



# Evaluación de factores atmosféricos y oceánicos en la evolución de ciclones tropicales en el Pacífico Oriental

*Fernando Oropeza Rosales*

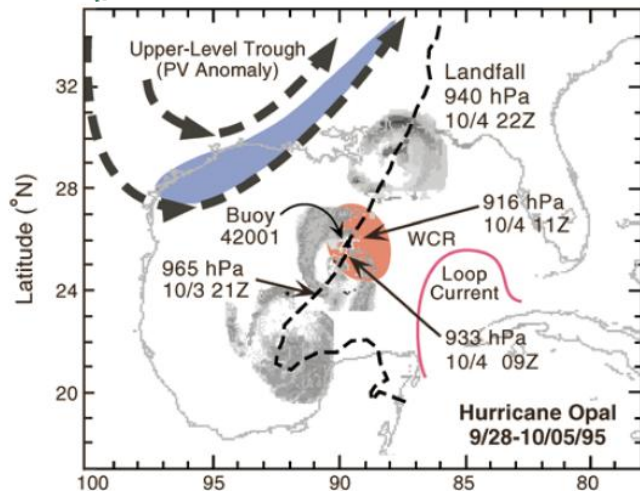


**3<sup>er</sup> Curso de Primavera sobre Ciclones Tropicales**

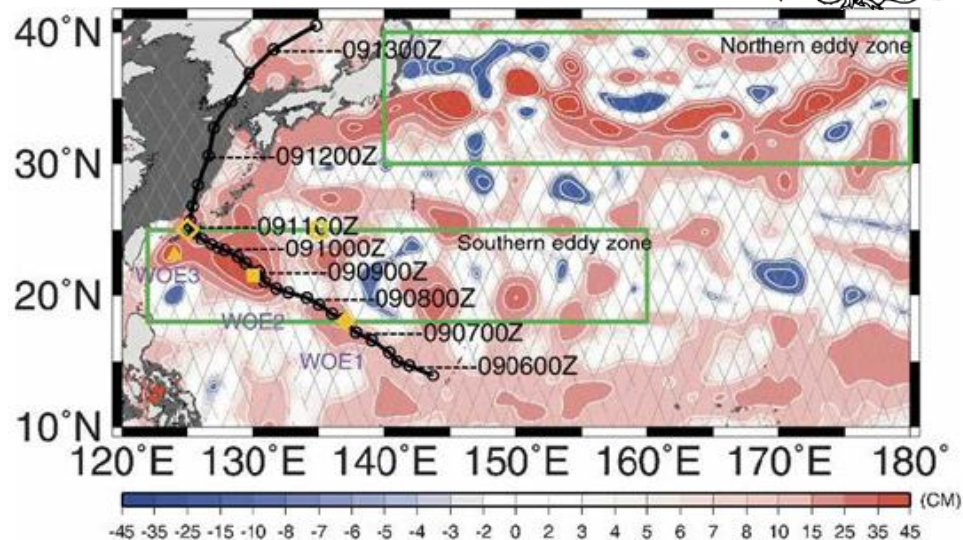
**La Paz, Baja California Sur**

**Marzo de 2010**

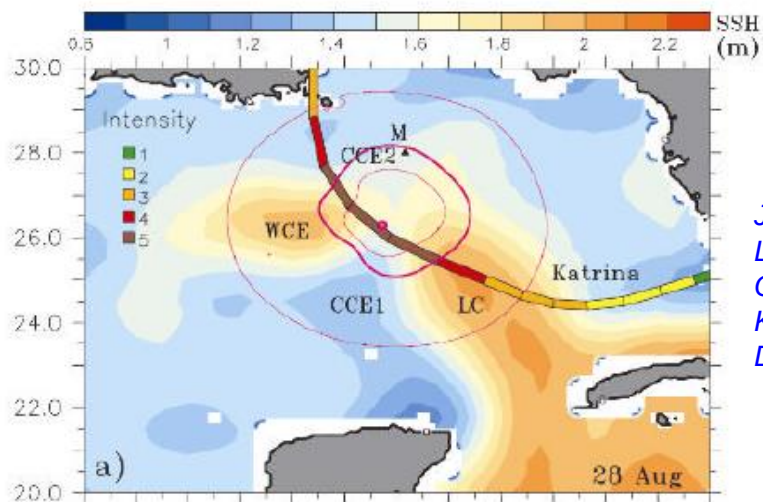
# Motivación



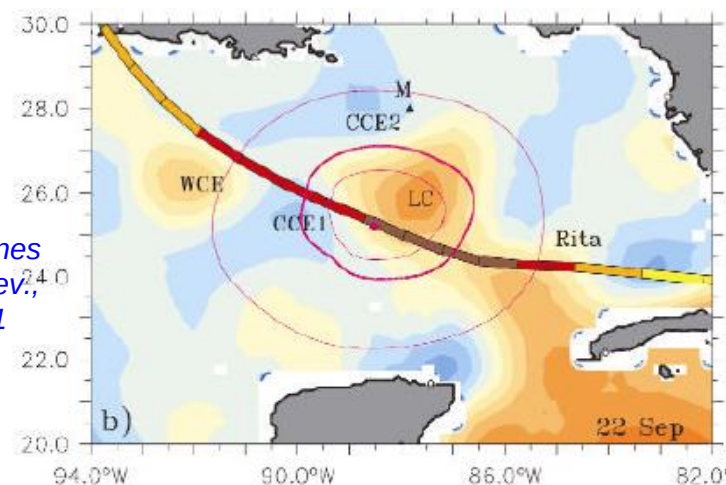
Hong, X., S.W. Chang, S. Raman, L. K. Shay, and R. Hodur (2000), The Interaction between Hurricane Opal (1995) and a Warm Core Ring in the Gulf of México. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1347-1365.



Lin, I.-I., C.-C. Wu, K. A. Emanuel, I.-H. Lee, C.-R. Wu, and I.-F. Pum (2005), The interaction of Supertyphoon Maemi with a warm ocean eddy. *Mon. Wea. Rev.*, 133, 2635-2649.



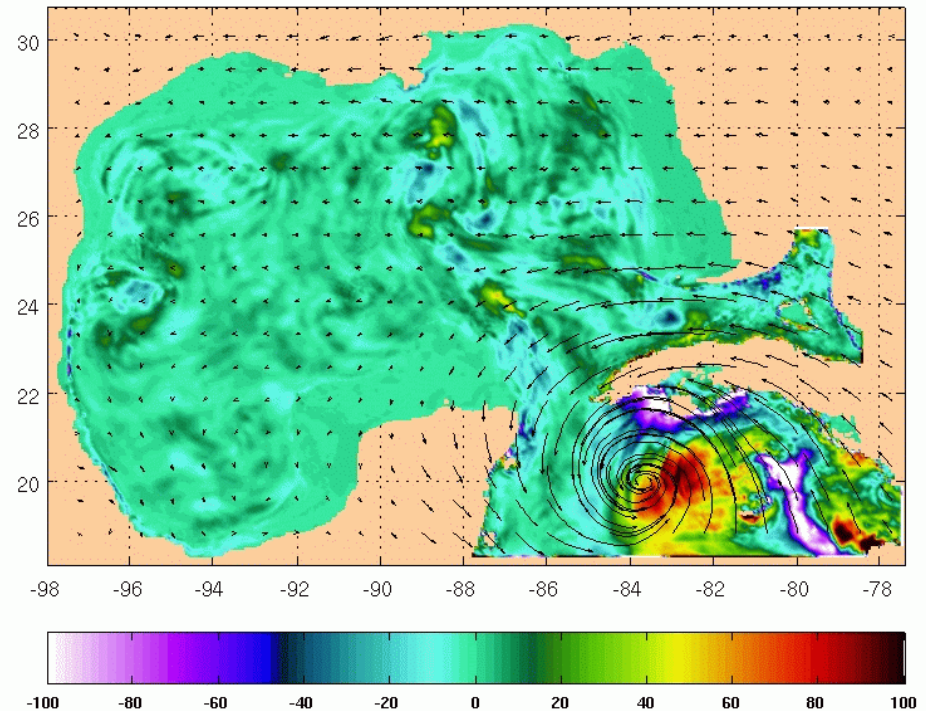
Jaimes and Shay, 2009. Mixed Layer Cooling in Meso-scale Oceanic Eddies during Hurricanes Katrina and Rita. *Mon. Wea. Rev.*, DOI: 10.1175/2009MWR2849.1



# Retroalimentación Negativa

Chang y Anthes en 1978 y 1979 muestran resultados de modelos acoplados océano-atmósfera en los que la retroalimentación entre un huracán y el océano es negativa; el debilitamiento del huracán en respuesta al enfriamiento de la superficie del océano por afloramiento de agua fría y mezcla de la misma, resulta en una respuesta reducida del océano.

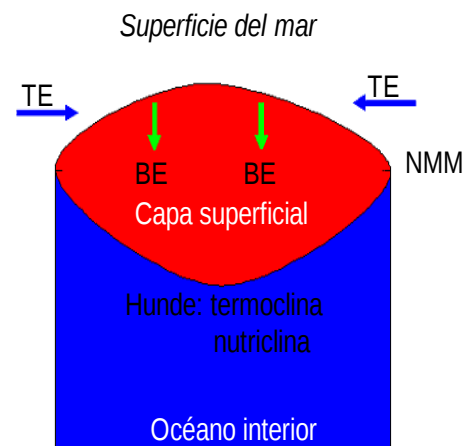
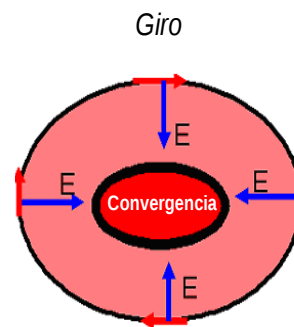
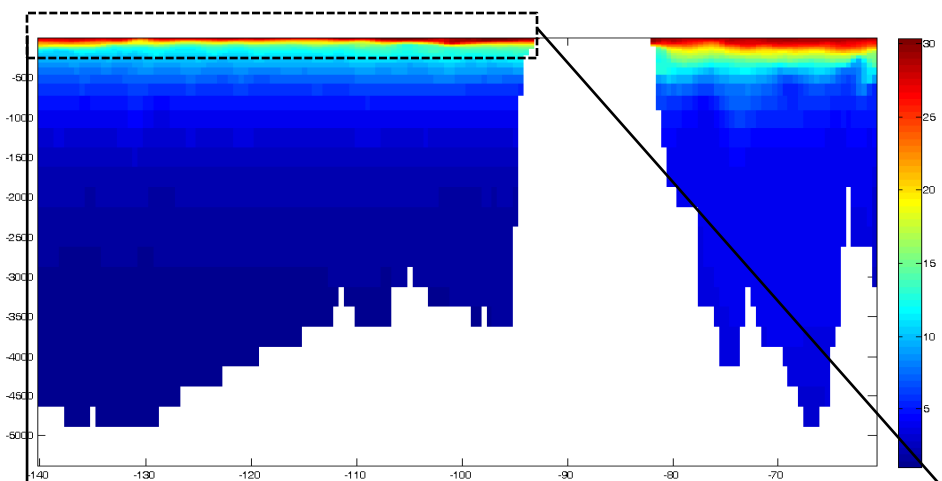
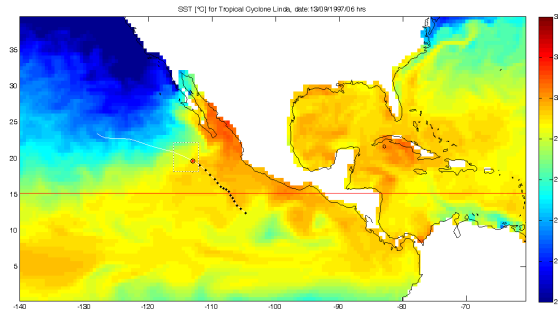
HYCOM 1/25° GOM-023 (1° NOGAPS WIND) Vert. Velocity (m/day) of the 20° C Isotherm for 2004-257-06



Simulated Ocean response to Hurricane Ivan, provided by  
Luis Zamudio from the Center for Ocean-Atmospheric  
Prediction Studies, Florida State University

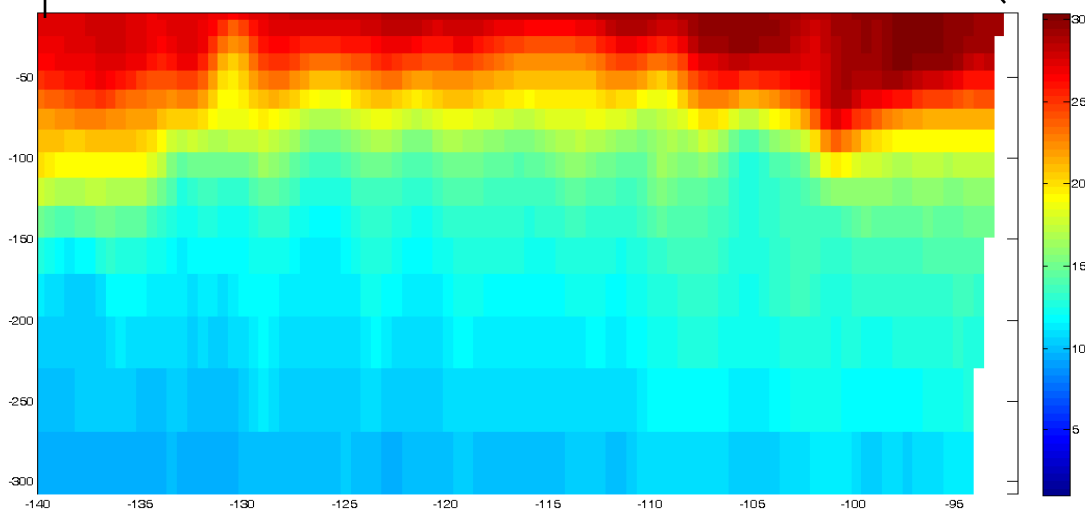


# Dinamica de un vórtice anticiclónico



Giro Anticiclónico

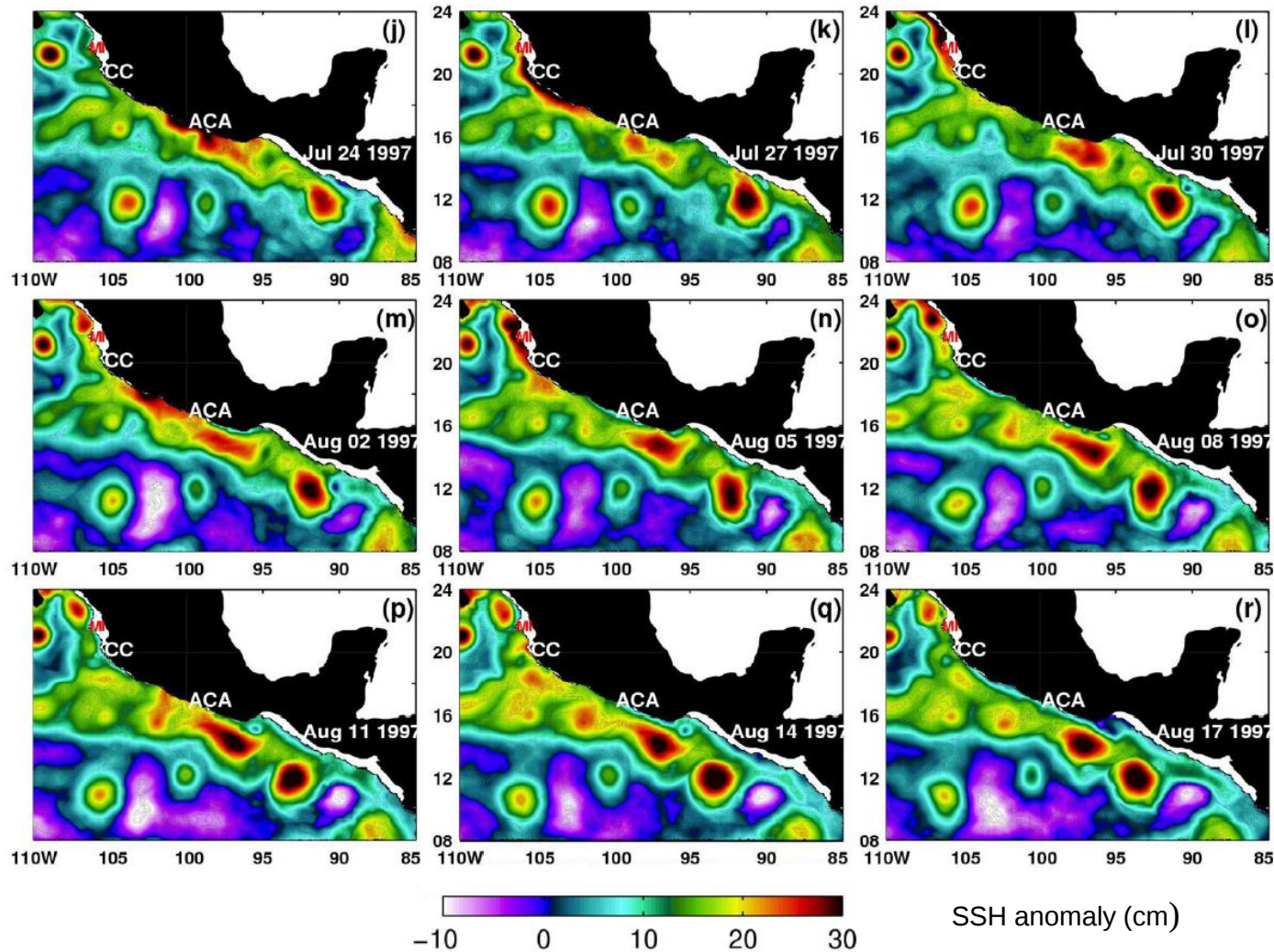
Hunde la termoclina



## **Entonces el efecto de los vórtices anticiclónicos en la intensidad de un CT se puede resumir como**

- Al aumentar la profundidad de la termoclina, el vórtice se convierte en un reservorio de agua cálida.
- Esto incrementa la Energía Térmica del Océano (que se puede considerar cómo combustible para los huracanes).
- Además es un aislante más efectivo entre el agua fría del océano interior y la superficie del océano, disminuyendo el efecto de la retroalimentación negativa

# ¿Qué ocurre en el Pacífico del Este?



Zamudio, L., H. E. Hurlburt, E. J. Metzger, S. L. Morey, J. J. O'Brien, C. E. Tilburg, and J. Zavala-Hidalgo (2006), *Interannual variability of Tehuantepec eddies*, *J. Geophys. Res.*, **111**, C05001, doi:10.1029/2005JC003182.

## Hipótesis

La presencia de vórtices oceánicos anticiclónicos en el Pacífico del Este contribuye a la profundización rápida de los Ciclones Tropicales en la región

## Objetivos

1. ¿Existe este tipo de interacción en el Pacífico del Este?
2. ¿Es ésta importante para la profundización rápida de los Ciclones Tropicales en la región?
3. ¿Es esta interacción una condición suficiente para producir huracanes mayores?



# Metodología



- I) Criterio de selección para casos de estudio
- II) Evaluación de parámetros ambientales oceánicos y atmosféricos



## Metodología...

### I) Selección de criterio

El glosario del Centro Nacional de Huracanes (NHC) define los términos:

Rapid Deepening (RD): como un decremento en la presión central mínima al nivel del mar en un ciclón tropical de: **1.75 mb/hr**

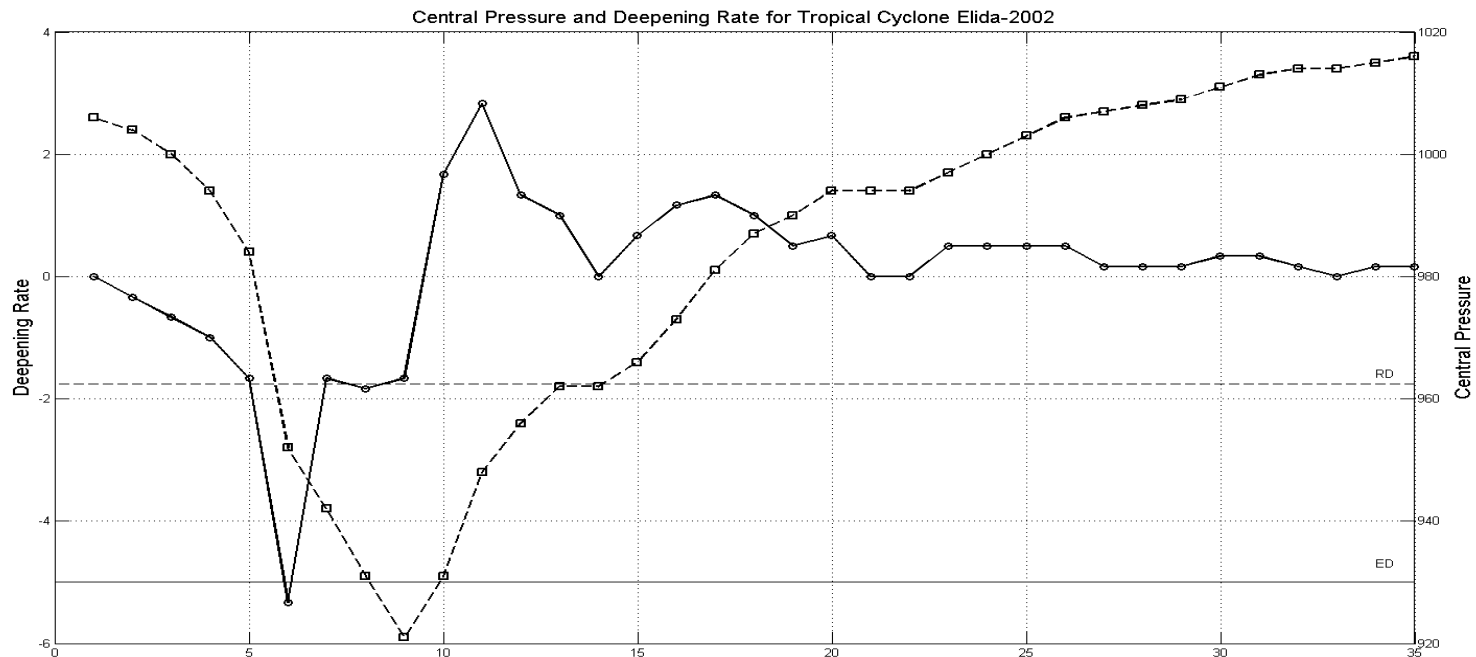
Explosive Deepening (ED): como un decremento en la presión central mínima al nivel del mar en un ciclón tropical de: **5 mb/hr**

(<http://www.nhc.noaa.gov/aboutgloss.shtml>).

# Metodología...

## I) Criterio de selección

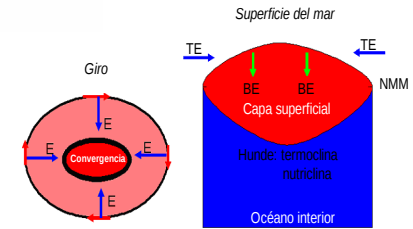
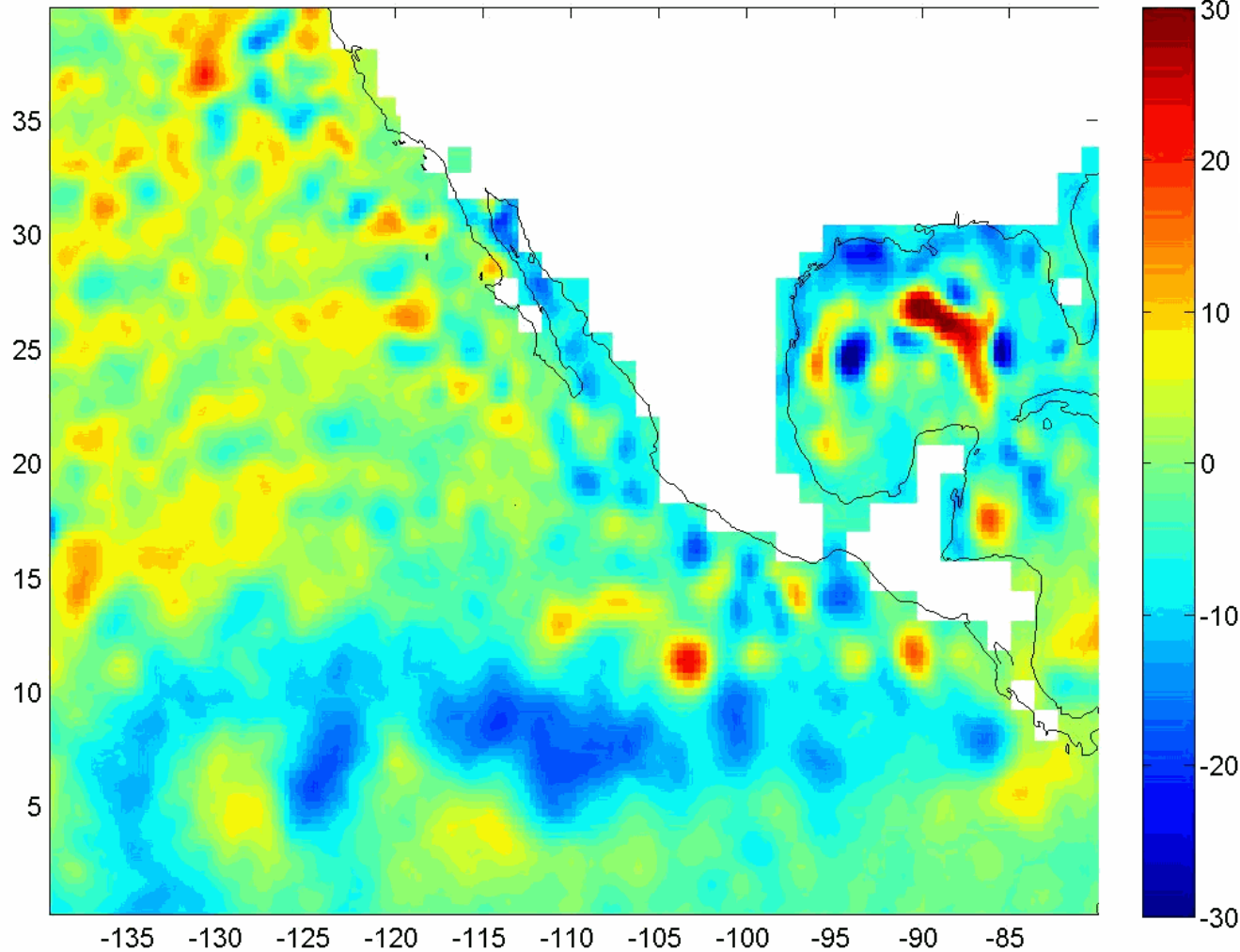
- Utilizando los datos de evolución de la presión del NHC se calculó la tasa de “profundización” ( $dp/dt$ ) para cada tormenta entre 1993 and 2008



# Metodología...

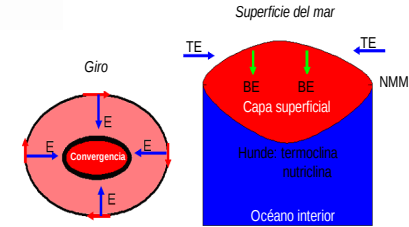
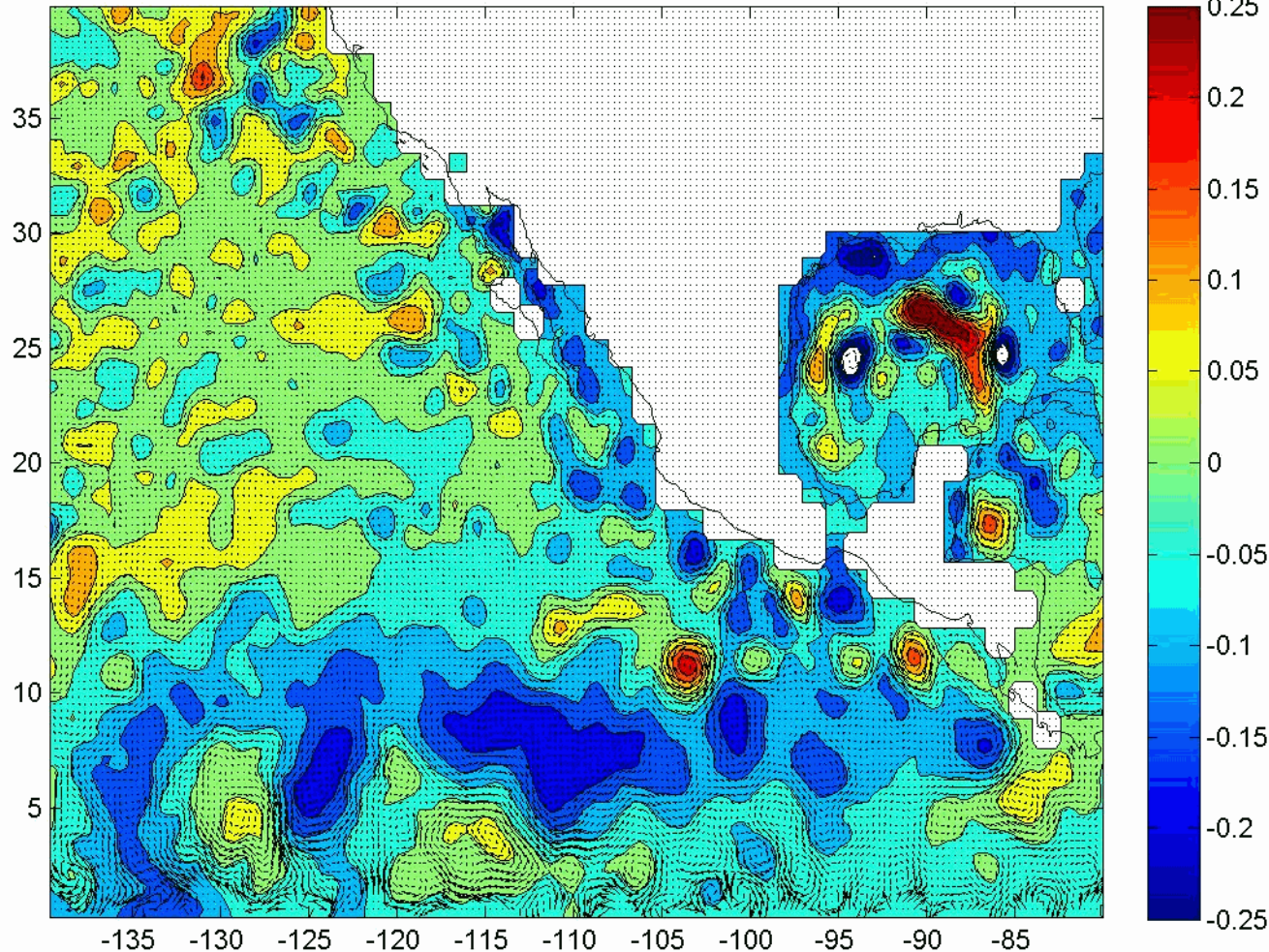
## I) Criterio de selección (SSHA)

SSH from Aviso para: 04-Jan-2006



## I) Criterio de selección (SSHA y Circulación Geostrófica)

SSH anomaly and their associated surface Geostrophic Circulation, date: 04-Jan-2006





Metodología...



## II) Evaluación de parámetros ambientales

- Se evaluó la importancia relativa de los parámetros ambientales tanto oceánicos (AVISO y SODA) como atmosféricos (NARR)

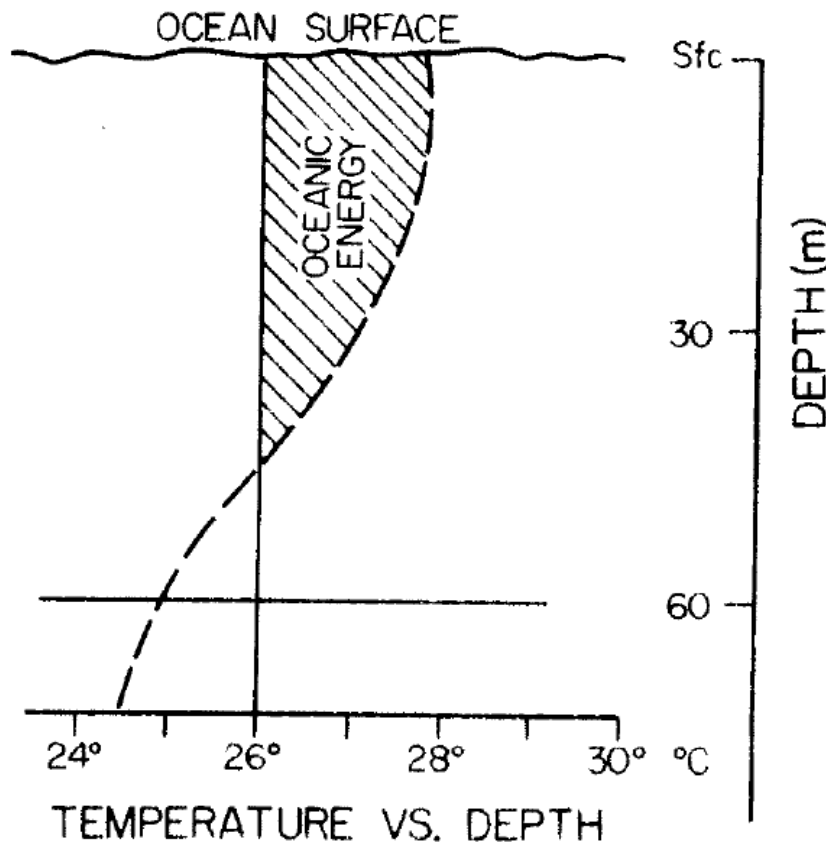
## II) Evaluación de parámetros ambientales

Además de SSHA, se calcularon los parámetros de Gray para los casos seleccionados:

1. Energía Térmica del Océano (SODA)
2. Profundidad de la isoterma de 26 °C (SODA)
3. Vorticidad a niveles bajos -850 hPa- (NARR)
4. Coriolis
5. Cizalladura vertical del campo de viento horizontal – entre 850-200 hPa- (NARR)
6. Humedad en la tropósfera media -550 hPa- (NARR)

## II) Evaluación de parámetros ambientales

### 1) Energía Térmica del Oceano



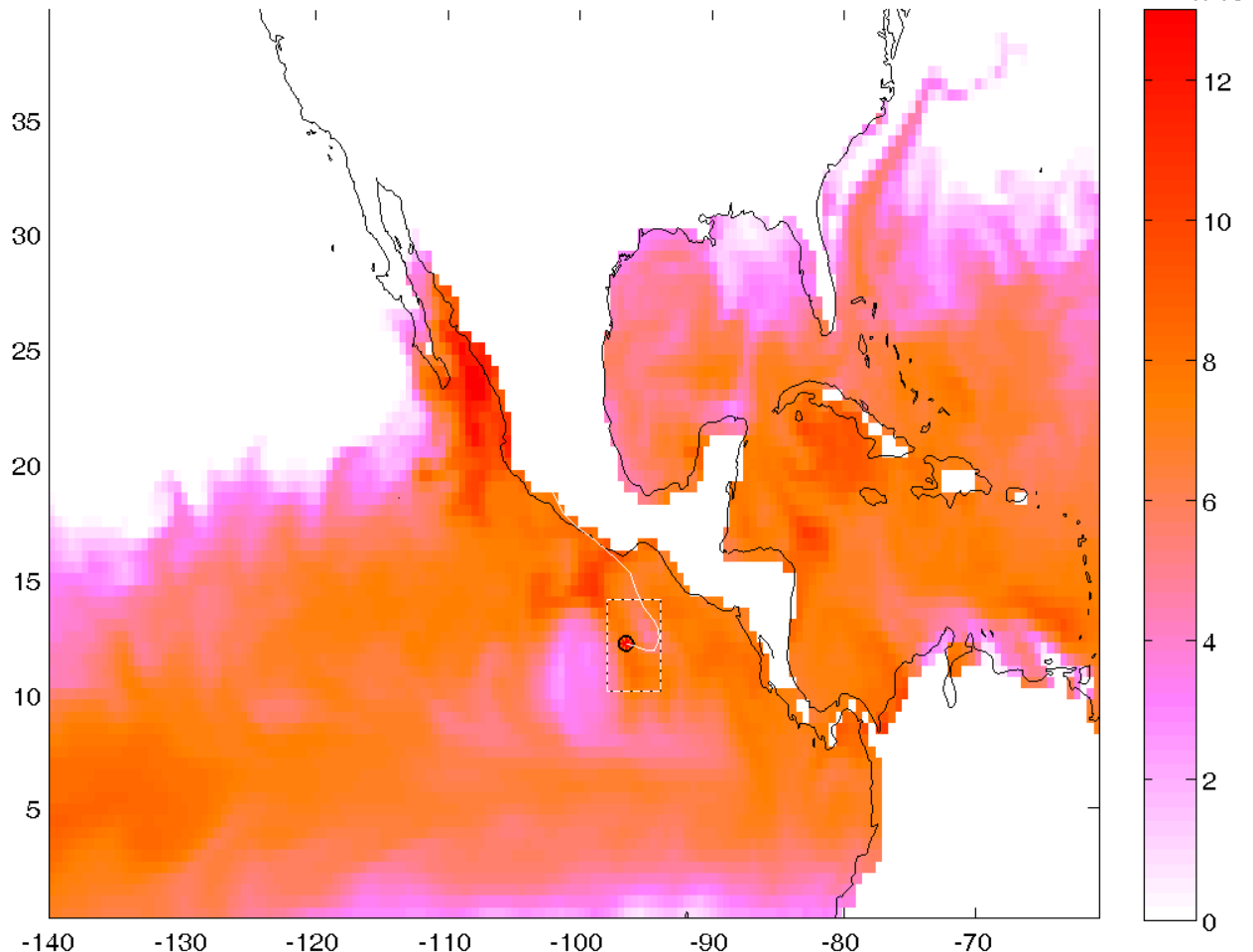
$$E = \int_{z=0\text{ m}}^{z=60\text{ m}} \rho_w C_w (T - 26) \partial z$$

$\rho_w$  = Densidad del agua de mar

$C_w$  = Calor específico del agua de mar

## II) Evaluación de parámetros ambientales

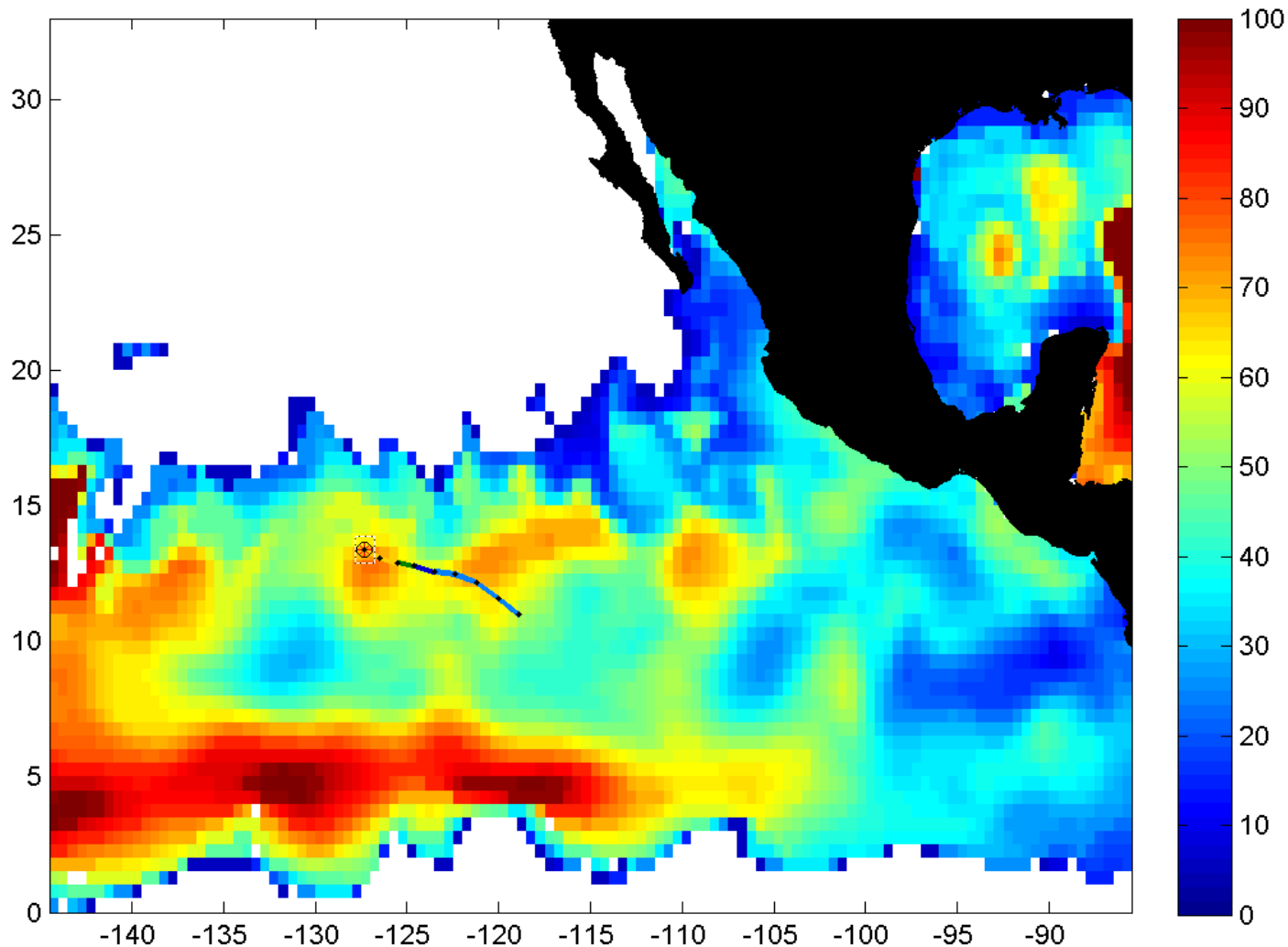
OTE [ $\text{J/m}^2$ ] for Tropical Cyclone Pauline, date:5/10/1997/12 hrs



Se interpola en tiempo cada 6 horas, se define un área de 4 x4 centrada en la posición t+6hrs del centro del ciclón según Best-Track y se calcula el valor promedio de ETO hasta una profundidad de 70 metros para generar la serie de tiempo

## II) Evaluación de parámetros ambientales

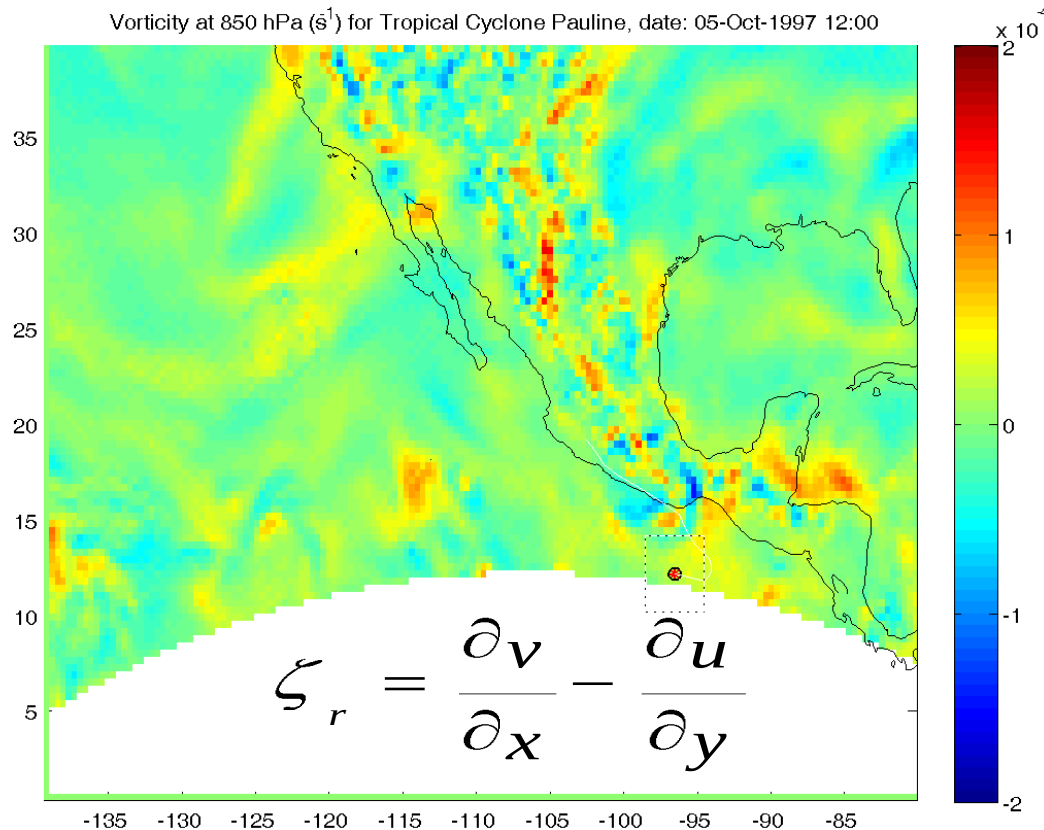
### 2) Profundidad de la isoterma de 26 °C



## II) Evaluación de parámetros ambientales

### 3) Vorticidad relativa a 850 mb

Vorticity at 850 hPa ( $s^{-1}$ ) for Tropical Cyclone Pauline, date: 05-Oct-1997 12:00



### 4) Coriolis

$$f = 2\Omega \sin \lambda$$



## Metodología...

# II) Evaluación de parámetros ambientales

## 5) Cizalladura Vertical (850-200 hPa)

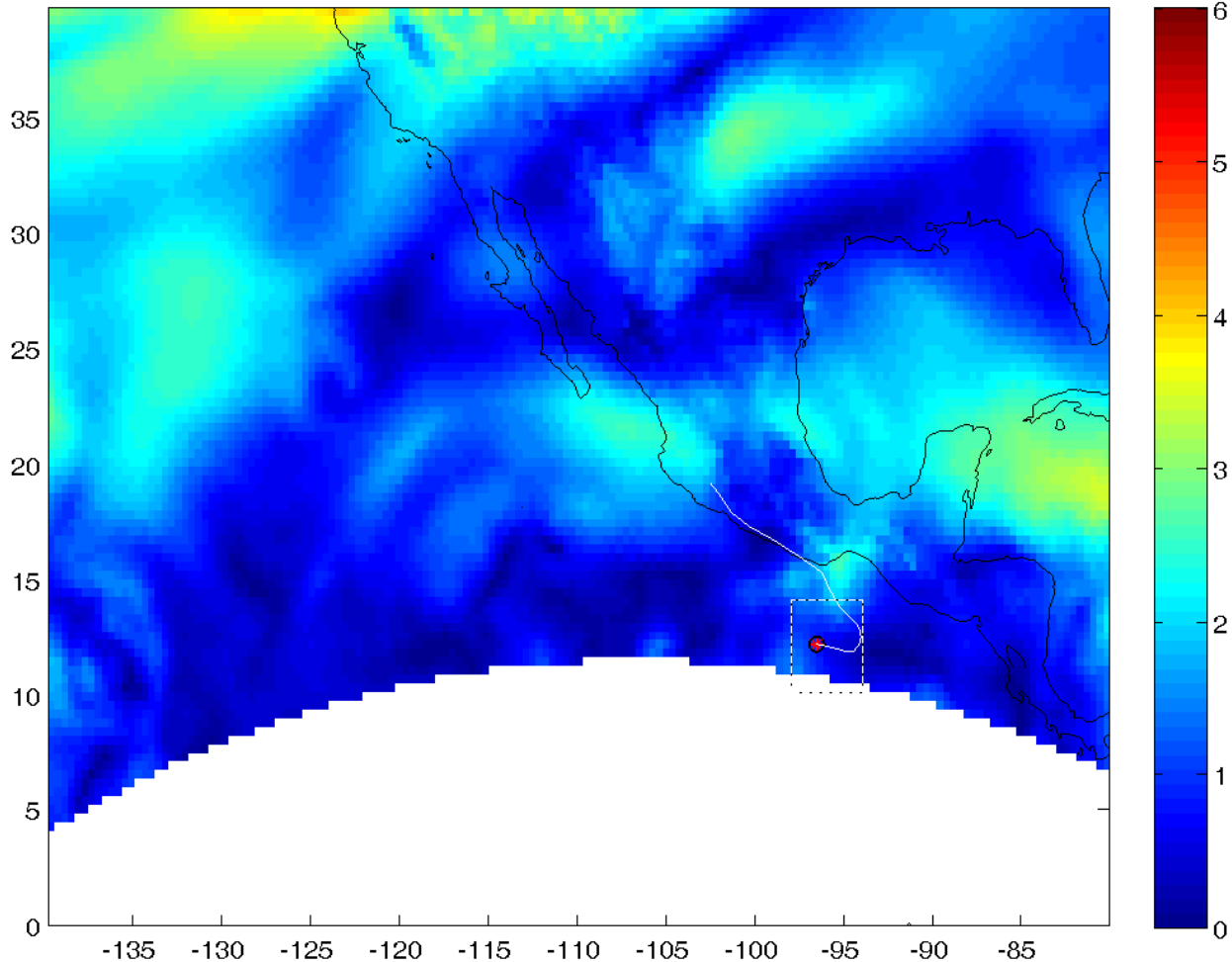


Se calcula la cizalla a partir de los campos de viento del NARR, restando la componente  $U_x$  a 200 hPa de la componente  $U_x$  a 850 hPa y haciendo lo mismo para la componente  $U_y$ . La cizalla es entonces la magnitud del vector resultante:

## II) Evaluación de parámetros ambientales

### 5) Cizalladura Vertical (850-200 hPa)

Wind Shear (850-200 hPa) expressed in  $s^{-1}$  for Tropical Cyclone Pauline, date: 05-Oct-1997 12:00  $\times 10^{-3}$





**Metodología...**

## **II) Evaluación de parámetros ambientales**

### **6) Humedad Relativa**

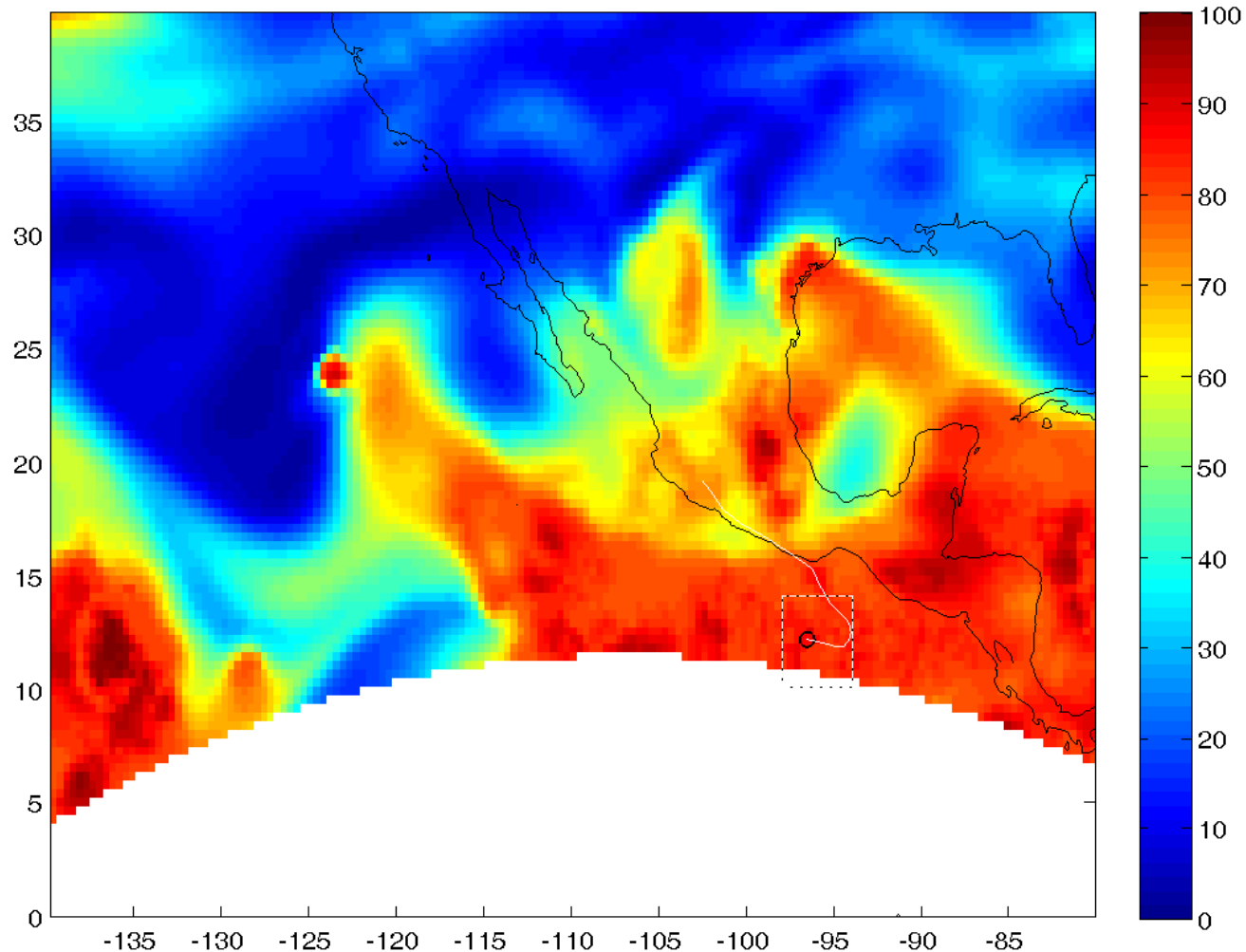


A partir de los valores de humedad específica y temperatura ambiente del NARR se calculan la presión de vapor y la presión de vapor de saturación para calcular la Humedad Relativa a 550 hPa

## II) Evaluación de parámetros ambientales

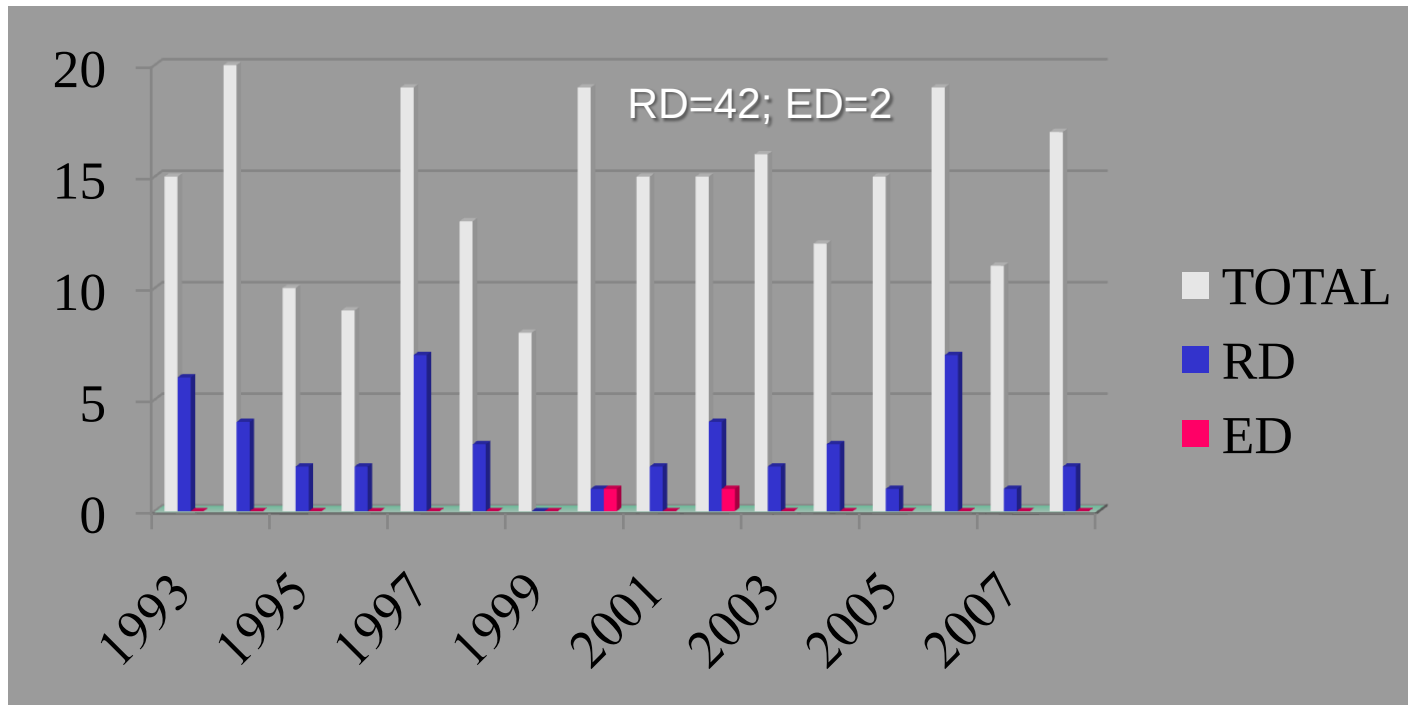
### 6) Humedad Relativa

Relative Humidity (%) at 550 hPa for Tropical Cyclone Pauline, date: 05-Oct-1997 12:00



# Resultados

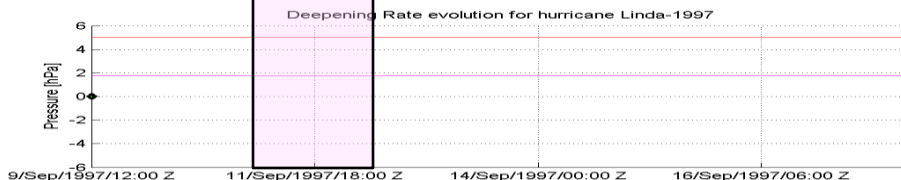
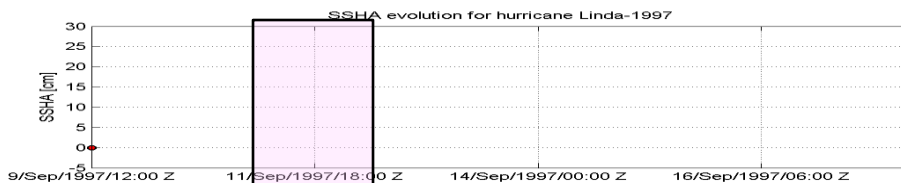
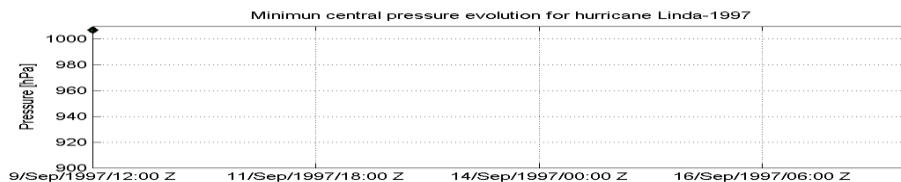
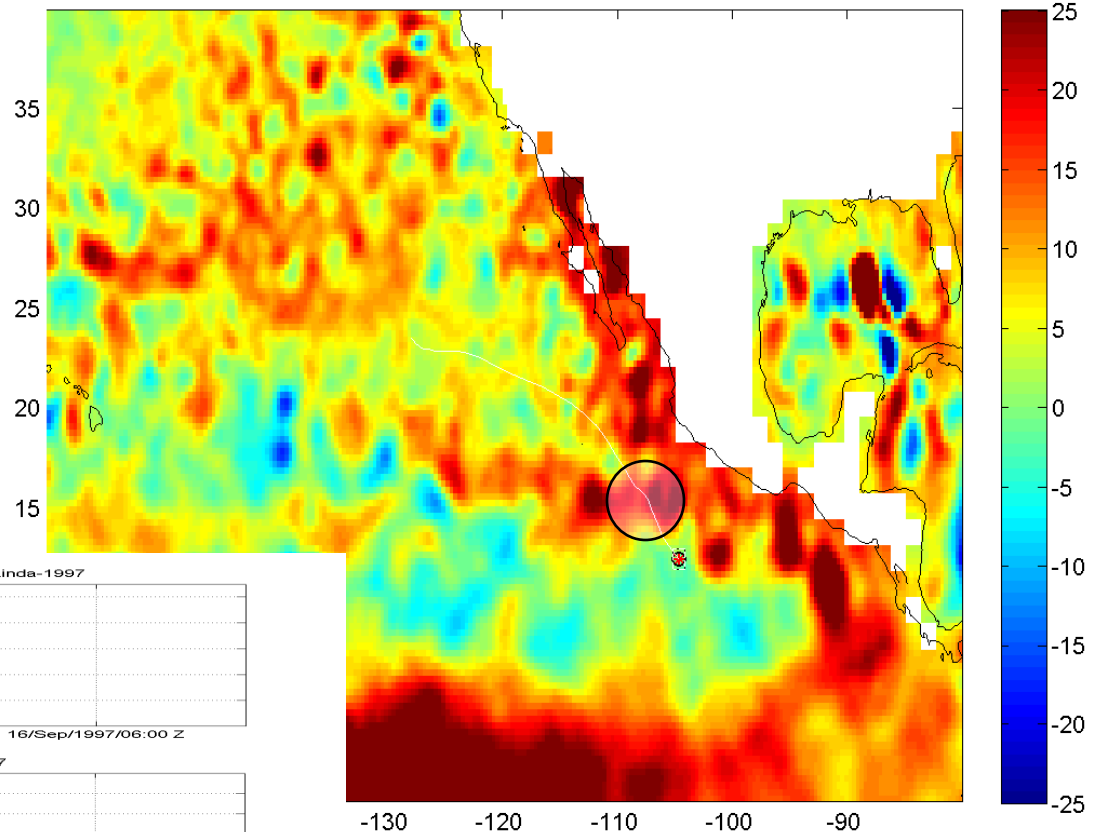
Distribución de frecuencia de el número total de CT (blanco), numero de CT que alcanzaron RD (azul) y número de Ct que alcanzaron ED (magenta)



# Resultados

Mapa de SSHA interpolado cada 6 horas y series de tiempo de presión central, SSHA y tasa de profundizamiento para el CT: Linda-1997

SSHA [cm] for Tropical Cyclone Linda, date: 9/09/1997/12 hrs

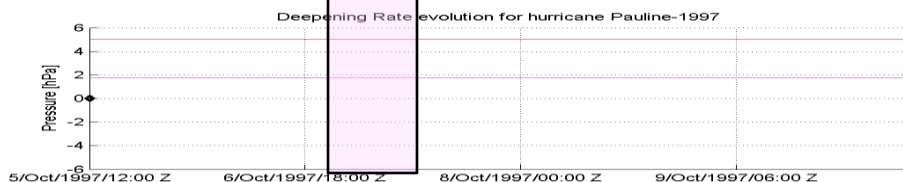
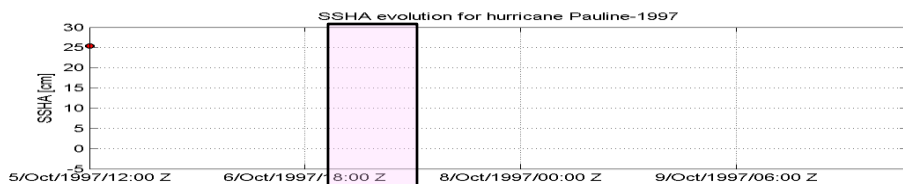
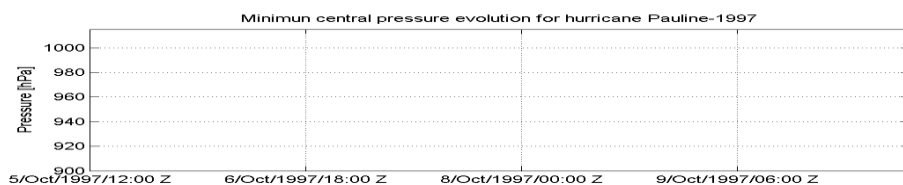
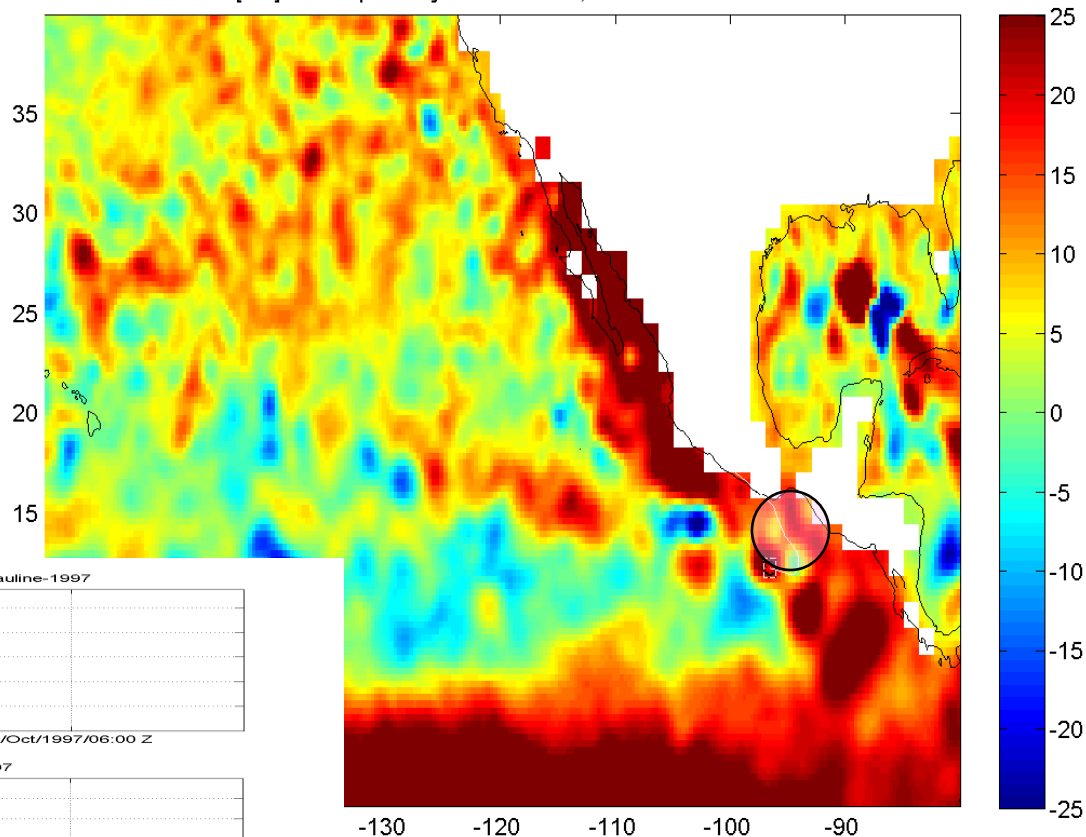


**Linda**  
09 – 17 Sep 1997  
Maximum category: H-5  
Maximum Wind Velocity: 82 m/s  
Minimal Pressure: 900 hPa

# Resultados

Mapa de SSHA interpolado cada 6 horas y series de tiempo de presión central, SSHA y tasa de profundizamiento para el CT: **Pauline-1997**

SSHA [cm] for Tropical Cyclone Pauline, date: 5/10/1997/12 hrs

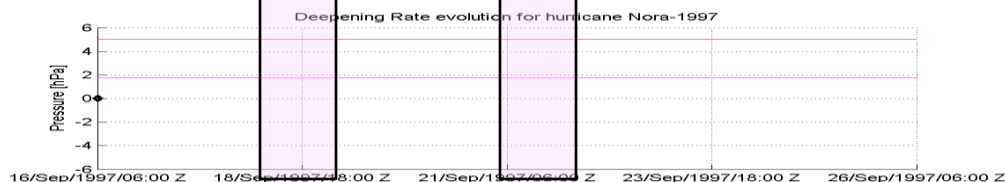
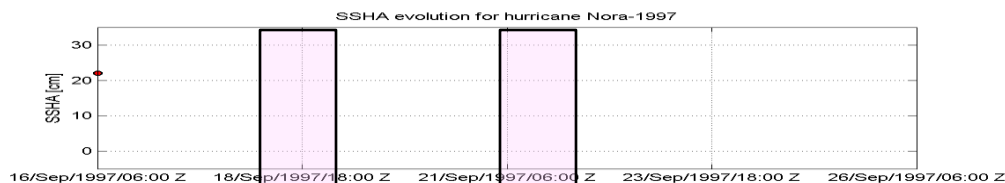
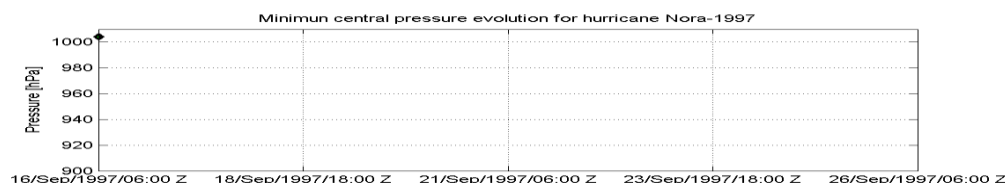
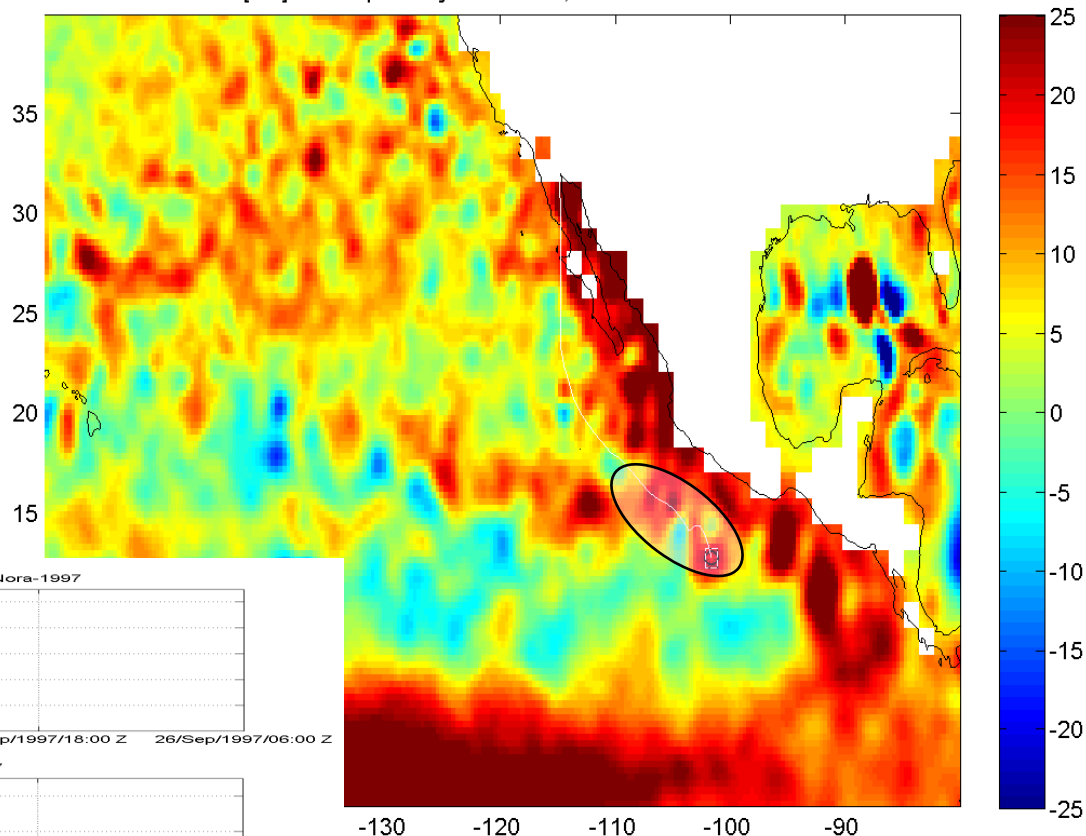


**Pauline**  
**06 – 10 Oct 1997**  
**Maximum category: H-4**  
**Maximum Wind Velocity: 59 m/s**  
**Minimal Pressure: 948 hPa**

# Resultados

6 hrs interpolated  
SSHA maps and time  
series for SSHA and  
max wind velocity  
evolution during the  
pass of TC **Nora-1997**

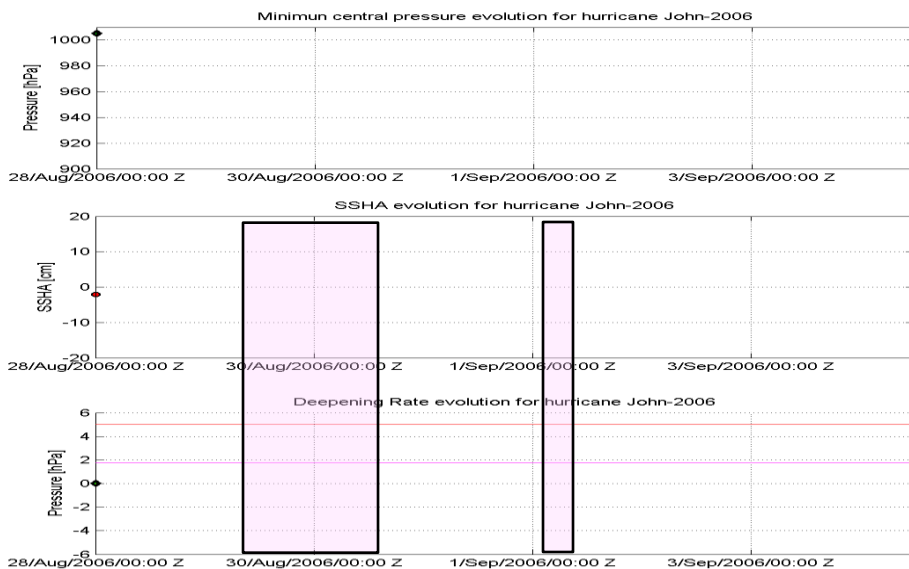
SSHA [cm] for Tropical Cyclone Nora, date: 16/09/1997/06 hrs



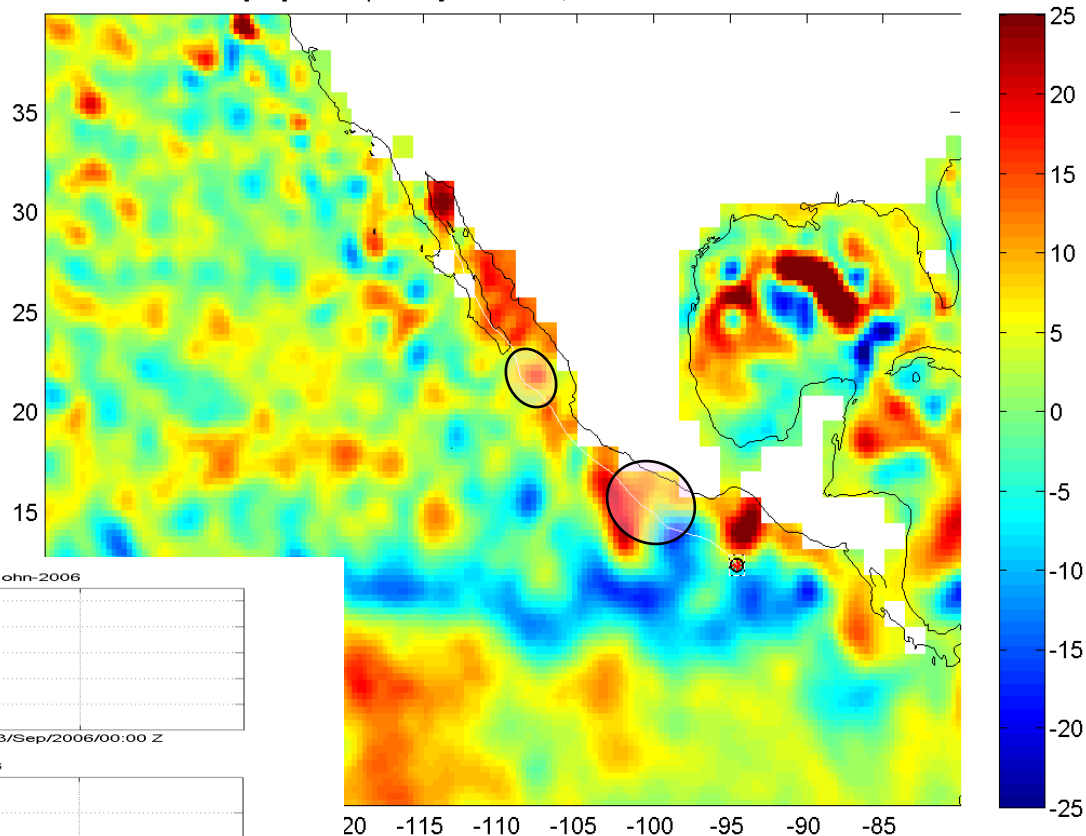
**Nora**  
**16 – 26 Sep 1997**  
**Maximum category: H-3**  
**Maximum Wind Velocity: 56 m/s**  
**Minimal Pressure: 950 hPa**

# Resultados

Mapa de SSHA interpolado cada 6 horas y series de tiempo de presión central, SSHA y tasa de profundizamiento para el CT: **John-2006**



SSHA [cm] for Tropical Cyclone John, date: 28/08/2006/00 hrs



**John**  
**28 Aug – 04 Sep 2006**  
**Maximum category: H-4**  
**Maximum Wind Velocity: 59 m/s**  
**Minimal Pressure: 948 hPa**

# Resultados

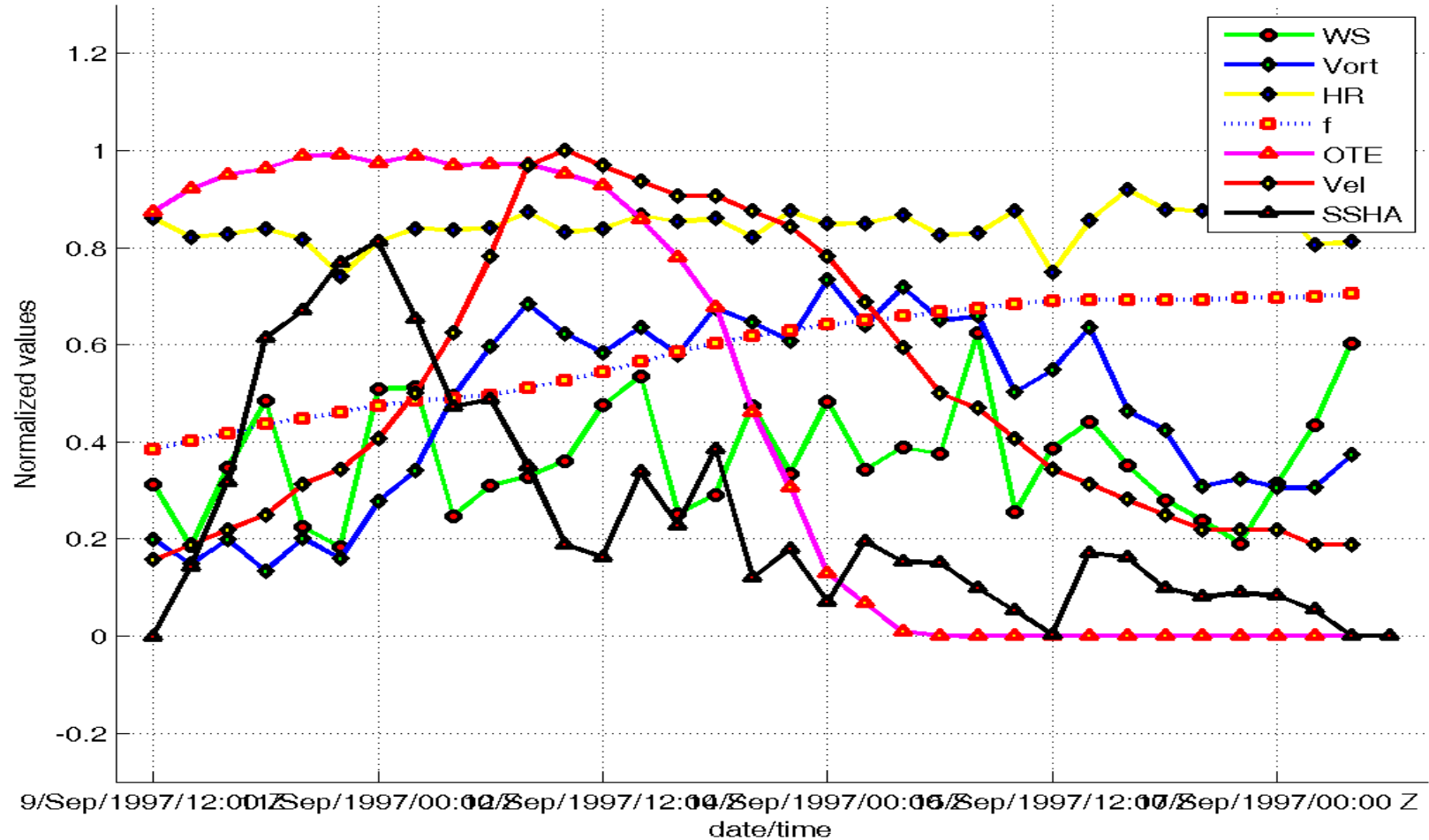
| YEAR | NAME                | IAOE | SSHA | IDIP | H-TMI | H-Ext | DUR   | CAT |
|------|---------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-----|
| 1993 | Dora                | Y    | 8    | Y    | 24    | L     | 6     | H-4 |
|      | Fernanda            | Y    | 13   | Y    | 12    | L     | 12    | H-4 |
|      | Greg                | Y    | 5    | Y    | 0     | L     | 12, 6 | H-4 |
|      | Kenneth             | Y    | 8    | Y    | 6     | L     | 18    | H-4 |
|      | Lidia               | N    | -4   | Y    | 0     | M     |       | H-4 |
| 1994 | Emilia              | Y    | 5    | Y    | 30    | L     | 6, 12 | H-5 |
|      | Gilma               | Y    | 10   | Y    | 12    | L     | 12    | H-5 |
|      | John                | Y    | 10   | Y    | 72    | L     | 6     | H-5 |
|      | Olivia              | Y    | 2.5  | Y    | 0     | M     | 30    | H-4 |
| 1995 | Barbara             | Y    | 6    | Y    | 6     | M     | 6, 6  | H-4 |
|      | Juliette            | N    | -2.5 | Y    | 6     | S     |       | H-4 |
| 1996 | Douglas             | Y    | 4    | Y    | 90    | S     | 6     | H-4 |
|      | Fausto              | Y    | 6    | Y    | 6     | S     | 6     | H-3 |
| 1997 | Felicia             | Y    | 3    | Y    | 24    | S     | 6     | H-4 |
|      | Guillermo           | Y    | 7    | Y    | 36    | M     | 12    | H-5 |
|      | Jimena              | Y    | 7    | Y    | 0     | M     | 12    | H-4 |
|      | Linda               | Y    | 15   | Y    | 6     | L     | 24    | H-5 |
|      | Nora                | Y    | 12   | Y    | 0     | L     | 6     | H-3 |
|      | Pauline             | Y    | 5    | Y    | 6     | L     | 12    | H-4 |
|      | Rick                | Y    | 10   | Y    | 0     | M     | 6     | H-1 |
| 1998 | Darby               | Y    | 10   | Y    | 6     | M     | 6, 6  | H-3 |
|      | Estelle             | Y    | 5    | Y    | 0     | M     | 6     | H-4 |
|      | Howard              | N    | -5   | Y    | 0     | S     |       | H-4 |
| 1999 | No cases were found |      |      |      |       |       |       |     |
| 2000 | Carlotta            | N    | -5   | Y    | 0     | S     |       | H-4 |
|      | Daniel              | Y    | 3    | Y    | 12    | M     | 6     | H-3 |

| YEAR | NAME     | IAOE | SSHA | IDIP | H-TMI | H-Ext | DUR  | CAT |
|------|----------|------|------|------|-------|-------|------|-----|
| 2001 | Adolph   | N    | -10  | Y    | 24    | M     |      | H-4 |
|      | Juliette | N    | -10  | Y    | 12    | S     |      | H-4 |
| 2002 | Elida    | Y    | 3    | Y    | 6     | S     | 6, 6 | H-4 |
|      | Kenna    | Y    | 5    | Y    | 6     | L     | 18   | H-5 |
| 2003 | Ignacio  | N    | -1   | Y    | 0     | M     |      | H-2 |
|      | Nora     | N    | -5   | Y    | 0     | M     |      | H-2 |
| 2004 | Frank    | Y    | 3    | Y    | 12    | S     | 6    | H-1 |
|      | Howard   | N    | -3   | Y    | 0     | S     |      | H-4 |
|      | Javier   | Y    | 3    | Y    | 0     | L     | 18   | H-4 |
| 2005 | Kenneth  | N    | -6   | Y    | 30    | L     |      | H-4 |
| 2006 | Daniel   | Y    | 6    | Y    | 30    | S     | 6    | H-4 |
|      | Ileana   | Y    | 2    | Y    | 6     | S     | 6    | H-3 |
|      | John     | Y    | 10   | Y    | 24    | M     | 6, 6 | H-4 |
|      | Lane     | Y    | 15   | Y    | 6     | M     | 6    | H-3 |
|      | Paul     | N    | -8   | Y    | 12    | S     |      | H-2 |
|      | Sergio   | N    | -15  | Y    | 0     | S     |      | H-2 |
| 2007 | Flossie  | Y    | 10   | Y    | 0     | M     | 6    | H-4 |
| 2008 | Elida    | N    | -3   | Y    | 0     | S     |      | H-2 |
|      | Hernan   | N    | -10  | Y    | 0     | S     |      | H-3 |

I-AOE = Interaction with Anticyclonic Ocean Eddies SSHA = Sea Surface High Anomaly IDIP = Intensification During the Intensification Period H-TMI = Hours before Time of Maximum Intensity; ANOM. HORIZONTAL EXTENSION: S=250 Km , M=300, L= 800 km

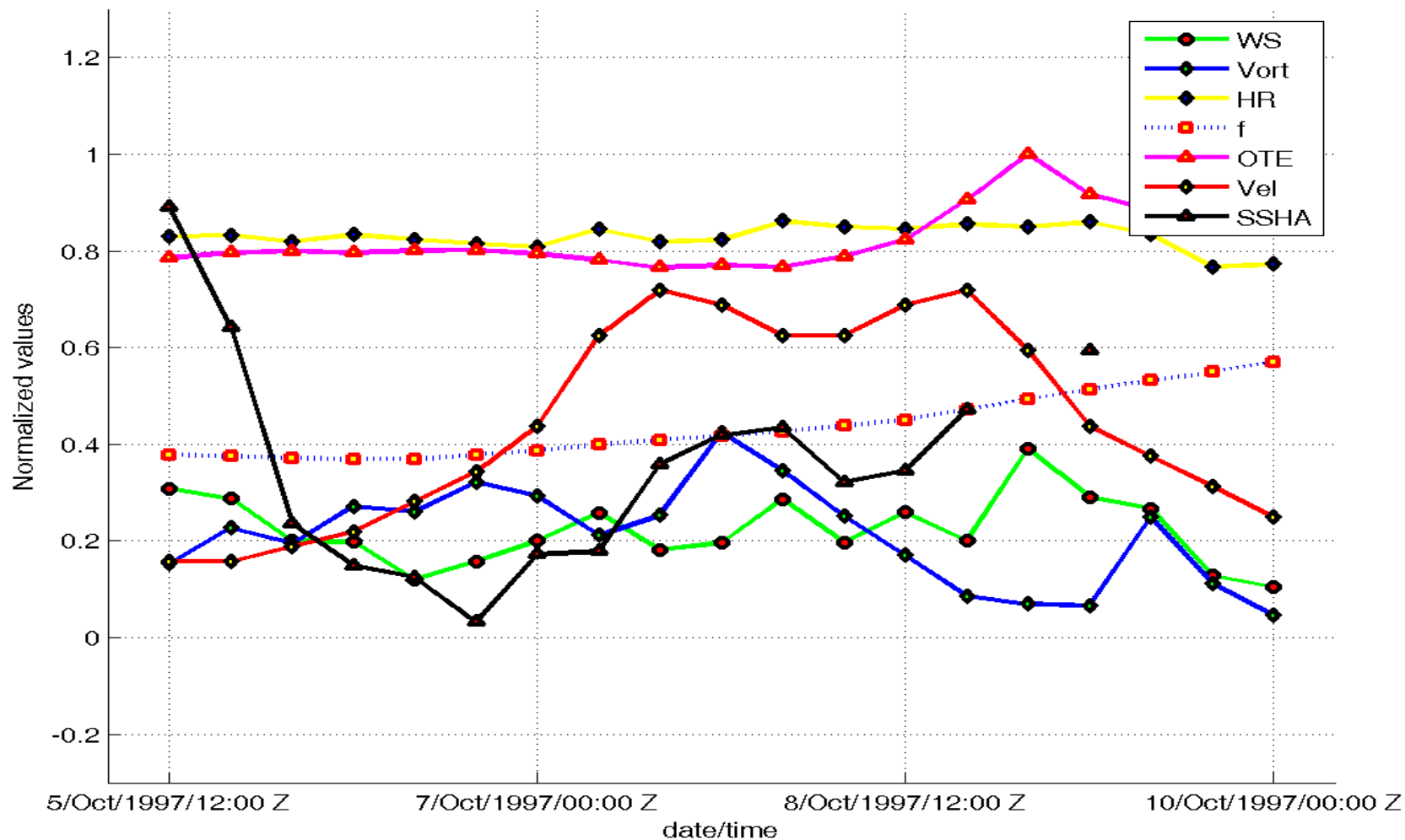
# H5: Linda, 1997

## Evolution of Gray Parameters during the Tropical Cyclone Linda, 1997 season



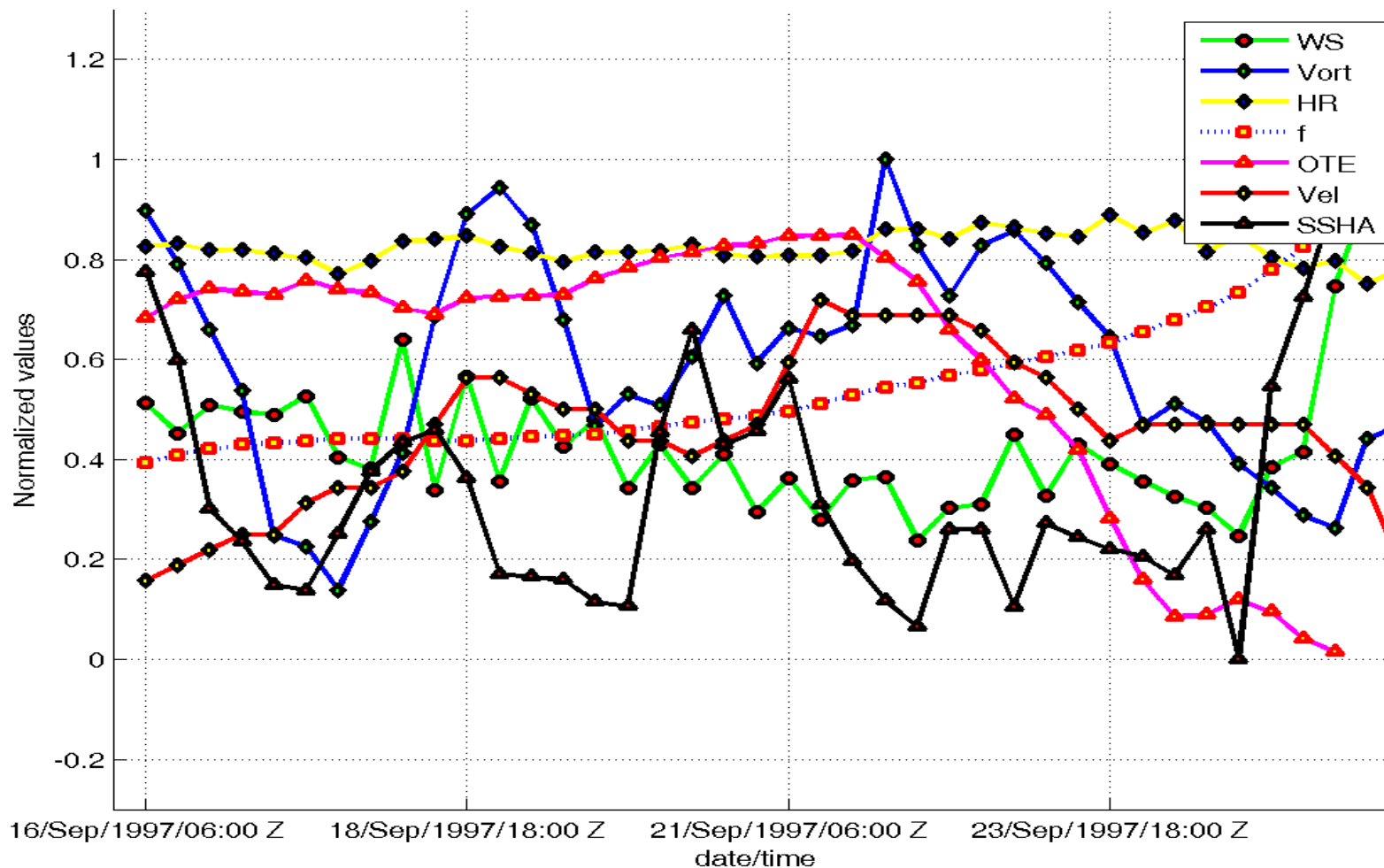
# H4: Pauline, 1997

## Evolution of Gray Parameters during the Tropical Cyclone Pauline, 1997 season



# H4: Nora, 1997

## Evolution of Gray Parameters during the Tropical Cyclone Nora, 1997 season



# Conclusiones

- La interacción entre CT y VOA ocurre con frecuencia en el Pacífico del Este, casi en cada temporada. Por la naturaleza del mecanismo de generación de los vórtices parece verse favorecida en años niño.
- Algunos de los huracanes más poderosos de las diferentes temporadas desde 1993 hasta 2008, presentaron esta clase de interacción.
- Pero también algunos de los más débiles presentan interacción
- No todos los ciclones que interactuaron con VOA en la región se convirtieron en huracanes mayores (3,4 y 5). De modo que la interacción no es una condición suficiente para producir huracanes mayores.

# Conclusiones...

- Bajo condiciones atmosféricas favorables, la interacción Huracán-Vórtice Oceánico parece ser un mecanismo muy importante (68%) para que los huracanes en el Pacífico del Este alcancen los criterios de Rapid Deepening (RD) o Explosive Deepening (ED)
- Pero, no es una condición necesaria (32%)
- ETO, HR a 550 hPa, vórticidad en niveles bajos y una baja cizalladura del viento parecen ser los factores más importantes para la intensificación de ciclones en la región.