6-7
Octubre	1	0-1	1	1	3-4
Noviembre	1	-	-	-	1
PROM. ANUAL	10-13	3-5	3-4	4-6	20-28

Tabla 3

Referencias

- 1.- Mel. Albarran Asencio J. "Comunicación personal". Comisión Federal de Electricidad. México, D. F.
- 2.- Cornejo Velasco J, Bravo González H, Oliveros Gallegos J. "I Congreso de Ingeniería Marítimo Portuaria". Octubre de 1989. México, D. F.
- 3.- Battan Louis J. "La naturaleza de las tormentas". pags. 108 109, 110, 133, 134. Edit. Universitaria. Buenos Aires, Argentina, 1981.
- 4.- Comisión Federal de Electricidad. "Manual de diseño de obras civiles". Sección Hidrotécnica, Precipitación. Edit. C.F.E., 1981. México, D. F.
- 5.- Revista Tiempo. pags. 15, 16, 152, 154. Octubre de 1974. México, D. F.
- 6.- Revista de Información Científica y Tecnológica (ICyT). Agosto de 1989. México, D. F.
- 7.- Secretaría de Gobernación. "Sistema Nacional de Protección Civil". Subdirección de Apoyo. México, D. F.
- 8.- Secretaría de Programación y Presupuesto. "Atlas de Huracanes en el Océano Pacífico y en el Océano Atlántico". Coordinación General del Sistema Nacional de Información. México, D. F.

CAPITULO III DESCRIPCION DE HURACANES ESTUDIADOS

3.1 Elección de huracanes

Los huracanes que son el objeto de estudio en ésta investigación, se presentaron como las tormentas más intensas en un periodo de 20 años, comprendidas entre los años de 1960 a 1980.

Estas tormentas, se consideraron intensas por la velocidad de vientos máximos sostenidos que desarrollaron, los daños que ocasionaron en los países del Caribe, y la trayectoria que siguieron antes de tocar territorio nacional, donde finalizaron su recorrido dejando sentir sus efectos.

Los huracanes que sirven de base para este estudio son:

NOMBRE	FECHAS	AÑO
Inéz	27-Sep al 10-Oct	1966
Beulah	8-Sep al 23-Sep	1967
Ella	10-Sep al 12-Sep	1970
Caroline	28-Ago al 1*-Sep	1975
Anita	29-Ago al 2-Sep	1977
Allen	1*-Ago al 11-Ago	1980

Tabla 4

Los huracanes Inéz, Beulah y Allen causaron daños bastante fuertes a la economía de México, pero en los países del Caribe se registro un mayor número de pérdidas materiales y humanas. Estos huracanes tuvieron una trayectoria (vida) bastante larga, durante la cual alcanzaron gran intensidad a través de aguas oceánicas desintegrándose finalmente en tierras mexicanas.

Los huracanes Ella, Caroline y Anita se generaron dentro de aguas del Golfo de México, afectando principalmente al territorio nacional, no afectando a países del Caribe.

Las velocidades de vientos máximos que se registraron en el noreste de nuestro territorio fueron superiores a 150 km/h. La máxima velocidad de vientos de este grupo de huracanes, lo registro el huracán Beulah con 280 km/h.

Cada huracán por separado muestra aspectos diferentes como las distintas velocidades alcanzadas y los daños en los lugares afectados. Cuatro de estos huracanes (Inéz, Caroline, Ella, Anita) entraron por la Laguna Madre coincidiendo en las zonas afectadas tres de ellos (Inéz, Ella, Anita). Los otros dos huracanes (Beulah, Allen), entraron frente a Matamoros con trayectorias parecidas, sólo que Beulah tomó rumbo a Monterrey y Allen siguió hacia Coahuila aumentando la zona afectada.

México ha logrado disminuir el número de muertes debido a huracanes gracias a los reportes constantes del desarrollo de estos fenómenos y a la intervención de las autoridades en tierra para la evacuación de las poblaciones que se espera sean afectadas directamente.

3.2 RESUMEN DE TRAYECTORIAS Y DAÑOS.

3.2.1 Huracán Inéz

Trayectoria

Este huracán se origina a 2500 km como depresión tropical al Este de las costas de Quintana Roo el día 27 de Septiembre de 1968 con vientos máximos de 55 km/h.

DIA 28, pasa a ser tormenta tropical estando en los 16.6° lat N y 65.6° long W a 250 km al sur de Puerto Rico con vientos máximos cerca del centro de 90 km/h, desplazándose al WNW.

DIA 29, adquiere características de huracán estando en 17.6° lat N y 71.2° long W sobre la costa sur de Haití, en el puerto de Barahona, al salir al mar cambia de dirección al NW desplazándose a 18 km/h y vientos máximos cerca del centro de 120 km/h.

DIA 30, entra a Cuba por el sureste en Guantánamo en 20.3° lat N y 75.6° long W con dirección NW; con una velocidad de traslación de 10 km/h y vientos máximos cerca del centro de 120 km/h.

DIA 1, se encontraba en 21.8° lat N y 79° long W a 120 km de Camagüey, Cuba; recurva al NNE a la altura de Cienfuegos para cruzar Cuba por su parte central.

DIA 2, se encontraba en 24.2° lat N y 79.5° long W a 180 km al sureste de Miami, Flo. moviéndose al NE a 8 km/h con vientos máximos cerca del centro de 130 km/h.

DIA 3, en 25.3° lat N y 78.8° long W cambia de dirección al NW pasando a 50 km de Miami, Flo. desplazándose a 10 km/h y vientos máximos cerca del centro de 130 km/h.

DIA 4, se situa en 24.5° lat N y 81.8° long W a 300 km al suroeste de Miami, desplazándose al WSW a 12 km/h y vientos máximos cerca del centro de 140 km/h.

DIA 5, se localiza a 300 km al norte de Cabo Catoche, Quintana Roo, desplazándose a 15 km/h y vientos máximos de 170 km/h en los 23.6° lat N y 85.5° long W.

DIA 6, se localiza en 22.5° lat N y 87° long W a 180 km al norte de Isla Mujeres, Quintana Roo, cambiando de rumbo al WSW y desplazándose a 15 km/h con vientos máximos de 200 km/h.

DIA 7, se localiza en 21.8° lat N y 89.7° long W a 40 km al norte de Progreso, Yuc. con una velocidad de traslación de 15 km/h y vientos máximos cerca del centro de 180 km/h en dirección WSW.

DIA 8, se localiza 21.8° lat N y 93° long W a 500 km al este-sureste de Tampico, Tamps. moviéndose al NW sobre el Golfo a 20 km/h y vientos máximos cerca del centro de 200 km/h.

DIA 9, se encontraba en 22.9° lat N y 95.5° long W a 250 km al este-sureste de Tampico, moviéndose al NW sobre el Golfo a 16 km/h y vientos máximos de 230 km/h.

DIA 10, entra a tierra al norte de Tampico, y en las primeras horas se encontraba a 100 km al oeste-noroeste con vientos máximos de 120 km/h. Los remanentes se encontraban a 50 km al noroeste de Tamuín, S.L.P. En Tamasopo, finalmente frena su recorrido por el Golfo de México y el Caribe el huracán Inéz (fig. 7), (Dir. Gral. del Servicio Meteorológico Nacional 1981).

Daños causados por el huracán Inéz

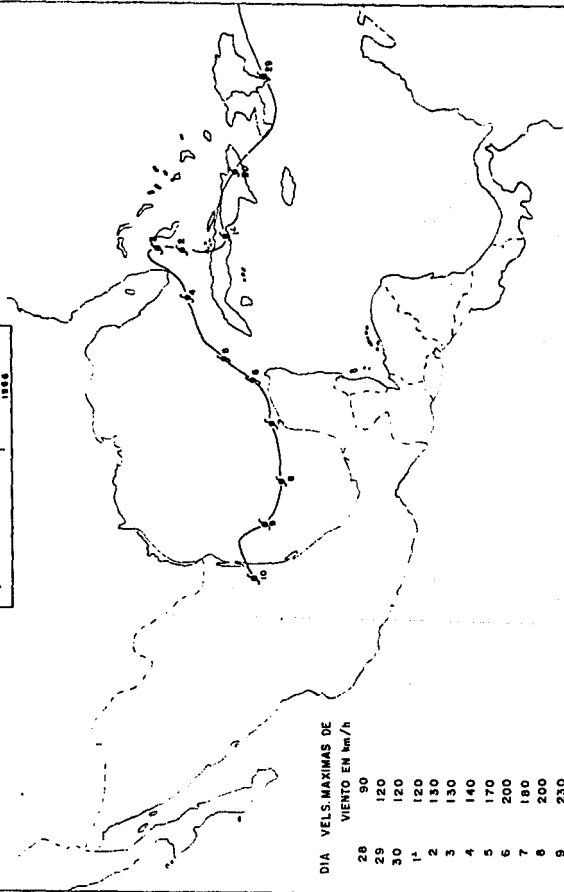
Tamaulipas: el número de damnificados fué de 20 mil a su paso por Villa González, Mante, Xicotencatl, Estación Manuel, Tampico Madero y Valle Hermoso. Arrasó cosechas de caña algodón y maíz. El 50% de las instalaciones del puerto de Tampico carecían de energía eléctrica y el tránsito de carreteras quedó interrumpido. El tren de Cd. Victoria- Tampico quedó suspendido por deslaves en un tramo de la vía. En Cañón Galeana un derrumbe impidió el tránsito vehicular por la antigua carretera a Laredo, el agua en está zona alcanzó 30 cm. de altura. Las pérdidas se estimaron en 500 millones de pesos aproximadamente.

Nuevo León: el incremento en el cauce de los ríos Blanco, Pabillo, Pilon y San Juan, causaron grandes pérdidas agrícolas y ganaderas. Los ríos, Blanco y Pilon, interrumpieron la comunicación entre Alamberri y General Zaragoza, y entre Montemorelos y Rayones. Las lluvias en la zona sur alcanzaron 225 mm de altura en el poblado de Dulces Nombres.

S.L.P: el río Valles, afectó cien familias al desbordarse. En la población petrolera el Ebano dejó 1400 damnificados. La población campesina perdió entre un 40 a un 80% de la cosecha de caña.

Veracruz: se desborda el río Tecolutla en el kilómetro 42 cortando la carretera costera del Golfo (ver ref. 1)

"SERVICIOS AERONAUTICOS"
 DIRECCION GENERAL DE AERONAVIACION
 TORRENTA TECNICA DEL 27 DE SEPTIEMBRE
 AL 10 DE OCTUBRE DE 1966
 MURCEN



DIA VELS. MAXIMAS DE VIENTO EN km/h

28	90
29	120
30	120
1 ^a	120
2	130
3	130
4	140
5	170
6	200
7	180
8	200
9	230
10	120

Figuro 7

3.2.2 Huracán Beulah

Trayectoria

Se localiza el 8 de Septiembre de 1967 como depresión tropical en 15.3° lat N y 83.8° long W con una velocidad de desplazamiento de 10 km/h y vientos máximos de 55 km/h cerca del centro en dirección W.

DIA 9, pasa a ser tormenta tropical en 16.8° lat N y 69.8° long W al sur de la República Dominicana con velocidades de 5 km/h en su desplazamiento y 55 km/h en sus vientos máximos cerca del centro, con dirección N.

DIA 10, en 18.7° lat N y 70.5° long W toca República Dominicana y Haití en la parte suroeste, con velocidades de desplazamiento de 8 km/h y vientos máximos de 80 km/h.

DIA 11, en 17.8° lat N y 73.5° long W tuvo un desplazamiento hacia el W con una velocidad de traslación de 15 km/h y vientos máximos de 90 km/h, sobre el mar Caribe.

DIA 12, se intensifica frente a Jamaica en 17.3° N y 75.8° W desplazándose al SW a 18 km/h y vientos máximos de 110 km/h.

DIA 13, toma características de huracán estando en 16.8° lat N y 77.2° long W sobre el mar Caribe, tiene una dirección WSW con velocidades de 20 km/h en su traslación y 120 km/h en sus vientos máximos.

DIA 14, continuó tomando fuerza en 15.8° lat N y 78.4° long W con una dirección NW a velocidades de 15 km/h en su traslación y 130 km/h en sus vientos máximos cerca del centro.

DIA 15. se localiza en 17.8° lat N y 81.0° long W siguiendo su trayectoria en dirección NW a razón de 15 km/h en su desplazamiento y vientos máximos de 140 km/h.

DIA 16. mantuvo su dirección pero aumentó en sus velocidades, 18 km/h de traslación y 200 km/h en sus vientos máximos cerca del centro.

DIA 17. se localiza en 20.1° lat N y 86.3° long W a 80 km al sureste de Cozumel, Quintana Roo. siguiendo una trayectoria NW con velocidades de traslación de 12 km/h y vientos máximos de 120 km/h. Doce horas después cruzó Cozumel para entrar a Yucatán como tormenta tropical, alcanzando velocidades de 18 km/h de avance y 110 km/h en sus vientos máximos cerca del centro con dirección WNW.

DIA 18. sale al Golfo de México para volver a tomar su fuerza huracanada en los 21.8° lat N y 90.2° long W con dirección WNW a razón de 15 km/h en su avance y velocidades de viento máximo de 180 km/h.

DIA 19. mantiene la dirección WNW aumentando su velocidad de desplazamiento a 25 km/h y vientos máximos de 250 km/h sobre aguas del Golfo de México.

DIA 20. se localiza en 24.5° lat N y 96.5° long W a 200 km al sureste de Soto la Marina, Tamps. y cambia su dirección al NW avanzando a 15 km/h con vientos máximos de 280 km/h, decreciendo a 210 km/h cuando pasó cerca de Matamoros, Tamps.

DIA 21. estaba tierra adentro en 27.3° lat N y 98.5° long W a 200 km al norte-noreste de Matamoros, con movimiento aparente al NW a razón de 18 km/h de avance y vientos máximos cerca del de 160 km/h.

DIA 22, recurva al SW, encontrándose en 27° lat N y 99.6° long W a 100 km de Nuevo León con movimiento errático, disolviéndose rápidamente y produciendo fuertes aguaceros al norte de Tamaulipas.

DIA 23, se localiza en 26.2° lat N y 99.6° long W a 50 km de Monterrey, se sitúa como centro de baja presión afectando la porción noreste del país con fuertes precipitaciones (fig. 8), (Dir. General del Servicio Meteorológico Nacional 1981).

Daños causados por el huracán Beulah

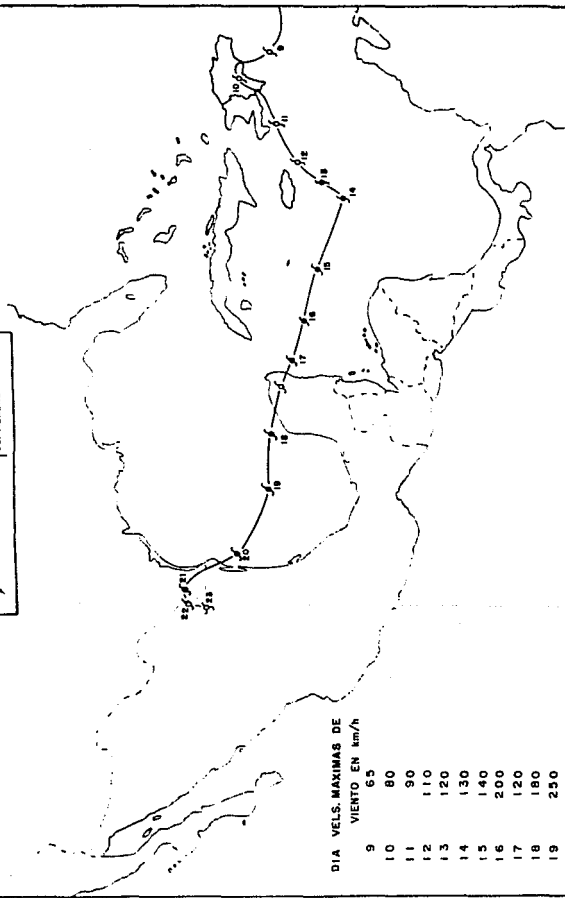
Tamaulipas: Las carreteras que comunican a la frontera sufrieron deslaves. Valle Hermoso quedó completamente destruido. El río Santiago presentó una creciente de 2850 m³/s. El número de damnificados que se reportó fué de 2 mil, mismos que fueron trasladados a Monterrey. La ruta Monterrey-Laredo, en los Vados Picacho quedó inundada. La S.R.H. rompe la carretera en el tramo Matamoros-Reynosa para darle salida a las aguas. Se desbordó el río Bravo, provoca el desalojo de las zonas bajas, Camargo y Cd. Alemán, situados en las riberas del mismo río. Las carreteras de Cd. Mier, Camargo-Falcón quedaron cortadas por el desbordamiento del río Alamo. En la presa Marte R. Gómez, el agua pasó por arriba de la cortina. La S.R.H. hizo un corte en la carretera que va a Reynosa para hacer un canal de desfogue para el río Bravo que traía un caudal de 4630 m³/s al recibir corrientes de los ríos Alamo, y San Juan. El caudal del río San Juan era 2814 m³/s. Las marejadas del Golfo destruyeron en su totalidad el faro de Punta Jeréz, importante para la navegación de México y E.U. a pesar de ser una construcción hecha para resistir huracanes. Dos mil personas sufrieron daños físicos, 397 casos de diarrea y enteritis, 264 casos de bronquitis y pulmonía, 325 casos de distintas heridas.

561 casos de enfermedades varias y 33 mujeres dieron a luz prematuramente. El saldo final de damnificados de 75 mil en este estado.

En Matamoros el canal el Culebrón, se rompió en sus dos márgenes inundando Sto. Domingo, El Minero, El Porvenir y varias rancherías. El río Pánuco, alcanzó un nivel de 8.13 m, estimándose un caudal de 6600 m³/s.

Monterrey: tres mil personas quedaron concentradas en sólo tres manzanas, únicas que no fueron inundadas por el río Pesquería. Las aguas del río San Juan, inundaron la población de Los Aldama, el agua alcanzó un metro de altura en las carreteras. El 90% de las casas en esta población estaban por derrumbarse a causa de las inundaciones. Las carreteras Sabinas Hidalgo- Villa Aldama, Monterrey-Salttillo estaban destruidas. Los puentes Dr. Gortáez y Ventura fueron arrasados por las corrientes. En La Herradura se abrió una grieta impidiendo el paso. Trecientos autobuses quedaron parados en Matehuala y 500 con destino al sur, se quedaron en Saltillo. Los trenes México-Laredo se quedaron en S.L.P. (ver ref. 2).

(ORIENTACIONES) 7 1000 A 10°
 INTERSECCION TROPICAL
 DEL 8 AL 28 DE
 (ORIENTACIONES) 7 1000 A 10°
 HORAS EN
 SEPTIEMBRE DE 1987



DIA VELS. MAXIMAS DE
 VIENTO EN km/h

9	65
10	80
11	90
12	110
13	120
14	130
15	140
16	200
17	120
18	180
19	250
20	280
21	160

Figura 8

3.2.3 Huracán Ella

Trayectoria

Comenzó como depresión tropical en las primeras horas del día 10 de Septiembre de 1970, aproximadamente en 18.7° lat N y 87° long W a 130 km al este de Chetumal, Q. Roo, moviéndose hacia el NW, alcanzando a ser tormenta tropical, después de cruzar la parte nor-oriental de la Península de Yucatán, con vientos cerca del centro de 70 km/h.

DIA 11, cambia a Huracán en 22.7° lat N y 86.9° long W estando a 185 km al norte de Mérida, Yuc., moviéndose al NW a una velocidad de 18 km/h y vientos máximos cerca del centro de 120 km/h, ese mismo día a las 6 A.M. se sitúa a 300 km al sureste de Matamoros, Tamps., con dirección WNW manteniendo su velocidad de traslación pero aumentando la velocidad de sus vientos máximos a 140 km/h.

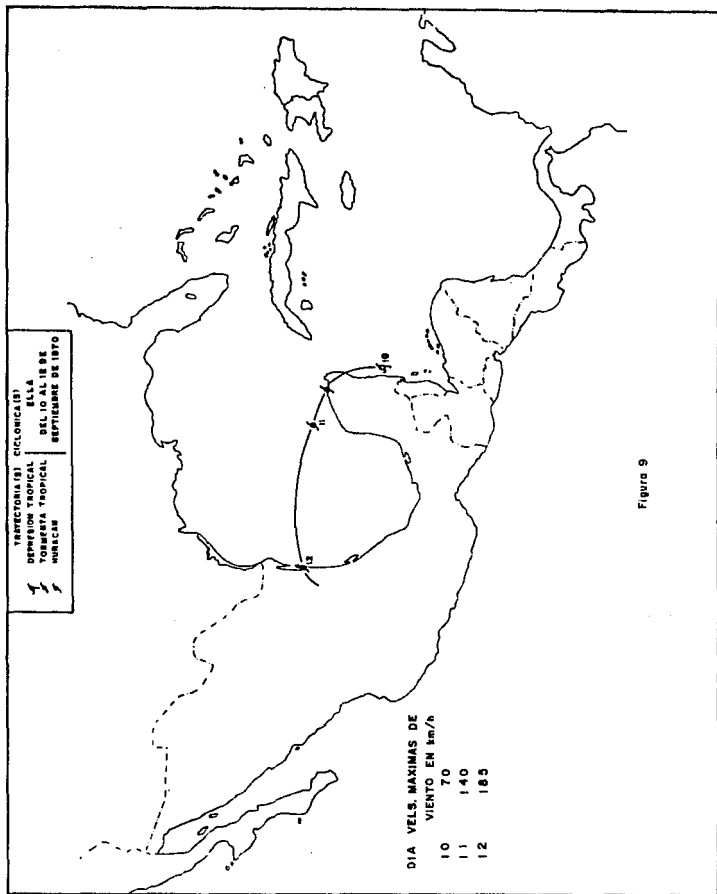
DIA 12, en la madrugada entra a tierra por el norte, cerca de Soto la Marina, Tamps., los vientos máximos registrados cerca de centro fueron de 185 km/h con tendencia a disiparse en los 24.1° lat N y 98° long W. Para el medio día sólo quedaban los remanentes (fig. 9), (CDir. General del Servicio Meteorológico Nacional 1981).

Daños causados por el huracán Ella

Veracruz: se registraron vientos fuertes con lluvias de 41 mm. en el puerto. La carretera México-Veracruz vía Jalapa quedó cerrada por los desbordamientos de varios ríos. El agua alcanzó una altura de 50 cm. en la zona de Paso de Ovejas.

Tamaulipas: Hundió un barco con matrícula de Campeche frente a las costas de Soto la Marina. La Pesca fue arrasada y afectó las localidades de Abasolo, Jiménez, Crucillas, Monedas, Padilla, San Nicolás y Cd. Victoria. En Soto la Marina el 40% de las casas se derrumbaron, quedando los habitantes copados por las aguas. En Cd. Victoria 80 casas cedieron ante la presión del ciclón dejando 5 mil damnificados, en su mayoría campesinos, ganaderos y pescadores. El río Soto la Marina se desbordó, normalizándose por la tarde. Las carreteras que comunican al puerto de Tampico y otras, hacia el centro de la república se cerraron. El 25% de la totalidad de las casas de construcción ligera cedieron ante el huracán. Cinco mil personas no pudieron ser ayudadas ni por agua ni por tierra debido a la lluvia. Varios barcos y helicópteros esperaban en Tampico con ropa, medicinas y víveres porque las inundaciones impedían el acceso a las poblaciones. Tuvieron deslaves las carreteras Tula-Victoria, Matamoros-Cd. Victoria y el camino Cd. Victoria-Jiménez. El río San Fernando se desbordó inundando grandes superficies de cultivo. En Matamoros se evacuaron las colonias Matamoros, Treviño Zapata, Balboa y Popular como medida precautoria.

Nuevo León: al sur de la capital, calles y avenidas estuvieron anegadas porque el sistema de alcantarillado fue insuficiente para desalojar tanta agua producto de las precipitaciones. Hubo varios derrumbes en la carretera Galeana a Linares. En Rayones e Iturbide los caminos estaban intransitables hasta Montemorelos (ver ref. 3).



3.2.4 Huracán Caroline

Trayectoria

Se localiza el día 26 de Agosto de 1975 como depresión tropical en 20.5° lat N y 82.5° long W, con dirección hacia el W. Su velocidad de traslación era de 27 km/h, mientras que sus vientos máximos cerca del centro eran de 45 km/h.

DIA 27. seguía con la misma dirección en 21.1° lat N y 86.3° long W, decreciendo su velocidad de traslación a 22 km/h cuando se encontraba sobre el mar Caribe.

DIA 28. se localiza en 22.5° lat N y 88° long W continuando con la misma dirección hacia el W, volviendo a incrementar su velocidad de avance a 27 km/h cuando se encontraba frente a las costas de Mérida, Yuc.

DIA 29. pasa a ser tormenta tropical en 23.2° lat N y 92° long W, continuando con su dirección hacia el W y disminuyendo la velocidad de avance a 19 km/h, sus vientos máximos cerca del centro eran de 75 km/h. Este mismo día se constituye como huracán, manteniendo su rumbo hacia el W con la misma velocidad de avance de 19 km/h pero vientos máximos cerca del centro de 120 km/h.

DIA 30. se localiza en 23.6° lat N y 95.7° long W manteniéndose sin cambio en su dirección y velocidad de avance, pero los vientos máximos cerca del centro aumentaron a 150 km/h.

DIA 31. se localiza en 24.3° lat N y 97.9° long W conservando la misma dirección hacia el W, la velocidad de avance disminuyó a 12 km/h y se incrementaron los vientos máximos hasta 185 km/h cerca del centro.

DIA 1., se reporta como tormenta tropical en los 23.3° lat N y 99° long W en estado de disipación, los vientos cerca del centro bajaron a 55 km/h (fig. 10), (Dir. General del Servicio Meteorológico Nacional 1981).

Daños causados por el huracán Caroline

Veracruz: el agua subió un metro por el desbordamiento de los ríos Nautla, Raudal y Zamapa, en las zonas bajas. El servicio meteorológico de Veracruz informó que cayeron 266 mm. de lluvia, 174 mm. cayeron en un solo día. En el puerto se inundaron las colonias Playa Linda, Ruiz Cortines y Boticaria.

El Higo: Gran cantidad de ejidos y rancherías quedaron bajo las aguas de los ríos Tempoal y Pánuco, dos mil personas fueron evacuadas. La S.R.H. informó que el río Pánuco alcanzó un altura de 23.77 mts. El río Cazones se derramó sobre Poza Rica, El Higo y Tempoal, inundadas en un 30 y 60% de su totalidad. La situación de El Higo se agravó debido a que la altura del río Moctezuma paso de 23.77 a 24.09 m. cortando la carretera entre El Higo y el entronque Tampico-México, en el lugar conocido como los Chivos. El número de damnificados fue de 4 mil; mil en el poblado de Carolina y 2 mil evacuados en el poblado de Bedas.

Poza Rica: el río Cazones subió dos metros sobre el nivel normal, provocando inundaciones graves en las colonias Las Granjas, Ignacio de la Llave, Lázaro Cárdenas y Morelos dejando 160 damnificados. La población El Mango quedó incomunicada,

solo se podía llegar en lancha a causa del desbordamiento del río Chico. Los poblados Paso del Toro, Juan Alfaro y Rancho de la Oveja, quedaron inundados por las aguas del río Cotaxtla. El río Jamapa se desbordó sobre las poblaciones de Medellín, Tejar y Jamapa. En Veracruz, más de 15 rancherías de los municipios de Zamapa y Medellín, localizados a 15 km del puerto, se inundaron, afectando a 17 mil personas. El agua subió un metro en el rancho del Padre, Las trancas, Esperanza, Rincón, Zacatal, Cerro del León y Cedral.

Tanquillas: en la cuenca inferior del río Bravo 900 familias fueron evacuadas. La carretera Tampico-Matamoros se cortó en el tramo de Soto la Marina-Aldama y Soto la Marina-La Coma. Provocó mareas en gran parte del Golfo de México hasta de dos metros de alto. En San Fernando dejó 600 familias damnificadas en los sectores rural y urbano. Caroline provocó lluvias que alcanzaron 190 mm. en Nvo. León; 118.5 mm. en la presa Vicente Guerrero; 128.8 mm. en La Soñadora; 98.5 mm. en Soto la Marina; 118.5 mm. en La Soñadora II. También causó inundaciones en La Carbonera, El Alamo y Carbajal. En Reventadero el agua invade el 20% de la población (ver ref. 4).

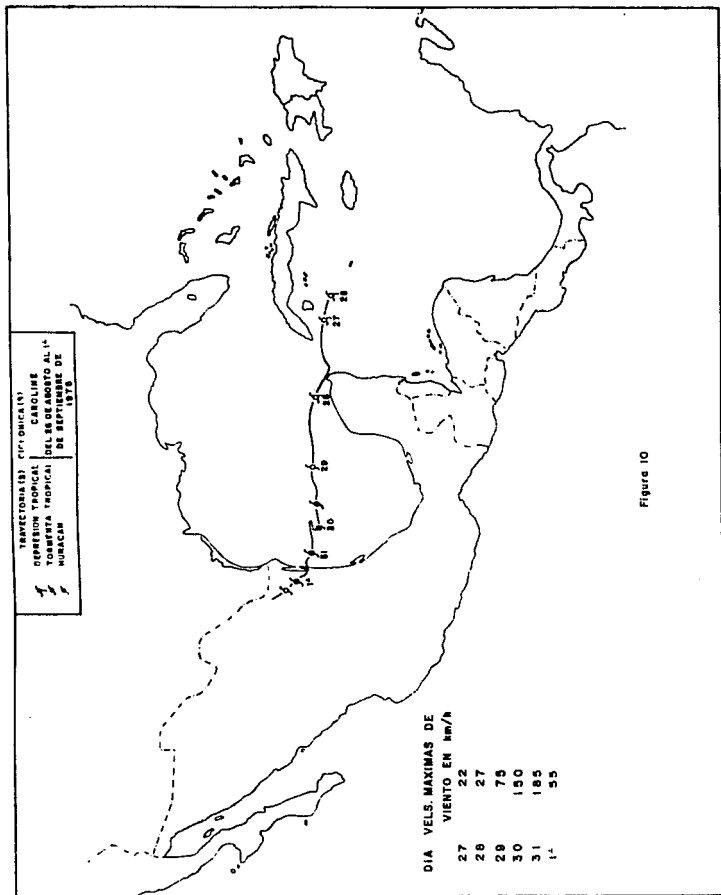


Figure 10

3.2.5 Huracán Anita

Trayectoria

Se localiza como *depresión tropical* el día 29 de Agosto de 1977 en 26.5° lat N y 88.5° long W, tenía una dirección WNW con una velocidad de avance de 10 km/h y vientos máximos de 55 km/h.

DÍA 30. pasa a ser *tormenta tropical* en 27° lat N y 90° long W manteniendo la dirección, pero decreciendo en su velocidad de traslación a 8 km/h y aumentando en sus vientos máximos a 85 km/h. Este mismo día se constituye como huracán, se mueve hacia el W manteniendo la velocidad de avance y sus vientos máximos se incrementan hasta 125 km/h.

DÍA 31. conserva su trayectoria hacia el W localizándose en 26.2° lat N y 92° long W con una velocidad de avance de 8 km/h.

DÍA 1. se localiza en 25.9° lat N y 94.3° long W conservando su dirección hacia el W aumentando su velocidad de traslación a 15 km/h y vientos máximos cerca del centro de 168 km/h. En el transcurso de ese día aumentan sus vientos máximos hasta los 240 km/h.

DÍA 2. se localizaba en 24° lat N y 98° long W sobre costas mexicanas la parte sur de la Laguna Madre, Tamps., con dirección WSW desplazándose a 15 km/h y vientos máximos cerca del centro de 250 km/h. En el transcurso del día siguió desplazándose con la misma velocidad y dirección, decreciendo sus vientos máximos a 120 km/h.


El nacimiento y desarrollo de este huracán fue en aguas del Golfo de México para disiparse en tierra en el estado de

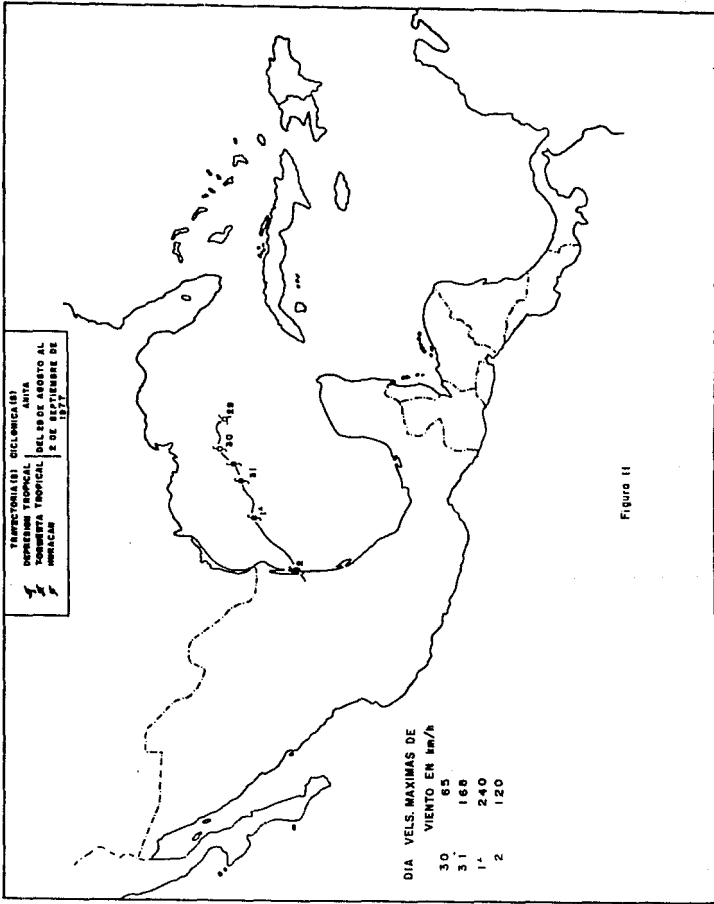
Tamaulipas, (fig.11), (Dir. General del Servicio Meteorológico Nacional 1981).

Daños causados por el huracán Anita

Tamaulipas: Matamoros sufrió inundaciones a lo largo de la línea costera, ocasionadas por el fuerte oleaje, en la costa norte fueron de 5 m. de alto. Las lluvias fueron en promedio de 50 a 75 mm y las máximas de 150 a 250 mm. en las cuencas de los ríos San Fernando, Soto la Marina, San Juan, Pesquería, Carrizal. Las cuencas de los ríos Bravo, Salado y Sabinas tuvieron precipitaciones de 50 mm. en promedio y máximas de 150 mm. En San Fernando y Soto la Marina causó inundaciones, derrumbes de casas, pérdida de las cosechas de maíz y cártamo y la muerte de cinco personas. En Barra del Tordo, afectó las poblaciones de Abasolo, Nvo. Padilla, Jiménez, Estación Manuel, Valle Hermoso, Pescadores, El Charco Largo. El río San Marcos se desbordó por las fuertes tormentas acompañadas por vientos de 250 km/h. Fueron declaradas 17 poblaciones zonas de desastre. En Soto la Marina 3500 perdieron sus casa. En La Pesca de 300 viviendas sólo quedaron en pie 5, perdiendo un millón de pesos en barcas y utensilios para pescar. Las poblaciones damnificadas fueron: La Pesca, Vista Hermosa, La Tuna, Soto la Marina, Tepehuje, Tres de Abril, La Noria, Cinco de Marzo, La Chona, San José, Lerma, Santa Isabel, Santa María, Guayaba, Verde Chico, Verde Grande, El Charco.

El huracán Anita en su ojo medía 40 km de diámetro y 400 km de diámetro todo el conjunto. Se evacuaron 5 mil personas de las colonias San Fernando, Jardín y Matamoros. El huracán Anita dejó 21 muertos y 4 mil damnificados (ver ref. 5).


 TROMBECTONIA (S) CICLONICA (S)
 DEPRESION TROPICAL ANITA
 FORMENTA TROPICAL DEL 29 DE AGOSTO AL
 1 DE SEPTIEMBRE DE
 1977



DIA VELS. MAXIMAS DE
 VIENTO EN Km/h
 30 65
 31 168
 1ª 240
 2 120

Figura II

3.2.6 Huracán Allen

Trayectoria

Se origina al norte de las costas brasileñas el día 1° de Agosto de 1980 como depresión tropical a 2000 km al este de Trinidad y Tobago.

DIA 2, se intensifica, pasando a ser tormenta tropical en 11° lat N y 44° long W, se localiza a 1880 km al este de Trinidad y Tobago moviéndose hacia el W a 30 km/h y vientos máximos cerca del centro de 65 km/h.

DIA 3, se sitúa en 12.7° lat N y 52.5° long W a 800 km al ENE de las islas Barbados, conservando la misma dirección y desplazándose a 33 km/h y vientos máximos de 110 km/h. Este mismo día cambian sus características a huracán con movimiento al W de 35 km/h y vientos máximos cerca del centro de 155 km/h.

DIA 4, se encontraba en 13.5° lat N y 60.5° long W a 70 km al noroeste de Barbados, avanzando a 30 km/h y vientos máximos de 200 km/h. Doce horas después se localiza en 14.3° lat N y 64.4° long W a 330 km al este de la Isla Martinica conservando la misma dirección pero incrementando sus vientos máximos a 220 km/h.

DIA 5, estaba en 15.1° lat N y 68° long W a 310 km al sureste de Puerto Rico y se dirigía al WNW con una velocidad de avance de 33 km/h y velocidades de viento máximo de 275 km/h.

DIA 6, se localiza en 17.9° lat N y 75.2° long W, el canal de Jamaica a 150 km al este de Kingston, siguiendo la misma dirección, avanzaba a 33 km/h y vientos de 240 km/h. Diez horas

después se localizaba en 19.5° lat N y 79° long W a 220 km de las Islas Caimán a 150 km de Cabo Cruz, Cuba, con las mismas características.

DIA 7, estaba en 20.3° lat N y 83.5° long W a 400 km al este de Quintana Roo, con velocidad de avance de 35 km/h y vientos máximos de 240 km/h. Seis horas más tarde se encontraba en 21.4° lat N y 85.5° long W a 180 km al este de Isla Mujeres, con rumbo WNW desplazándose a razón de 27 km/h y vientos máximos de 280 km/h; seis horas después de este último informe se encontraba a 50 km a norte-noreste de Cabo Catoche.

DIA 8, se encontraba en 22.4° lat N y 89° long W a 130 km al norte-noreste de Progreso Yucatán, moviéndose en la misma dirección a razón de 30km/h, disminuyendo sus vientos máximos a 270 km/h.

DIA 9, se sitúa en 24.8° lat N y 93.8° long W a 370 km al este-sureste de Matamoros, Tamps., con dirección hacia el WNE avanzando a 22 km/h y vientos máximos de 270 km/h. Dieciocho horas después estaba en 25.5° lat N y 95.5° long W a 110 km al sureste de Matamoros, moviéndose al WNE a razón de 12 km/h y vientos máximos cerca del centro de 260 km/h.

DIA 10, se encontraba en 25.9° lat N y 96.9° long W a escasos 50 km al este de Matamoros, con la misma dirección, avanzando 8 km/h y vientos máximos de 240 km/h. Seis horas después se sitúa en los 26.7° lat N y 97.8° long W en territorio Estadounidense al noroeste de Brownsville, habiendo tocado tierra en Punta Isabel. Cambia su trayectoria al NW avanzando a 17 km/h y vientos máximos de 178 km/h. Sobre Laredo cambian sus características a tormenta tropical en los 27.4° lat N y 99.5° long W con dirección WNW avanzando a razón de 15 km/h y 93 km/h en sus vientos máximos.

DIA 11. continúa como tormenta tropical en los límites de Nvo. León y Coahuila cerca de la presa Venustiano Carranza. En el último aviso se reportó como depresión tropical en los 28° N y 101° W en el noreste de Coahuila entrando en estado de disipación con vientos máximos cerca del centro de 55 km/h, (fig. 12), (Dir. General del Servicio Meteorológico Nacional 1981).

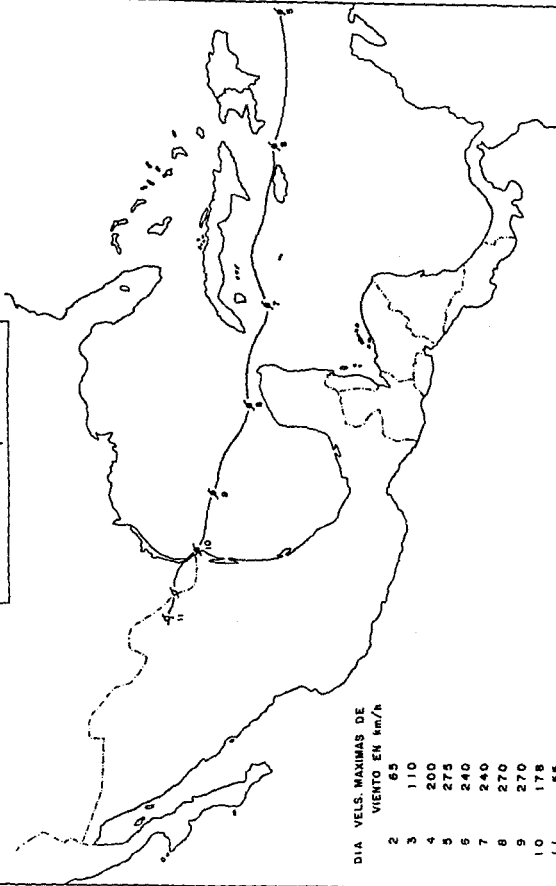
Daños causados por el huracán Allen

Tamaulipas: provocó que se estrellara un helicóptero en el que eran evacuados obreros de las plataformas petroleras de las costas de Louisiana.

Matamoros: 25 mil personas fueron sacadas de la ciudad, donde el 60% de las colonias bajas quedaron inundadas y sin energía eléctrica, agua potable; 400 familias que ocupaban sectores ejidales quedaron aisladas y las carreteras que confluyen a ese puerto quedaron cerradas.

En San Fernando y Valle Hermoso, las lluvias alcanzaron 450 mm. Decenas de personas fueron evacuadas del S. Social debido a que la edificación presentaba serias cuarteaduras y se temía su desplome. En las costas del noroeste las olas se elevaron hasta 10 mts. a causa de los fuertes vientos. Plataformas petroleras enclavadas en Tamaulipas desalojaron 2 mil técnicos. El petrolero libanes Mary Ellen de 252 m. de calado, quedó inutilizado cerca de la Isla del Padre, con 280 mil barriles de petróleo y 37 tripulantes. Los aeropuertos de Reynosa y Matamoros cerraron la navegación aérea quedando incomunicados con la capital de la República. (ver ref. 6).

TRAYECTORIA(S) CICLONICA(S)
 DEPRESION TROPICAL ALLEN
 DEL 1^o AL 11 DE
 TORRENTA TROPICAL
 MURACAN



DIA	VELS. MAXIMAS DE VIENTO EN km/h
2	65
3	110
4	200
5	275
6	240
7	240
8	270
9	270
10	178
11	55

Figure 12

3.3 Referencias

La información anterior fue recopilada de las siguientes fuentes periodísticas.

1. - Huracán Inéz

- Excelsior. México, D.F., 29 de Septiembre de 1966.
- Universal. México, D.F., 1^a quincena de Octubre 1966.
- Novedades. México, D.F., 30 de Septiembre de 1966.
- Novedades. México, D.F., 1^a de Octubre de 1966.

2. - Huracán Beulah

- Excelsior. México, D.F., 1^a quincena de Septiembre de 1967.
- Universal. México, D.F., 2^a quincena de Septiembre de 1967.

3. - Huracán Ella

- La Prensa. México, D.F., 11 de Septiembre de 1970.
- La Prensa. México, D.F., 12 de Septiembre de 1970.
- La Prensa. México, D.F., 13 de Septiembre de 1970.
- La Prensa. México, D.F., 14 de Septiembre de 1970.
- La Prensa. México, D.F., 15 de Septiembre de 1970.
- Universal. México, D.F., 11 de Septiembre de 1970.
- Universal. México, D.F., 12 de Septiembre de 1970.
- Universal. México, D.F., 13 de Septiembre de 1970.
- El sol de la Tarde. Tampico, Tamps., 9 de Septiembre de 1970.
- El sol de la Tarde. Tampico, Tamps., 11 de Septiembre de 1970.
- El sol de la Tarde. Tampico, Tamps., 12 de Septiembre de 1970.
- El sol de la Tarde. Tampico, Tamps., 14 de Septiembre de 1970.
- Novedades. México, D.F., 11 de Septiembre de 1970.
- Novedades. México, D.F., 12 de Septiembre de 1970.

Novedades. México,D.F. , 13 de Septiembre de 1970.

Novedades. México,D.F. , 14 de Septiembre de 1970.

4. - Huracán Caroline

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,29 de Septiembre de 1975

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,30 de Septiembre de 1975

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,1° de Septiembre de 1975.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. , 8 de Octubre de 1975.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,10 de Octubre de 1975.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,11 de Octubre de 1975.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,12 de Octubre de 1975.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,13 de Octubre de 1975.

5. - Huracán Anita

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,30 de Agosto de 1977.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,31 de Agosto de 1977.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. ,1° de Septiembre de 1977.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. , 2 de Septiembre de 1977.

El sol de la Tarde. Tampico, Tamps. , 3 de Septiembre de 1977.

Diario de Yucatán. Mérida,Yuc. , 31 de Agosto de 1977.

Diario de Yucatán. Mérida,Yuc. , 3 de Septiembre de 1977.

Diario de Yucatán. Mérida,Yuc. , 4 de Septiembre de 1977.

Diario de Yucatán. Mérida,Yuc. , 5 de Septiembre de 1977.

Novedades. México,D.F. , 31 de Agosto de 1977.

Novedades. México,D.F. , 1° de Septiembre de 1977.

Novedades. México,D.F. , 2 de Septiembre de 1977.

Novedades. México,D.F. , 3 de Septiembre de 1977

6.- Huracán Allen

Excelsior. México, D.F., 1^a quincena de Agosto de 1980.

Universal. México, D.F., 1^a quincena de Agosto de 1980.

7.- Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional.

"Trayectorias ciclónicas 1960-1980". Marzo de 1981. México,

D. F.

CAPITULO IV MODELOS DE SIMULACION

4.1 Modelos de Simulación

Un modelo de simulación es una herramienta que nos permite reproducir un fenómeno en forma parecida a como se presenta en la naturaleza en todas sus etapas.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) intenta, en su proyecto *Estudio de huracanes y sus efectos en México*, atacar el problema de una forma completa. En este sentido estudia al fenómeno conforme a los cuatro efectos principales como son oleaje, marea de tormenta, viento y precipitación, siendo los causantes directos de los daños en las zonas donde se presentan.

El IMTA optó por atacar el fenómeno y sus efectos a través de la simulación histórica de huracanes, principalmente por la escasez (o en ocasiones inexistencia) de mediciones para las variables de interés, representadas por los efectos.

La finalidad de usar un modelo de simulación histórica es que simula huracanes reales para reconstituir muestras estadísticas jamás medidas y así obtener información estadística extrapolable a diferentes periodos de retorno.

En contraste existe el método de huracanes típicos sintéticos, muy utilizado en los E.U.A. Este país se basa en estudios estadísticos de las trayectorias e intensidades de los huracanes que insiden en diferentes puntos de sus costas, para determinar un huracán típico que en realidad no existe, pues solo agrupa las características más significativas de este fenómeno. Con la ayuda de estos huracanes tipo se generan huracanes sintéticos en diferentes zonas de interés para evaluar los posibles daños ocasionados bajo estas condiciones.

Estos modelos requieren de un registro de trayectorias e intensidades de suficiente duración.

Los modelos de simulación de los efectos del huracán deben estar balanceados en cuanto a su complejidad y exactitud. Los modelos más complejos pueden modelar más adecuadamente el efecto de interés pero de requerir mucho tiempo de cómputo, resulta imposible de utilizar. En México por estar en la zona de vacío de información (llamada así por meteorólogos de países desarrollados) cercana al ecuador, los modelos más complejos pueden resultar imposibles de calibrar para condiciones locales.

4.2 Utilidad de los Modelos de Simulación

Los datos generados por los modelos de simulación son de gran ayuda al reproducir el fenómeno en forma analítica, dando una idea de la magnitud de los daños que se presentan en las zonas afectadas como consecuencia de los efectos. Estos modelos ayudan para predecir y analizar las condiciones de oleaje, marea de tormenta, precipitaciones y viento que se presentarán (o presentaron) en una cierta localidad o región en forma cuantitativa.

4.2.1 Comparación del modelos de vientos y mediciones

Los registros de mediciones fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, por medio de los diversos observatorios con que cuenta. Los observatorios consultados fueron:

Soto la Marina con periodo general de datos de 1941-1967
Tampico, Tamps. con un periodo de datos de 1941-1970
Veracruz, Ver. con un periodo de datos de 1941-1970
Jalapa, Ver. con un periodo de datos de 1941-1970
Monterrey, Nvo. León. con un periodo de datos de 1941-1970
Monclova, Coah. con un periodo de datos de 1941-1970
Piedras Negras, Coah. con un periodo de datos de 1941-1965
Rioverde, S.L.P. con un periodo de datos de 1941-1970

Las velocidades de viento registradas por el Servicio Meteorológico Nacional se compararon con las velocidades de viento del modelo de simulación con un intervalo de tiempo a cada 6 o 7 horas (algunos observatorios reportan a las 7, 14, 21 horas). La comparación entre estas dos fuentes dieron resultados cercanos siendo aceptables si se considera que los huracanes en estudio no pasaron tan cerca de los observatorios elegidos. Aunque en algunos casos llegan a presentarse disparidades, en general modelan velocidades de viento muy cercanas a las reportadas.

La diferencia entre lecturas se debe, en parte, a que la velocidad de viento registrada por el anemómetro, no se encuentra a una altura de 10 m. como lo indica las normas internacionales. Dentro de los otros factores que influyeron para que no se registraran las velocidades reales del campo de vientos libre fueron:

1) El tipo de terreno y obstáculos (casas, edificios, árboles) con que se encontraron los vientos al penetrar en tierra.

2) Los huracanes en estudio no pasaron cerca de los observatorios que se eligieron para obtener las velocidades máximas de viento.

3) Un factor de influencia es que el observatorio se encuentre detrás de una loma, pues el movimiento del aire se modifica localmente por las condiciones topográficas. Actualmente, México no cuenta con observatorios o estaciones especialmente diseñadas para la medición de condiciones extremas en cuanto a operación, localización y rangos de la instrumentación. Registros de este tipo son los que serían directamente comprobables con los modelos de simulación.

4) Con respecto a la velocidades reportadas por los medios de información (periódicos) fueron consideradas poco aceptables por la falta de conocimiento de los reporteros sobre este tipo de fenómenos.

4.3 Modelo de vientos

El modelo utilizado es una solución analítica de las ecuaciones fluidodinámicas gobernantes en forma simplificada. El modelo de vientos lo utilizó Springall (1975). Sánchez Sesma (1985) le adiciona una expresión empírica que relaciona la intensidad del huracán y el radio del ojo (misma que es esencial en la descripción de la distribución radial de los vientos) resultando una solución analítica-empírica a las ecuaciones antes mencionadas que gobiernan el fenómeno. El campo de vientos que proporciona el modelo no considera interacción con otras perturbaciones atmosféricas ni con el relieve del terreno. Aunque el campo de vientos no es simétrico, el grado de asimetría es pequeño (Sánchez Sesma 1985).

Descripción del modelo

► Radio del ojo (radio de máximos vientos)

Para el cálculo del radio de máximos vientos del huracán se utiliza la siguiente expresión.

$$R = 15 + 4 \left[\frac{P_o}{33.9} - 25 \right]^{1.8} + k_1 \left[\frac{\alpha - 35}{k_2} \right]^{k_2}$$

donde:

R = radio de máximo viento, en kilómetros.

P_o = presión central del huracán, en milibares.

α = latitud del ojo del huracán, en grados.

Los coeficientes k_1 , k_2 , k_3 están en función de la latitud α , es decir:

si $\alpha > 35^\circ$ entonces $k_1 = 27$
 $k_2 = 8$
 $k_3 = 2$

si $\alpha < 35^\circ$ entonces $k_1 = -5.4$
 $k_2 = -12$
 $k_3 = 1.3$

► Velocidad de viento ciclostrófico

$$V_c^2 = \left[\frac{P_n - P_o}{\rho} \left(\exp \left\{ -\frac{R}{r} \right\} \right) \right] \left(\frac{R}{r} \right)$$

donde:

V_c = velocidad de viento ciclostrófico, en m/seg.

P_n = presión normal en la zona, en Nw/m^2 .

P_o = presión central del huracán, en Nw/m^2 .

ρ = densidad del aire, en kg/m^3 .

Si se utilizan las presiones P_n y P_o en milibares, la densidad ρ en kg/m^3 para obtener la velocidad V_c en km/h, la expresión es:

$$V_c = 0.036 \left[\frac{P_n - P_o}{\rho} \left(\exp \left\{ -\frac{R}{r} \right\} \right) \right] \left(\frac{R}{r} \right)$$

donde 0.036 será el factor de conversión de unidades.

► Velocidad de viento gradiente

$$V_g = - \frac{k r}{2} + \left[\left(\frac{k r}{2} \right)^2 + V_c^2 \right]$$

donde:

V_g = velocidad de viento gradiente, en km/h.

r = radio al que se desea calcular la velocidad V_g , en km/h.

V_c = velocidad de viento ciclostrofico, en km/h.

$$k = 2 \Omega \text{ Sen } \alpha - \frac{V_T}{r} \text{ Sen } \beta$$

donde :

Ω = velocidad angular de la Tierra = $2\pi/24$, en rad/h.

V_T = velocidad de desplazamiento del huracán, en km/h.

α = latitud del ojo del huracán, en grados.

β = ángulo formado por la dirección del viento con respecto a la dirección de desplazamiento del huracán, en grados (convención geográfica, + en sentido horario).

► Velocidad de viento en la superficie

La expresión para calcular la distribución de velocidades de viento superficial (V_s) en km/h, a 10 m. sobre el nivel del mar en función del radio de máximo viento y de la velocidad de viento gradiente es:

$$\frac{V_s}{V_g} = 0.54 + \exp \left[- \frac{r}{R} - 0.55 \frac{R}{r} \right]$$

válida para $\frac{r}{R} > 1$ (o sea fuera del ojo del huracán), donde todas las variables ya han sido definidas.

El origen de las coordenadas espaciales (x,y) considerado, es el cruce del meridiano 120° oeste y el paralelo 14° norte, al suroeste de México. De conocerse las posiciones del centro del ciclón como longitud y latitud en grados, x y y en km se pueden calcular con las expresiones:

$$y = 111.111 (\text{latitud} - 14)$$

$$x = 111.111 (120 - \text{longitud}) \text{ Cos} (\text{latitud})$$

con la latitud y longitud en grados.

En las tablas 5-10 se comparan las tres fuentes de información (S.M.N, modelos y periodística) de las que se obtuvo información de las velocidades de viento que se reportaron como máximas durante el recorrido de los huracanes (Inéz, Beulah, Ella, Caroline, Anita y Allen), y en las gráficas 1-12 se muestran las velocidades de viento así como la dirección de los vientos antes y después de pasar cerca o sobre la ciudad de interés.

Las velocidades de viento que soportaron las ciudades cercanas a la costa como Matamoros, Soto la Marina y el puerto de Tampico durante estos huracanes, corresponden a un huracán clasificado de baja intensidad. En el observatorio de Tampico se registró la máxima velocidad de viento de 148 km/h que correspondió al huracán Inéz, los diarios en esta misma localidad reportaron velocidades máximas de viento de 200 km/h, que obviamente corresponde a la velocidad máxima del huracán en la región y no al valor local.

En la población de Soto la Marina la velocidad máxima local medida en el observatorio fue de 119 km/h durante el huracán Anita, en los diarios se reportaron velocidades de viento de

300 km/h, que obviamente no es la velocidad local correcta.

La falta de conocimiento de las personas que transmiten este tipo de información errónea, indirectamente expone a la población en un futuro al hacerles creer que realmente han soportado velocidades de viento de tal magnitud y que fueron provocados por huracanes intensos, pero no toma en cuenta que no pasaron directamente sobre la ciudad. Por esta razón cuando las poblaciones costeras son arrasadas con velocidades de viento inferiores la población se desconcierta aún más.

HURACAN INEZ (I)

Comparación de valores observados con el modelo de simulación

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO EN [km/h]												
	DIA 8/SEP/00			DIA 9/SEP/00			DIA 10/SEP/00			DIA 11/SEP/00			
	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	
S. la Marina	7	-	-	-	25	40	-	72	80	-	32	30	-
	14	-	-	-	72	80	-	11	70	-	14	20	-
	21	-	-	-	0	70	-	14	30	-	0	-	-
Tampico	7	7	20	-	35	50	-	148	130	-	-	-	-
	14	35	40	-	18	50	-	13	90	-	-	-	-
	21	23	40	-	83	80	-	14	30	-	-	-	-
Veracruz	7	22	40	-	13	30	-	14	30	-	-	-	-
	14	22	40	-	22	40	-	31	30	-	-	-	-
	21	4	40	-	14	30	-	22	10	-	-	-	-

Tabla 5

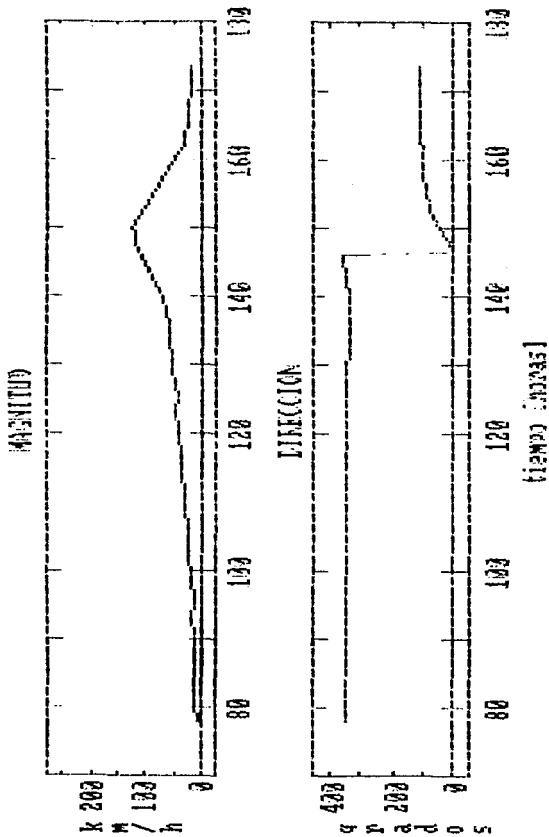
OBS Información del Servicio Meteorológico Nacional (medida).

MOD Valores obtenidos con el Modelo de Simulación Histórica (modelos de simulación).

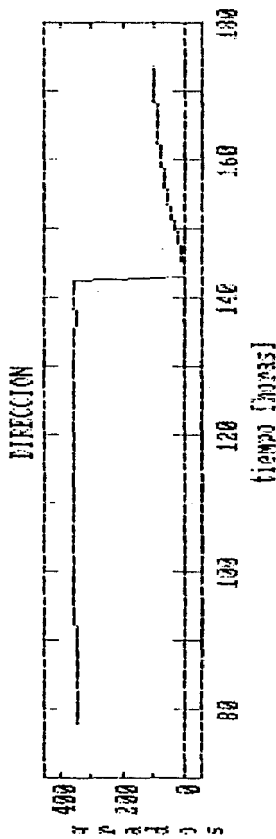
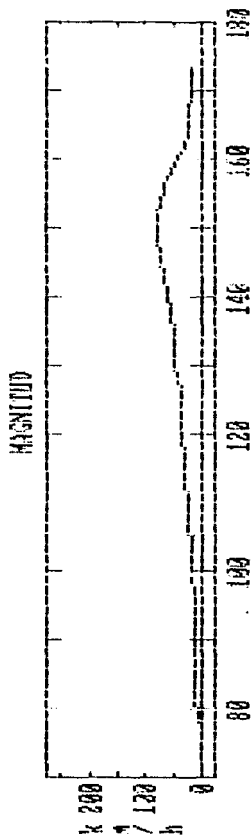
REP Información reportada en los diarios consultados (periódicos).

Las máximas velocidades de vientos que reportaron los diarios en el puerto de Tampico y Soto la Marina fueron de 200 y 217 km/h, obviamente corresponden a las velocidades máximas del huracán en la región y no al valor local. En las gráficas 1 y 2 se muestra las velocidades de viento dadas por el modelo de simulación en las ciudades de Tampico y Soto la Marina.

Viento (sostenido) en IAMPICO TAMPS
 Long. 97.85 Lat. 23.22 (origen del tiempo: 04/OCT/1966, 00:00)



Viento (sostenido) en SOTO LA MARINA TAMPS
 Long. 98.2 Lat. 23.77 (origen del tiempo: 04/OCT/1955, 00:00)



HURACAN BEULAH (B)

Comparación de valores observados con el modelo de simulación

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO EN [km/h]												
	DIA 19/SEP/07			DIA 20/SEP/07			DIA 21/SEP/07			DIA 22/SEP/07			
	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	
S. la Marina	5	35	40	-	25	50	-	2	25	-	-	-	-
	12	18	50	-	14	40	-	7	10	-	-	-	-
	18	20	60	-	11	25	-	14	10	-	-	-	-
Tampico	7	72	50	-	6	40	-	4	25	-	-	-	-
	14	50	60	-	0	30	-	22	20	-	-	-	-
	21	75	60	-	0	20	-	7	10	-	-	-	-
Monterrey	7	-	-	-	-	-	-	25	60	-	0	10	-
	14	-	-	-	-	-	-	46	40	-	13	10	-
	21	-	-	-	-	-	-	57	50	-	0	0	0
Monclova	7	-	-	-	-	-	-	0	30	-	54	25	-
	14	-	-	-	-	-	-	11	10	-	11	10	-
	21	-	-	-	-	-	-	43	30	-	18	10	-

tabla 6

OBS Información del Servicio Meteorológico Nacional (medida).

MOD Valores obtenidos con el Modelo de Simulación Histórica (modelos de simulación).

REP Información reportada en los diarios consultados (periodística).

Las máximas velocidades de viento reportadas en los diarios de Matamoros y Reynosa fueron de 200 y 250 km/h. En las gráficas 3 y 4 se muestran las velocidades de viento dadas por el modelo en Tampico y S. la Marina.

Viento (sostenido) en TAMPICO TAMPS
 Long. 97.85 Lat. 23.22 (origen del tiempo: 15/SEP/1967,00:00)

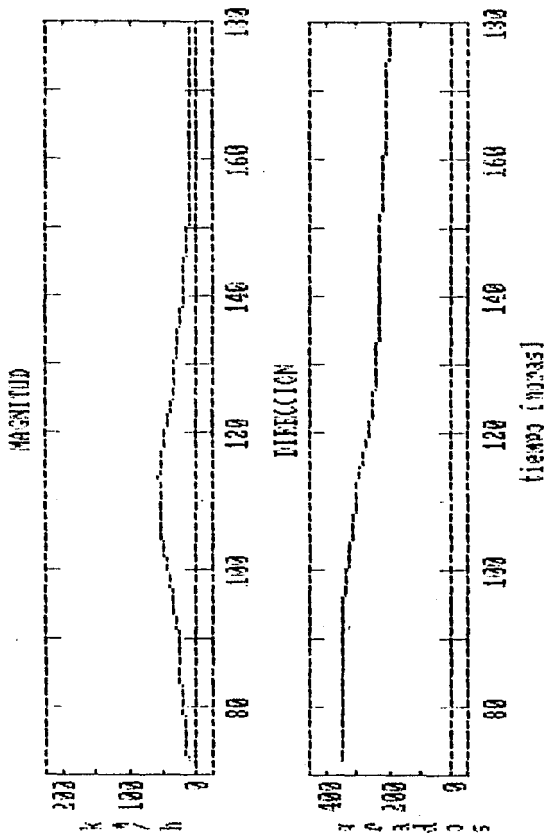
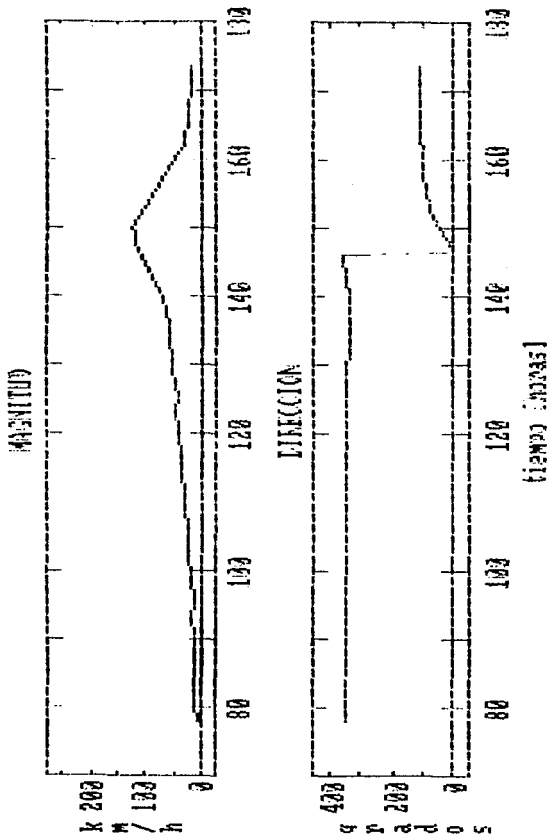


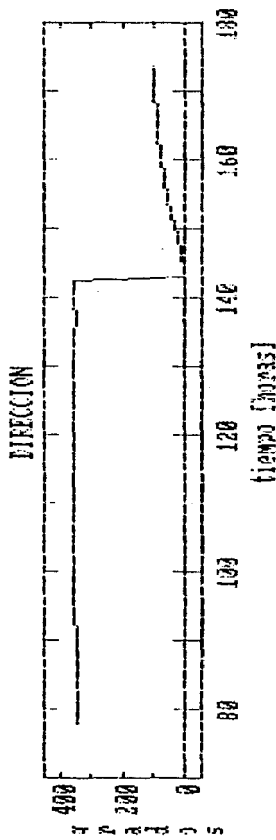
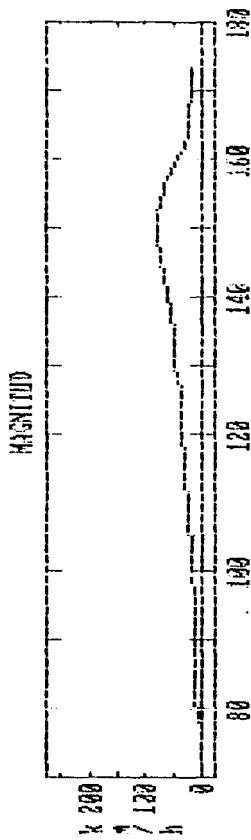
Gráfico 3

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

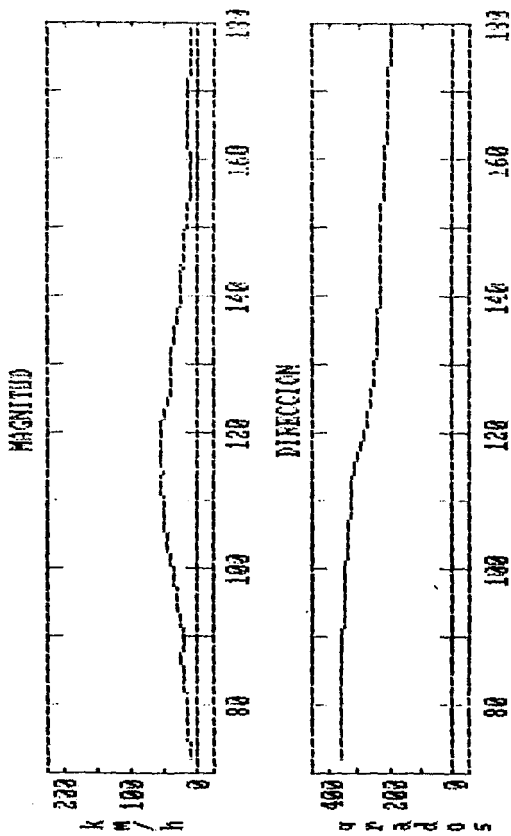
Viento (sostenido) en IAMPICO TAMPS
 Long. 97.85 Lat. 23.22 (origen del tiempo: 04/OCT/1966, 00:00)



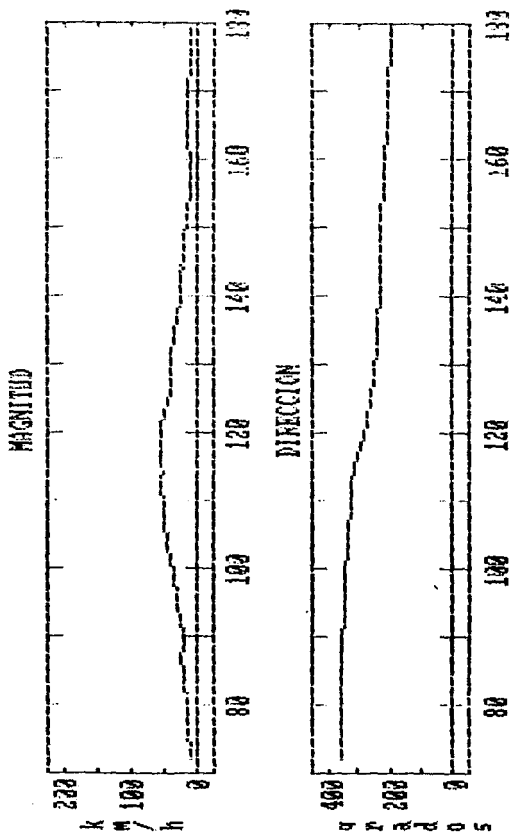
Viento (sostenido) en SOTO LA MARINA TAMPS
 Long. 98.2 Lat. 23.77 (origen del tiempo: 04/OCT/1955, 00:00)



Viento (sostenido) en SOTO LA MARINA TAMP
 long. 98.2 lat. 23.77 (origen del tiempo: 15/SEP/1967, 00:00)



Viento (sostenido) en SOTO LA MARINA TAMP
 long. 98.2 lat. 23.77 (origen del tiempo: 15/SEP/1967, 00:00)



HURACAN ELLA (C)

Comparación de valores observados con el modelo de simulación

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO EN [km/h]												
	DIA 11/SEP/70			DIA 12/SEP/70			DIA 13/SEP/70			DIA 14/SEP/70			
	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	
S. la Marina	8	-	-	-	55	20	-	0	30	-	0	0	-
	12	-	-	-	34	50	-	0	20	-	0	0	-
	18	-	-	-	18	40	-	0	0	-	15	0	-
Tampico	7	-	-	-	32	80	-	35	30	-	0	0	-
	14	-	-	-	22	50	-	14	20	-	7	0	-
	21				47	30	-	4	0	-			
Veracruz	7	4	20	-	18	18	-	4	10	-	-	-	-
	14	18	18	-	33	15	-	22	10	-	-	-	-
	21	20	18	-	31	15	-	27	10	-	-	-	-

Tabla 7

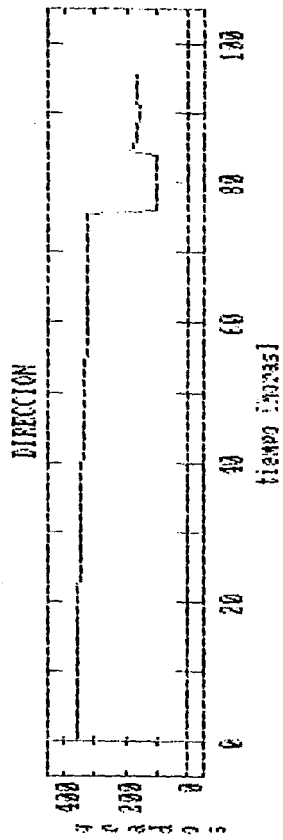
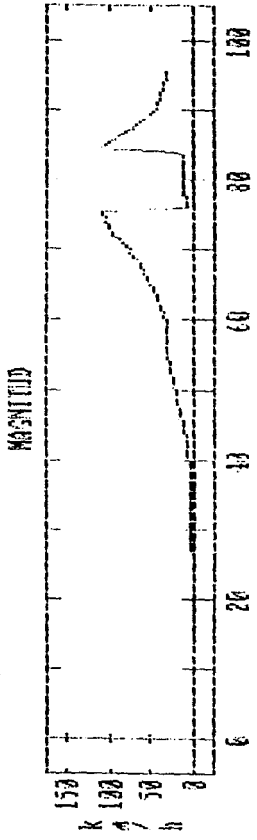
OBS Información del Servicio Meteorológico Nacional (medida).

MOD Valores obtenidos con el Modelo de Simulación Histórica (modelos de simulación).

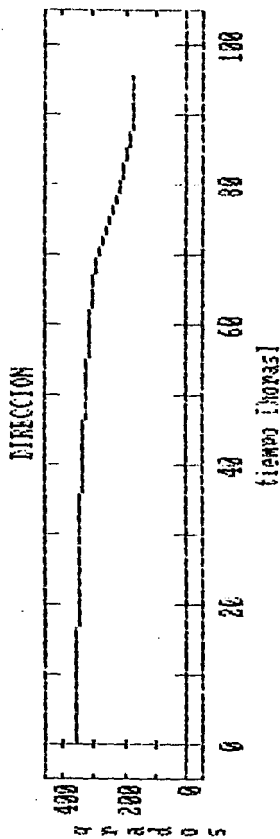
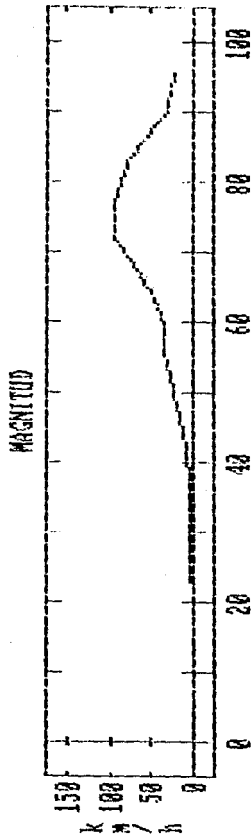
REP Información reportada en los diarios consultados (periodístico).

Las máximas velocidades de vientos reportadas por los diarios en Tampico y Soto la Marina fueron de 185 km/h en ambas ciudades, que corresponden a las velocidades del huracán en la región. En las gráficas 5 y 6 se muestran las velocidades dadas por el modelo en Tampico y Soto la Marina.

viento (sostenido) en SOTO LA MARINA TAMPS
 Long. 98.2 lat. 23.77 (origen del tiempo: 03/SEP/1970, 00:00)



long. 97.85
 Viento (sostenido) en TAMPICO TAMPS
 lat. 23.22 (origen del tiempo: 09/SEP/1970,00:00)



HURACAN CAROLINE (C)

Comparación de valores observados con el modelo de simulación

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO EN [km/h]											
	DIA 11/AGO/75			DIA 17/SEP/75			DIA 2/SEP/75			DIA 3/SEP/75		
	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP.
S. la Marina	5	35	100	-	8	20	-	0	0	-	-	-
	12	80	70	-	0	10	-	-	0	-	-	-
	18	18	40	-	0	0	-	0	0	-	-	-
Tampico	5	0	70	-	0	20	-	0	0	-	-	-
	12	0	50	-	0	10	-	0	0	-	-	-
	18	29	30	-	0	0	-	0	0	-	-	-
Veracruz	5	14	20	-	14	10	-	5	0	-	-	-
	12	18	10	-	14	10	-	9	0	-	-	-
	18	14	10	-	9	10	-	9	0	-	-	-
Monterrey	5	-	-	-	4	40	-	0	0	-	0	0
	12	-	-	-	4	40	-	0	0	-	29	0
	18	-	-	-	4	40	-	7	0	-	18	0

Tabla 8

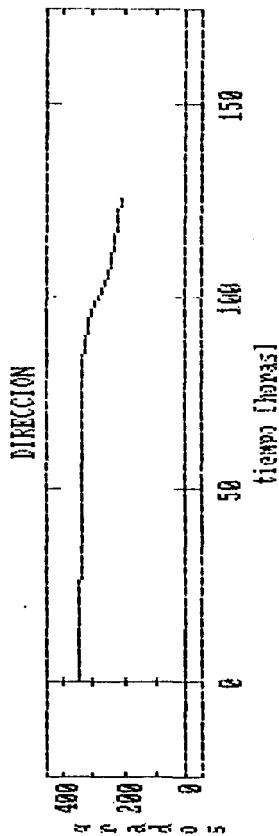
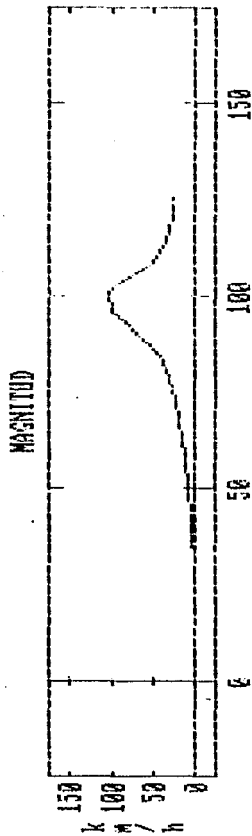
OBS Información del Servicio Meteorológico Nacional (medida).

MOD Valores obtenidos con el Modelo de Simulación Histórica (modelos de simulación)

REP Información reportada en los diarios consultados (periodística)

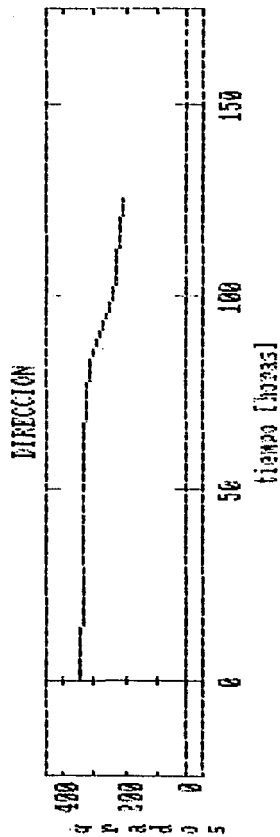
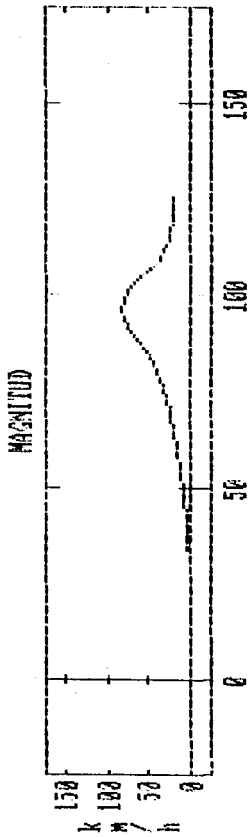
Las máximas velocidades de viento reportadas por los diarios en Soto la Marina y Tampico fueron de 140 km/h y que corresponden a las velocidades de vientos máximos en la región. En las gráficas 7 y 8 se muestran las velocidades de viento calculadas en Tampico y Soto la Marina.

Viento (sostenido) en SOTO LA MARINA TAMPS
 long. 98.2 lat. 23.77 (origen del tiempo: 27/AGO/1975, 00:00)



Wiento (sostenido) en TAMPICO TAMPS
 lat. 23.22 (origen del tiempo: 27/AGO/1975,00:00)

long. 97.85



HURACAN ANITA (A)

Comparación de valores observados con el modelo de simulación

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO EN [km/h]											
	DIA 1*/SEP/77			DIA 2*/SEP/77			DIA 3*/SEP/77			DIA 4*/SEP/77		
	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP
S. la Marina	0	30	-	05	130	-	0	0	-	-	-	-
	12	0	40	-	110	145	-	0	0	-	-	-
	18	14	50	-	11	10	-	0	0	-	-	-
Tampico	0	14	30	-	7	110	-	4	10	-	-	-
	12	0	40	-	7	00	-	4	0	-	-	-
	18	14	50	-	14	20	-	14	0	-	-	-
Rioverde	0	0	10	-	0	50	-	0	0	-	-	-
	12	0	20	-	-	00	-	0	0	-	-	-
	18	30	30	-	7	45	-	0	0	-	-	-

Tabla 0

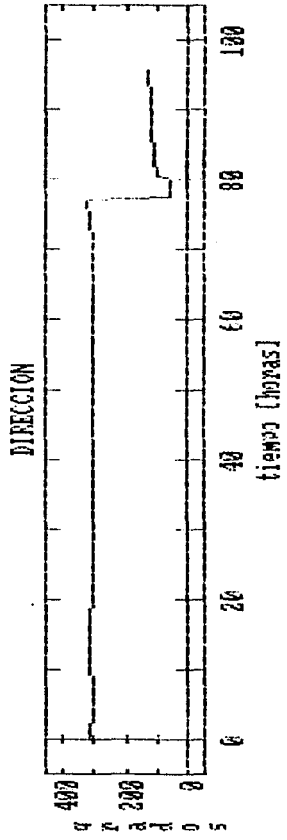
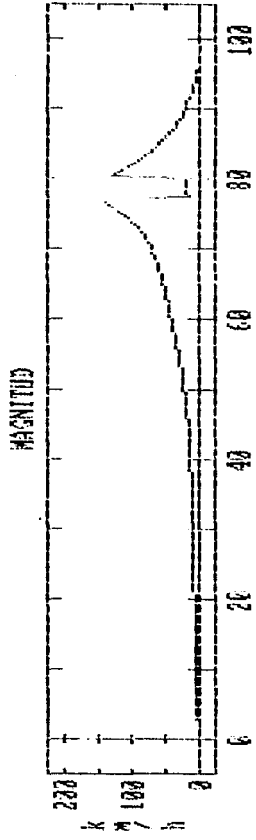
OBS Información del Servicio Meteorológico Nacional (medida).

MOD Valores obtenidos con el Modelo de Simulación Histórica (modelos de simulación).

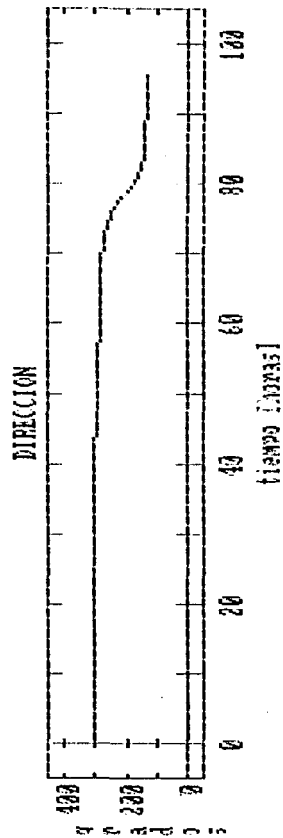
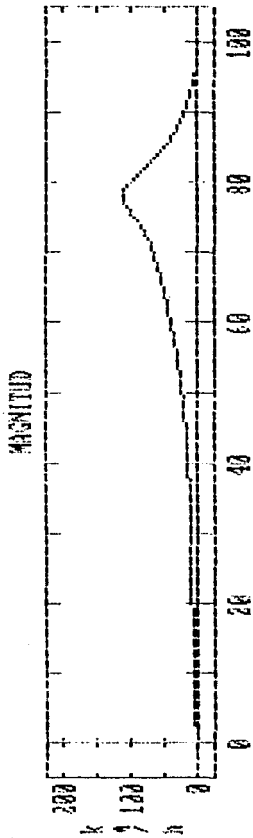
REP Información reportada en los diarios consultados (periodística).

Las máximas velocidades de viento reportadas en Soto la Marina y Tampico por los diarios fueron de 300 km/h, que de acuerdo a los registros son francamente exagerada. En las gráficas 9 y 10 se muestran las velocidades de viento dadas por el modelo para estas ciudades.

Viento (sostenido) en SOTO LA MARINA TAMPS
 Long. 98.2 Lat. 23.77 (origen del tiempo: 30/AGO/1977,00:00)



Viento (sostenido) en TAMPICO TAMPS
 Lat. 23.22 (origen del tiempo: 30/AGO/1977, 00:00)
 Long. 97.85



HURACAN ALLEN (L)

Comparación de valores observados con el modelo de simulación

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO EN (km/h)											
	DIA 0/Ago/80			DIA 10/Ago/80			DIA 11/Ago/80			DIA 12/Ago/80		
	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP	OBS	MOD	REP
Matamoros	8	-	-	-	-	-	18	15	-	-	-	-
	12	-	-	-	-	-	38	30	-	-	-	-
	18	-	-	-	-	-	18	40	-	-	-	-
Monterrey	8	-	-	-	33	40	-	4	20	-	12	20
	12	-	-	-	39	50	-	12	10	-	10	20
	18	-	-	-	15	30	-	10	10	-	12	30
Piedras Negras	8	-	-	-	43	30	-	67	60	-	30	20
	12	-	-	-	81	40	-	45	40	-	32	20
	18	-	-	-	104	50	-	25	20	-	18	20
Monclova	8	-	-	-	42	30	-	18	40	-	18	10
	12	-	-	-	37	40	-	18	20	-	18	10
	18	-	-	-	35	45	-	25	10	-	31	10

Tabla 10

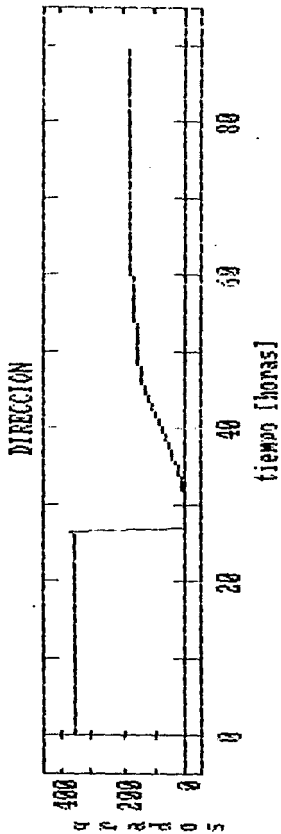
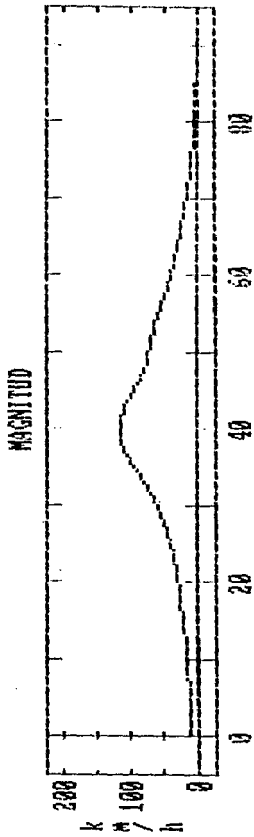
OBS Información del Servicio Meteorológico Nacional (medida)

MOD Valores obtenidos con el Modelo de Simulación Histórica (modelos de simulación).

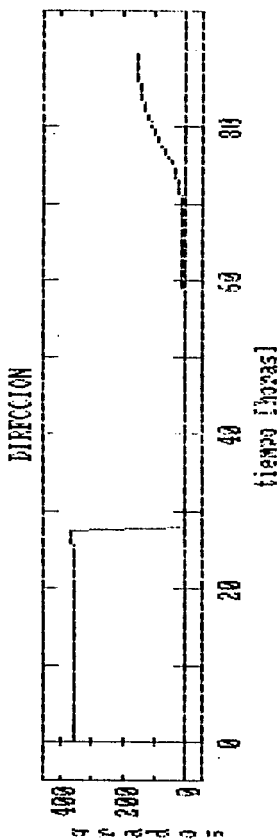
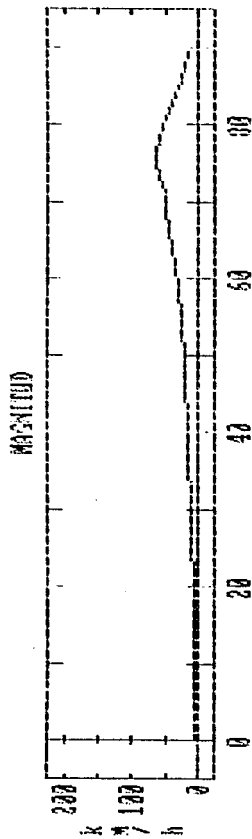
REP Información reportada en los diarios consultados (periodísticas).

La máxima velocidad de viento reportada por los diarios en Matamoros fué de 270 km/h, correspondiente a la velocidad de vientos máximos en la región. En las gráficas 11 y 12 se muestran las velocidades de viento dadas por el modelo en Matamoros y Piedras Negras.

Viento (sostenido) en MATAMOROS TAMPS
 Long. 95.52 lat. 25.88 (origen del tiempo: 08/AG/1980, 00:00)



Viento (sostenido) en PIEDRAS NEGRAS COAH
 Long. 100.52 Lat. 28.7 (origen del tiempo: 08/AGO/1980, 00:00)



Notas referentes a las depresiones y saltos que presentan las gráficas de velocidades y direcciones de viento.

1) El salto que presenta la gráfica 1 en la dirección del viento se debe al paso de la dirección por el norte que esta representado por 0 y 360°. Si se elimina el salto después de rebasar los 360°, la gráfica sería continua y ascendente teniendo lecturas mayores a los 360°.

2) El salto que presenta la gráfica 2 en la dirección del viento se debe al paso de la dirección por el norte que esta representado por 0 y 360°. Si se elimina el salto después de rebasar los 360°, la gráfica sería continua y ascendente teniendo lecturas mayores a los 360°.

3) La depresión en las gráficas 5 y 9 en la velocidad del viento se debe al paso de los huracanes Ella y Anita sobre la ciudad de Soto la Marina, el ojo por ser una zona en calma tiene velocidades bajas que contrastan con las velocidades que se presentan muy cerca del ojo.

4) El salto que presentan las gráficas 5 y 9 en la dirección del viento se debe a un cambio de dirección en los vientos de 180 grados después del paso del ojo de los huracanes Ella y Anita sobre la ciudad de Soto la Marina.

5) El salto que presenta la gráfica 11 en la dirección del viento se debe al paso de la dirección por el norte que esta representado por 0 y 360°. Si se elimina el salto después de rebasar los 360°, la gráfica sería continua y ascendente teniendo lecturas mayores a los 360°.

6) El salto que presenta la gráfica 12 en la dirección del viento se debe al paso de la dirección por el norte que esta

representado por 0 y 360°. Si se elimina el salto después de rebasar los 360°, la gráfica sería continua y ascendente teniendo lecturas mayores a los 360°.

4.3.1 Modelo envolvente de vientos

Este modelo nos permite conocer las velocidades máximas de viento que prevalecieron en el mar y sobre tierra en el entorno del huracán en estudio. Este modelo envolvente de vientos máximos tiene utilidad en el análisis de los efectos de un huracán y no de manera predictiva (INTA 1990).

En las figuras 13 a 18 se muestran las isotacas de vientos máximos para cada huracán a su paso sobre la región de interés. Las líneas continuas representan las isotacas con velocidades de viento de 10 a 60 km/h, las líneas discontinuas representan las velocidades de 70 a 110 km/h y las líneas punteadas representan las velocidades de 120 km/h en adelante.

En la figura 13 se muestran las isotacas de vientos máximos que alcanzó Inéz sobre el Golfo y en la porción central de Tamaulipas, abarcando una área aproximada de 45,000 km² en donde el modelo registró velocidades de viento de 70 a 120 km/h.

En la figura 14 se muestran las isotacas de vientos máximos que alcanzó Beulah sobre una extensa zona del Golfo y la porción norte de Tamaulipas, abarcando una área aproximada de 23,000 km² en donde el modelo registró velocidades de viento de 70 a 160 km/h.

En la figura 15 se muestran las isotacas de vientos máximos que desarrolló Ella sobre el Golfo y la porción central y norte de Tamaulipas y Nuevo León, abarcando una área aproximada de 58,000 km² en donde el modelo registró velocidades de viento de 70 a 110 km/h.

En la figura 16 se muestran las isotacas de vientos máximos que

alcanzó Caroline sobre el Golfo y la porción central y norte de Tamaulipas, abarcando una área aproximada de 39,000 km² en donde el modelo registró velocidades de viento de 70 a 110 km/h.

En la figura 17 se muestran las isotacas de vientos máximos que alcanzó Anita en la porción central y norte de Tamaulipas, Nuevo León, cubriendo una área aproximada de 89,000 km² en donde el modelo registró velocidades de viento de 70 a 140 km/h.

En la figura 18 se muestran las isotacas de vientos máximos que alcanzó Allen sobre el Golfo y la porción norte de Tamaulipas y Nuevo León, cubriendo una área aproximada de 35,000 km² en donde el modelo registró velocidades de viento de 70 a 130 km/h.

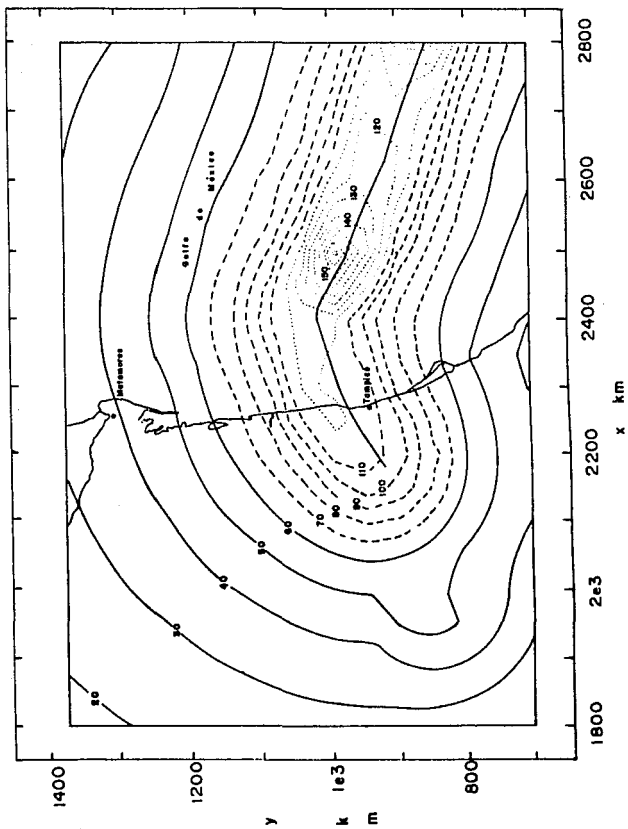


Figure 13 - Vientos máximos producidos por INEZ

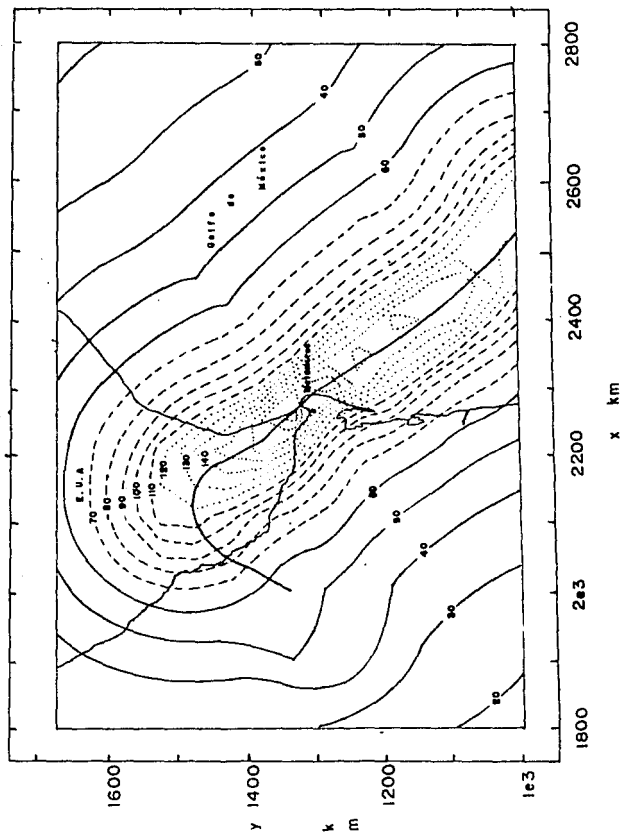


Figura 14 - Vientos máximos producidos por BEULAH

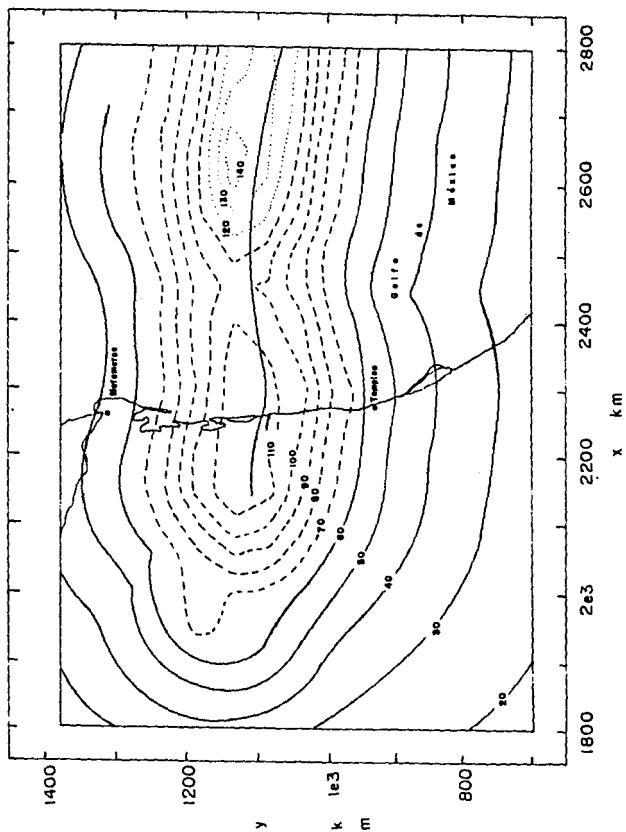


Figura 15 - Vientos máximos producidos por ELLA

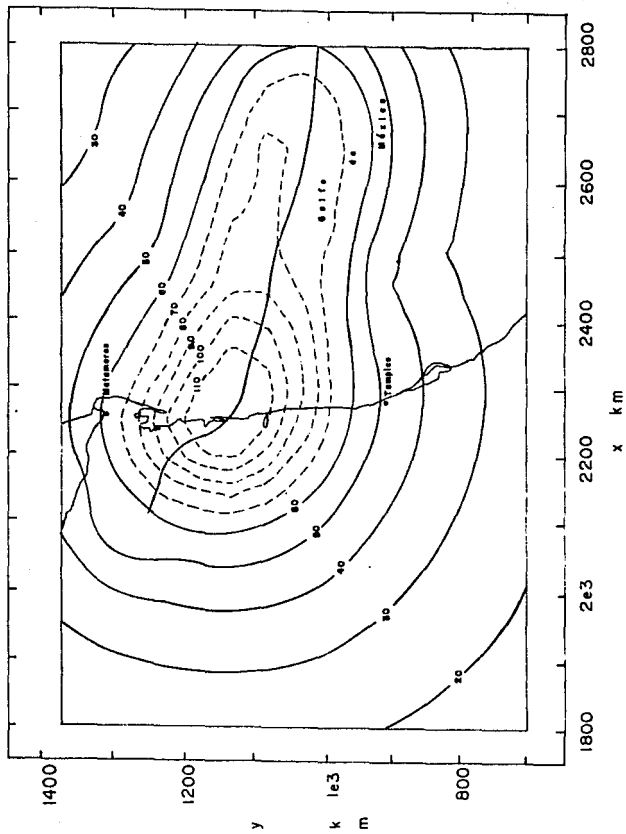


Figura 16 - Vientos máximos producidos por CAROLINE

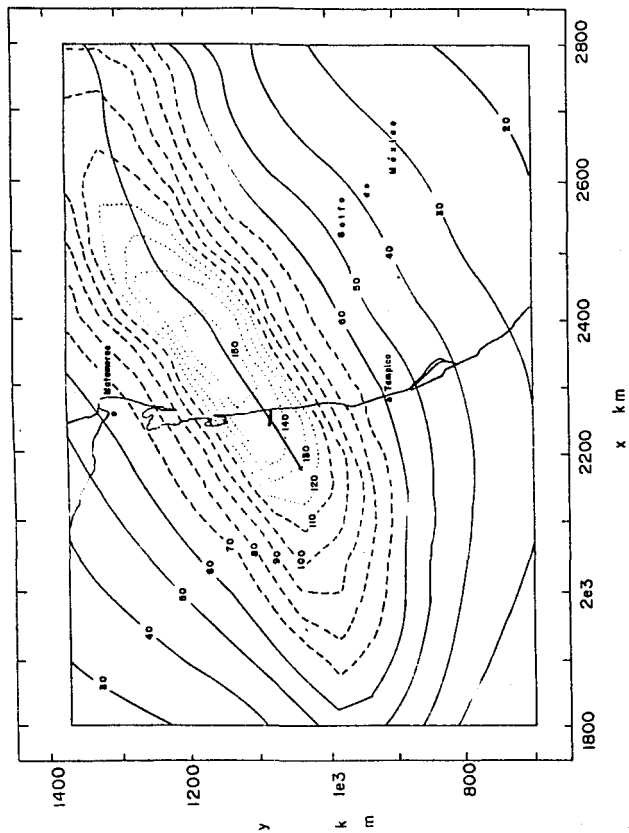


Figura 17 : Vientos máximos producidos por ANITA

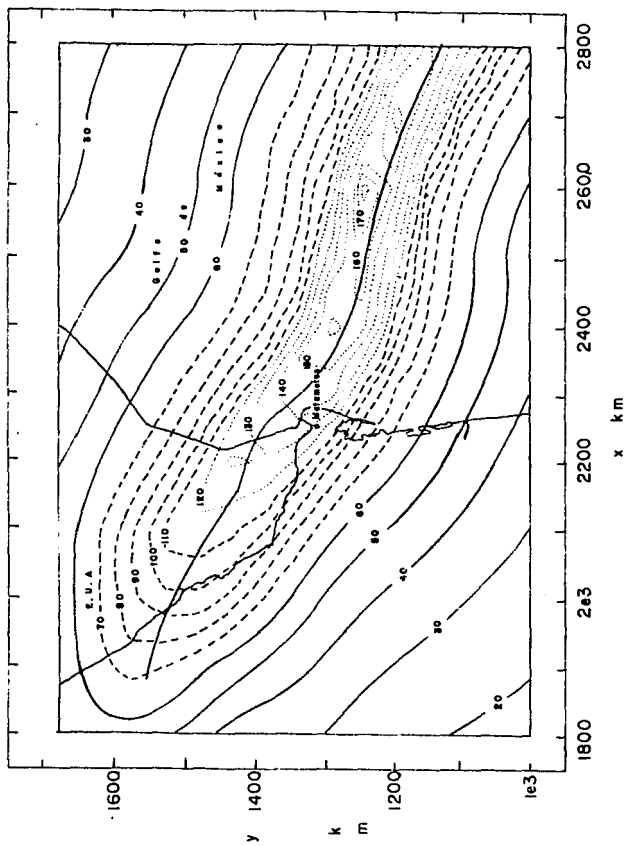


Figura 18 τ Vientos máximos producidos por ALLEN

4.4 Modelo de Oleaje de Tormenta

La predicción de oleaje en aguas profundas se basa tradicionalmente en el trabajo de Svédrup y Munk y posteriormente Bretschneider. Este método es una simplificación para una zona de generación recta de longitud finita (fetch) sobre la que actúa un viento superficial uniforme y constante durante una duración finita.

Para campos de viento ciclónico, el método del Shore Protection Manual (1977) calcula la máxima altura de ola significativa en la zona de vientos máximos a la derecha de la trayectoria sobre la periferia del ojo. El oleaje mostrado por este modelo sólo tiene sentido sobre el mar y estrictamente sobre aguas profundas, aunque el mayor interés es conocer las condiciones en aguas poco profundas. Actualmente el IMTA trabaja en una aplicación del método de Svédrup, Munk y Bretschneider, modificado para campos de viento ciclónico.

Las ecuaciones en el método del Shore Protection Manual usadas para obtener la altura de ola significativa y el periodo de ola significativa para un huracán que se mueve lentamente son:

$$H_o = 16.5 \cdot \frac{R \Delta P}{100} \left[1 + \frac{0.208 \alpha V_p}{\sqrt{U_R}} \right]$$

$$T_o = 8.0 \cdot \frac{R \Delta P}{200} \left[1 + \frac{0.104 \alpha V_p}{\sqrt{U_R}} \right]$$

donde:

H_o = altura de ola significativa en aguas profundas en metros.

T_o = periodo de ola significativa en segundos.

R = radio del viento máximo en millas náuticas.

$\Delta P = P_n - P_o$, P_n es la presión normal de 29.92 pulgadas de mercurio, y P_o es la presión central del ciclón, en pulgadas de mercurio.

V_f = velocidad de avance del ciclón, en nudos.

U_R = velocidad máxima sostenida del viento, en nudos y calculada para 30 pies sobre el nivel medio del mar, en el radio R , (o sea en la periferia del ojo).

$U_R = 0.865 U_{max}$ (para un ciclón estacionario).

$U_R = 0.865 U_{max} + 0.5 V_f$ (para un ciclón en movimiento)

U_{max} = velocidad máxima del viento por gradiente en nudos y a 30 pies sobre la superficie del agua.

$$= 0.868 \left[73 (P_n - P_o)^{1/2} - R (0.575 f) \right]$$

f = parámetro de Coriolis = $2\omega \sin \phi$

$\omega = 2\pi/24$ rad/h

Latitud ϕ	25°	30°	35°	40°
f	0.222	0.264	0.300	0.338

α es un coeficiente que depende de velocidad de avance del ciclón V_r y del incremento de la longitud del fetch efectivo debido a que el ciclón se está moviendo. Se sugiere para ciclones moviéndose lentamente $\alpha = 1.0$

Una vez determinada H_o es posible obtener aproximadamente la altura de ola significativa, para otras áreas del ciclón, con la fig. 19. Esta figura representa la distribución espacial de la altura de ola significativa en relación al H_o ya calculado, por lo que es aplicable para ciclones de cualquier intensidad. Observe que las coordenadas espaciales también son relativas al radio del ojo del ciclón en cuestión.

El período de ola correspondiente puede obtenerse de:

$$T_s = 2.13 \sqrt{H_o}$$

donde:

T_s : sus unidades son en segundos.

H_o : sus unidades son en metros.

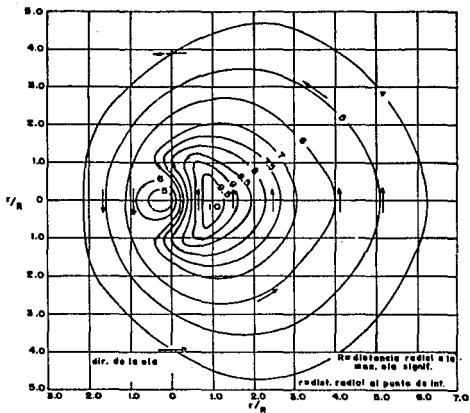


Figura 19 τ Isolinias de altura de la ola significativa relativa para huracanes con desplazamiento lento

En las figuras 20-25 se muestran las condiciones de oleaje de cada uno de los huracanes. La trayectoria del huracán se representa con la flecha y es a la derecha de esta es donde se presentan las condiciones más severas debido a los efectos del huracán.

La zona de influencia depende de la presión central en el ojo del huracán, si la presión en el ojo es baja, el huracán es más intenso y el campo de vientos es más curvo abarcando el radio una zona de influencia menor. Ocurre lo contrario para un huracán de poca intensidad debido a que la presión en el ojo no es muy baja presentándose un campo de vientos menos curvo. Debido a la combinación opuesta de los efectos de la presión central, o sea una mayor velocidad del viento que incrementa la altura de oleaje, pero una mayor curvatura en el campo de viento, la variación de la presión central produce solo cambios reducidos en la altura de ola significativa máxima.

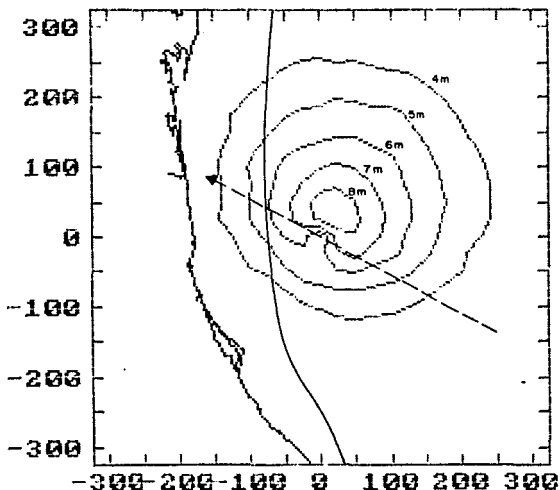


figura 20

Las condiciones que presentó Inéz sobre aguas profundas el día 9 de Octubre fueron las siguientes:

- El huracán se encontraba en la long 95.0° y lat 23.0° , se dirigía rumbo a La Pesca, entrando en Barra de S. la Marina.
- El ojo tenía un radio igual a 40.47 km.
- La presión en el ojo del huracán era de 953 mb; la presión más baja que registró fue de 880 mb.
- La velocidad de translación era de 6 km/h.
- La velocidad de vientos máximos era de 135 km/h.
- La altura de ola máxima calculada alcanzó 8 m con un periodo de 10 seg.

El mar presentaba condiciones peligrosas para las embarcaciones que pudieron estar cerca del radio de influencia debido a las características descritas.

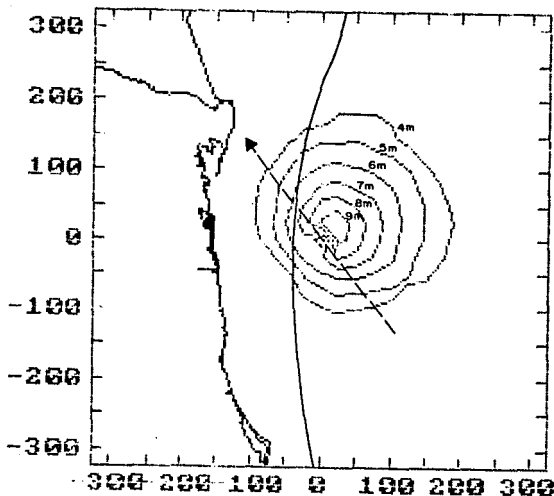


figura 21

Las condiciones que presentó Beulah sobre aguas profundas el día 19 de Septiembre fueron las siguientes:

- El huracán se encontraba en la long 06.2° y lat 24.4°, se dirigía rumbo a la playa Lauro Villar.
- El ojo tenía un radio igual a 27.20 km.
- La presión en el ojo del huracán era de 923 mb, la presión más baja que registró fue de 880 mb.
- La velocidad de translación era de 21 km/h.
- La velocidad de vientos máximos era de 173 km/h.
- La altura de ola máxima calculada alcanzó 9.2 m con un periodo de 11 seg.

El huracán en este punto era intenso a juzgar por la presión en el ojo y las velocidades de viento. Por la altura de ola que presentó el mar tenía características peligrosas para navegar.

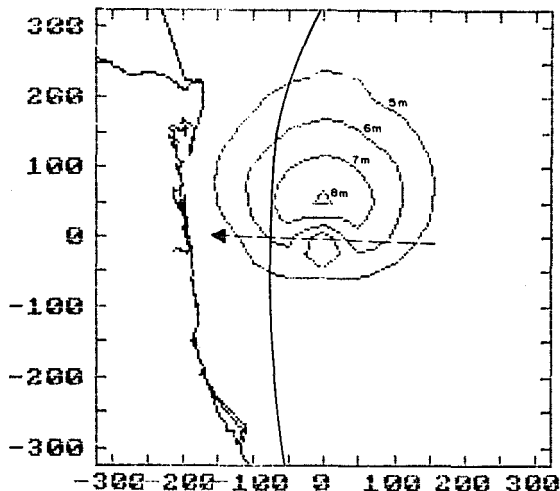


figura 22

Las condiciones que presentó Ella sobre aguas profundas el día 11 de Septiembre de 1970 fueron las siguientes:

- El huracán se encontraba en la long 95.8° y lat 23.96°, se dirigía rumbo a Barra de Jesús María, al norte de La Pesca.
- El ojo tenía un radio igual a 55.89 km.
- La presión en el ojo del huracán era de 980 mb, la presión más baja que registro fue de 945 mb.
- La velocidad de translación era de 16 km/h.
- La velocidad de vientos máximos era de 103 km/h.
- La altura de ola máxima calculada alcanzó 8.4 m para un período de 11 seg.

El huracán en este punto era poco intenso si asociamos el radio la presión en el ojo y la velocidad de los vientos máximos, aún con estas característica el mar no era navegable.

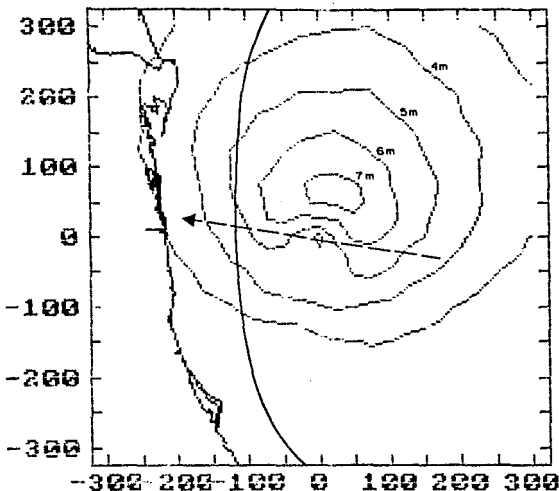


figura 23

Las condiciones que presentó Caroline sobre aguas profundas el día 30 de Agosto de 1975 fueron las siguientes:

- El huracán se encontraba en la long 95.6° y lat 23.7° y se dirigía rumbo al sur de la Laguna Madre.
- El ojo tenía un radio igual a 82.37 km.
- La presión en el ojo del huracán era de 989 mb.
- La velocidad de translación era de 12 km/h.
- La velocidad de vientos máximos era 85.2 km/h.
- La altura de ola máxima calculada alcanzó 7.6 m con un periodo de 10 seg.

Caroline en este punto se presentaba como un huracán de poca intensidad a juzgar por la velocidad del viento menores a los 120 km/h, aunque el oleaje que presentó era significativo.

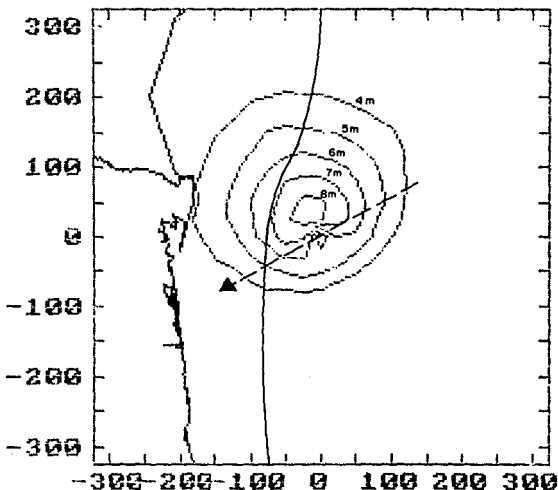


Figura 24

Las condiciones que presentó Anita sobre aguas profundas el día 1° de Septiembre fueron las siguientes:

- El huracán se encontraba en la long 95.5° y lat 25.2°, se dirigía rumbo al sur de la Laguna Madre.
- El ojo tenía un radio igual a 37.6 km.
- La presión en el ojo del huracán era de 945 mb, la presión más baja que registró fue 931 mb.
- La velocidad de translación era de 14 km/h.
- La velocidad de vientos máximos era de 147 km/h.
- La altura de ola máxima calculada alcanzó de 8.9 m con un periodo de 11 seg.

Anita presentó características de un huracán intenso, producto de su baja presión y velocidades de vientos máximos. El mar era peligroso para embarcaciones cercanas al radio de influencia.

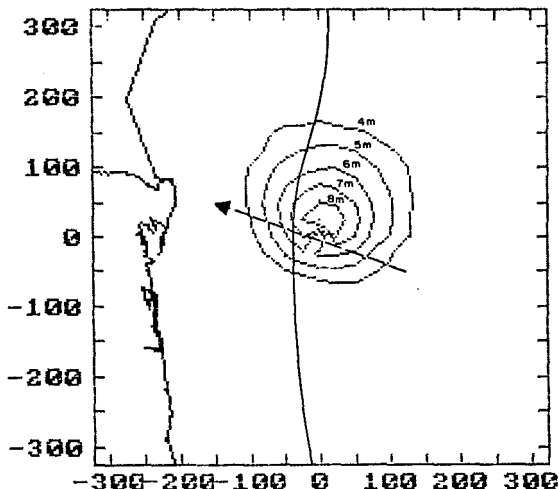


figura 25

Las condiciones que presentó Allen sobre aguas profundas el día 9 de Agosto fueron las siguientes:

- El huracán se encontraba en la long 95.2° y lat 25.2°, se dirigía rumbo a la desembocadura del río Bravo y Punta Isabel.
- El ojo tenía un radio igual a 24.83 km.
- La presión en el ojo del huracán era de 915 mb, la presión más baja que registró fue 880 mb.
- La velocidad de translación era 12 km/h.
- La velocidad de vientos máximos era 175 km/h.
- La altura de ola máxima calculada fue de 8.5 m con un periodo de 11 seg.

Las características que presentó Allen en este punto son propias de un huracán intenso, capaz de provocar daños a embarcaciones de gran tamaño.

4.5 Marea de tormenta

El avance de un huracán hacia la costa, trae consigo un aumento anormal en el nivel de mareas, siendo en ocasiones para huracanes intensos superiores a 3 m sobre la marea normal, este efecto es el que más daños produce cuando se presenta en las zonas costeras.

Las inundaciones en las costas provocadas por la marea de tormenta son una consecuencia de la fuerza del viento sobre la superficie del mar; en la zona donde sopla en dirección a la costa, provoca en esta una acumulación de agua. Otra causa de inundación en la costa se debe a la diferencia de presión que existe en el ojo del huracán y la presión normal fuera de este. Además, el flujo que corre paralelo a la costa, también a causa de los vientos, sufre una desviación a la derecha en el hemisferio norte por la acción de la fuerza de Coriolis, y si la costa se encuentra a la derecha entonces se presenta una sobre-elevación en el nivel del mar.

El principio físico sobre el que se basa la fuerza de Coriolis y la fuerza centrífuga, es un principio de inercia de la naturaleza. Este principio expresa que existen tres magnitudes físicas que tienden a permanecer constantes: la energía, conservación del momento e impulso angular. Este principio nos dice que todo cuerpo libre, sobre el que actúan fuerzas exteriores, tiende a conservar el impulso angular que le ha sido comunicado. Un carrusel rígido, formado por masas puntuales que son libres, tiene en todos sus puntos la misma velocidad angular durante su rotación, pero distinto impulso angular; el impulso angular es máximo en la parte exterior a gran distancia del eje de rotación, y mínimo en las proximidades del eje.

Los cuerpos libres sobre un sistema rígido giratorio, como puede ser el agua o el aire sobre la superficie terrestre, conservan en su propio movimiento el impulso angular. Por tanto se encuentran con un soporte (la tierra) que tiene un impulso angular distinto al suyo. De aquí resulta el llamado efecto de desviación (Hans-Joachim 1971).

El método simplificado de la teoría batistrófica en costas abiertas supone que la marea de tormenta responde instantáneamente a la fuerza del viento que sopla hacia la costa, y la conservación de momento puede ser ignorada en la dirección a lo largo de la costa, y no considera el flujo normal a la costa la cual es tratada como una pared. Los efectos de la precipitación pluvial son despreciados.

La sobre-elevación debida a la diferencia de presión puede estimarse de otra fuente y ser sumada al nivel del agua. En base a las suposiciones anteriores la ecuación se reduce a:

$$g D \frac{\partial S}{\partial x} = fV + \frac{J_{ex}}{\rho}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{J_{ey} - J_{by}}{\rho}$$

La conservación de la masa no se considera porque:

- No hay un flujo perpendicular a la costa.
- El nivel del agua es supuesto cambiando lentamente.

Las fuerzas supuestas y la respuesta del mar para la aproximación batistrófica se muestran en la figura 26, en donde se indica que la fuerza cortante en la dirección x , J_{ax} , y la fuerza aparente de Coriolis, son balanceadas por la fuerza de

presión atmosférica $\rho g \Delta \theta S / \theta x$. La fuerza cortante que actúa en la superficie en la dirección y , T_{xy} , es balanceada por la fuerza cortante del fondo T_{yx} y la fuerza de inercia $\rho \theta V / \theta t$ (U.S. Army Corps of Engineers 1977).

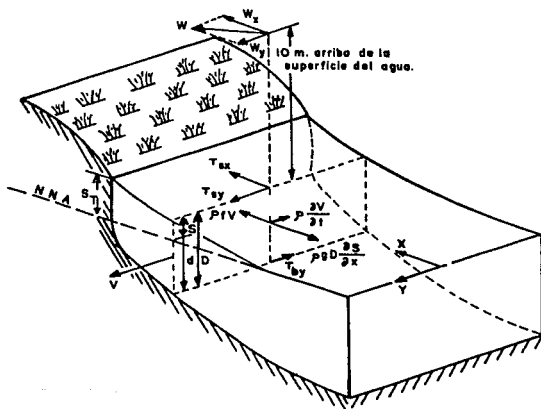


Figura 26 - Esquema de fuerzas y respuestas para la aproximación Batistráfica

donde:

- NNA = nivel normal del agua
- Sr = sobreelevación total en la costa
- S = sobreelevación
- d = profundidad abajo de NNA
- D = profundidad total
- J_{ax} , J_{ay} = componentes de la fuerza por unidad de área superficial del viento en x y y
- V = componente "y" de la velocidad del agua por unidad de ancho
- W = velocidad de viento
- W_x , W_y = componentes de la velocidad del viento en x y y
- J_{by} = componente "y" de esfuerzo cortante en el fondo
- g = aceleración de la gravedad
- f = coeficiente de Coriolis
- ρ = densidad del agua
- t = tiempo

En las gráficas 13-18 se muestra la marea de tormenta que se presentó en las poblaciones cercanas a la costa obtenidas con el modelo de simulación. Los puntos que se tomaron como referencia son las desembocaduras de los ríos Soto la Marina (con una incidencia entorno al área de 4 huracanes) y Bravo (con una incidencia de 2 huracanes), de donde se trazó para cada punto una línea normal a la costa hasta la línea de 200 m de profundidad.

La máxima marea de tormenta se presenta a la derecha del punto de incidencia en el hemisferio norte, a una distancia aproximadamente igual al radio del ojo del huracán.

$St(t)$ para $x=149.855$ [km]

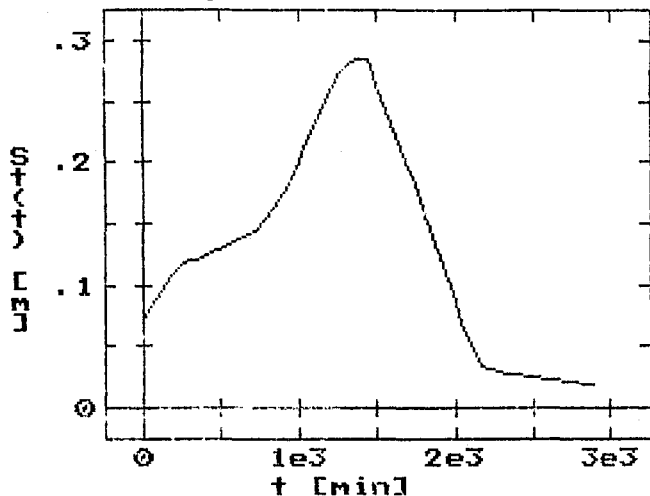


gráfico 18

En la gráfica se observa la marea de tormenta que alcanzó en forma aproximada el huracán Inez entre la zona costera de Tampico y La Pesca. Esta sobre-elevación que alcanzó una altura cercana a los 30 cm, ocasionó la evacuación de algunas colonias situadas en las partes bajas de este puerto en donde se presentaron inundaciones poco severas.

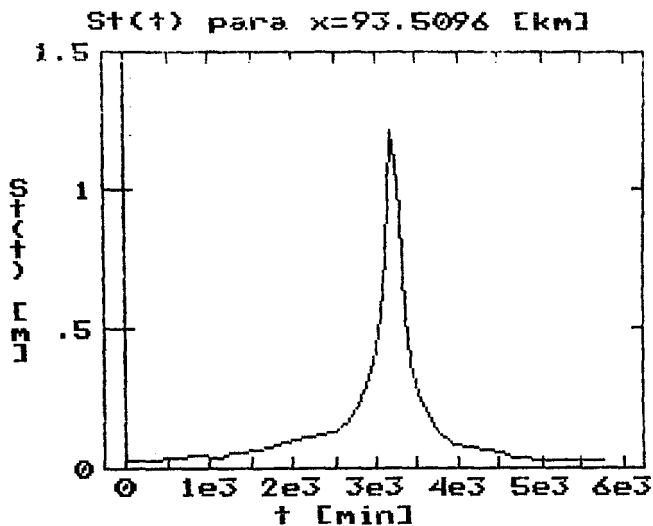


gráfico 44

En la gráfica se observa la marea de tormenta que alcanzó en forma aproximada el huracán Beulah en la playa Lauro Villar cercana a Matamoros. Esta sobre-elevación que alcanzó una altura cercana a los 120 cm provocó inundaciones en los poblados El Refugio, San Lorenzo y El Moquetito. Esta fue la mayor marea de tormenta que se registró de todos los huracanes estudiados.

$St(t)$ para $x=149.855$ [km]

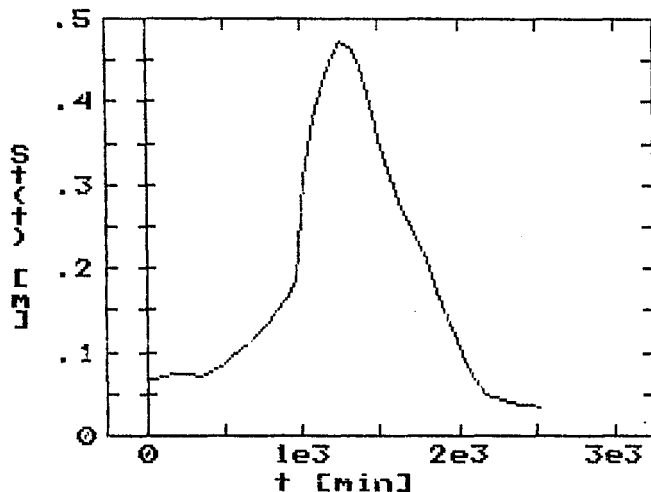
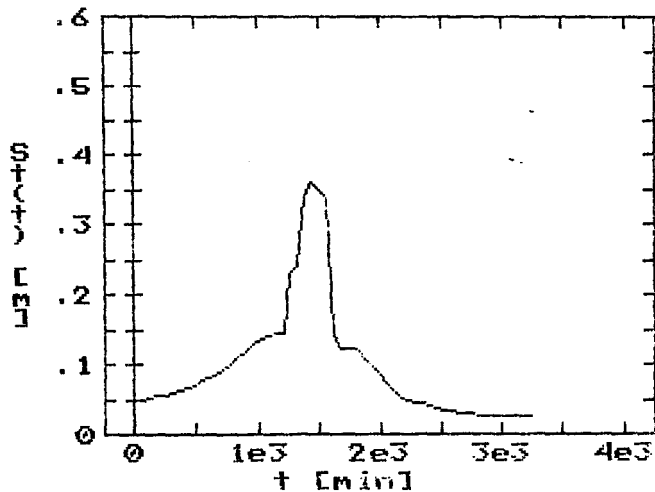


gráfico 10

En la gráfica se observa la marea de tormenta que alcanzó en forma aproximada el huracán Ella en la zona costera cercana a La Pesca. Esta sobre-elevación que alcanzó una altura cercana a los 50 cm provocó la evacuación de las poblaciones de La Pesca y Soto la Marina que se sitúan en las orillas del río Soto la Marina, el cual se vió alterado en su nivel normal en esas localidades.

$St(t)$ para $x=149.855$ [km]



gráfica 10

En la gráfica se observa la marea de tormenta que alcanzó en forma aproximada el huracán Caroline en la zona cercana a La Pesca. Esta sobreelevación que alcanzó una altura cercana a los 40 cm, dejó incomunicada a las poblaciones de Talismán, Santa Isabel y Las Guayabas, que se encuentran cercanas a la costa y en las cuales los daños fueron mínimos.

$St(t)$ para $x=149.855$ [km]

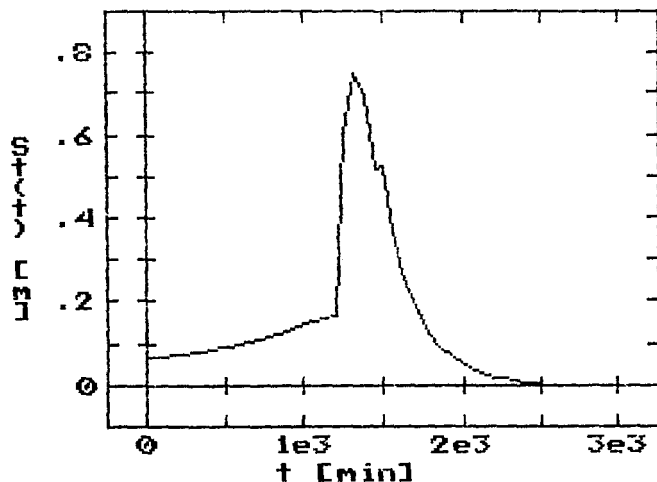


gráfico 17

En la gráfica se observa la marea de tormenta que alcanzó en forma aproximada el huracán Anita en la zona costera cercana a La Pesca y Barra de Jesús María. Esta sobreelevación que alcanzó una altura cercana a los 80 cm, ocasionó la evacuación de las poblaciones de La Pesca y Soto la Marina debido al incremento del nivel normal del río Soto la Marina. Esta altura de marea siguió en importancia después de la que registró Beulah.

$St(t)$ para $x=93.5096$ [km]

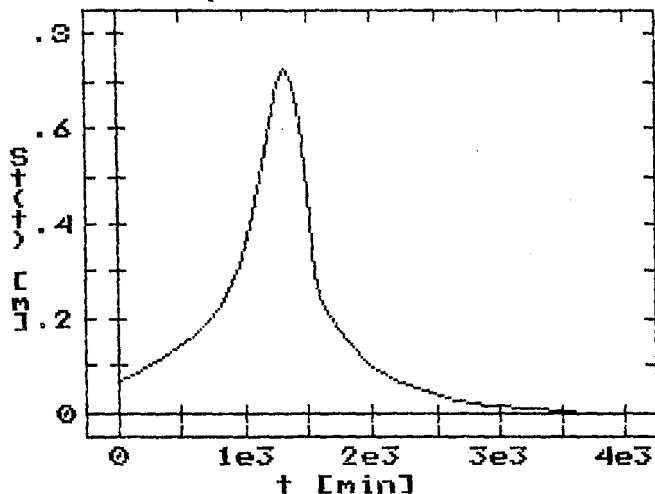


gráfico 18

En la gráfica se observa la marea de tormenta que alcanzó en forma aproximada el huracán Allen en la desembocadura del río Bravo. La sobreelevación alcanzó una altura cercana a los 75 cm provocando inundaciones en Punta Isabel y El Refugio. En Matamoros el 60% de las colonias situadas en las partes bajas sufrieron inundaciones de consideración.

- 1.- Hans Joachim Tank. "Meteorología". Alianza Editorial, S. A. Madrid 1971.
- 2.- IMTA. "Estudio de huracanes en México". Coordinación de Investigación. Subcoordinación de Hidráulica. Cuernavaca, Mor., 1990.
- 3.- Sánchez Sesma J. "Vientos máximos debidos a ciclones tropicales". Tesis de maestría en ingeniería. U.N.A.M., 1985.
- 4.- Shore Protection Manual. U.S. Army Coastal Engineering Research Center 1977.

CAPITULO V INFORMACION BIBLIOGRAFICA

5.1 Daños identificados de las distintas fuentes de información.

La información que se presenta a continuación, es un resumen de los daños causados por los huracanes en estudio. En la tabla de información siguiente se mencionan, sólo aquellos daños que afectaron al territorio de la zona noreste.

Aunque los daños que ocasionaron los huracanes en el Caribe y México se valoraron en dólares, bajo el criterio utilizado en los Estados Unidos el costo de los daños resultan mayores porque los estiman desde la interrupción temporal en la producción, servicios, gasto destinado para ayuda y evacuación de damnificados; sumándose a estos los daños físicos en propiedades y casas habitación. Los daños se valoraron en dólares debido a la inflación que presenta México en la economía en comparación con los E.U.A., facilitándose así comparar daños ocurridos en diferentes épocas.

En México los daños se estiman en forma física, pues las propiedades y productos que tienen que reintegrarse es lo que se valora como pérdida. En el Caribe los daños algunas veces se hacen de manera comparativa con daños ocasionados por otros huracanes de intensidad similar. La comparación es razonable cuando se comparan los daños ocasionados por diferentes huracanes en el mismo país y con los E.U.A. por la forma de evaluar los daños.

Por esta razón los costos en las pérdidas se elevan considerablemente, en los países que cuentan con un amplio desarrollo tecnológico. Mientras que en los países con un mediano desarrollo, presentan daños fuertes en las actividades primarias, como son la agricultura y ganadería.

5.2 Tabla de Información

BUSCAN Y ESTADOS VELOCIDAD DEL VIENTO MÁXIMO (MOD) EN TABLA DE INFORMACIÓN, SE OBTUVIERON CON EL MODELO ENVOLVENTE-DE VIENTOS CONSIDERANDO LA LÍNEA DE MAYOR VELOCIDAD DENTRO DEL ESTADO.	NUMERO DE DAÑOS EN VIVIENDAS DAÑADAS	NUMERO DE VIVIENDAS DAÑADAS	DAÑOS EN LA DAÑOS EN LA ALTURA DE ALMIENTOS Y DE SERB. EN (m)	PRECIPITADA MÁXIMA EN OBRAS COST. DE CAUSEB DE AGUAS POR VIENTO DE SERVICIOS	LAJERA	INUNDACION DAÑOS SICM. SUSPENSIÓN	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO
DE OCURRENCIA	OSB. REP. MOD MUERTOS DOS	NUMERO DE DAÑOS EN VIVIENDAS DAÑADAS	EN DOLARES EN DOLARES	EN (m)	EN (mm)	EN (mm/hr)	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO	SI / NO
	km/h													
Inéz														
27/Sep/1966 Veracruz	31, 49, 39	-	18,535	598	-	2,489,900	*	68,000	5	-	-	00	81	-
18/Oct/1966 Tamaulipas	147, 120, 129	45	58,000	17,000	100	40,000,000	20,000,000	400,000	5-10	-	-	00	81	-
Rvo. León	9, 46, 38	-	-	1,400	100	2,000,000	caña, algodón	-	-	-	-	00	81	00
S.L.P.	2, 60, 39	-	1,400	-	-	maíz	*	-	-	-	-	00	81	00
Bemlöh														
8/Sep/1967 Veracruz	29, 29, 29	-	2,500	-	-	*	*	*	-	-	-	00	81	-
23/Sep/1967 Tamaulipas	76, 69, 169	10	390,000	175,000	700	200,000,000	*	200,000,000	4-5	-	750	102	00	81
Rvo. León	59, 57, 58	5	-	-	-	*	*	*	-	-	250	-	00	81
Bila														
18/Sep/1978 Veracruz	34, 15, 39	-	-	-	-	*	*	*	-	-	41	-	00	81
12/Sep/1978 Tamaulipas	55, 24, 110	1	5,000	5,500	80	*	*	*	-	-	-	-	00	81
Rvo. León	7, 45, 69	-	-	-	-	250,000	*	*	-	-	-	-	00	-
Caroline														
26/Ago/1975 Veracruz	16, 29, 39	-	178,000	2,000	-	*	*	*	2	-	266	-	00	81
1/Sep/1975 Tamaulipas	89, 78, 110	-	600	900	600	38,667,859	85,000	-	2	275	-	00	81	81
Anita														
29/Ago/1977 Veracruz	*, *, *	-	32,000	80,000	1,800	*	borgo, maíz	*	-	5	250	-	00	81
2/Sep/1977 Tamaulipas	119, 130, 140	21	-	-	-	*	20,949,800	*	-	-	330	-	00	81
Allen														
1/Ago/1980 Tamaulipas	38, 270, 130	0	-	45,000	83	*	2,559,000	1,452,000	10	-	450	-	00	81
11/Ago/1980 Rvo. León	*, *, *	-	-	-	-	*	*	*	-	-	84	-	00	81

* No reportaron el valor de las pérdidas
 - No reportaron datos en esas entidades

NOTA:

Las velocidades de viento máximas (MOD) en tabla de información, se obtuvieron con el modelo envolvente- de vientos considerando la línea de mayor velocidad dentro del estado.

5.2.1 Explicación de daños

Número de muertos

El número de muertos con velocidades de viento superiores a 120 km/h en esta zona fue sumamente bajo, pero como no existe una estadística confiable en torno a huracanes, puede tenerse la incertidumbre en lo que respecta a daños intangibles (muertos, heridos, damnificados y evacuados) que pudo ser mayor a los datos que se manejan en la matriz.

Número de damnificados

La población damnificada alcanzó poco más de los 500 mil habitantes, la cifra es baja si tomamos en cuenta el desarrollo que se presentó a partir de 1970 y los huracanes Ella, Anita, Caroline, Allen que se presentaron en esta década.

Número de evacuados

La población evacuada en el noreste del país alcanzó una cifra cercana a los 350 mil habitantes antes y después del paso de los huracanes. El número de evacuados es bajo de acuerdo a la intensidad de los huracanes que se presentaron, pero si tomamos en cuenta que dos de estos huracanes (Beulah, Allen) entraron muy al norte y en zonas poco pobladas se justifica el número de evacuados.

Número de viviendas dañadas

La cantidad de viviendas dañadas en esta zona del territorio fue menor a 5 mil, de las cuales la mayoría de las viviendas eran de materiales de poca calidad que no presentaron resistencia alguna a las condiciones extremas que presentó cada huracán.

Daños agropecuarios, industriales y servicios

El monto de los daños en estos tres sectores no son los totales registrados en el periodo de estudio, hay valores monetarios no reportados que no permitieron estimar el valor real de los daños.

Oleaje y marea

Respecto a estos dos puntos de importancia no se lleva registro alguno de los daños que causan en las costas, los pocos registros mostrados son de fuentes periodísticas.

Obras costeras

No se tuvo conocimiento en esta zona de daños a alguna obra costera por efecto de huracanes; en cambio los daños por desbordamiento de cauces fue lo que prevaleció en las poblaciones ribereñas.

5.3 Daños en las actividades Agropecuarias, Industriales y Comerciales

Las pérdidas en estos tres sectores fueron fuertes económicamente hablando, los daños fueron reportados por la S.A.R.H. y se mencionan a continuación por huracán y estado.

INEZ

S.L.P.: El Ebano y Cd. Valles sufrieron pérdidas agrícolas en cultivos de sorgo, caña y algodón, no se reportó el valor económico. El estado en este año (1966) sufrió dos inundaciones.

TAMAULIPAS. Tampico perdió 5 millones en instalaciones hidráulicas. Villa González 11 plantas despepitadoras de algodón fueron destruidas, en cultivos de algodón y sorgo se perdió 40 millones de dólares. El estado sufrió 5 inundaciones, Nvo. León 1 y Veracruz 4 en 1966, (Secretaría de Recursos Hidráulicos 1975).

BEULAH

TAMAULIPAS. Matamoros sufrió una pérdida agropecuaria de más de 200 millones de dls. El estado sufrió 11 inundaciones en este año (1967) y Veracruz 6 (Secretaría de Recursos Hidráulicos 1975).

CAROLINE

TAMAULIPAS: Solo la Marina sufrió pérdidas agrícolas en maíz (26 ha) y 40% del mismo producto resulto afectado (40 ha) con valor de 130,000 dls. En ganado perdió 50,400 dls., la industria y comercio perdió 8500 dls.

San Fernando perdió 3724 ha. de sorgo, 3364 ha. de maíz y 3950 ha. de frijol integramente; además de resultar dañado el 50% del mismo producto, 13300 ha. de sorgo y 984 ha. de maíz con un valor total de 35,537,850 de dólares.

Matamoros perdió 756 ha. sembradas de maíz y 50 ha. de sorgo con valor de 3 millones de dls. En este año (1975) el estado sufrió 6 inundaciones (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1976).

ANITA

TAMAULIPAS: Villa González en pérdidas agrícolas tuvo 104 ha. de maíz con valor de 287,600 dls.

Xicotencatl presentó pérdidas agrícolas de 30,000 ton. de caña con valor de 8,300,000 dls. y 348 ha. de maíz con valor de 696,000 dls.

Cd. Mante en cuestión agrícola perdió 200 ha. de maíz y 1000 ha. de sorgo con valor de 4,000,000 dls.

Villa de Llera se perdió 1032 ha. de limón con valor de 6,000,000 dls., 1300 ha. de maíz con valor de 1,450,000 dls. y 400 ha. de sorgo con valor de 800,000 dls.

Aldama perdió 148 ha. de maíz con valor de 396,000 dls. y 119 ha. de soya con valor de 120,000 dls.

(Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1976).

ALLEN

S.L.P.: Barrio de Guadalupe y Cabecera Municipal las pérdidas agrícolas fueron:

115 ha. de maíz con valor de	604,000 dis.
20 ha. de frijol con valor de	180,000 dis.
55 ha. de alfalfa con valor de	1,320,000 dis.
8 ha. de tomate con valor de	320,000 dis.
4 ha. de chile con valor de	80,000 dis.
100 ha de durazno con valor de	75,000 dis.

en cuestión ganadera las pérdidas fueron de:

30 cabezas de ganado vacuno con valor de	150,000 dis.
600 " " " caprino " "	480,000 dis.
310 " " " ovino " "	186,000 dis.
90 " " " porcino " "	180,000 dis.

con respecto al comercio se vio afectado un balneario y destruido en un 50%, se estimó el valor del daño en 1,250,000 dis., una barda con valor de 150,000 dis. y una cerca de alambre y postes con valor de 25,000 dis. (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1981).

Las pérdidas totales por cada huracán dan cantidades considerables en estos tres tipos de actividades, como se aprecia las mayores pérdidas en esta zona noreste del país corresponde a las actividades del campo.

Pérdidas monetarias en dolares

Inéz	45,000,000 de dis.
Beulah	200,000,000 de dis.
Caroline	38,812,000 de dis.
Anita	20,049,800 de dis.
Allen	4,980,000 de dis.

Del huracán Ella no se reportó pérdida alguna por esta dependencia. Estos huracanes aunque fueron intensos no presentaron los daños que se esperaban, porque algunos como el huracán Allen entraron en zonas poco pobladas. Cabe mencionar que estos fueron los municipios más castigados principalmente por las fuertes precipitaciones.

Es conveniente que la S. A. R. H. continúe emitiendo información de daños en los sectores agropecuario, industrial y comercial, ya que cuenta con subsecretarías en la mayoría de los estados en los cuales se pueden asentar las pérdidas en los sectores antes mencionados causados por huracanes. En la S. A. R. H. existen resúmenes de daños causados por inundaciones a partir del período de 1950-1980, después de esta fecha existe un vacío de información. Otra dependencia que inició un plan de ayuda (Sistema Nacional de Protección Civil) cuando se presentan daños ocasionados por fenómenos naturales es la Secretaría de Gobernación, a raíz del huracán Gilbert que ocasionó pérdidas materiales y humanas cuantiosas. Estas dos dependencias canalizando de forma adecuada la información podría emitir un resumen permanente y veraz, aminorando la exageración (a veces) de algunos medios informativos.

Referencias

- 1.- Secretaría de Recursos Hidráulicos. "Resumen de inundaciones acontecidas en la República Mexicana durante los años 1950-1972". Dirección General de Infraestructura Hidráulica. México, D. F. 1975.

- 2.- Secretaría de Recursos Hidráulicos. "Evaluación de daños por inundaciones y perturbaciones atmosféricas en la República Mexicana en el año de 1975". Dirección General de Infraestructura Hidráulica. México, D. F. 1976.

- 3.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. "Evaluación de daños por inundaciones y perturbaciones atmosféricas en la República Mexicana en el año de 1977". Dirección General de Infraestructura Hidráulica. México, D. F. 1978.

- 4.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. "Evaluación de daños causados por inundaciones y perturbaciones atmosféricas en la República Mexicana en el año de 1980". Dirección General de Infraestructura Hidráulica. México, D. F. 1981.

CAPITULO VI VULNERABILIDAD DE LAS COSTAS MEXICANAS EN LA ZONA NORESTE.

6.1 Huracanes que se presentaron en el Golfo de México y Océano Pacífico.

El número de huracanes que presentaron en el Océano Pacífico y Océano Atlántico, en los meses de Mayo a Noviembre en el periodo de 1960 a 1980 fueron:

MES	OCÉANO	
	PACÍFICO	ATLÁNTICO
Mayo	2	0
Junio	20	3
Julio	9	3
Agosto	12	8
Septiembre	31	19
Octubre	19	9
Noviembre	3	2

(Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional 1981)

tabla 11

La tabla 11 muestra que la actividad ciclónica fuerte, se presenta en los meses de Junio a Octubre en el Pacífico, donde la zona del Golfo de Tehuantepec se encarga de generarlos; en la porción Atlántica se generan menos huracanes, pero son de mayor intensidad y recorrido, y la posibilidad de que toquen tierra es muy alta, sobre todo en Tamaulipas que es el estado típico por donde penetran los huracanes para finalizar su recorrido (figura 27).

El incremento de la población, hace suponer que se registra un mayor número de víctimas, pero gracias a que se alerta a los habitantes y poblados por donde se espera el meteoro, el número

de muertos no se incrementó. Esta medida de las autoridades encargadas en casos de emergencia y desastre evacuando los centros de población, es una razón por la cuál el número de descesos no se elevó en esta zona; el caso contrario ocurrió en islas del Caribe en donde las condiciones territoriales no se prestan para evacuar grandes masas a lugares alejados de la trayectoria del huracán donde quedan expuestas las poblaciones a los efectos huracanados por ser un conjunto de islas.

Número de ciclones que afectaron las costas de Méjico en el período 1952-1994

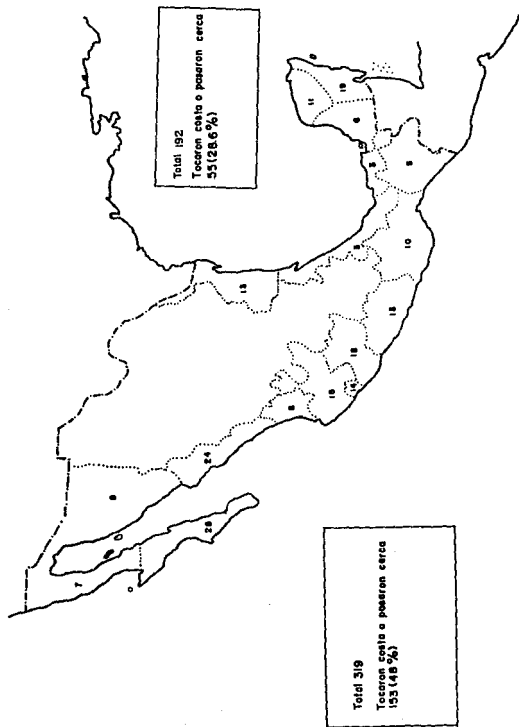


Figure 27

8.2 Características físicas y geográficas en la zona noreste

La siguiente información que se presenta en las tablas 12, 13, 14 corresponde a los censos de población, desarrollo industrial y desarrollo comercial que servirán para comparar la información que se presenta posteriormente. También se dan algunas características climáticas, geográficas e hidrológicas en la zona del Golfo.

B.2.1 Censos de población a nivel nacional

ENTIDAD	1960 (Hab)	1970 (Hab)	1980 (Hab)	1990 (Hab)	2000 (Hab)	2010 (Hab)
Aguascalientes	243363	338142	519439	721043	913081	1129773
B. Cal. Norte	520185	870421	1177886	1429309	1835327	1802860
B. Cal. Sur	82594	128019	215139	339884	480234	583624
Campeche	188219	251596	420553	633507	855740	1122023
Coahuila	907734	1114956	1557265	1997317	2237508	2472406
Colima	164450	241153	346293	432885	495347	548973
Chiapas	1210870	1569053	2084477	2599616	2964238	3277871
Chihuahua	1228793	1612525	2005477	2268902	2387873	2427585
D. Federal	4870876	6874165	8831079	10438650	10978764	11183539
Durango	760836	939208	1182320	1420698	1571489	1676980
Guanajuato	1735490	2270370	3006110	3644483	4143076	4566410
Guerrero	1186716	1597360	2109513	2648976	3034571	3349528
Hidalgo	994598	1193845	1547493	1871818	2088972	2259661
Jalisco	2443263	3296586	4371998	5339429	5969530	6362523
E. de México	1897851	3833185	7584335	12441349	16688533	21617288
Michoacan	1851876	2324226	2868827	3469552	3631843	4078855
Morelos	386264	616119	947089	1318077	1578043	1833425
Nayarit	389929	544031	726120	868463	975772	1061328
Nvo. León (*)	1078648	1694689	2513044	3252325	3659436	3989370
Oaxaca	1727266	2015424	2399076	2686968	2802763	2834519
Puebla	1973837	2508226	3347685	4210500	4884615	5454012
Queretaro	355045	485523	739805	1000334	1244743	1503254
Quintana Roo	50169	88150	225985	435155	670575	1009990
S. L. P. (*)	1048297	1281996	1673893	2089798	2409409	2693312
Sinaloa	838404	1266528	1849879	2483016	3082257	3711825
Sonora	783378	1098720	1513731	1857720	2167249	2447392
Tabasco	496340	768327	1062961	1345450	1558792	1748392
Tamaulipas (*)	1024182	1458858	1924484	2321808	2580219	2738521
Tlaxcala	346699	420638	596597	887258	788515	875763
Veracruz (*)	2727899	3815422	5387880	6940543	8472729	10037072
Yucatán	614049	758355	1063733	1352333	1615670	1879060
Zacatecas	817831	951463	1136830	1267049	1322193	1332238
Total	34923129	48223236	65846833	85784224	100099008	113787077

(Secretaría de Programación y Presupuesto a, b, c)

tabla 12

En la tabla 12 se muestra el crecimiento de la población en el periodo 1960-2010 por entidad, marcando con (*) los estados de interés en la zona noreste. Para los años de 1990, 2000, 2010, INEGI utilizó el método de hipótesis de fecundidad programática para obtener la población media total con que contará la República Mexicana.

Desarrollo industrial por entidades federativas

ENTIDAD	1960	1965	1970	1975	1980
	P	E	R	S	O
Aguascalientes	-	8905	7598	8800	81987
B. Cal. Norte	-	20538	31443	31095	54278
B. Cal. Sur	-	3270	4323	4589	8079
Campeche	-	5729	6803	6637	7880
Coahuila	-	49799	52397	66418	76795
Colima	-	3185	3630	4742	9949
Chiapas	-	10727	9135	7298	29454
Chihuahua	-	38566	40059	54487	78266
D. Federal	-	477817	492281	493993	839311
Durango	-	18274	21029	20589	29576
Guanajuato	-	44506	52189	46597	74896
Gerrero	-	10081	9634	10323	17306
Hidalgo	-	23043	27296	32749	48529
Jalisco	-	75973	97119	116700	169423
E. de México	-	170864	229336	273937	636554
Michoacan	-	27686	31016	28036	34069
Morelos	-	12803	16259	19295	22216
Nayarit	-	8585	11528	9526	11124
Nvo. León (*)	-	99260	125771	135944	234449
Oaxaca	-	15219	16132	18006	19555
Puebla	-	53823	58372	65087	91686
Queretaro	-	10366	14853	21670	42202
Quintana Roo	-	975	2143	1417	3803
S. L. P (*)	-	29175	32924	33119	40469
Sinaloa	-	22128	20548	19892	27846
Sonora	-	23366	27223	27491	55680
Tabasco	-	3827	4895	4377	32491
Tamaulipas (*)	-	29732	26899	30327	69678
Tlaxcala	-	8567	9360	13704	20582
Veracruz (*)	-	64880	62475	66146	126832
Yucatán	-	31766	26629	26829	33769
Zacatecas	-	11569	10744	8749	12633

(Secretaría de Industria y Comercio d, e, f)

(Secretaría de Programación y Presupuesto g, h)

tabla 12

En la tabla 13 se muestra el número de personas dedicadas a las actividades industriales en la zona noreste en el periodo 1960-1980, marcando con (*) los estados de interés.

Desarrollo comercial por entidades federativas

ENTIDAD	1960	1965	1970	1975	1980		
	P	E	R	S	O	N	A
Aguascalientes	4409	5461	7814	8689	11689		
B. Cal. Norte	14423	19031	25553	27287	38861		
B. Cal. Sur	1430	2538	3507	5255	8191		
Campeche	4037	4937	4619	5544	6732		
Coahuila	18334	23005	27432	28580	38185		
Colima	2230	3585	5132	6561	7898		
Chiapas	9551	13378	15459	14939	25941		
Chihuahua	17780	24020	33845	33857	43940		
D. Federal	201892	253535	302303	315172	358971		
Durango	7710	11530	14948	19971	18854		
Guanajuato	18704	27667	36779	40441	57848		
Guerro	7666	11165	14858	19388	27929		
Hidalgo	8987	11235	13313	14724	21353		
Jalisco	33285	48354	69042	81485	107308		
E. de México	15832	34499	59152	82042	118058		
Michoacan	16858	26868	34658	37495	50665		
Morelos	8104	9498	12256	10974	19339		
Nayarit	5363	6550	9542	10988	14944		
Nvo. León (M)	31726	35558	50413	52330	70200		
Oaxaca	10569	16316	20209	24408	32924		
Puebla	24137	31200	38054	40381	61408		
Queretaro	3889	6409	8878	10783	12436		
Quintana Roo	498	950	2004	3503	6300		
S. L. P. (M)	14000	17158	21147	21714	27834		
Sinaloa	14419	20392	26221	27326	35986		
Sonora	17651	23866	27281	28886	38608		
Tabasco	5522	7230	10556	11403	17712		
Tamaulipas (M)	20996	29212	33390	35368	46618		
Tlaxcala	3612	4673	6157	7010	9032		
Veracruz (M)	37121	45619	57513	62472	83469		
Yucatán	8109	14136	18443	18473	25565		
Zacatecas	7325	9433	11569	13601	17497		

(Secretaría de Industria y Comercio i, j)

(Secretaría de Programación y Presupuesto k, l)

Tabla 14

En la tabla 14 se muestra el número de personas dedicadas a las actividades comerciales en la zona noreste en el periodo 1960-1980, marcando con (M) los estados de interés.

6.2.2 Influencia del Golfo en la zona noreste

La influencia del mar sobre los climas, cerca o lejos de las grandes masas marinas, es decisiva pues los mares se calientan lentamente y se enfrían también con lentitud por lo que son factores de interés en la circulación general de la atmósfera, dando origen a masas aéreas que se dirigen a los continentes.

Para México la masa acuática de mayor importancia es el Golfo, depresión de forma circular y topografía poco complicada. La plataforma continental (con profundidades hasta de 200 m) se va reduciendo hacia las costas de Veracruz y Tamaulipas; es amplia en la sonda de Campeche y frente al noreste de Yucatán, en la fosa de Sigsbee alcanza profundidades superiores a 3900 m.

La influencia del Golfo de México sobre el clima de la república es muy grande, sobre él pasan masas aéreas originadas en el océano Atlántico pasando por el mar Caribe punto de interés climático en donde los vientos alisios se desarrollan para dar paso a la formación de ciclones durante el verano y otoño. En su recorrido por aguas marinas estos fenómenos se saturan de humedad para disiparla en forma de lluvia sobre el mar o en tierra, finalmente se estrellan contra la Sierra Madre Oriental pasando en ocasiones a las altiplanicies y valles interiores (Bassols Batalla 1977).

6.2.3 Importancia de la Sierra Madre Oriental

Entre las principales características que presentan la existencia de los sistemas montañosos está el descenso de la temperatura (aproximadamente 0.58°C por cada 100 m. de altura) y de la presión atmosférica debido a la altura, acentuándose

igualmente las diferencias térmicas entre el día y la noche. La Sierra Madre Oriental se alza desde Coahuila y Nuevo León hasta el estado de Oaxaca; constituye un elemento de importancia para S.L.P., Queretaro, Hidalgo y Puebla ya que entre otras cosas impiden considerablemente la penetración de los vientos húmedos del Golfo y la desintegración de ciclones tropicales, que chocan con su vertiente exterior (Bassols Batalla 1970).

6.2.4 Zonas Climáticas

Se acostumbra dividir a la república en tres zonas climáticas diferentes, en tropical lluvioso, templado lluvioso y seco.

La zona de tipo tropical lluviosos tiene como temperaturas superiores a los 18°C y alturas de lluvia mayores a 750 mm. Se incluyen dentro de esta zona a la Península de Yucatán (a excepción del extremo noroeste), vertientes exteriores de la Sierra Madre oriental (hasta de 1000 m. de altura), de Oaxaca y norte de Chiapas.

Las zonas de clima templado lluvioso encierra las partes media y alta de los sistemas montañosos más importantes, que se caracterizan por tener temperaturas mayores a los 18°C en el mes más caliente y descender en la época invernal, se registran entre 600 y 1000 mm. de lluvia al año con variaciones considerables. En esta zona se encuentran algunas regiones montañosas de Chiapas y Oaxaca, Sierra Madre del Sur, Eje Volcánico, Sierra Madre Occidental y vertiente exterior de la Oriental.

Las zonas de clima seco donde las lluvias rara vez superan los 750 mm. que por lo regular oscilan entre 200 y 600 mm. Estos

climas secos abarcan todas las partes bajas de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, centro y norte de S.L.P., Zacatecas, noroeste de Yucatán, el Bajío, Hidalgo y Puebla.

Entre los factores que determinan la conformación de los climas de México están:

▶ La posición del país entre los océanos donde se originan poderosas corrientes de carácter monzónico que se internan en nuestro país.

▶ La existencia de una región continental donde hacia el norte, penetran los vientos secos y fríos (Bassols Batalla 1977).

6.2.5 Ríos de la zona del Golfo

La mayor parte de nuestras corrientes pertenecen a las vertientes exteriores, originándose en las cordilleras y deslizándose hacia las costas del Golfo y del Pacífico en lugar de hacerlo a las grandes regiones internas del norte.

En la vertiente del Golfo, merece mención especial los casos del río Bravo que con sus 2800 km. de longitud es el más largo del país, contando con grandes asentamientos en sus riberas que están expuestas a ser arrasadas cuando se incrementa su corriente. Los ríos Soto la Marina y Tamesí que se encuentran dentro de Tamaulipas; Pánuco, Tuxpan, Tecolutla, Nautla y Blanco en Veracruz presentan las mismas condiciones y riesgos que el río Bravo en época de ciclones, pues son ríos que se encuentran cercanos a un punto que los huracanes han reconocido como punto de entrada (Bassols Batalla 1977).

6.3 Poblaciones afectadas por huracanes en la zona del Golfo de México (Entidades y municipios).

Las entidades expuestas a los embates ciclónicos, han tenido un incremento en su población, como lo demuestran los censos de 1960, 1970 y 1980.

Se pensaba que éstas poblaciones, por tener un alto riesgo de penetración ciclónica, tendrían un descenso de población en los municipios más castigados, caso que no sucede. Si no se incrementan en gran forma, por lo menos se mantiene la población, pero en algunos casos hay un descenso. Este descenso puede deberse a que ciertos municipios presentan más incidencia ciclónica que otros como es el caso de Soto la Marina, La Pesca San Fernando que sufrieron los embates de cuatro de los seis huracanes presentados en este estudio.

Los valores que se presenta en las tablas 15, 16, 17 y 18 son las poblaciones por entidades y municipios con respecto a los censos mencionados anteriormente. Para los años 1990 (*), 2000 (*) y 2010 (*) solo se contaba con datos a nivel de entidades federativas obtenidas por el método de fecundidad programática realizado por INEGI.

Los estados de Nuevo León (tabla 15), San Luis Potosí (tabla 16), Tamaulipas (tabla 17), Veracruz (tabla 18) para el año 2010, sufrirán un fuerte incremento en la población con que contaban en 1980.

Estos huracanes (Inez, Beulah, Caroline, Ella, Anita, Allen) entraron por el estado de Tamaulipas, para desintegrarse tierra adentro.

Estado	1960 (hab)	1970 (hab)	1980 (hab)	1990* (hab)	2000* (hab)	2010* (hab)
NUEVO LEON	1078848	1694689	2513044	3252325	3659436	3989370
Los Aldama	4535	4713	4008			
Apodaca	6259	18564	37181			
Aramberri	12389	16300	17027			
China	8970	10349	11879			
Galeana	33212	40059	42326			
Iturbide	2984	3345	3839			
Linares	34893	49621	53691			
Montemorelos	28667	37265	43874			
Pesquería	3205	5181	6963			
Rayones	3848	3724	3506			
Sabinas Hgo.	14182	19163	24893			
Villaldama	4377	4883	4605			

tabla 15

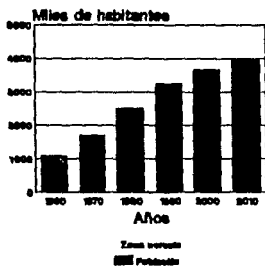
La gráfica 19 muestra el crecimiento de la población en el estado de Nvo. León en el periodo 1960-2010, y en la fig. 28 se muestran los municipios afectados en el periodo 1960-1980 por los huracanes Inéz, Ella, Caroline y Anita.

Estado	1960 (hab)	1970 (hab)	1980 (hab)	1990* (hab)	2000* (hab)	2010* (hab)
S. L. P.	1048297	1281996	1673893	2089798	2409409	2593312
Cd. Valles	43730	77444	105625			
Ebano		20844	28744			
S. Vicente T.		7851	10742			
Tamasopo	15040	19808	24167			
Tamazunchale	51321	62559	76643			
Tamuin	22122	17802	26384			

tabla 16

La gráfica 20 muestra el crecimiento de la población en el estado de S.L.P. en el periodo 1960-2010, y en la fig. 29 se muestran los municipios afectados en el periodo 1960-1980 por los huracanes Inéz, Ella, Caroline y Anita.

ESTADO DE NUEVO LEON
Crecimiento de Población



Gráfica 19

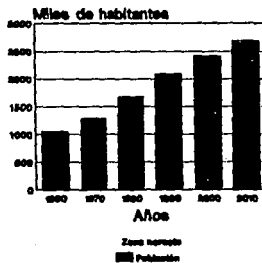
Población en Nuevo León
1960-2010

Año	Habitantes
1960	1078848
1970	1694689
1980	2513044
1990	3252325
2000	3659436
2010	3989370

Población en S.L.P.
1960-2010

Año	Habitantes
1960	1048297
1970	1281996
1980	1673893
1990	2089798
2000	2409409
2010	2893312

ESTADO DE S.L.P.
Crecimiento de Población



Gráfica 20

Estado de Nuevo León
Municipios afectados

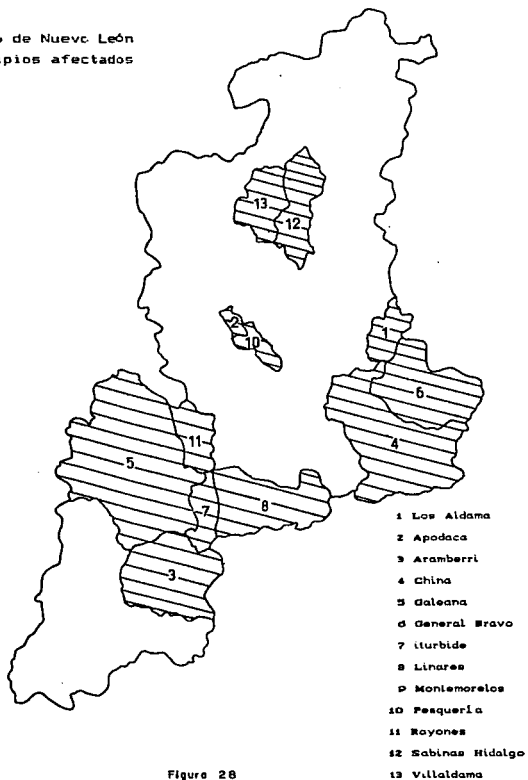


Figure 28

Estado de San Luis Potosí
Municipios afectados

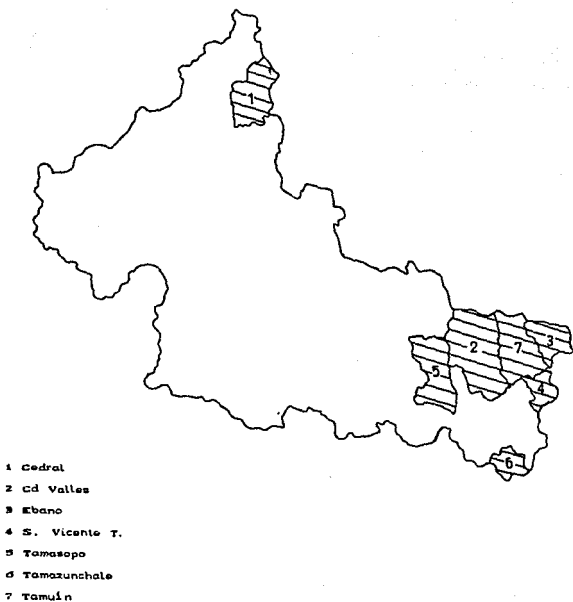


Figura 29

Estado	1950 (Hab)	1970 (Hab)	1980 (Hab)	1990 (Hab)	2000 (Hab)	2010 (Hab)
TAMAULIPAS	1024182	1458858	1924484	2321808	2589219	2738521
Abasco	1307	2429	13403			
Aldama	10159	15285	23898			
A. Morelos	5137	7080	9578			
Camargo	29319	15418	16014			
Cd. Madero	53738	91239	132444			
Crucillas	3279	3274	2645			
González	13495	24451	39861			
Llera	16264	21402	22004			
Mante	49974	82387	108426			
Matamoros	143043	186146	238840			
Mendez	3758	3487	3112			
Mier	5194	6193	6382			
M. Alemán	12872	18218	19600			
Nvo. Laredo	96043	151253	203286			
Reynosa	134869	150786	211412			
S. Fernando	21644	28064	45343			
Soto la Marina	6932	9176	15230			
Tampico	124894	185059	257957			
Valle Hermoso	42984	42287	48343			
Cd. Victoria	60482	95785	153206			
Xicoténcatl	13425	21201	24708			

Tabla 17

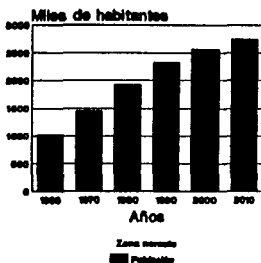
La gráfica 21 muestra el crecimiento de la población en el estado de Tamaulipas en el periodo 1950-2010, y en la fig. 30 se muestran los municipios afectados en el periodo de 1950-1980 por los huracanes Inéz, Beulah, Ella, Caroline, Anita y Allen.

Estado	1960 (hab)	1970 (hab)	1980 (hab)	1990* (hab)	2000* (hab)	2010* (hab)
VERACRUZ	2727899	3815422	5287680	6940543	8472729	10037072
Cotaxtla	10068	11485	16420			
Jamapa	4550	8492	9935			
Medellín	15151	18637	25438			
Nautla	7410	9538	12787			
Ozuluama	17678	22424	24182			
Pánuco	32989	51868	75429			
Paso de Ovejas	15271	19129	26946			
Poza Rica	71770	120482	186799			
Tempoal	25386	41291	58494			
Tuxpan	49686	71130	96581			
Veracruz	153705	230220	305455			

tabla 18

La gráfica 22 muestra el crecimiento de la población en el estado de Veracruz en el periodo 1960-2010, y en la fig. 31 se muestran los municipios afectados en el periodo 1980-1980 como consecuencia de los huracanes en estudio.

ESTADO DE TAMAULIPAS
Crecimiento de Población



Gráfica 21

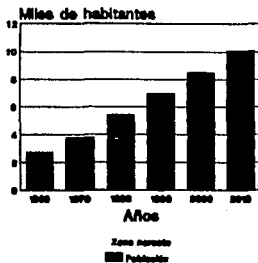
Población en Tamaulipas
1960-2010

Año	Habitantes
1960	1024182
1970	1456858
1980	1924484
1990	2321808
2000	2580219
2010	2738521

Población en Veracruz
1960-2010

Año	Habitantes
1960	2727899
1970	3815422
1980	5387680
1990	6940543
2000	8472728
2010	10037070

ESTADO DE VERACRUZ
Crecimiento de Población



Gráfica 22

Estado de Tamaulipas
Municipios afectados

- 1 Abasco
- 2 Aldama
- 3 Altamira
- 4 A. Marelos
- 5 Comargo
- 6 González
- 7 Jiménez
- 8 Llera
- 9 Mani
- 10 Matamoros
- 11 Reynosa
- 12 San Carlos
- 13 San Fernando
- 14 Soto la Marina
- 15 Valle Hermoso
- 16 Cd. Victoria
- 17 Villagrán
- 18 Río Bravo
- 19 Tampico
- 20 Xicoténcatl

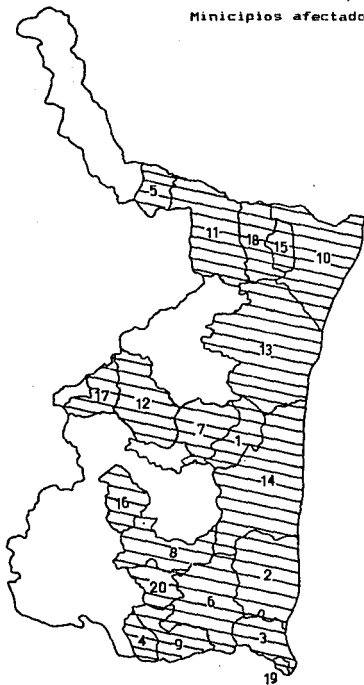


Figura 30

Estado de Veracruz
Municipios afectados

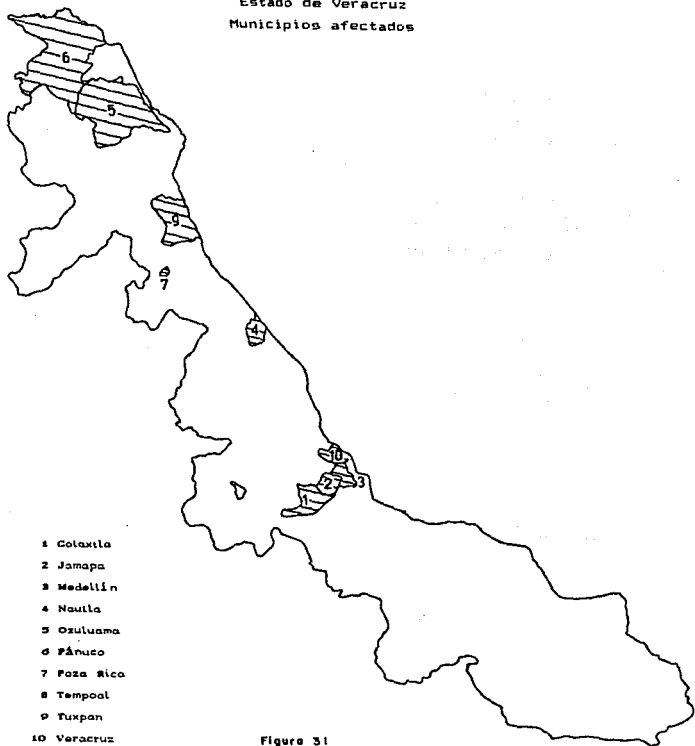


Figure 31

B.4 Desarrollo agropecuario, industrial, comercial y turístico

La población dedicada en 1970 a la agricultura y ganadería, constituía el 42% de la población económicamente activa definida (PEAD). Diez años después, la población dedicada a estas labores decae porcentualmente al 37%. Esa disminución se debe al aumento de las actividades secundarias y terciarias de la zona costera, principalmente de Veracruz y Tamaulipas junto con Q.Roo, que atrajeron a la población ocupada en el sector agropecuario (Secretaría de Pesca 1988).

En la tabla 19 se muestra la producción agrícola en las entidades costeras (*) y no costeras (+).

Entidad	Superficie Cosechada en ha.	
	1960	1970
Nuevo León +	245	13890
S. L. P. +	264	-
Tamaulipas *	95	328054
Veracruz *	921	12755

tabla 19

En la tabla 20 se muestra la producción ganadera en las entidades costeras(*) y no costeras (+).

Entidad	1960	1970
Nuevo León +	1855193	2514243
S. L. P. +	1051889	2594390
Tamaulipas *	1823604	1855788
Veracruz *	5335788	3514140

tabla 20

6.4.1 Desarrollo Industrial

Las ramas que integran este sector en la región litoral son: la extracción y transformación de materiales, las labores relacionadas con el petróleo y la petroquímica, la construcción y la generación de energía eléctrica. En 1970 el 23% de la población económicamente activa (151 mil personas), se ubicó en el sector industrial; Veracruz y Tamaulipas concentraron esta población. En 1980 la población económicamente activa en la industria representa el 24% (233 mil personas) ubicadas en las entidades antes mencionadas (Secretaría de Pesca 1988).

La tabla 21 se muestra la población en las entidades costeras (*) y no costeras (+) dedicadas a las actividades industriales.

Entidad	1960		1965		1970		1975		1980	
	P	E	R	S	O	N	A	S		
Nvo León (+)			99260		125771		135944		234449	
S. L. P. (+)			29175		32924		33119		40459	
Tamaulipas (*)			29732		26889		30327		69878	
Veracruz (*)			64880		62475		66146		126832	

tabla 21

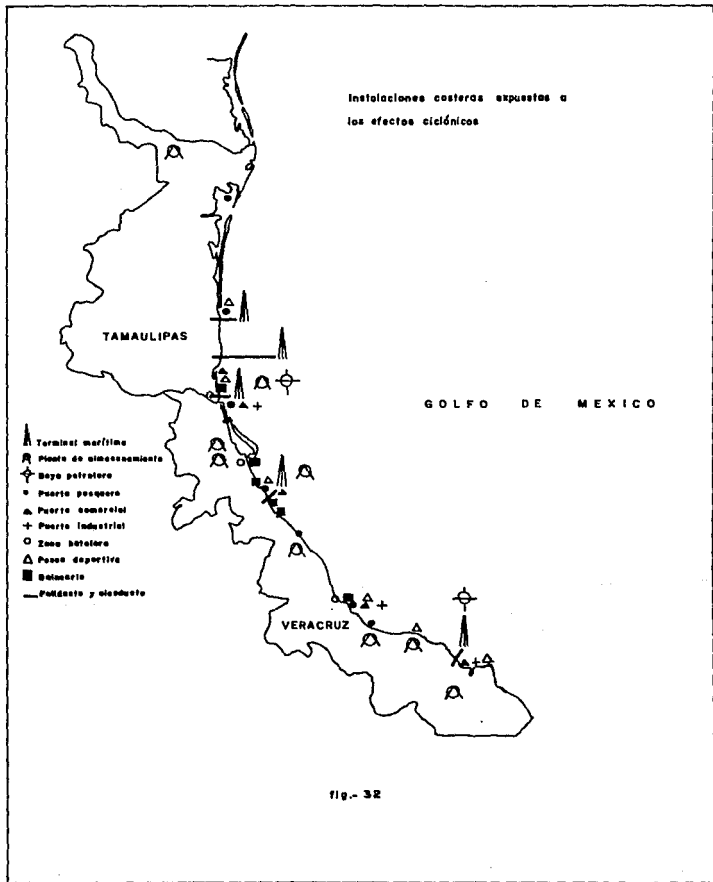
6.4.2. Principales instalaciones expuestas a los efectos de huracanes

La costa de Tamaulipas que participa en la actividad petrolera con el 16% de la producción nacional cuenta con 2 refineries, 12 petroquímicas y 3 plataformas con sus oleoductos. Veracruz que contribuye con el 30% de la producción cuenta con cerca de 63 plantas petroquímicas: 13 en Pajaritos, 12 en Cosoleacaque, 11 en Minatitlán, 21 en la Cangrejera y 6 en Poza Rica. En estos tres últimos complejos existen además refineries como se muestra en la figura 32 (Secretaría de Pesca 1988).

6.4.3 Puertos expuestos a los efectos de los huracanes

En puertos marítimos industriales y comerciales, destacan por su importancia Tampico, Veracruz y Coatzacoalcos. En Coatzacoalcos se localizan los puertos de Pajaritos, Nanchital y Minatitlán por donde pasa toda la carga de cabotaje que se moviliza en el país. Los puertos de Altamira y Tuxpan se consideran comerciales porque la carga movida corresponde a mercancía que cubre necesidades regionales y de exportación (Secretaría de Pesca 1988).

Instalaciones costeras expuestas a los efectos ciclónicos



6.4.4 Actividades comerciales

En 1970 las actividades comerciales representaban el 34% de la población económicamente activa con 220 mil personas siendo la actividad primordial en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Quintana Roo y Campeche. Para 1980 la población en este sector se incremento hasta el 40% (365 mil personas); en Tamaulipas y Quintana Roo presentaron los crecimientos más altos. En Veracruz, Tamaulipas y Campeche los aumentos se relacionan con la extracción de hidrocarburos y procesos afines que dieron lugar al crecimiento en estas zonas costeras (Secretaría de Pesca).

La tabla 22 muestra las características de población en las entidades costeras(✳) y no costeras(+) dedicadas a las actividades comerciales.

Entidad	1960		1965		1970		1975		1980	
	P	E	R	S	O	N	A	S		
Nuevo León (+)	31728		35594		80413		82330		70200	
S. L. P. (+)	14000		17156		21147		21714		27834	
Tamaulipas (✳)	20996		29212		33390		35368		42618	
Veracruz (✳)	37121		45619		57513		62472		83409	

tabla 22

B.4.5 Desarrollo turístico en las zonas costeras expuestas a efectos de los huracanes.

El turismo en el Golfo a crecido de manera desigual en comparación con el Caribe, pues el principal centro turístico del Caribe es Cancún que en una década se convirtió en uno de los más importantes. Veracruz se considera el segundo centro de atracción y capta un gran porcentaje de visitantes; los principales sitios ubicados en esta parte son Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla. Las costas de Tamaulipas cuentan con muy poco desarrollo turístico que no compite con los dos centros anteriores.

Estas zonas turísticas se caracterizan por tener gran riesgo de ser afectadas directa o indirectamente en temporada de huracanes siendo centros de alto riesgo para la población local y la turística (Secretaría de Pesca 1988).

6.5 Obras, ríos y vías de comunicación afectadas por los huracanes en la zona del Golfo.

Dentro de los daños causados por efectos ciclónicos están el incremento del nivel en cauces como consecuencia de las precipitaciones que presentaron los huracanes afectando a las poblaciones ribereñas; las vías de comunicación que resultaron afectadas fueron las terrestres a causa de los deslaves presentados en algunos tramos de carreteras. Otras vías afectadas fueron las aéreas y marítimas sumándose a estas las comunicaciones telefónicas y telegráficas que se suspendieron al momento por el derribamiento de postes. Sin la ayuda de las principales vías y medios de comunicación, muchas localidades quedaron aisladas por días enteros, sin poder recibir ayuda, tanto de víveres como de auxilio.

Los servicios suspendidos temporalmente fueron el de agua potable como consecuencia de la ruptura de algunas redes de suministro; la energía eléctrica en algunos casos se suspendió como medida precautoria, pero en otras por derribamiento de postes.

En la tabla 23 se presentan los ríos que resultaron afectados a causa de las precipitaciones registradas en esta cuatro entidades.

Ríos afectados por efecto de las precipitaciones

Nvo. León	S. L. P.	Tamaulipas	Veracruz
Pablillo	Valles	San Juan	Tecolutla
Pesquería	Tamuín	San Marcos	Blanco
		Guayalejo	Pilón
		Bravo	Pánuco
		Alamo	Nautla
		Tamesí	Raudal
		San Fernando	Zamapa
		Soto la Marina	Cazones
		Carrizal	Moctezuma
		El Tigre	El Chico
		Barberena	Cotaxtla
		Purificación	Jamapa
		Padilla	
		Xicoténcatl	

tabla 22

6.6 Variación e incremento de la población en las entidades costeras (+) y no costeras (*) del noreste.

6.6.1 Variación de la población

En la tabla 24 y gráfica 23 se muestra el porcentaje de la población en periodos de 10 años. La primera cantidad (arriba) corresponde al porcentaje de la población con respecto a la población total del país en cada década; la segunda cantidad (abajo) corresponde a la porcentaje de la población excluyendo de la población total del país las poblaciones del D.F. y Edo. de México debido al crecimiento tan acelerado que presentan, además por localizarse en la zona central del país y que para fines estadísticos alteran los porcentajes.

$$\% = \frac{\text{Pob. Estado}}{\text{Pob. Total}} \times 100$$

$$\% = \frac{\text{Pob. Estado} \times 100}{\text{Pob. Total} - (\text{D.F.} + \text{Edo. Mex})}$$

Estado	1960 %	1970 %	1980 %	1990 %	2000 %	2010 %
Nuevo León (+)	3.09	3.51	3.76	3.79	3.66	3.51
	3.83	4.52	4.98	5.17	5.06	4.93
S.L.P. (+)	3.00	2.66	2.50	2.44	2.41	2.37
	3.72	3.42	3.32	3.32	3.33	3.33
Tamaulipas (*)	2.93	3.02	2.88	2.71	2.56	2.41
	3.64	3.88	3.81	3.69	3.54	3.38
Veracruz (*)	7.81	7.91	8.06	8.09	8.47	8.82
	9.89	10.17	10.68	11.03	11.71	12.39

Tabla 24

B.B.2 Incremento de la población de 1950-1980 y 1980-2010

En la tabla 25 y gráfica 24 se muestra el incremento de la población en donde la cantidad corresponde al incremento de la población con respecto a la población total del país en porcentaje, excluyendo las poblaciones del D.F. y Edo. de México.

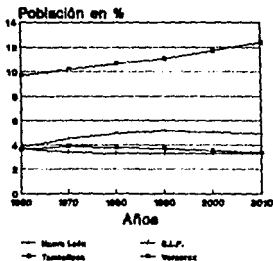
Las cantidades negativas indican un incremento pequeño en relación al crecimiento de la población total en la república.

Estado	1950-1980 %	1980-2010 %
Nuevo León	1.15	-0.24
S.L.P.	-0.41	0.003
Tamaulipas	0.18	-0.31
Veracruz	0.99	1.36

tabla 25

En 1970 la zona costera del Golfo tenía 2.5 millones de habitantes. Veracruz participó con el 57% y Tamaulipas con el 21% y para 1980 la población era de 4 millones de habitantes. El creciente aumento poblacional que se registra en la región litoral es consecuencia directa de las actividades vinculadas con la explotación de hidrocarburos que tuvo un impulso de gran magnitud a partir de 1977. En 1982 sufre un desaceleramiento, producto de la crisis general de la economía. Para 1990 se estima que la población costera será de 5.5 millones de habitantes (Secretaría de Pesca 1988).

VARIACION DE LA POBLACION EN LA ZONA NORESTE



Gráfica 23

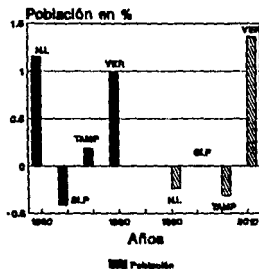
Incremento de Población Estados: Nvo. León, S.L.P., Tamps, Veracruz

Las poblaciones de Nuevo León y Tamaulipas de 1960-2010 tendrán un crecimiento muy bajo con respecto al crecimiento de la población total en la República. En este mismo período Veracruz crecerá en mayor proporción que los otros tres estados.

Variación de la Población Estados: Nvo. León, S.L.P., Tamps, Veracruz

Del total de la población con que cuenta la República Mexicana, se excluyeron las poblaciones del Estado de México y Distrito Federal, por considerar que debido a otros fenómenos sociológicos presentan crecimientos extraordinarios, deformando la información estadística.

INCREMENTO DE LA POBLACION EN LA ZONA NORESTE



Gráfica 24

6.7 Ajuste de datos

En este punto se pretende correlacionar principalmente las velocidades de vientos máximos con las consecuencias que provocan dichos vientos. Dentro de las consecuencias que se manejan están el número de muertos, damnificados y evacuados; los datos se evaluarán con métodos estadísticos para dar una interpretación a las gráficas resultantes.

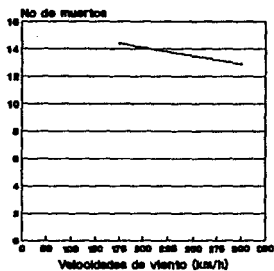
6.7.1 Velocidades de viento contra número de decesos

El ajuste de datos en la gráfica 25 se realizó pensando en relacionar las velocidades de viento contra el número de muertos para observar la variación y la relación que existía entre ellos.

El ajuste de la velocidad de vientos contra número de muertos al realizarse el número de muertos decrecía con la velocidad de los vientos, esto puede explicarse de la siguiente manera:

- Los huracanes en estudio entraron en poblaciones pequeñas, en zonas poco pobladas o en lugares despoblados.
- La mayoría de los huracanes presentaron pocas muertes en la zona noreste y algunos como Caroline y Ella no causaron víctimas.
- Los huracanes más intensos provocan mayores evacuaciones y medidas de seguridad.

Número de muertos en la zona noreste



Gráfica 25

X	Y	Yest
175	1	14.4
200	48	14.1
225	9	13.6
250	0	13.5
275	10	13.2
300	21	12.9

X: velocidades de viento en km/h

Y: población que falleció

Yest: $y = 18.48 - 0.0198x$

En Yest se ponen las cantidades de acuerdo a los resultados dados por el ajuste.

6.7.2 Velocidades de viento contra número de evacuados

El ajuste de velocidades de viento contra número de evacuados realizado por mínimos cuadrados, muestra un aumento en forma proporcional como puede verse en la gráfica 26, en donde Beulah presentó un número de evacuados superior a todos los demás huracanes; aún cuando se evacuó la zona dejó un número considerable de personas damnificadas de casi el doble de las que se evacuaron.

6.7.3 Velocidades de viento contra número de damnificados

La gráfica 27 muestra que aunque se evacuó a un número considerable de la población, existió también un número elevado de damnificados, estos se debe a que sus propiedades no pueden ser trasladadas junto con los propietarios por lo que al cotizar daños se considera como población damnificada.

Población Evacuada en la zona noreste

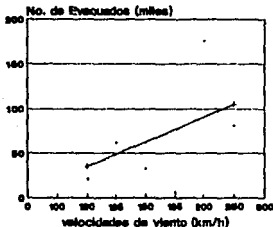


Gráfico 26

Y — Yest

X	Y	Yest
120	20900	35148
125	62000	37814
150	32500	61142
165	6800	68601
200	176280	77797
250	80000	104453

X=velocidades del viento en km/h.
Y=población real evacuada.
Yest=población evacuada para esas
velocidades de viento dada
por el ajuste.
Yest = -28824.3+533.1X

Población Damnificada en la zona noreste

X	Y	Yest
120	17800	82478
165	5000	71488
200	78968	80488
250	324000	110638
300	12000	140874

X=velocidades del viento en km/h.
Y=población real damnificada.
Yest=población damnificada para esas
velocidades de viento dada
por el ajuste.
Yest = -39853.8+500.7X

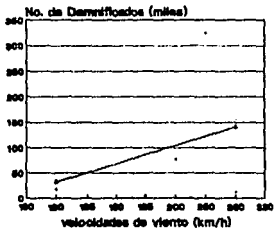


Gráfico 27

Y — Yest

6.7.4 Relación entre velocidades de viento y distancias

En la tabla 26 se muestra las velocidades de viento máximas reportadas y la distancia mínima entre la trayectoria del huracán y las ciudades cercanas. Las velocidades de viento fueron reportadas por los diarios de ahí que dos ciudades con relativa cercanía tengan la misma velocidad de viento. Una característica que debe cumplirse es que si la ciudad se encuentra a la derecha de la trayectoria presentara velocidades de viento elevadas (figura 28).

Ciudad	distancia (km)	Vel. de viento (km/h)
Huracán I		
Tampico	120	217
Soto la Marina	60	200
Huracán B		
Matamoros	40	250
Reynosa	140	200
Nvo. Laredo	100	200
Huracán E		
Matamoros	180	185
Tampico	200	185
Cd. Victoria	20	185
Huracán C		
Matamoros	120	175
Soto la Marina	60	140
Huracán A		
Matamoros	200	250
Soto la Marina	40	300
Tampico	160	300
Cd. Victoria	80	300
Huracán A		
Matamoros	80	310
Reynosa	120	270
Nvo. Laredo	40	270

tabla 26

Las velocidades de vientos máximos reportados las registraron algunos diarios en las poblaciones de Tampico y Matamoros que tiene un radio de influencia mayor al que presenta Soto la Marina con respecto a las trayectorias de los huracanes Inéz y Caroline, resultando poco razonables las velocidades de viento dadas por gente que tiene poca experiencia con estos fenómenos.

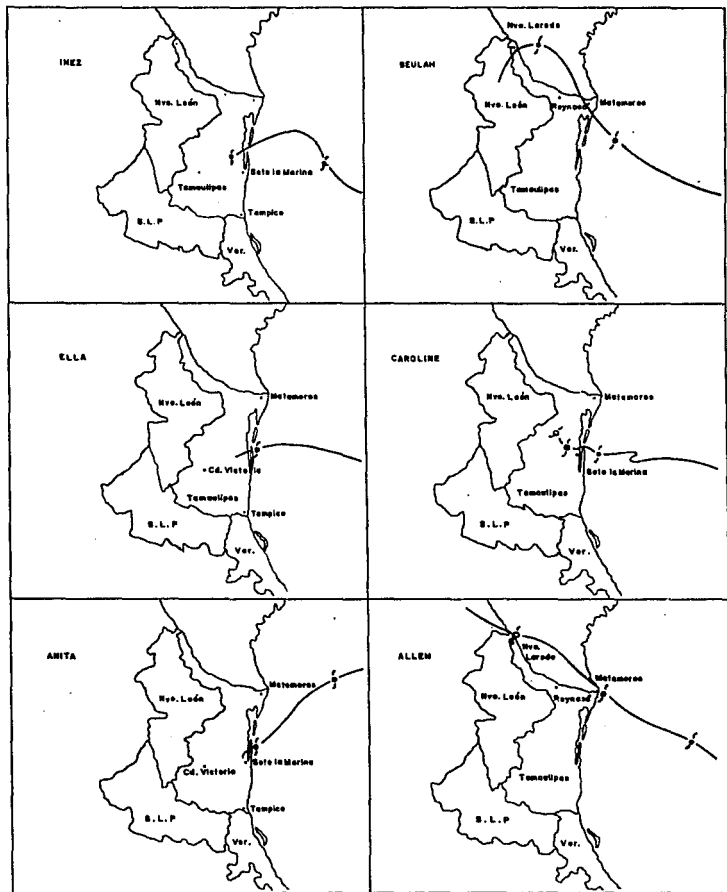


Fig- 33

Referencias

- 1.- Bassols Batalla A. "Geografía Económica de México". Edit. Trillas. Febrero, 1977. México, D. F.
- 2.- Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. "Trayectorias Ciclónicas 1960-1980". Marzo, 1981. México, D. F.
- 3.- Secretaría de Industria y Comercio (d). "VII Censo Industrial de 1961". Dirección General de Estadística. Datos de 1960. México, 1964.
- 4.- Secretaría de Industria y Comercio (e). "VIII Censo Industrial de 1966". Dirección General de Estadística. Datos de 1965. México, 1968.
- 5.- Secretaría de Industria y Comercio (f). "IX Censo Industrial de 1971" tomo I. Dirección General de Estadística. Datos de 1970. México, 1971.
- 6.- Secretaría de Industria y Comercio (i). "V Censo comercial de 1966". Datos de 1965. Dirección General de Estadística. México, 1966.
- 7.- Secretaría de Industria y Comercio (j). "VI Censo comercial de 1971". Resumen general. Datos de 1970. Dirección General de Estadística. México, 1971.
- 8.- Secretaría de Pesca. "Atlas del Golfo y Caribe de México". Centro de ecodesarrollo. México, 1988.

- 9.- Secretaría de Programación y Presupuesto (g). "X Censo industrial de 1976". Resumen General tomo I. Datos de 1976. México, 1978.
- 10.- Secretaría de Programación y Presupuesto (h). "XI Censo industrial de 1981". Datos de 1980. INEGI. México, 1988.
- 11.- Secretaría de Industria y Comercio (k). "VII Censo comercial de 1976". Resumen general. Datos de 1985. Dirección General de Estadística. México, 1978.
- 12.- Secretaría de Industria y Comercio (l). "VIII Censo comercial de 1981". Resumen general, tomo I. Datos de 1980. INEGI. México, 1981.
- 13.- Secretaría de Programación y Presupuesto (a). "VIII Censo general de población y vivienda 1960". INEGI. México, 1961.
- 14.- Secretaría de Programación y Presupuesto (b). "IX Censo general de población y vivienda 1970". INEGI. México, 1971.
- 15.- Secretaría de Programación y Presupuesto (c). "X Censo general de población y vivienda 1980". INEGI. México, 1981.

CAPITULO VII CONCLUSIONES

Las dependencias como la S.A.R.H. y el Servicio Meteorológico Nacional encargadas de registrar estos fenómenos y sus efectos, tratan de formar antecedentes históricos basandose en satélites y estaciones climatológicas. La poca información existente en la S.A.R.H. esta dispersa en varias secretarías en las cuales la mayoría de las veces no es el lugar apropiado y por lo tanto no saben que cuentan con esta valiosa información. Cosa similar pasa en el Servicio Meteorológico Nacional que contando con información del siglo pasado al ser solicitada notifican que se extravió. Otro problema es la carencia de información meteorológica que se debe principalmente a que los equipos utilizados no son los adecuados cuando son sometidos a condiciones extremas. En la mayoría de los casos los instrumentos no tienen las condiciones operables, de localización y rangos de la instrumentación a condiciones extremas, aunado a que el personal encargado de operar y notificar información no tienen una capacitación técnica aceptable.

Con respecto a la fuente de información periodística reportan datos de poca credibilidad, esto se debe principalmente a la poca experiencia que tienen los reporteros ante este tipo de fenómenos atmosféricos.

En este estudio los modelos de simulación como herramienta reconstructora de los efectos huracanados y como método comparativo con valores registrados, dan resultados confiables teniendo un margen de error mucho menor que las fuentes periodísticas. Lo adecuado sería comparar los resultados de los modelos con registros reales de los efectos causados por estos fenómenos. Además es conveniente difundir los modelos de simulación utilizados en este estudio como prevención en las zonas que presentan mayor incidencia de huracanes,

principalmente en poblaciones costeras con grandes asentamientos humanos y zonas industriales en donde por lo general se desconocen las causas y efectos que producen los huracanes, tomando en cuenta que los daños presentados en este estudio no se produjeron durante las condiciones extremas sino en condiciones menos severas.