30 AÑOS DEL HURACÁN GILBERT
¿Qué hemos aprendido?

Modelación numérica para el alertamiento de ciclones tropicales

Jorge Zavala Hidalgo
Rosario Romero Centeno, Ovel Díaz García, Ma. Elena Osorio Tai, Roberto Pineda León, Saulo Leonardo Rivera Martínez, Octavio Gómez Ramos, Fernando N. Arellano Guerrero, Alma Tatiana Hernández Siade, Angélica Pedraza Díaz

Grupo Interacción Océano-Atmósfera
Centro de Ciencias de la Atmósfera - UNAM

Contenido

1. Breve descripción del proyecto: *Sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento.*
2. ¿Qué vería el *sistema de pronóstico* si Gilberto ocurriera en este año?
   a. Alertamientos
   b. Meteorología
   c. Oleaje
   d. Marea de tormenta

Sistema de pronóstico operacional de eventos extremos basado en modelos numéricos de predicción de las condiciones meteorológicas, de oleaje y marea de tormenta, incluyendo la evaluación del desempeño de los modelos y la determinación de incertidumbres, con fines de alertamiento

Responsables técnicos:
Jorge Zavala Hidalgo
Rosario Romero Centeno

Coordinadores:

Octavio Gómez Ramos	WRF y WWIII
Ovel Díaz García	ADCIRC
Olmo Zavala Romero	Sitio web y OWGIS

Responsables de actividades:

Erika López Espinoza	Evaluación WRF
Angélica Pedraza Díaz	Planeación, seg. y vinc.
María Elena Osorio Tai	Topo. y coord. verticales
Ángel Ruiz Angulo	Capa límite
Fernando Arellano Guerrero	Gráficas
Dulce Rosario Herrera Moro	Sitio web

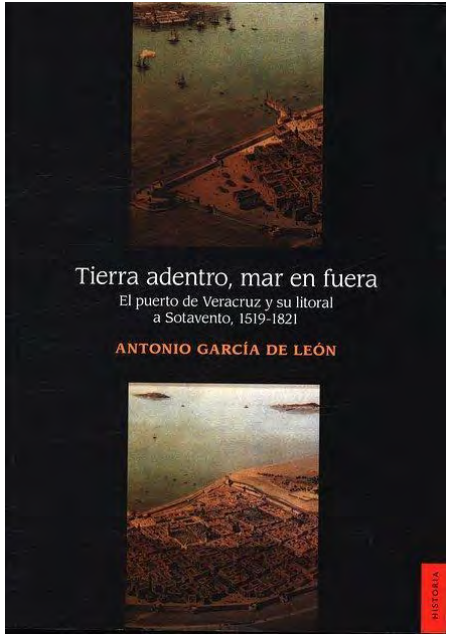
Soporte y configuración de supercómputo:
Pavel Ernesto Oropeza Alfaro
José Jonathan Hernández Moreno
Pedro Damian Cruz Santiago

Participantes:
Óscar Esli Jurado de Larios
Alma Tatiana Hernández Siade
Ixchel Stephanie Zazueta García
Raúl Medina Peña
Cuauhtémoc Silva Vega
Liliana Ayala Fuentes
Miriam Alin Calva Chávez
Roberto Pineda León
Saulo Rivera Martínez
Héctor Coronel Pastrana
Daniel Robles Muñoz
Claudio Marcelo Pierard Manzano
Samantha Pantoja Ortiz
Vladimir Mijail Aarón Gutiérrez Valdez

Tierra adentro mar en fuera
Antonio García de León

El huracán, ... que azotó la costa desde el sábado 2 al lunes 4 de septiembre de 1552

...una inmensa ola, que causó aquí un efecto de tsunami, penetró y retornó al mar con personas, ganados y casas destruidas

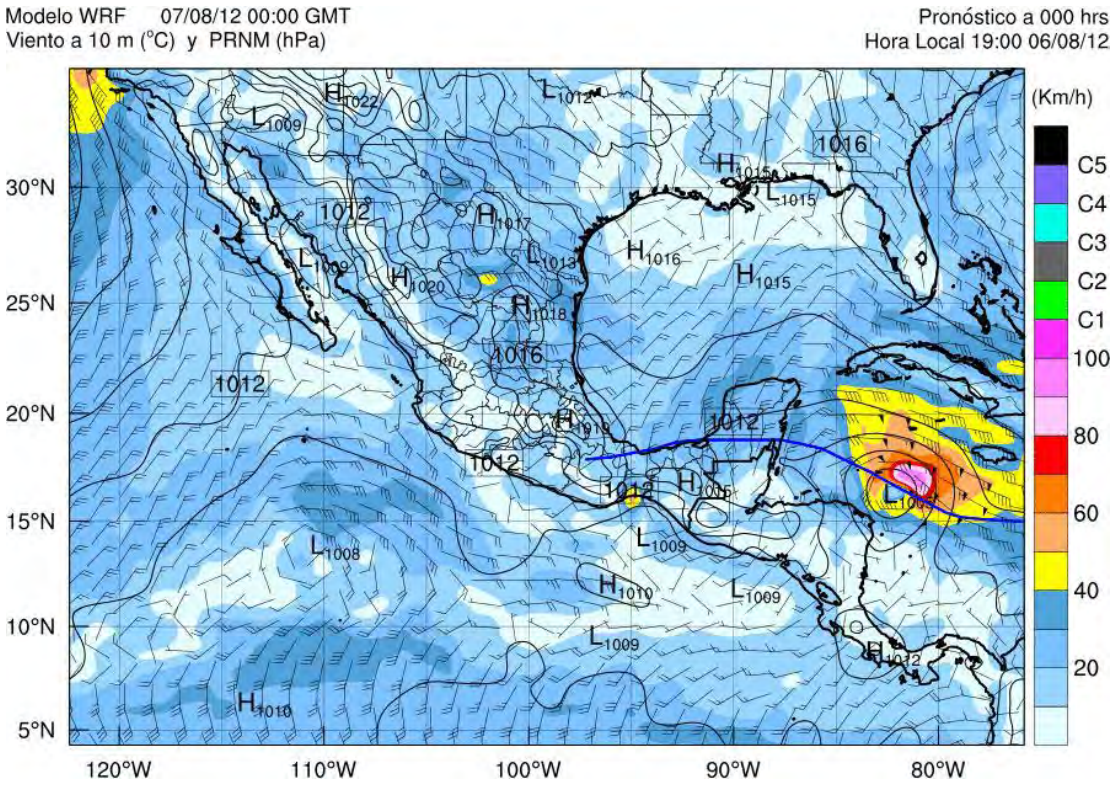


Fenómenos oceánicos peligrosos que afectan la zona costera

Fenómeno	Periodo	Long. de Onda	Altura	
Oleaje	3-20 seg	300 m	1-30 m	
Marea de tormenta		100 km	1-12 m	Sólo tiene gran amplitud junto a la costa
Tsunamis	10 a 60 min	200 km	1-12 m	

Experiencia en desarrollo de Sistemas de pronóstico numérico del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM

- **Pronóstico meteorológico (desde 2007)**
  - CCA desde 2007
  - PEMEX 2010, 2013
  - CENAPRED 2017
- **Calidad del aire (Dr. Agustín García)**
  - CCA desde 2006
- **Oleaje (desde 2010)**
  - PEMEX 2010, 2013
  - SMN 2012
  - CCA 2010
  - CENAPRED 2017
- **Marea de tormenta**
  - SMN 2012
  - CENAPRED 2017
- **Ceniza volcánica**
  - CENAPRED 2015
- **Circulación oceánica**
  - CCA desde 2013

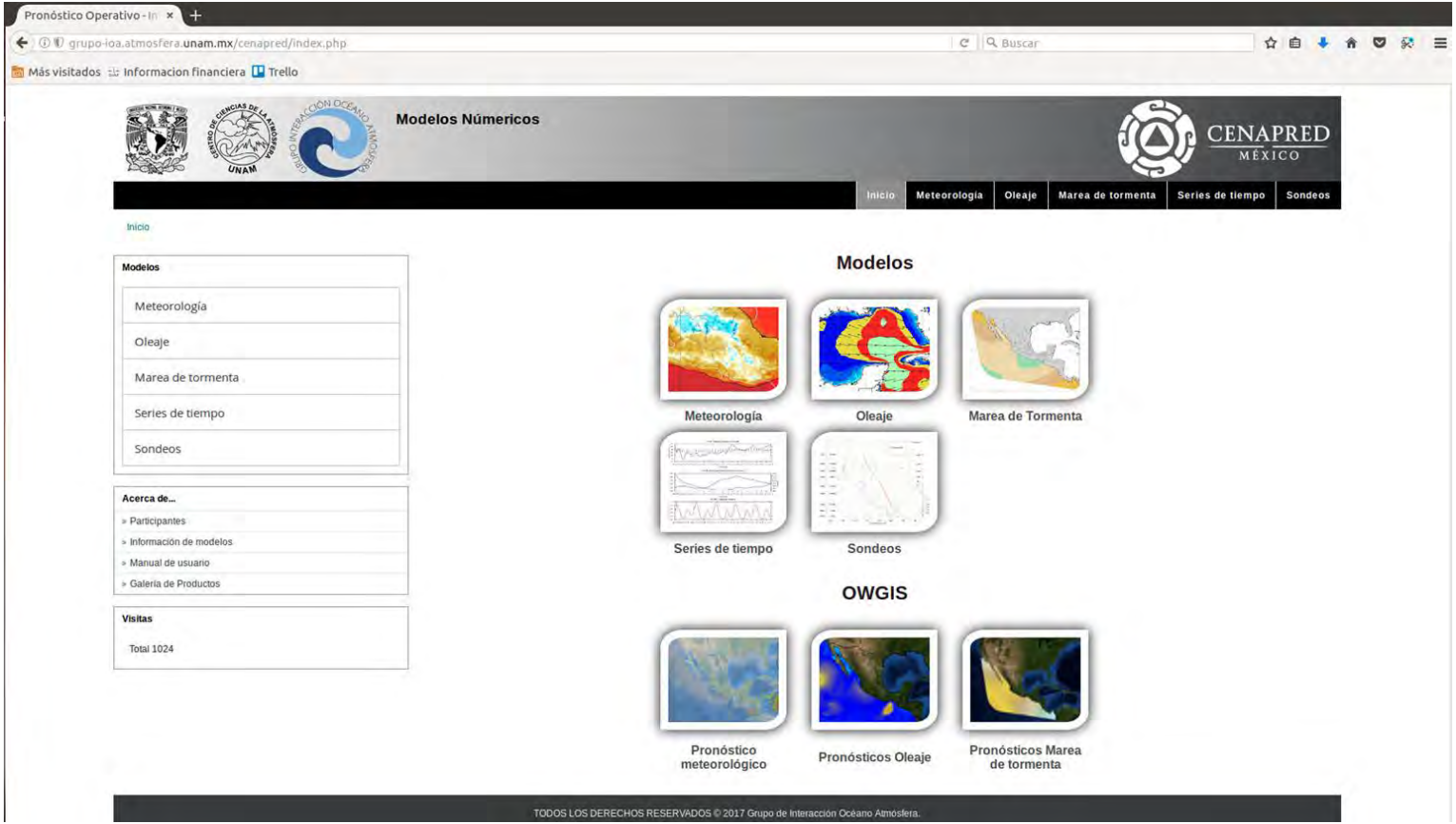


Huracán Ernesto (2012). Velocidad del viento a 10m. Línea azul es el best-track

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/cenapred/

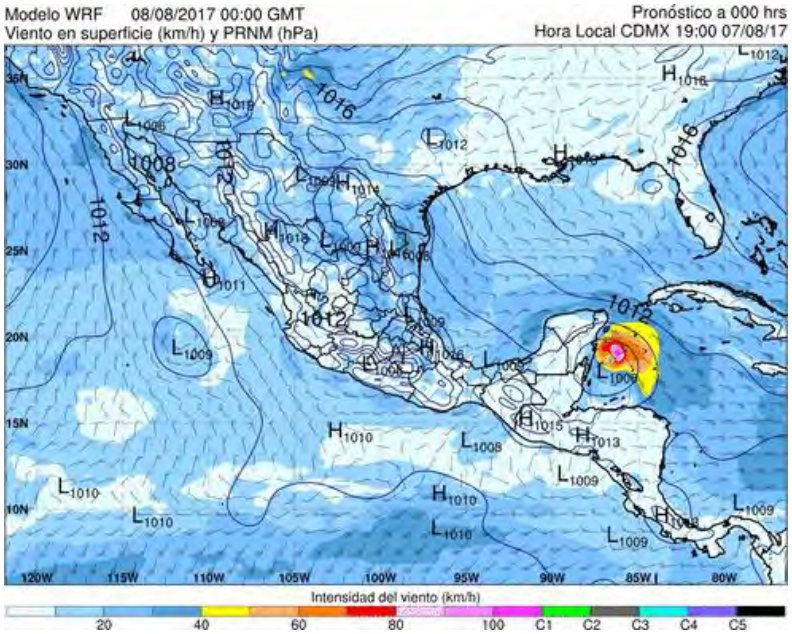
http://132.248.69.34/cenapred/



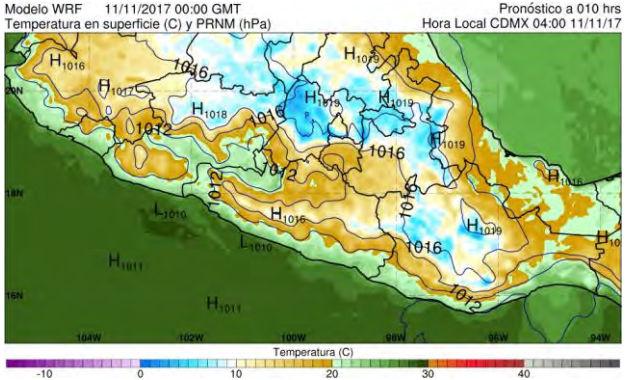
PRONÓSTICO METEOROLÓGICO

http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/cenapred/index.php/meteorologia
http://132.248.69.34/cenapred/index.php/meteorologia

- **Pronóstico meteorológico**
  - Modelo WRF versión 3.9.0.1
  - 50 niveles verticales
  - Condiciones iniciales y de frontera del modelo GFS
    - Resolución horaria: 3 horas
    - Resolución espacial: 0.25°
  - Proyección Mercator
  - 2 dominios (15 km y 5 km)



Dominio madre (15 km)
Huracán Franklin del día 8 de agosto 2017

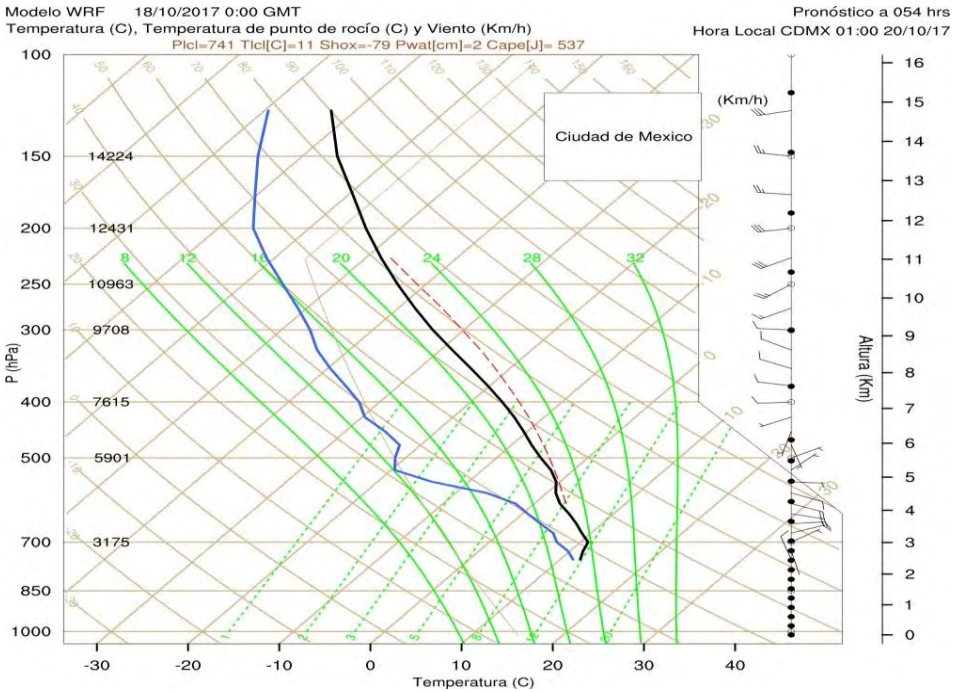


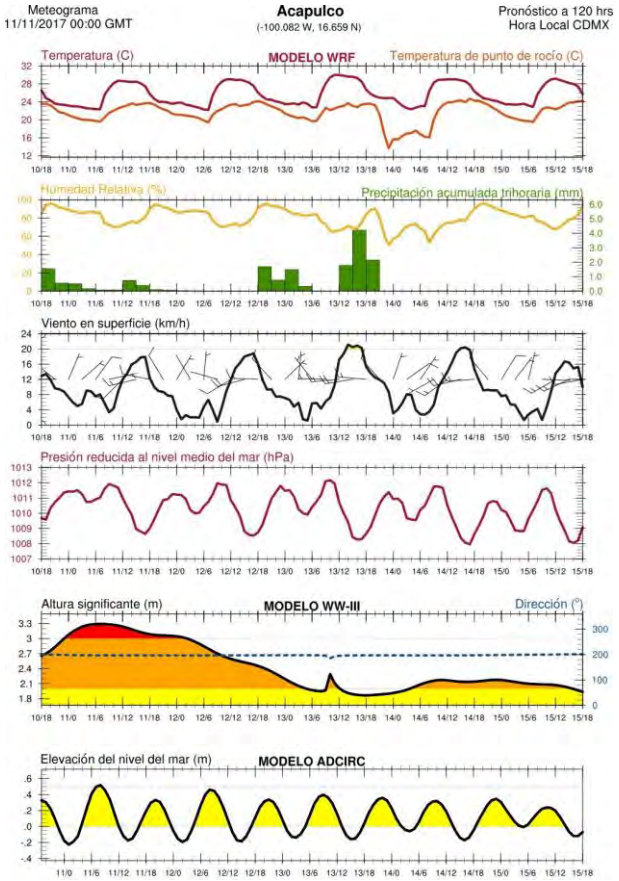
Dominio anidado (5 km)

PRODUCTOS DEL SISTEMA DE PRONÓSTICO

http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/cenapred/index.php/meteorologia
http://132.248.69.34/cenapred/index.php/meteorologia

- **Sondeos virtuales, meteogramas y series de tiempo**

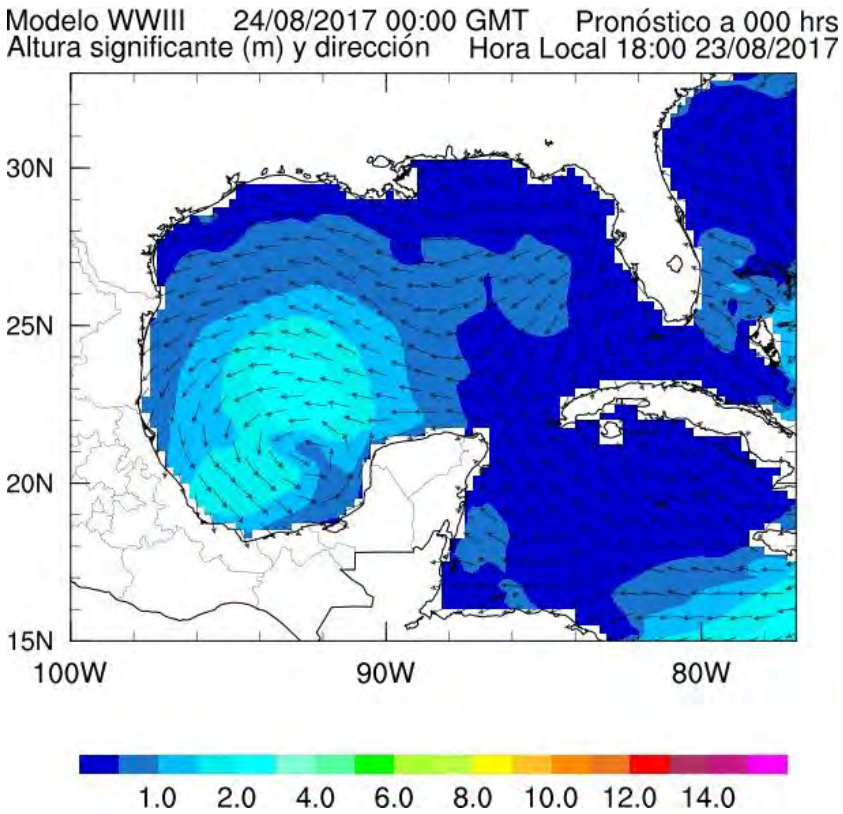




PRONÓSTICO DE OLEAJE

http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/cenapred/index.php/oleaje
http://132.248.69.34/cenapred/index.php/oleaje

- **Oleaje - WWIII**
  - Modelo de oleaje desarrollado por la NOAA
  - Versión 5.16
  - Forzamiento de viento obtenido del pronóstico meteorológico del CCA (modelo WRF)
  - Vientos horarios
  - Anidamiento al pronóstico Global (two way nesting)

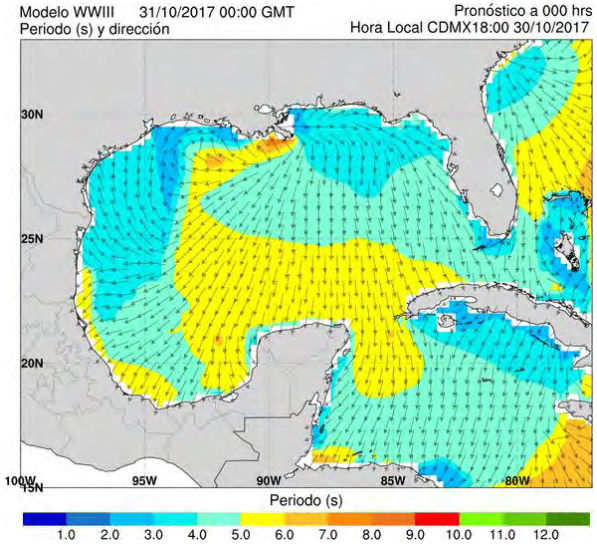


Huracán Harvey (2017)

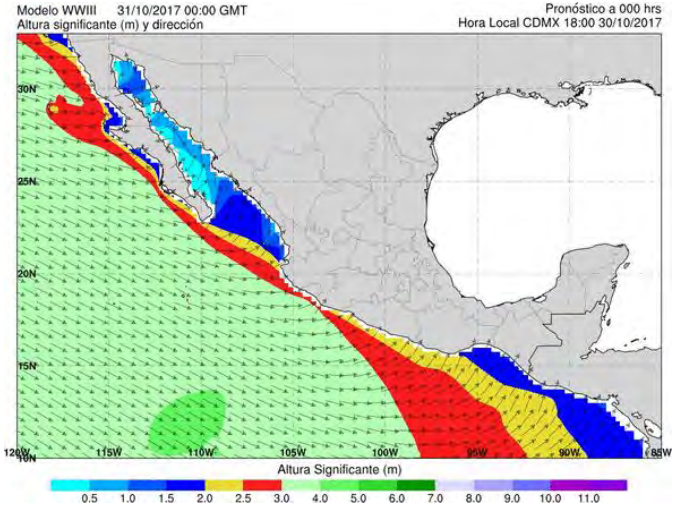
PRONÓSTICO DE OLEAJE

http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/cenapred/index.php/oleaje
http://132.248.69.34/cenapred/index.php/oleaje

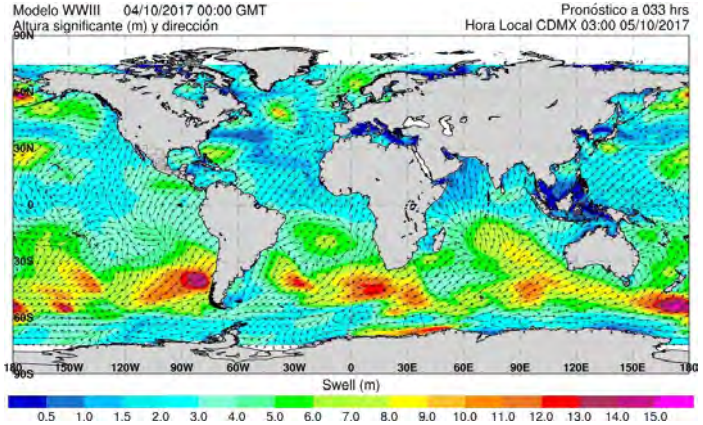
- **3 Dominios**
  - Océano Global (dominio conectado)
  - Pacífico Mexicano
  - Golfo de México y Caribe Mexicano
- Pacífico Mexicano y Golfo de México anidados al dominio global



Dominio del GoM y Mar Caribe



Dominio del Pacífico Mexicano



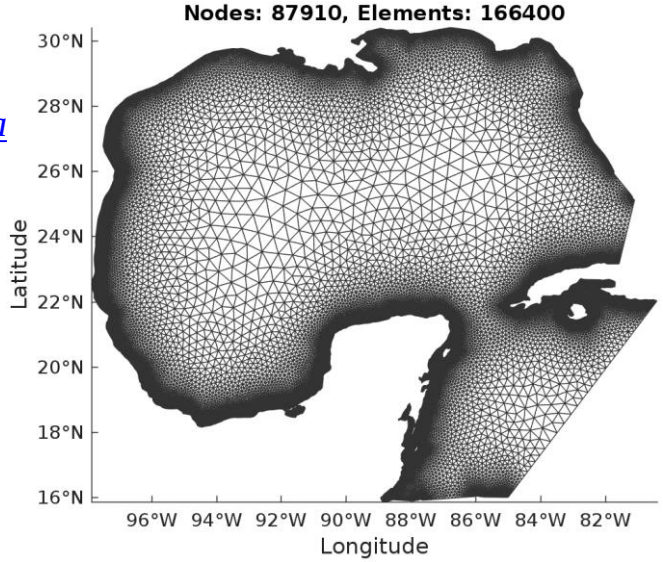
Dominio global

PRONÓSTICO DE MAREA DE TORMENTA

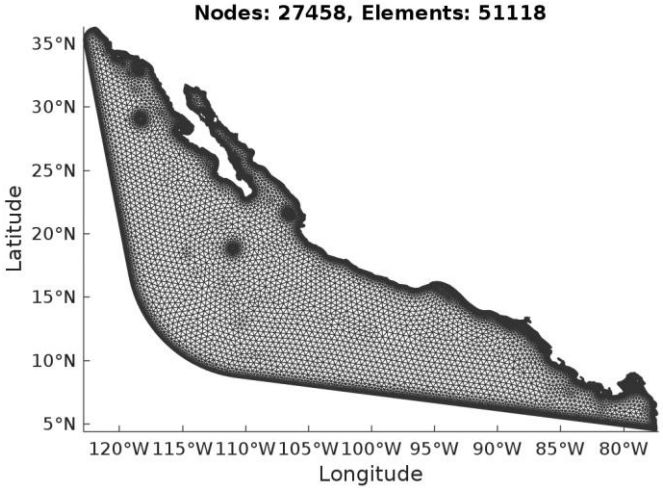
http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/cenapred/index.php/marea-de-tormenta
http://132.248.69.34/cenapred/index.php/marea-de-tormenta

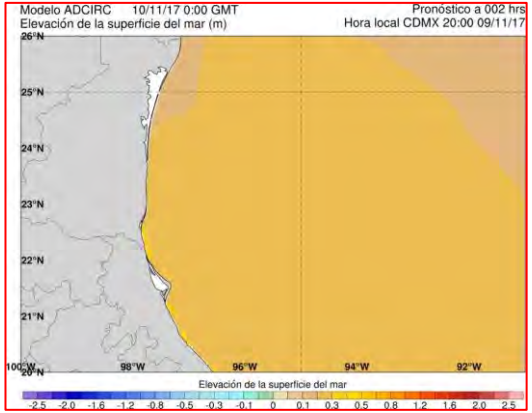
- **Marea de Tormenta - ADCIRC**
  - Modelo de marea de tormenta desarrollado por Luettich y Westerink (1991)
  - Versión 52.30.13
  - 2 dominios
  - Resolución de 500 m en las costas de México

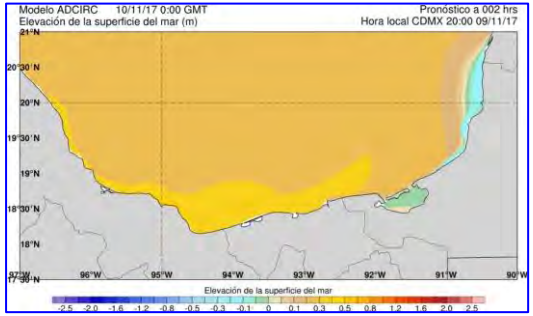
Dominio del Golfo de México

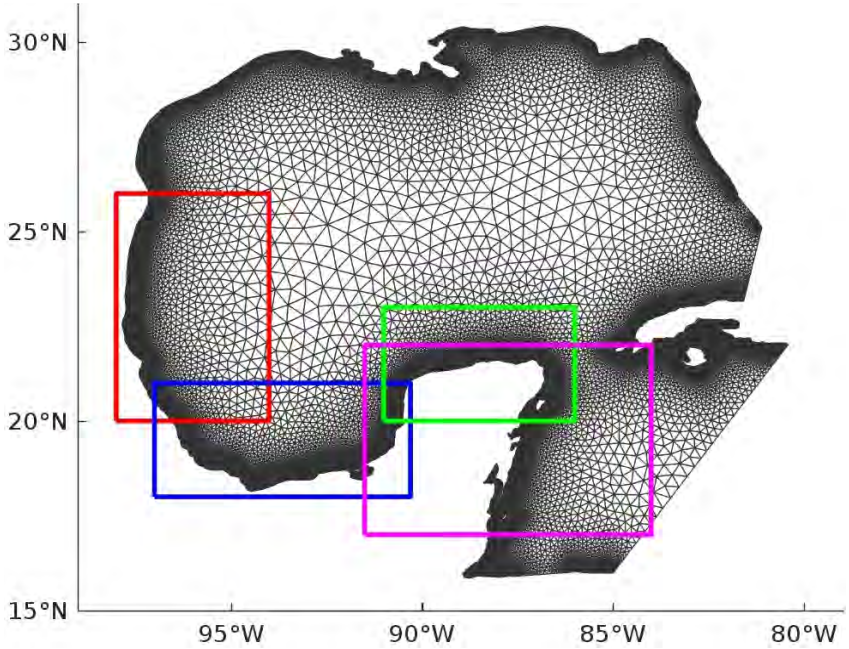


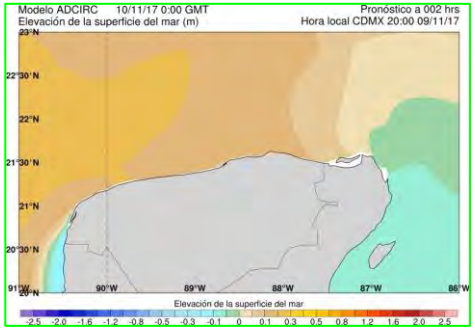
Dominio del Pacífico Mexicano



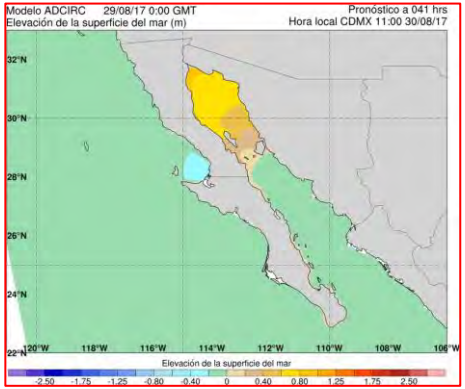


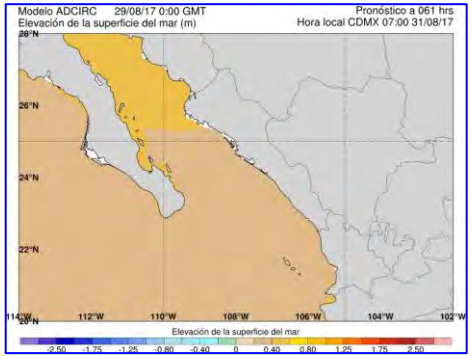


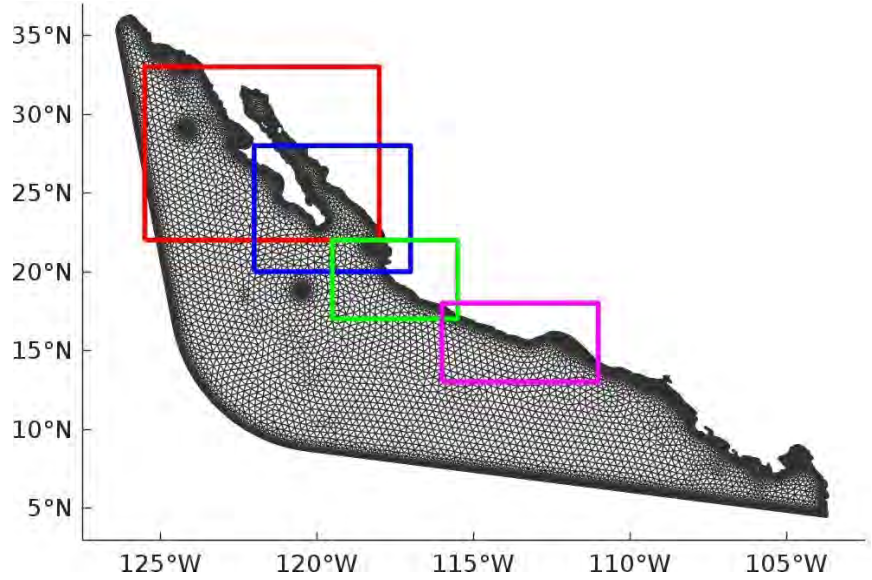




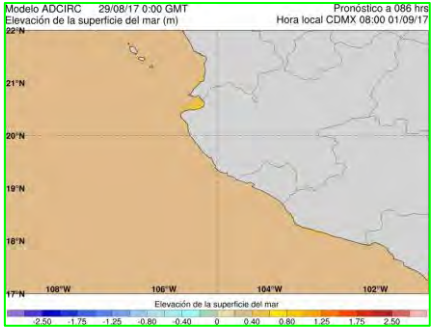
Dominio Golfo de México

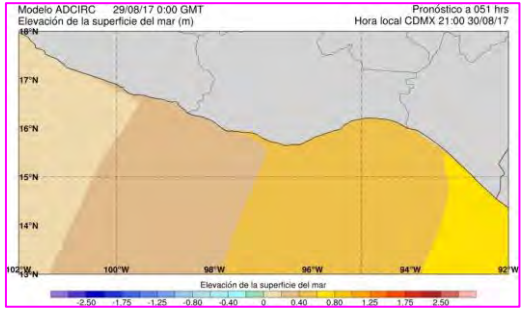




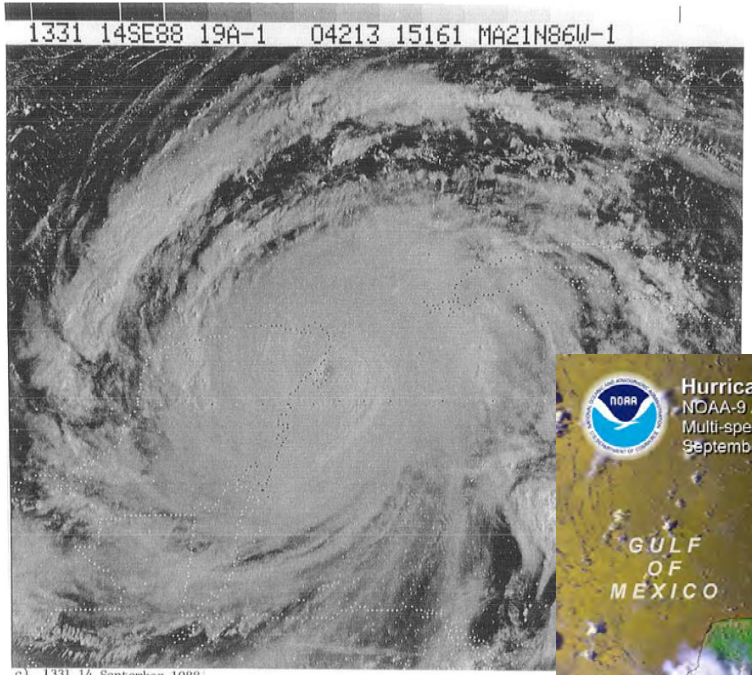


Dominio Pacífico Mexicano

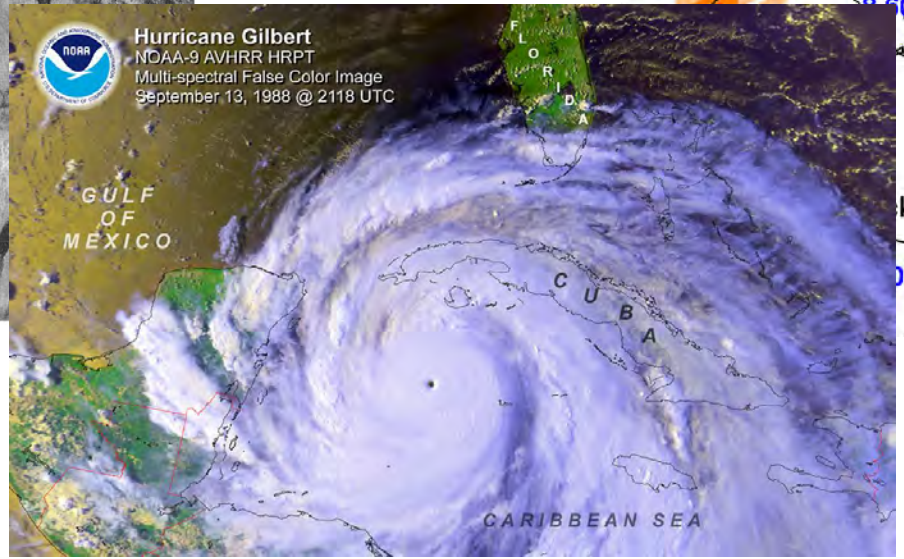


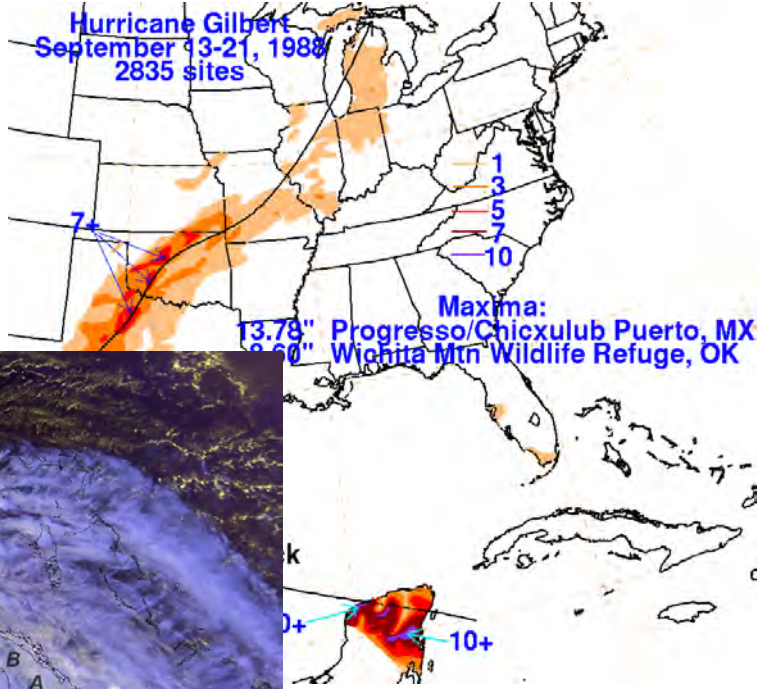


Si Gilberto ocurriera en 2018 ¿cómo lo vería el Sistema de Pronóstico?



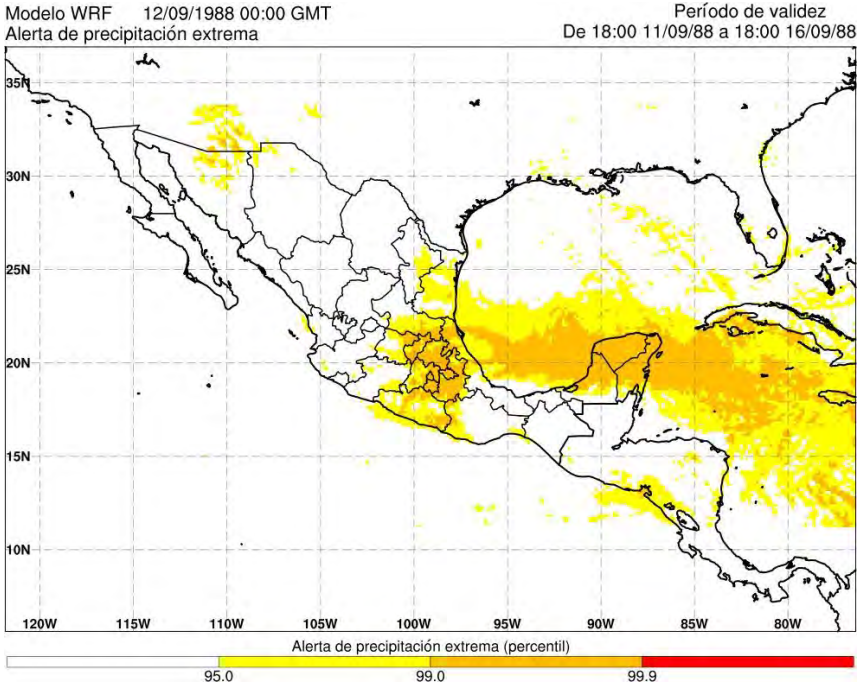
c) 1331 14 September 1988



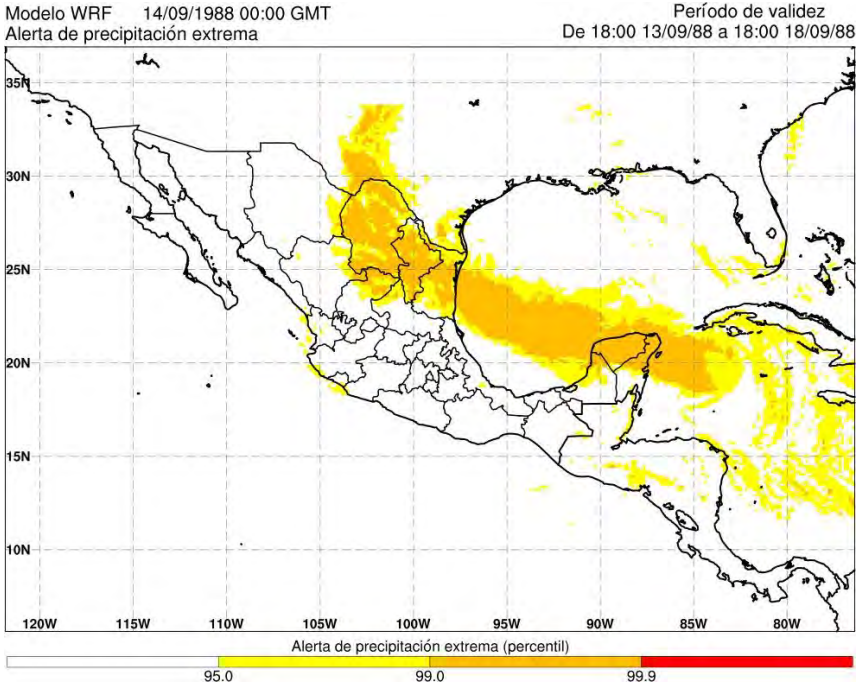


Alertamientos
Precipitación

Pronóstico del 12/09/1988 a 120 hrs



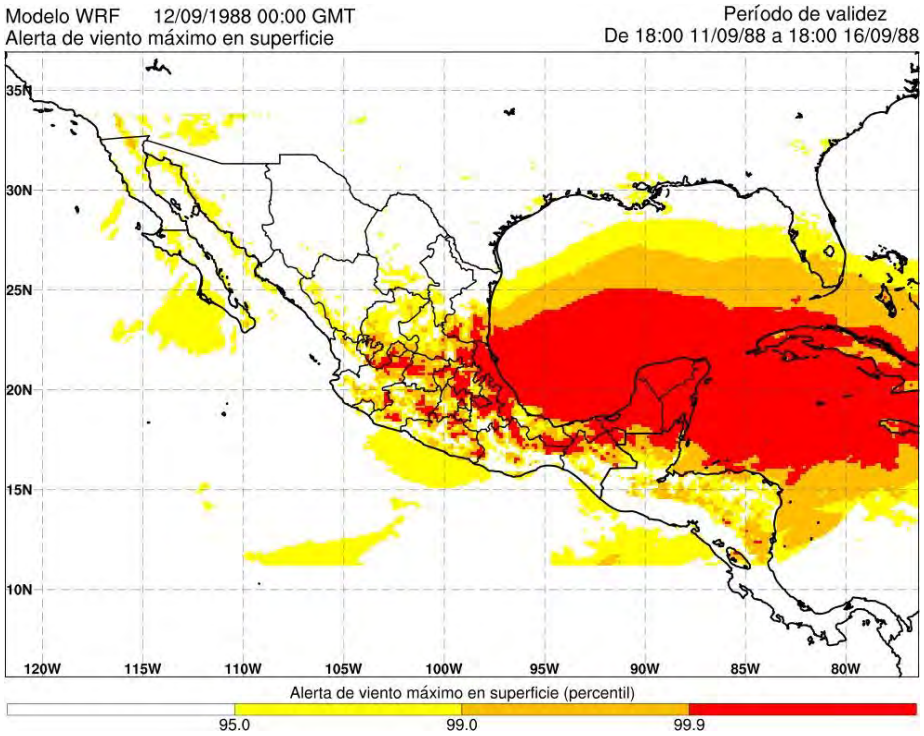
Pronóstico del 14/09/1988 a 120 hrs



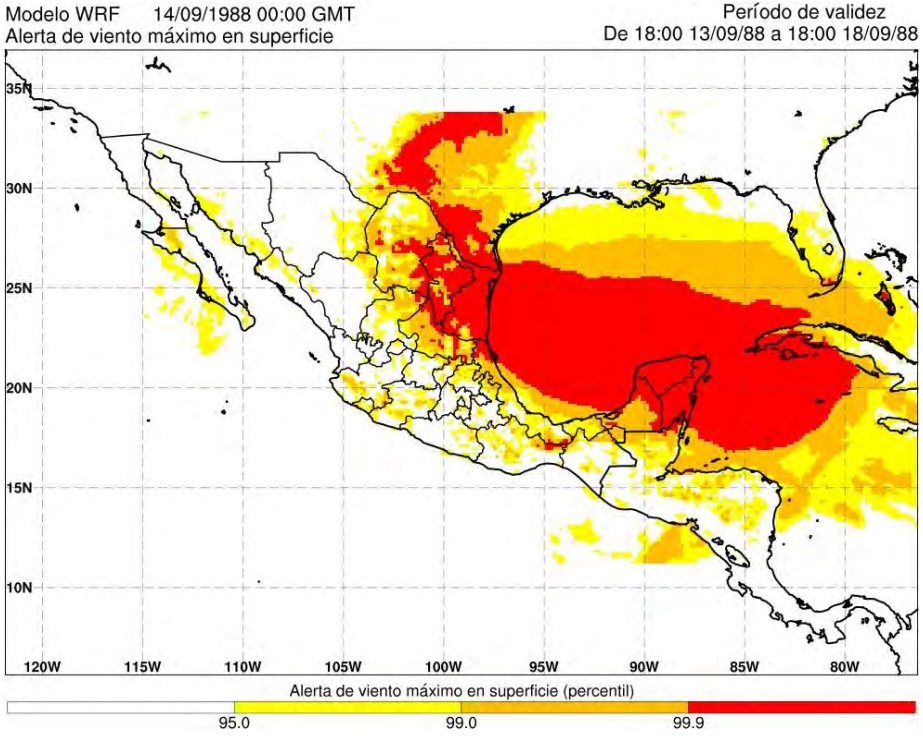
Alertamientos

Viento

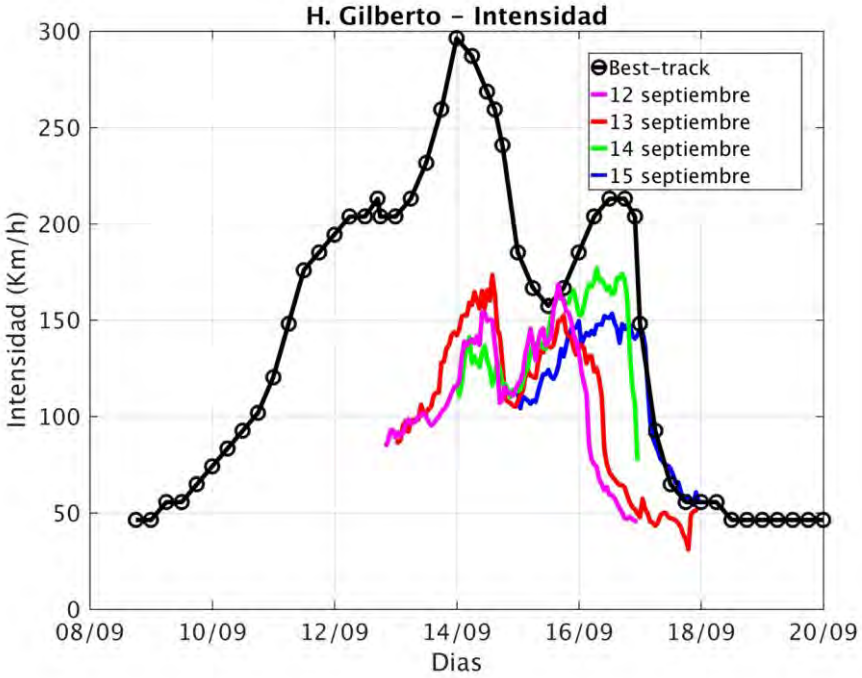
Pronóstico del 12/09/1988 a 120 hrs

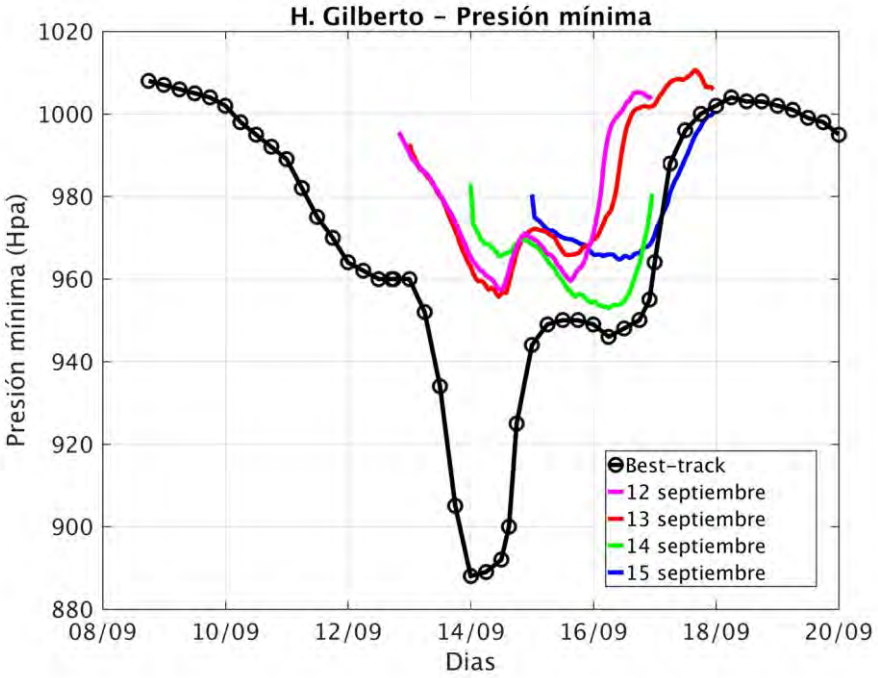


Pronóstico del 14/09/1988 a 120 hrs

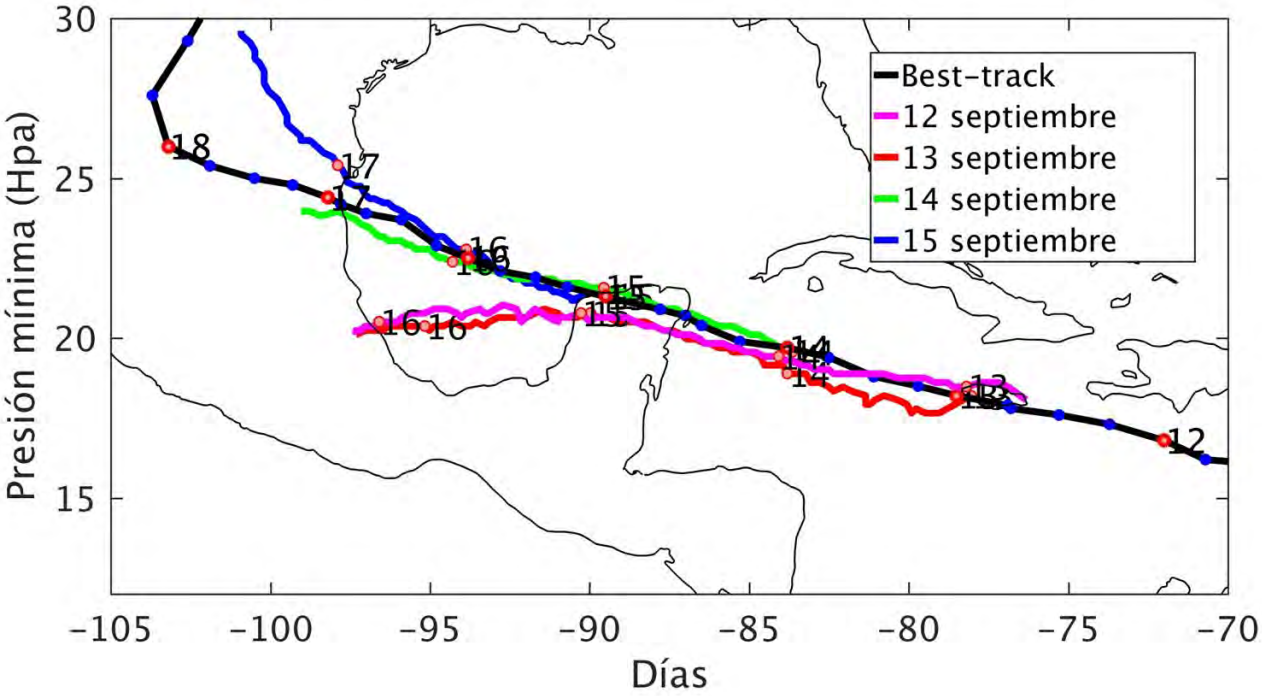


Pronóstico Meteorológico



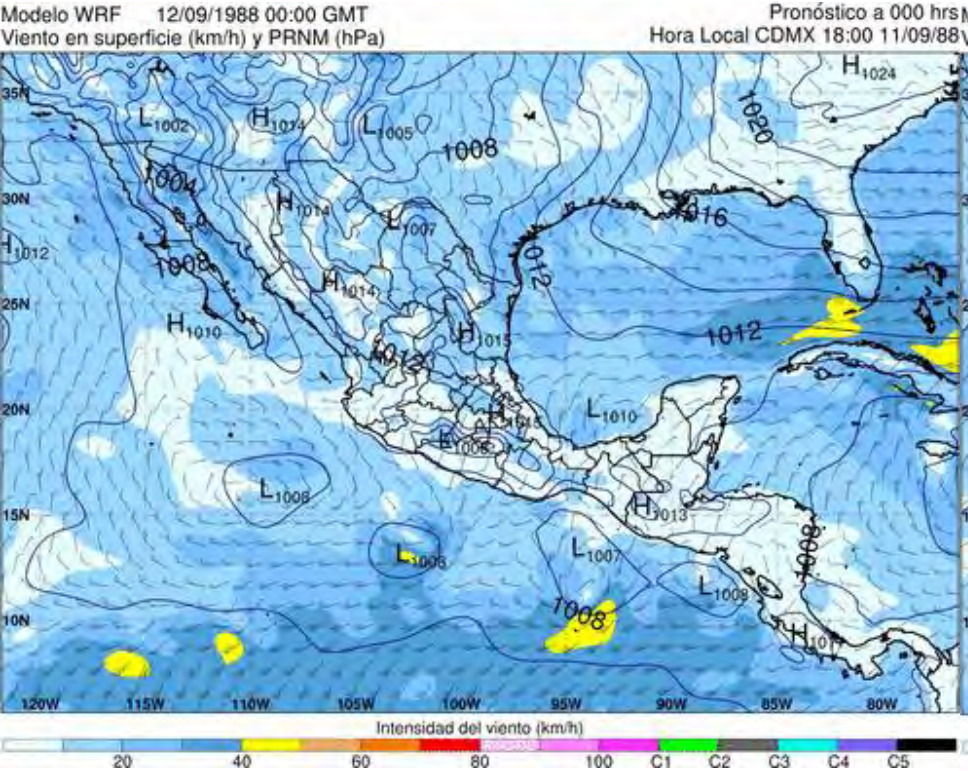


Pronósticos de trayectoria

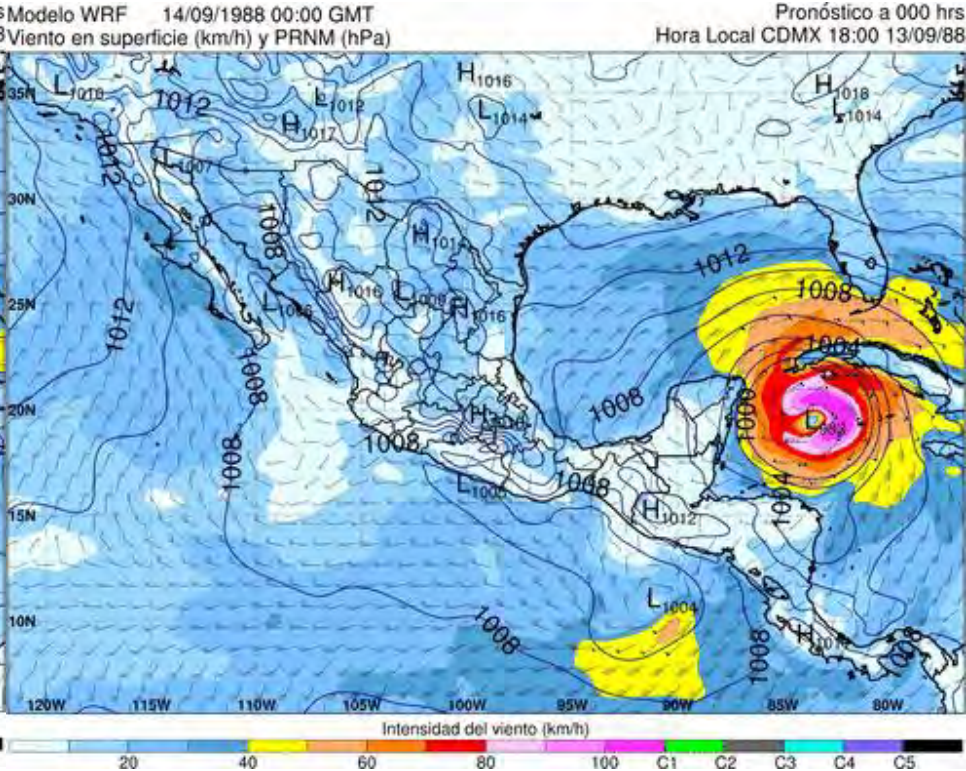


Pronóstico de viento en superficie

Pronóstico del 12/09/1988 a 72 hrs

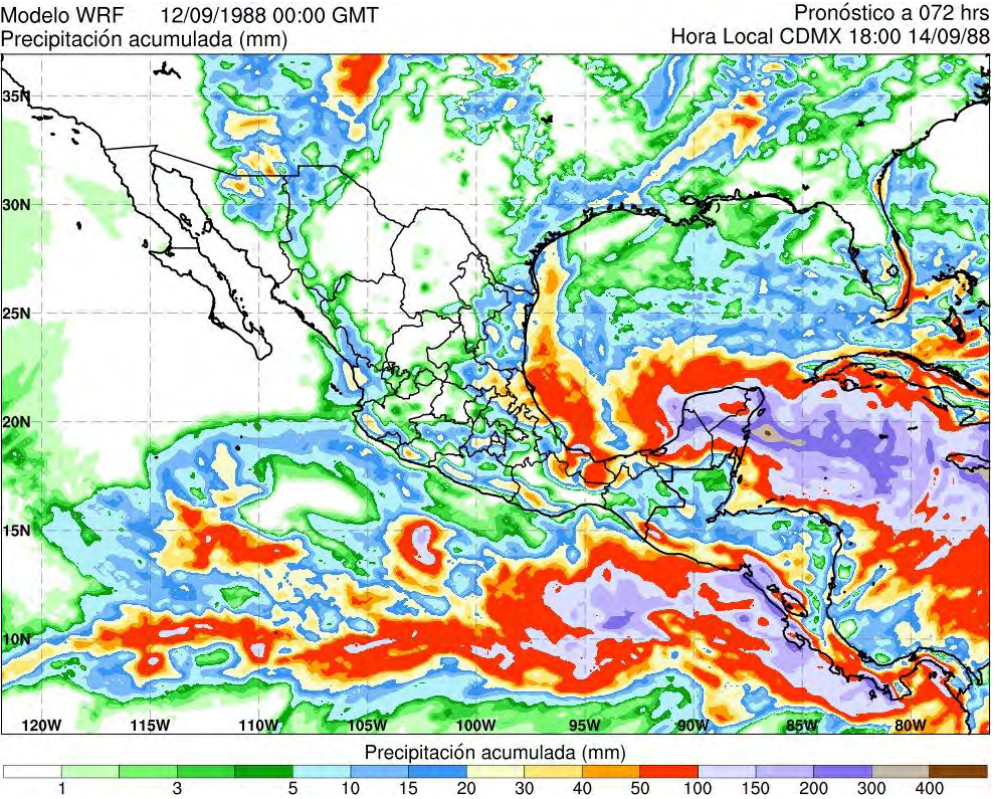


Pronóstico del 14/09/1988 a 72 hrs



Pronóstico de precipitación acumulada

Precipitación acumulada a 72 hrs

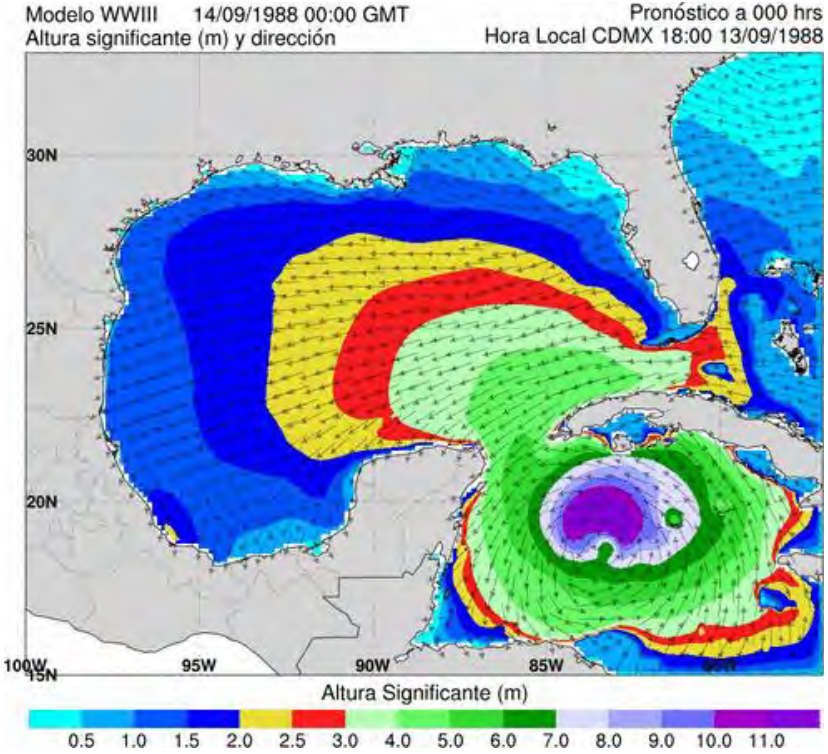


Precipitación acumulada a 120 hrs

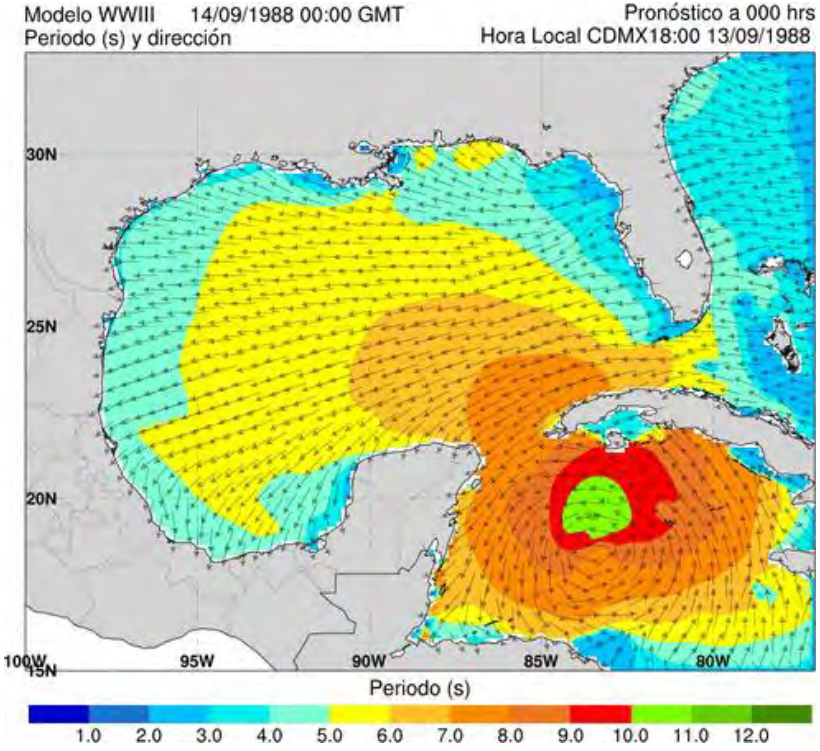
Pronóstico de oleaje

Pronóstico del 14/09/1988 a 49 horas

Altura significante y dirección

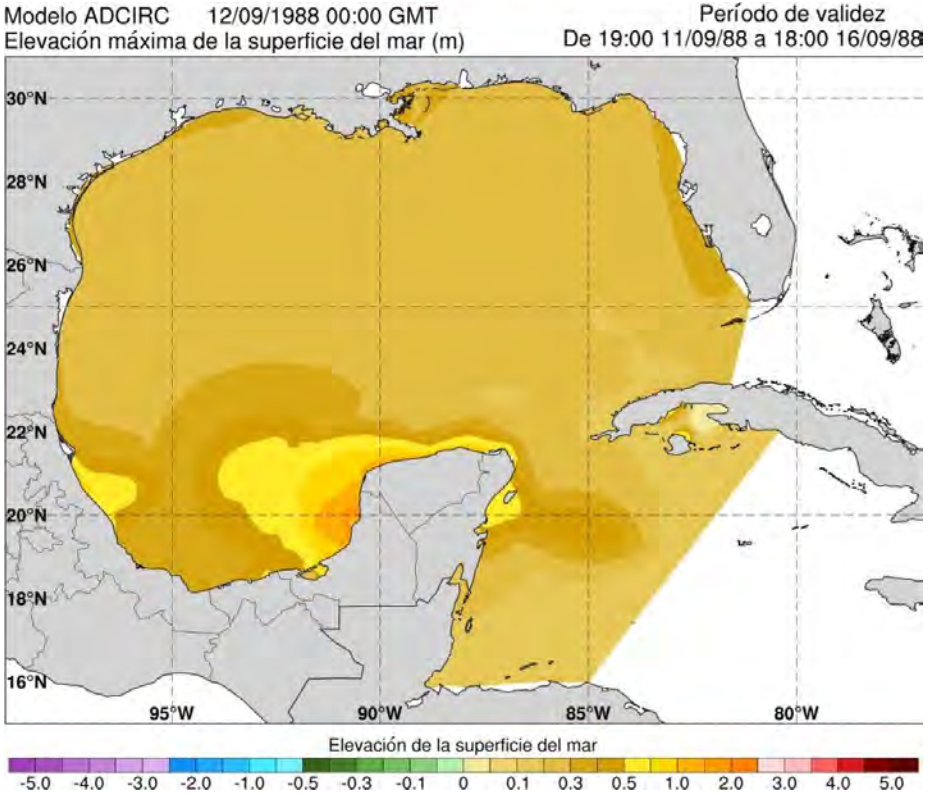


Período y dirección



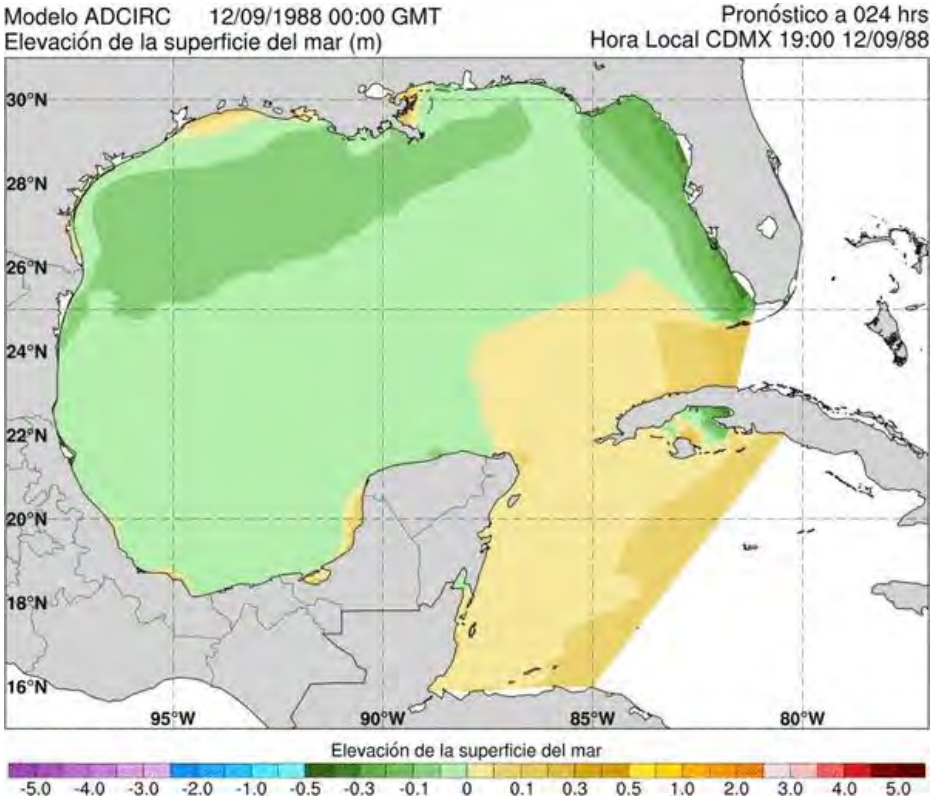
Pronóstico de Marea de Tormenta

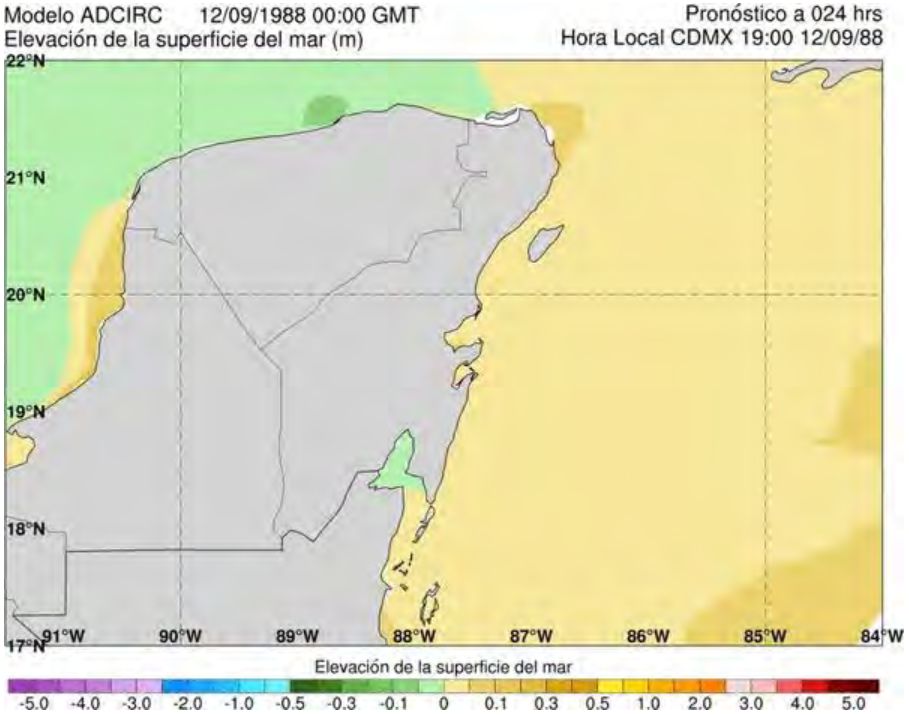
- Elevación máxima de la superficie del mar (m)
- Pronóstico iniciado el día 12/09/1988 00:00 GMT
- Se "pronostican" elevaciones máximas superando los **2 m** en la costa oeste de la Península de Yucatán.



Pronóstico de Marea de Tormenta

Pronóstico del 12/09/1988 de las 24 a las 80 horas





Trabajo a futuro...

- Incluir anidamientos móviles en el pronóstico operacional con mínima interacción de personal
- Incluir ensambles en el pronóstico
- Incluir inundación por marea de tormenta
- Darle continuidad en la operación al sistema de pronóstico

¡¡Muchas gracias!!