

CICLONES TROPICALES

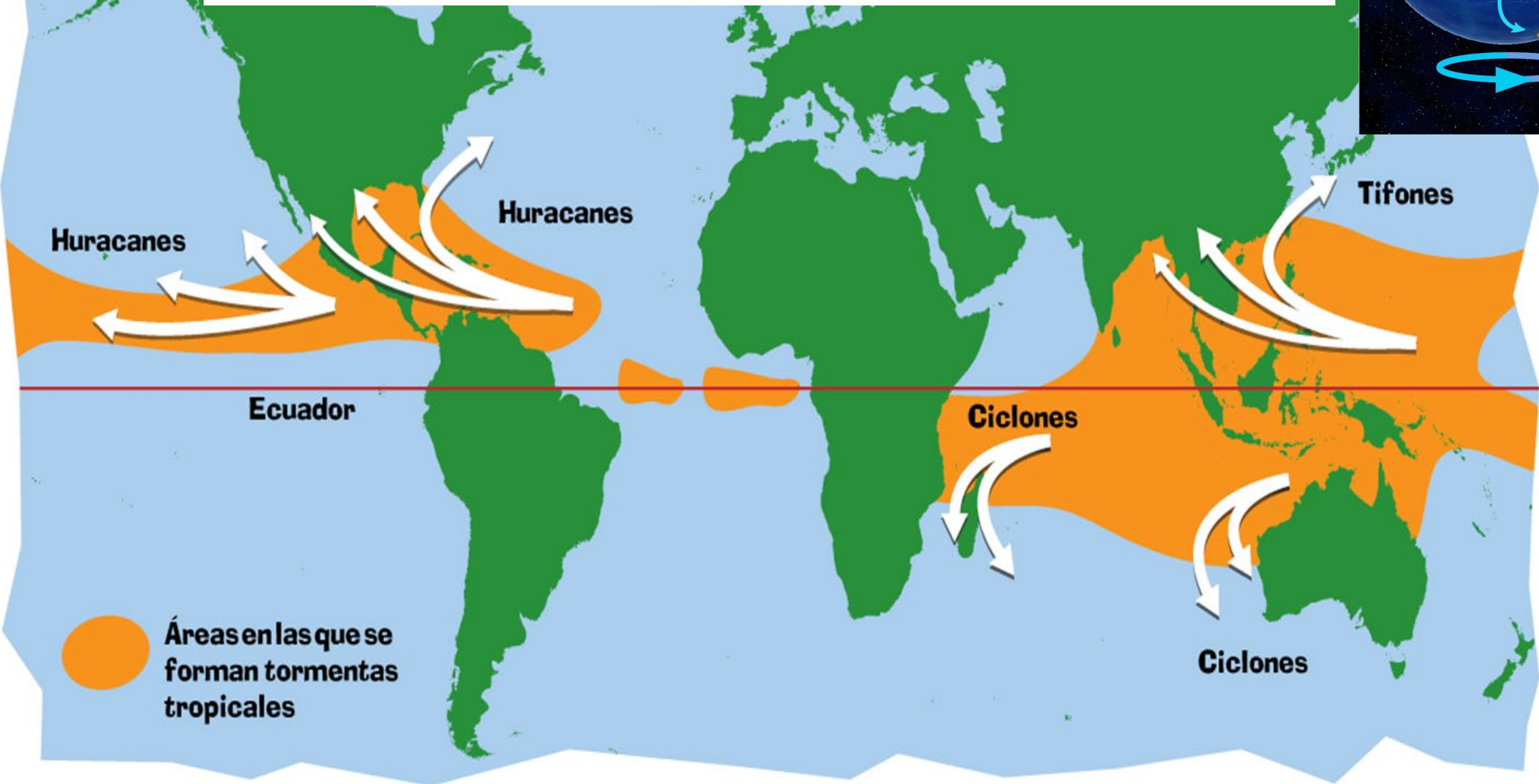
MSc. Gabriela Chinchilla R.
METEOROLOGA IMN

- **Tropical cyclones** (TCs) are non-frontal synoptic-scale “warm-core” low-pressure systems that originate over the tropical or subtropical oceans and contain organized deep convection and a well-defined cyclonic surface wind circulation.
- Since the radius of gale-force winds of a mature tropical cyclone is about several hundred km and the radius of intense convection and strong winds is about 100 km, tropical cyclones may also be viewed as **mesoscale convective systems**.

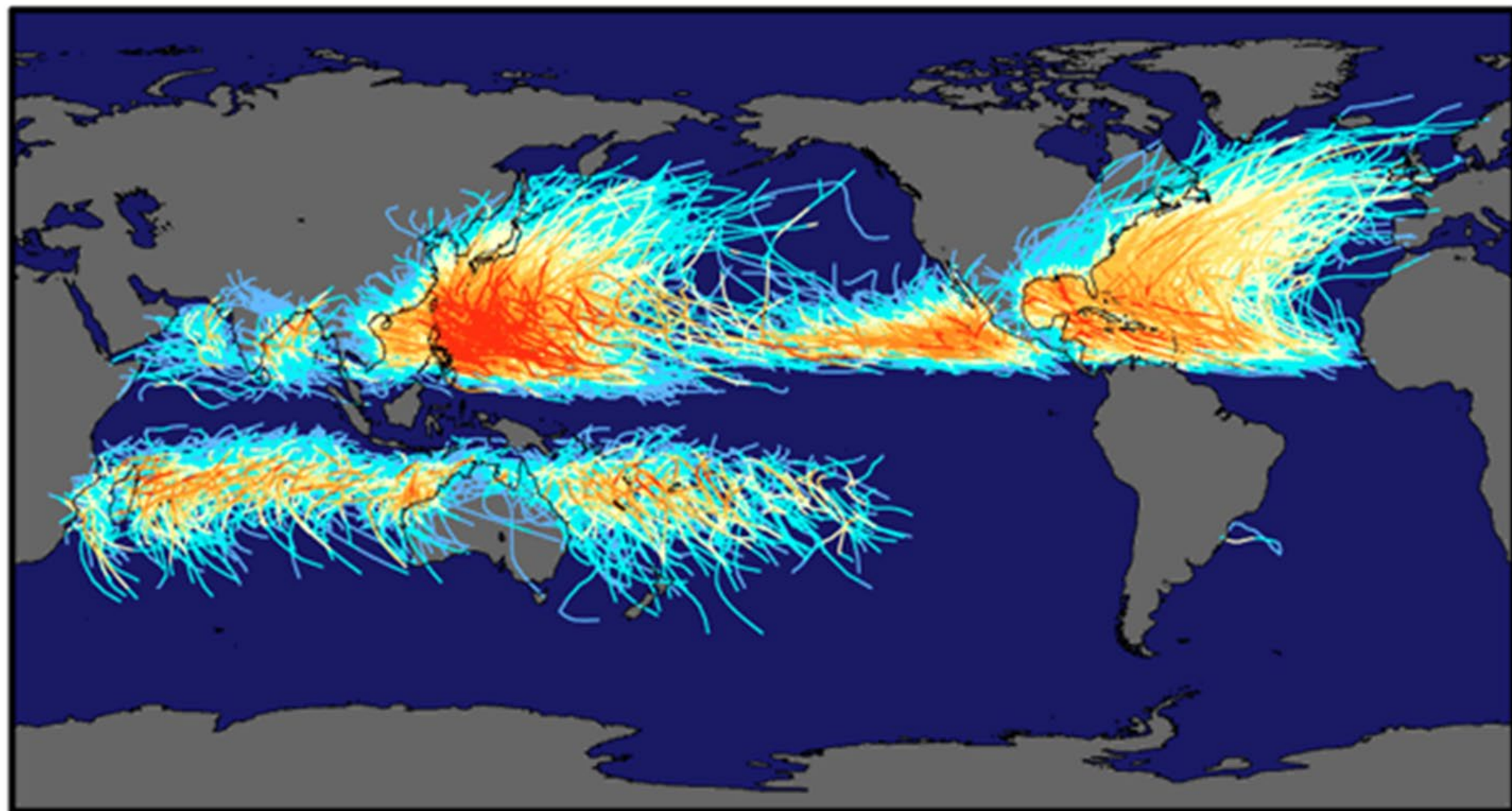


Ciclones tropicales

Los ciclones tropicales son grandes sistemas organizados de nubes y tormentas que giran a diferente velocidad.



Trayectorias e intensidad de ciclones tropicales, 1851-2006



DT

TT

1

2

3

4

5

Escala de intensidad de huracanes Saffir-Simpson



Huracán

- Velocidades de 118 km/h o superior.
- Tiene bandas de lluvia bien delimitadas alrededor del centro del sistema.



Tormenta tropical

- Velocidades 63 a 117 km/h.
- Se forman nubes mejor estructuradas.



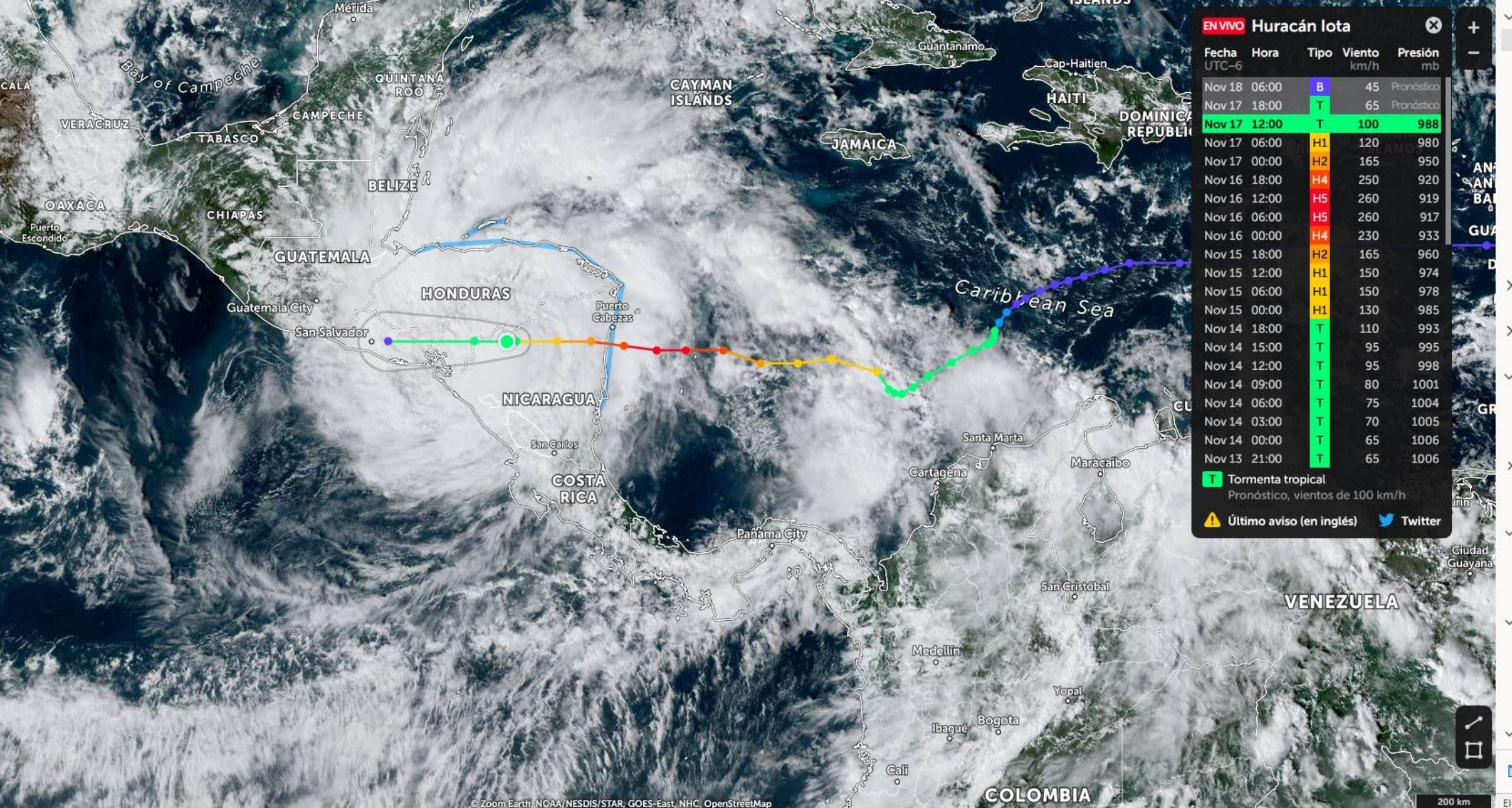
Depresión tropical

- Velocidades 62 km/h o inferior.
- La formación de nubes puede ser dispersa.

| Clasificación de un huracán:



ESCALA DE SAFFIR/SIMPSON

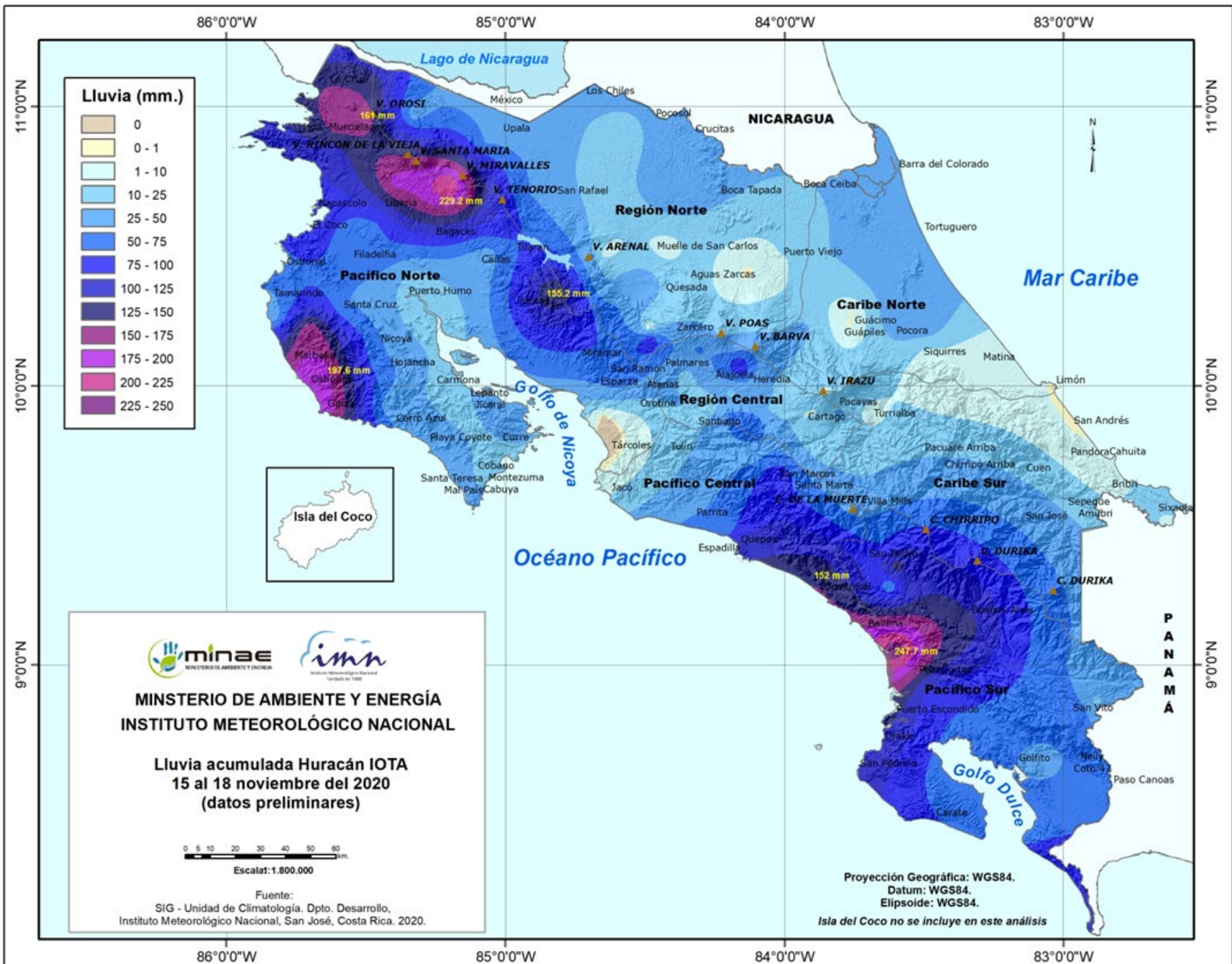


EN VIVO Huracán Iota

Fecha UTC-6	Hora	Tipo	Viento km/h	Presión mb
Nov 18	06:00	B	45	Pronóstico
Nov 17	18:00	T	65	Pronóstico
Nov 17	12:00	T	100	988
Nov 17	06:00	H1	120	980
Nov 17	00:00	H2	165	950
Nov 16	18:00	H4	250	920
Nov 16	12:00	H5	260	919
Nov 16	06:00	H5	260	917
Nov 16	00:00	H4	230	933
Nov 15	18:00	H2	165	960
Nov 15	12:00	H1	150	974
Nov 15	06:00	H1	150	978
Nov 15	00:00	H1	130	985
Nov 14	18:00	T	110	993
Nov 14	15:00	T	95	995
Nov 14	12:00	T	95	998
Nov 14	09:00	T	80	1001
Nov 14	06:00	T	75	1004
Nov 14	03:00	T	70	1005
Nov 14	00:00	T	65	1006
Nov 13	21:00	T	65	1006

T Tormenta tropical
Pronóstico, vientos de 100 km/h

! Último aviso (en inglés) [Twitter](#)



ATLÁNTICO NORTE Y PACÍFICO NORORIENTAL: ESCALA SAFFIR-SIMPSON

El propósito original de la escala Saffir-Simpson consistía en relacionar los daños observados con las características del viento, la presión y la marejada ciclónica que podían provocarlos. En la primera tabla, las categorías de huracán están relacionadas con los vientos máximos sostenidos (promedio de 1 minuto medido a 10 metros de altura sobre el suelo) y la presión central mínima. La categoría de los huracanes se determina según la velocidad máxima del viento.

Tabla 8-2.1. La escala Saffir-Simpson Las tormentas de categoría 3 a 5 se denominan *huracanes mayores*

Categoría de huracanes de la escala Saffir-Simpson	Velocidad máxima sostenida del viento ($V_{m\acute{a}x}$; promedio de 1 minuto) ^b			Nivel de daños anticipado
	$m\ s^{-1}$	$km\ h^{-1}$	millas h^{-1}	
1	33â€”42	119â€”153	74â€”95	Mínimos
2	43â€”49	154â€”177	96â€”110	Moderados
3	50â€”58	178â€”208	111â€”129	Extensos
4	59â€”69	209â€”251	130â€”156	Extremos
5	>70	>252	>157	Catastróficos

REGIÓN AUSTRALIANA: RANGOS DE VELOCIDAD DE LAS RÁFAGAS DE VIENTO PARA LOS CICLONES TROPICALES

En la región australiana se ha adoptado una escala para clasificar los ciclones tropicales que relaciona la velocidad de las ráfagas de viento máximas (3 a 5 segundos, a 10 metros de altura) con los daños anticipados en la zona de vientos máximos. Como sucede con la escala Saffir-Simpson, los ciclones tropicales más débiles son de categoría 1, y los ciclones tropicales más intensos posibles son de categoría 5.

Tabla 8-2.2. Categorías de ciclones tropicales basadas en la velocidad de las ráfagas de viento empleadas en la región australiana. Las tormentas de categoría 2 o superior se denominan *ciclones tropicales severos*.

Cat.	Rango de ráfagas más fuertes		Descripción resumida de los daños típicos anticipados
	(km h ⁻¹)	(m s ⁻¹)	
1	<125	<34	Daños insignificantes en las casas. Daños en algunos cultivos, árboles y casas móviles.
2	125â€"170	34â€"47	Daños menores en las casas. Daños considerables en árboles y casas móviles. Daños fuertes en algunos cultivos. Peligro de apagones.
3	170â€"225	47â€"63	Algunos daños estructurales y en los techos. Destrucción de algunas casas móviles. Apagones muy probables.
4	225â€"280	63â€"78	Pérdida considerable de techos y daños estructurales. Muchas casas móviles son destruidas o arrasadas por el viento. Peligro de escombros llevados por el viento. Apagones generalizados.
5	>280	>78	Extremadamente peligroso con destrucción generalizada.

INTENSIDAD DE LOS CICLONES TROPICALES EN EL PACÍFICO NOROCCIDENTAL Y EL OCÉANO ÍNDICO

La escala de intensidad de ciclones tropicales empleada en estas tres últimas cuencas se basa en la velocidad máxima sostenida del viento (media de 10 minutos) en la superficie (a 10 metros de altura). Si bien en estas cuencas se emplean los mismos rangos de velocidad del viento, las convenciones de asignación de nombre son diferentes.

Tabla 8-2.3. Categorías empleadas en los océanos Pacífico noroccidental e Índico

Rango de viento promedio en 10 min (km h ⁻¹)	Rango de viento promedio en 10 min (m s ⁻¹)	Categorías por región		
		Pacífico Norte occidental	Índico Norte	Índico Sur
60â€"119	17â€"33	Tormenta tropical	Tormenta tropical	Tormenta tropical
120â€"227	47â€"63	Tifón	Tormenta ciclónica severa	Ciclón tropical
> 227	>63	Supertifón		Ciclón tropical severo

¿Quién es responsable de observar y avisar de la amenaza de un ciclón tropical?

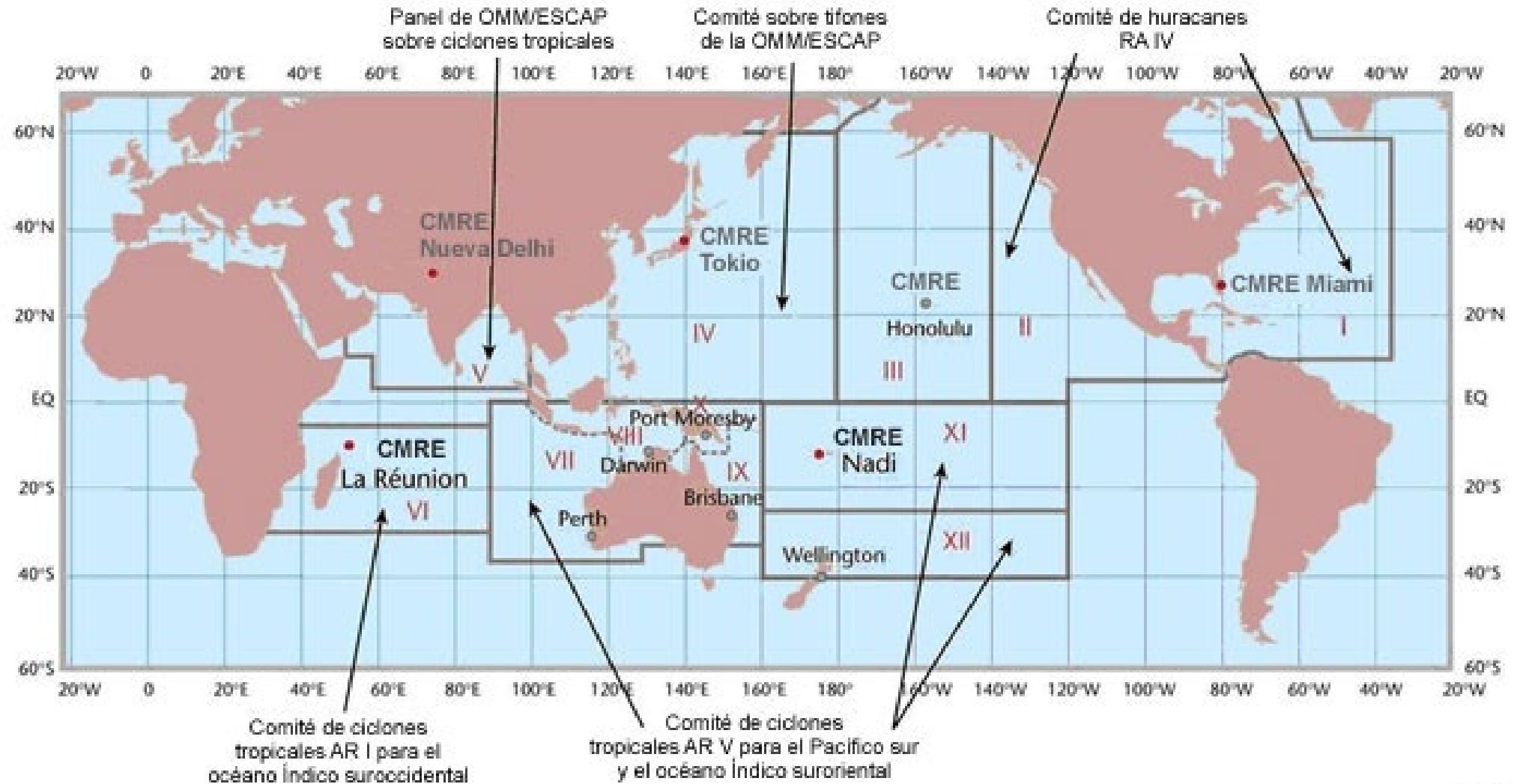
Hay 6 Centros Meteorológicos Regionales Especializados (CMRE) y cinco Centros de Alerta de Ciclones Tropicales (CACT) en el mundo.

Juntos, estos centros cubren todas las regiones tropicales del globo que se ven afectadas por los ciclones tropicales. Encontrará una lista de los CMRE y CACT, así como los enlaces a la página web de cada centro, en la tabla 8.1. Tenga presente que aunque el Centro Conjunto de Alerta de Tifones (Joint Typhoon Warning Center, JTWC) de la Armada y la Fuerza Aérea de EE.UU. no es un centro de alerta designado, sus pronósticos y datos de archivo también se utilizan ampliamente. Existen otros centros que, pese a no ser centros designados, producen pronósticos a nivel local, como es el caso del Observatorio de Hong Kong, el Servicio Meteorológico de Shanghai y la Agencia Meteorológica Coreana.

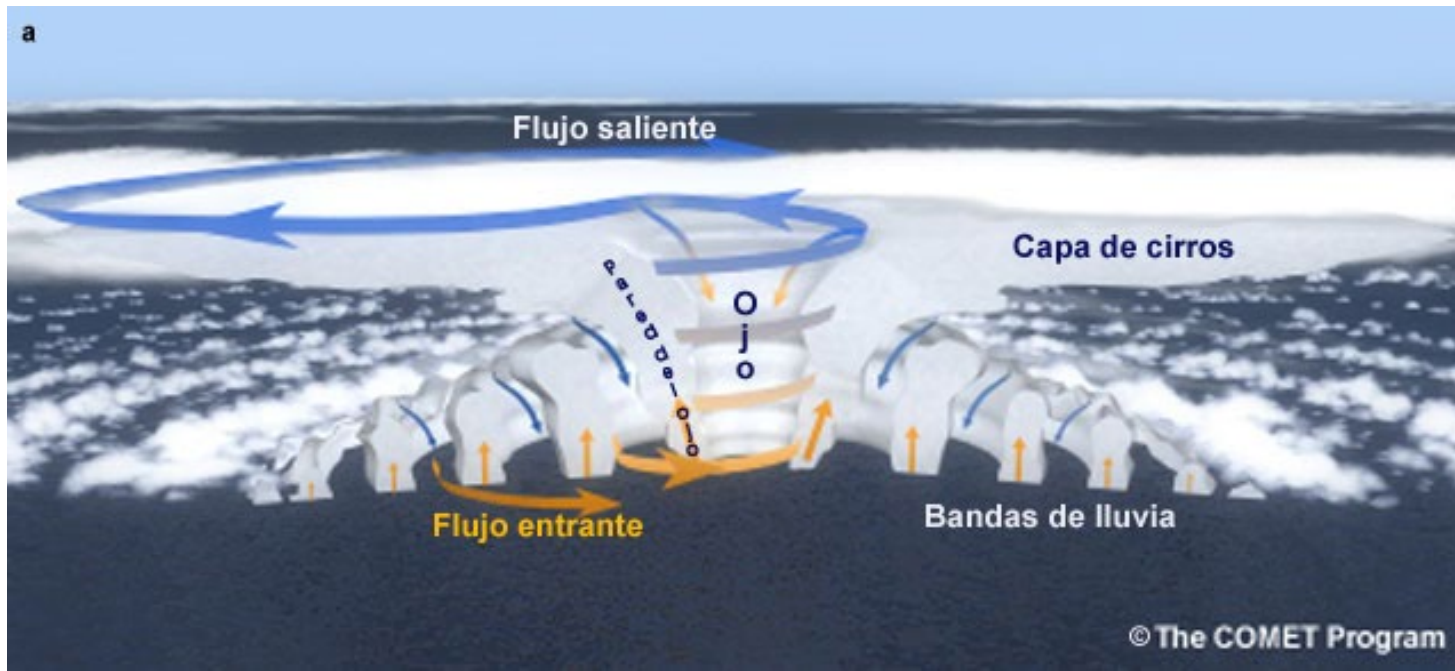
Tabla 8.1. Lista de los Centros Meteorológicos Regionales Especializados (CMRE) y seis Centros de Alerta de Ciclones Tropicales (CACT) mundiales de la OMM

Centros Meteorológicos Regionales Especializados (CMRE) en ciclones tropicales	
CMRE Miami, Centro de huracanes Centro Nacional de Huracanes (CNH) de NOAA/NWS (EE.UU.)	Caribe, golfo de México, Atlántico Norte y Pacífico nororiental http://www.nhc.noaa.gov/index.shtml
CMRE Tokio, Centro de tifones Agencia Meteorológica de Japón	Océano Pacífico noroccidental y mar de China Sur http://www.jma.go.jp/en/typh/
CMRE Nueva Delhi, ciclones tropicales Departamento Meteorológico de la India	Golfo de Bengala y mar Arábigo http://www.imd.gov.in
CMRE La Reunión, Centro de ciclones tropicales Météo-France	Océano Índico Sudoccidental http://www.meteo.fr/temps/domtom/La_Reunion/TGPR/saison/saison_trajGP.html
CMRE Nadi, Centro de ciclones tropicales Servicio Meteorológico de Fiji	Océano Pacífico Sudoccidental http://www.met.gov.fj
CMRE Honolulu, Centro de huracanes NOAA/NWS, EE.UU.	Norte del océano Pacífico central http://www.prh.noaa.gov/hnl/cphc/
Centros de Alerta de Ciclones Tropicales (CACT) con responsabilidad regional	
CACT-Perth Oficina Australiana de Meteorología	Océano Índico sudoriental http://www.bom.gov.au/weather/wa/cyclone/
CACT-Darwin Oficina Australiana de Meteorología	Mar de Arafura y golfo de Carpentaria http://www.bom.gov.au/weather/cyclone/
CACT-Brisbane Oficina Australiana de Meteorología	Mar del Coral http://www.bom.gov.au/weather/cyclone/
CACT-Wellington Servicio Meteorológico de Nueva Zelanda, Ltd.	Mar de Tasmania http://www.wmo.int/pages/prog/www/tcp/Advisories-RSMCs.html
CACT-Jakarta Badan Meteorologi i Geofisika	Continente marítimo http://www.nhc.noaa.gov/index.shtml

Corresponde a los centros CMRE y CACT generar avisos y boletines con información meteorológica básica actualizada de nivel primario sobre todos los ciclones tropicales para sus respectivas regiones.

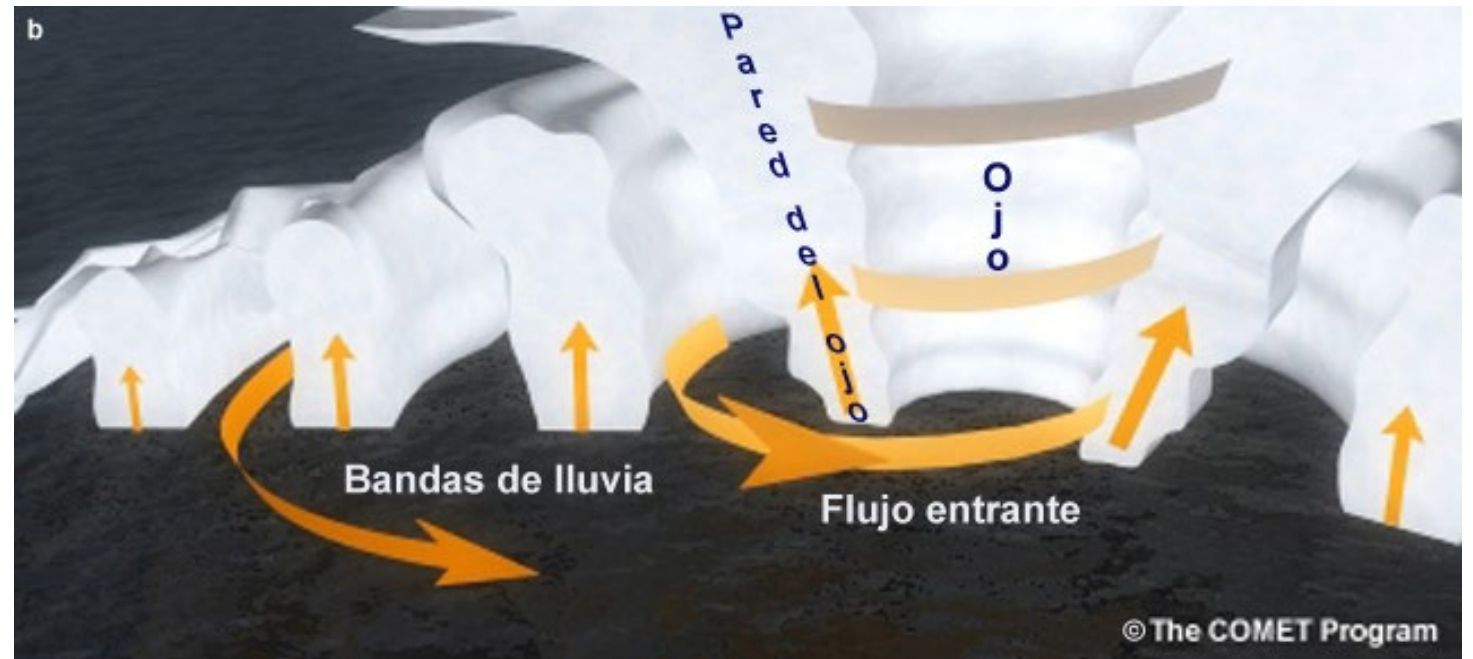


Estos centros fueron designados como centros regionales de alerta para los ciclones tropicales y las depresiones tropicales. La figura proviene de <http://www.wmo.ch/pages/prog/www/tcp/Advisories-RSMCs.html>. **Tanto estos como los centros nacionales antes mencionados preparan también archivos completos de los pronósticos de mejor trayectoria para los ciclones tropicales en su zona de alerta.**

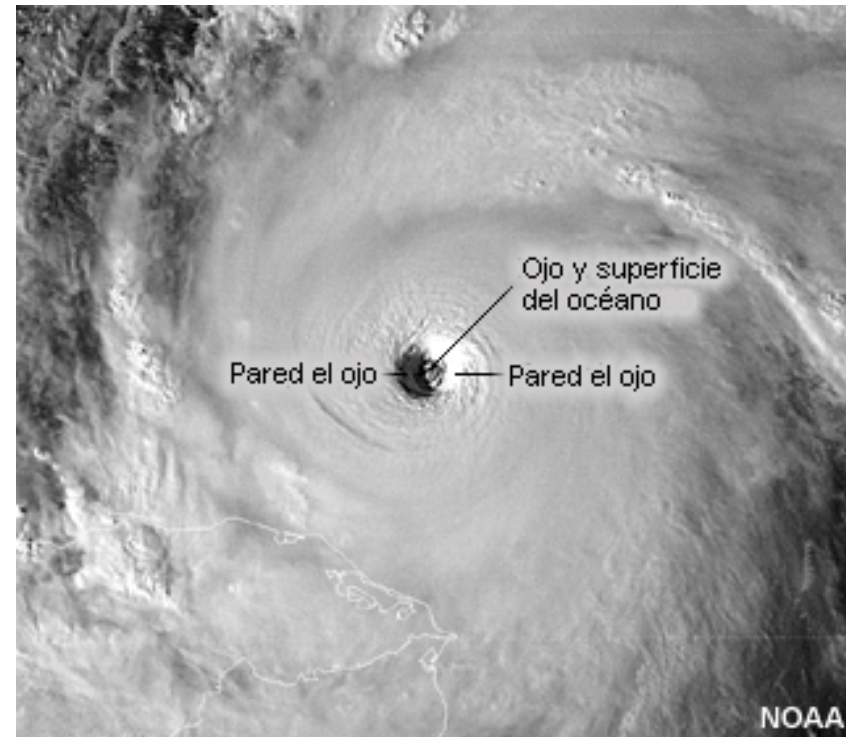
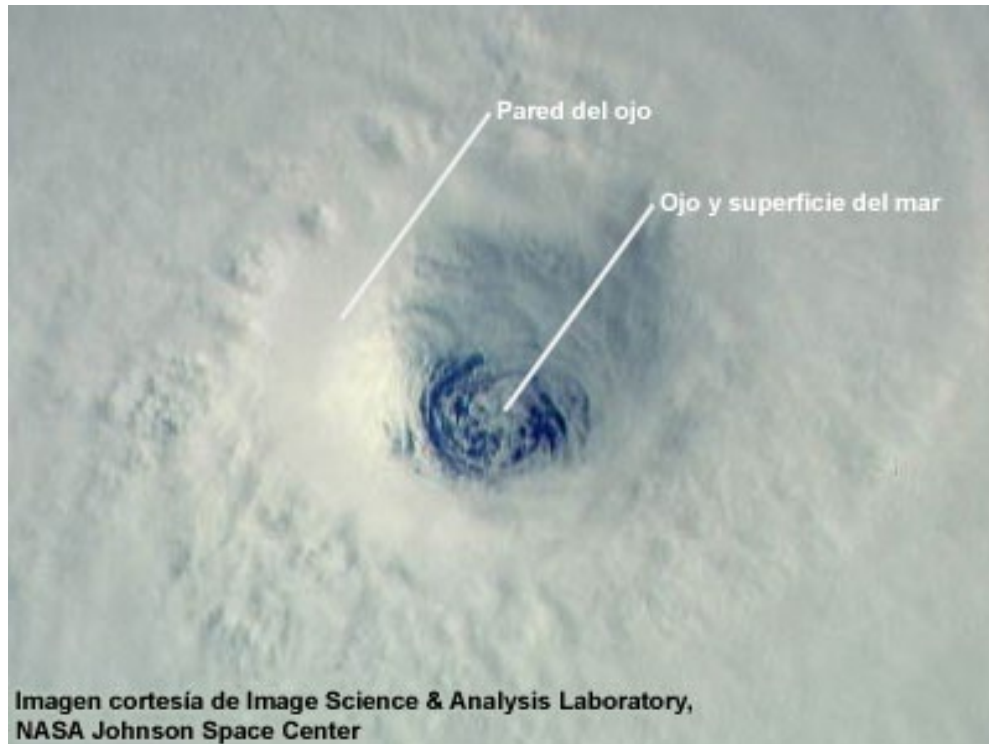


(a) Modelo conceptual de los principales elementos estructurales de los ciclones tropicales. Note (i) el flujo entrante en la capa límite superficial, (ii) el bien definido ojo central, (iii) la pared del ojo, (iv) la capa de cirros, (v) las bandas de lluvia y (vi) el flujo saliente en la troposfera superior.

(b) Ampliación del flujo en la capa límite superficial en un ciclón tropical



La región despejada en el centro de las tormentas tropicales maduras, que se conoce como el ojo, es relativamente tranquila, con vientos flojos y la presión de superficie más baja.



La banda organizada de tormentas que rodea el centro tranquilo del ciclón es la pared del ojo y en el costado interno de este anillo de tormentas es donde encontramos los vientos más intensos

Etapas clave del ciclo de vida de un ciclón tropical típico

Las etapas clave del ciclo de vida de un ciclón tropical típico son: **perturbación incipiente, tormenta tropical, ciclón tropical (huracán, tifón) y posiblemente ciclón tropical severo (huracán mayor, supertifón).** Una vez que alcanza su intensidad máxima en una de estas etapas la tormenta comienza a disiparse o pasa por el proceso de transición extratropical. Estas etapas están relacionadas con los cambios de intensidad y estructura que se producen en la tormenta.

Los ciclones tropicales no se desarrollan instantáneamente, sino que se necesita alguna perturbación intermedia más débil que constituya el «germen» a partir del cual se puede desarrollar un ciclón tropical

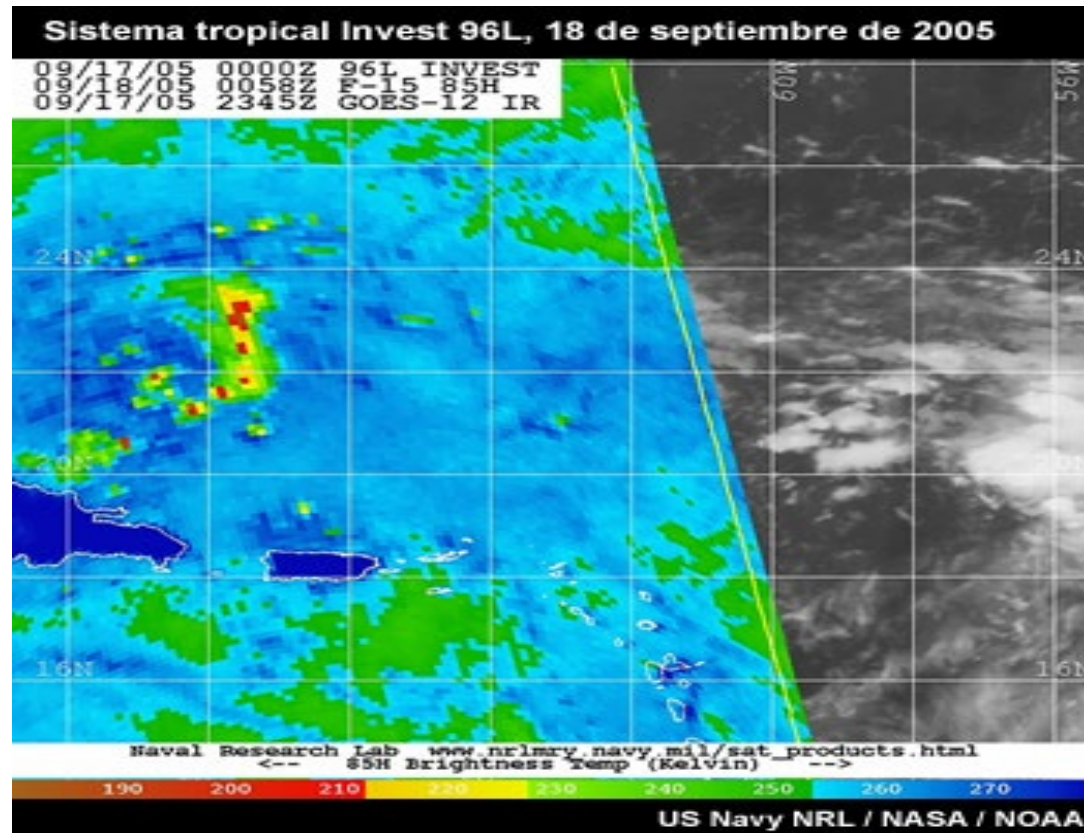


Imagen satelital combinada de datos infrarrojos y del SSM/I para el sistema tropical Invest 96L, la perturbación que se transformó en huracán Rita (2005).

Las imágenes se generaron cerca de las 0000 UTC del 18 de septiembre de 2005. Observe el «gancho» de convección intensa cerca del borde occidental de la imagen. Los vientos máximos en la superficie asociados con esta perturbación se estimaron en 12 m s^{-1} , con una presión mínima en la superficie de 1012 hPa

Tormenta tropical

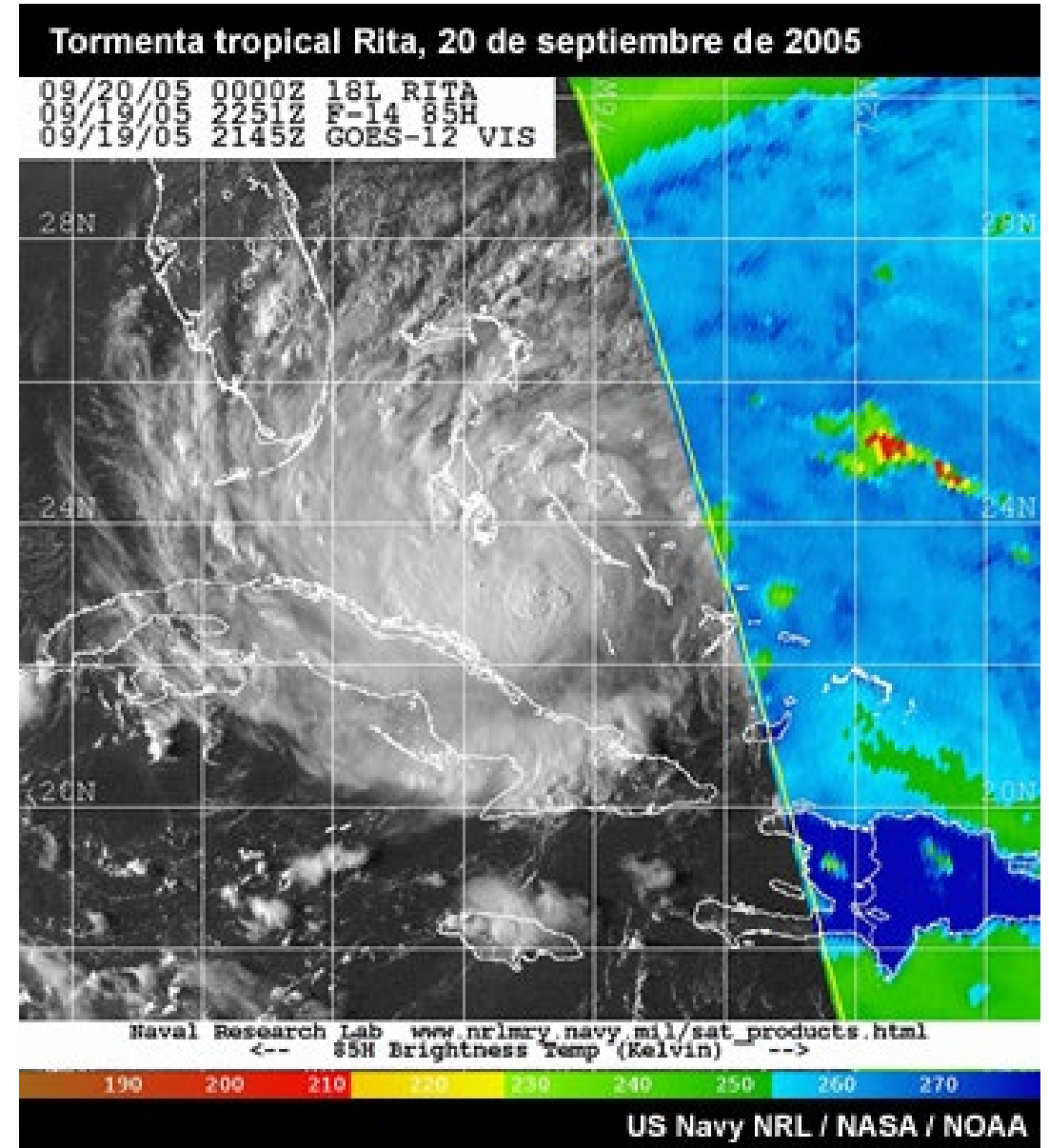
Si el ambiente es propicio, una perturbación incipiente puede organizarse para formar una tormenta tropical.

Las aguas oceánicas cálidas de los trópicos son la fuente de energía para el ciclón tropical.

La evaporación (el flujo de calor latente) y la transferencia de calor (el flujo de calor sensible) desde la superficie del océano calientan y humectan la capa límite superficial de la tormenta tropical.

Los flujos de calor y humedad y la energía potencial componen la energía húmeda del aire.

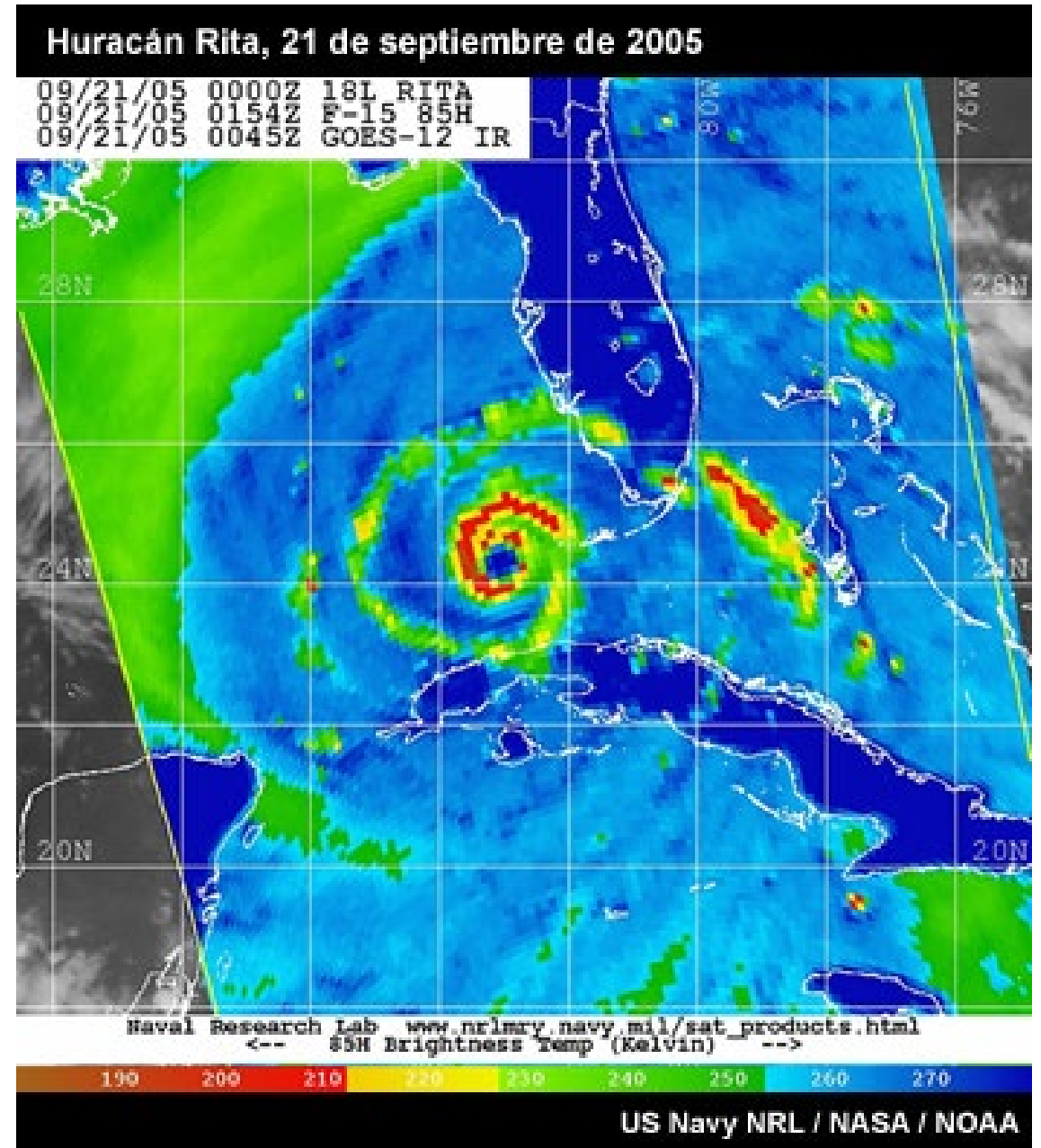
La conversión de esta energía estática húmeda en energía cinética por medio de la convección es el mecanismo mediante el cual los ciclones tropical se intensifican.



Ciclón tropical (tifón, huracán)

Si se sigue manteniendo un ambiente propicio para la ciclogénesis tropical y la intensificación, se produce más intensificación hasta que se forme un ciclón tropical intenso con una estructura simétrica y un ojo despejado.

Típicamente, se ha considerado que la cizalladura vertical del viento tiene un efecto negativo para la intensificación de los ciclones tropicales. *Una excepción a esta regla es el rol que juega la vaguada tropical de la alta troposfera (Tropical Upper Tropospheric Trough, TUTT) en la intensificación de las tormentas del Pacífico noroccidental.*

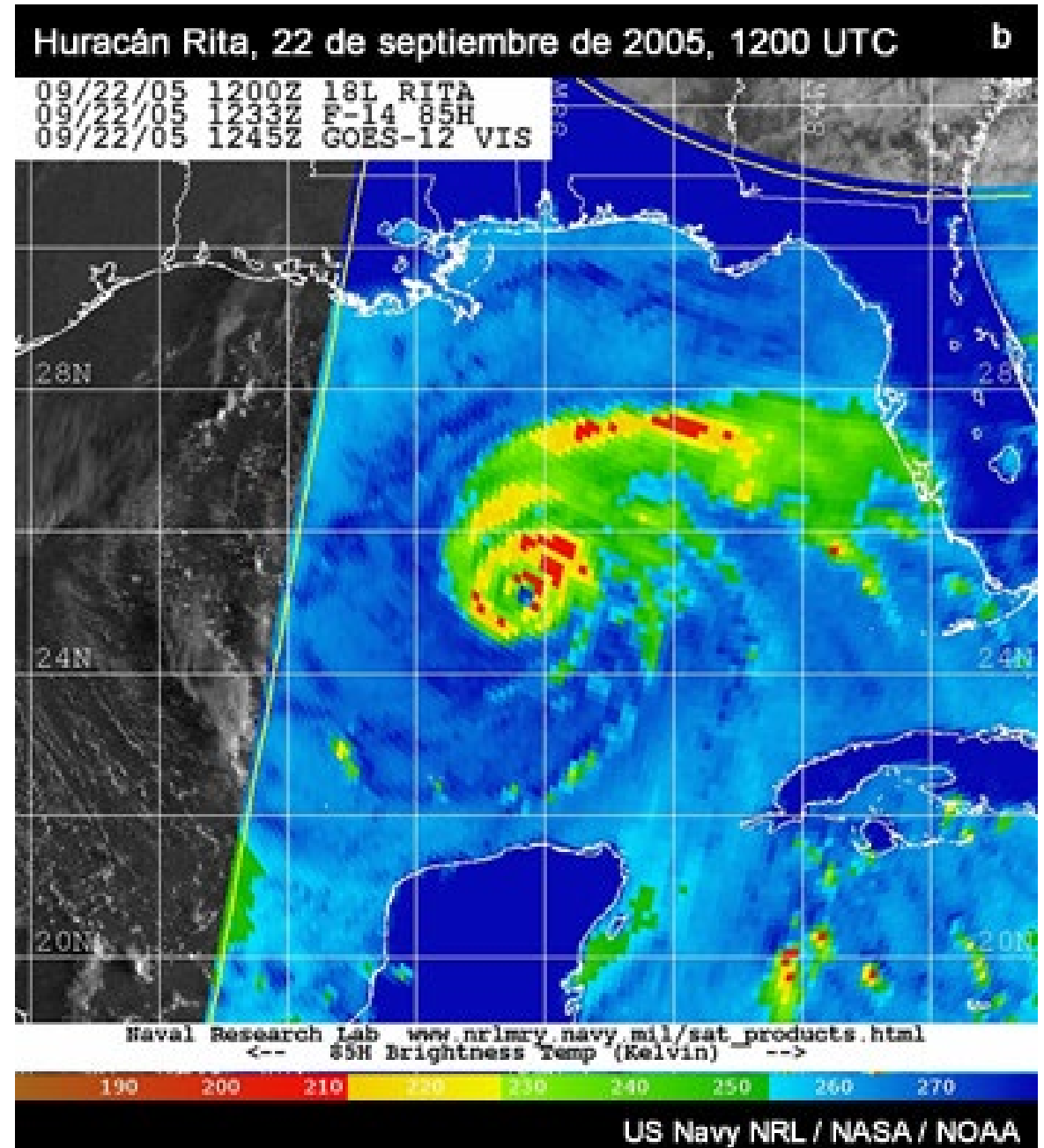


Ciclón tropical severo (supertifón, huracán mayor)

Relativamente pocos ciclones tropicales alcanzan este nivel, que se caracteriza por vientos máximos sostenidos en la superficie de más de 50 m s^{-1} .

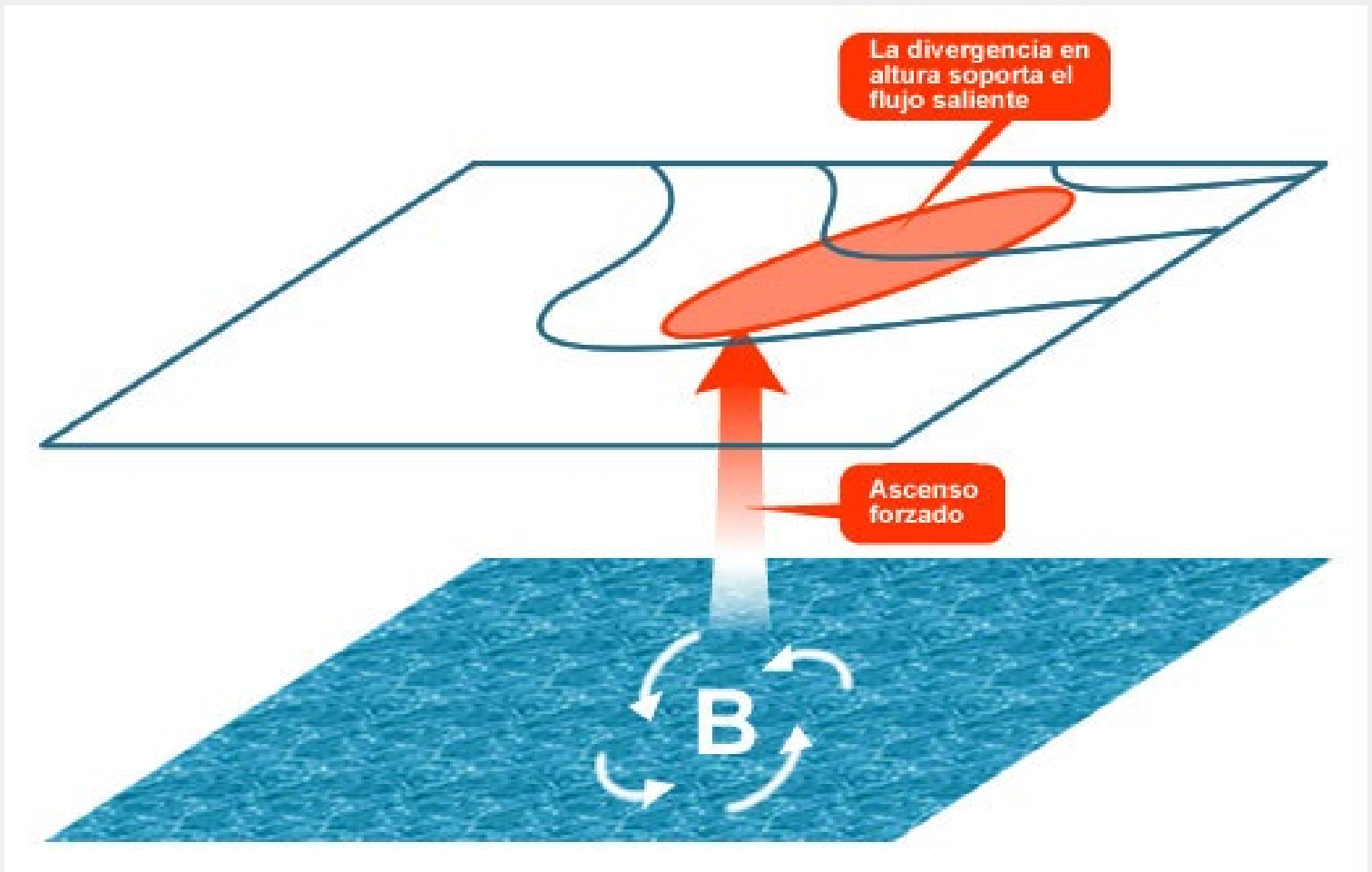
Para intensificarse hasta el nivel de ciclón tropical severo, la tormenta debe permanecer sobre el océano abierto, de modo que es menos probable que una tormenta que se forma cerca de tierra firme alcance esta intensidad.

Sin embargo, cada regla tiene sus excepciones: como mencionamos anteriormente, los ciclones tropicales que se forman junto a la costa occidental de Australia, se desplazan relativamente cerca de tierra firme; es más, se han observado tormentas en el golfo de Bengala, en el golfo de México y en el Caribe occidental que se han intensificado rápidamente para transformarse en fuertes ciclones tropicales. Wilma (2005) es un ejemplo de este tipo de tormenta.



Ciclogénesis tropical asociada con la *vaguada tropical de la alta troposfera*

La TUTT apoya la ciclogénesis



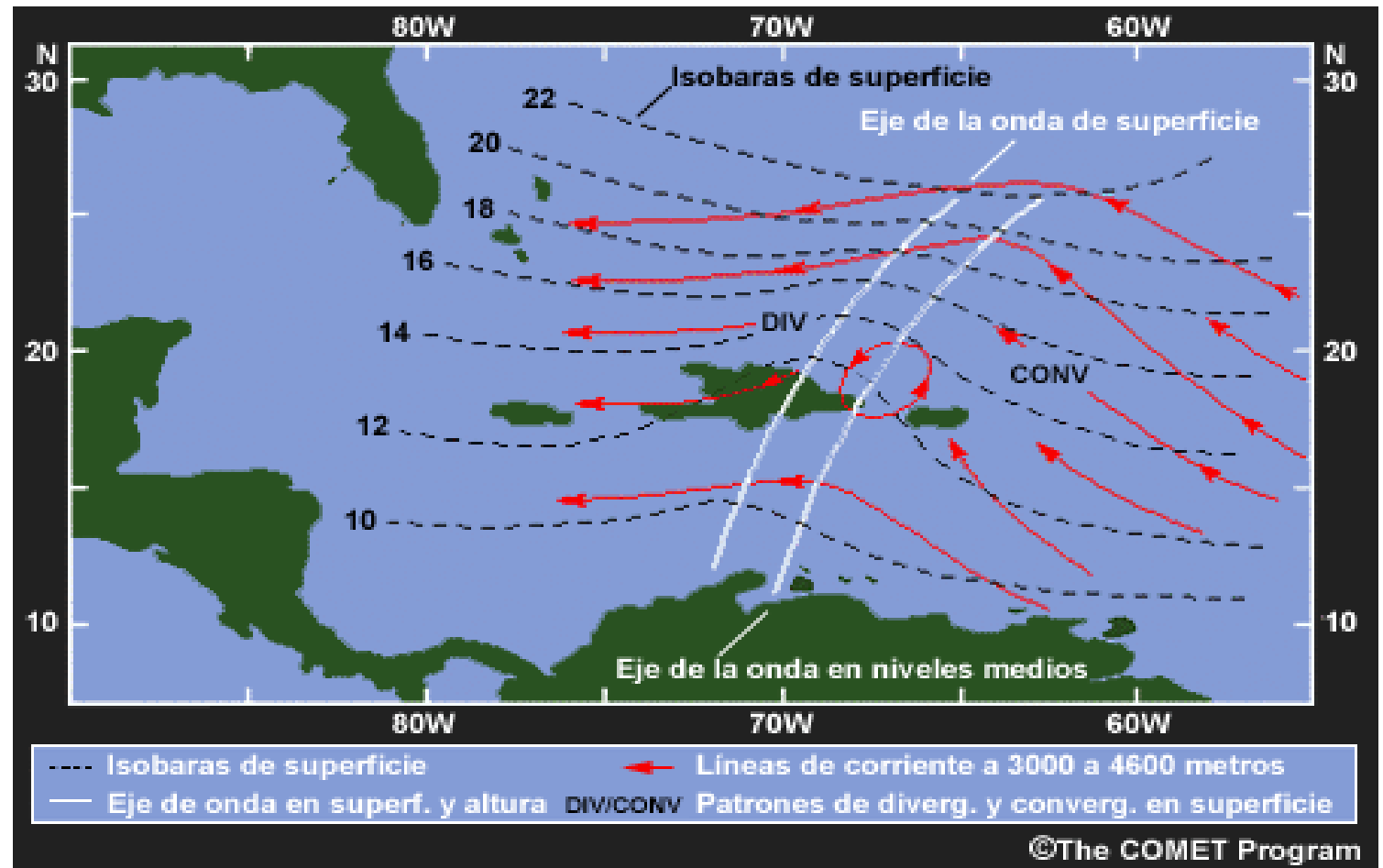
©The COMET Program

Aporte de la vaguada tropical de la alta troposfera (Tropical Upper Tropospheric Trough, TUTT) a la ciclogénesis tropical

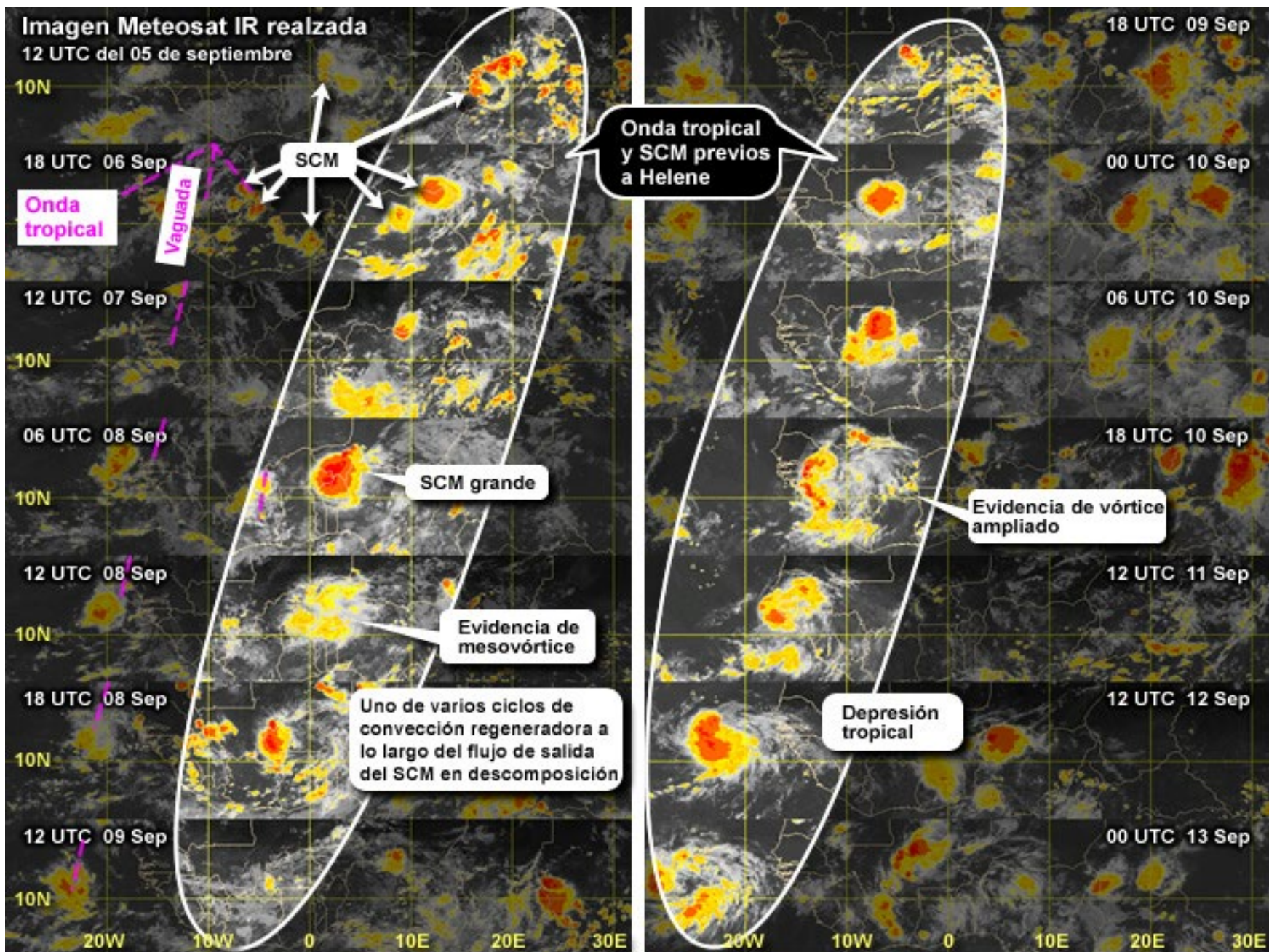
Factores de mesoescala que influyen en la ciclogénesis tropical

Ondas tropicales africanas

Las ondas tropicales africanas inician la ciclogénesis tropical que ocurre en las aguas oceánicas del Pacífico Norte y del Atlántico Norte. Dichas ondas, que se forman sobre el continente africano durante la estación del monzón, son perturbaciones ondulares bien definidas con un período de aproximadamente 3 a 5 días y una escala espacial de unos 1000 km. Ocurren como ondas con una amplitud máxima que se acerca a la del chorro africano del este y una amplitud máxima en los niveles inferiores al norte de dicho chorro. Se desplazan hacia el oeste a velocidades de 7 a 8 m s⁻¹.



Representación esquemática de una onda tropical africana sobre el Caribe que ilustra la estructura de «V invertida»; isobaras en superficie (líneas de trazos oscuras); líneas de corriente en 700 hPa (líneas rojas); regiones de convergencia y divergencia en la superficie; e inclinación hacia el este de la onda con la altura (líneas blancas con eje de vaguada en niveles medios al este del eje de vaguada en superficie).



Imágenes IR realizadas de ondas y SCM entre las 1200 UTC del 5 de septiembre y las 0000 UTC del 13 de septiembre de 2006.

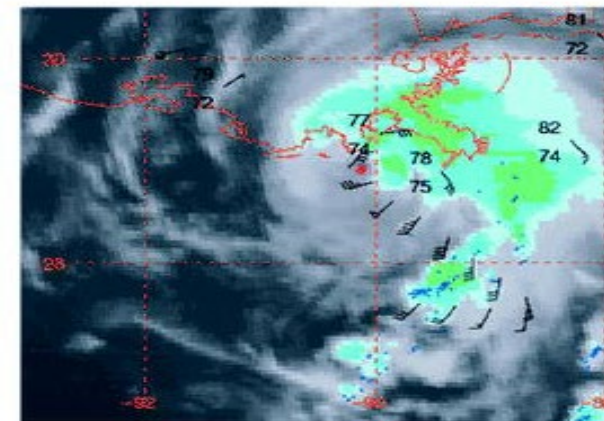
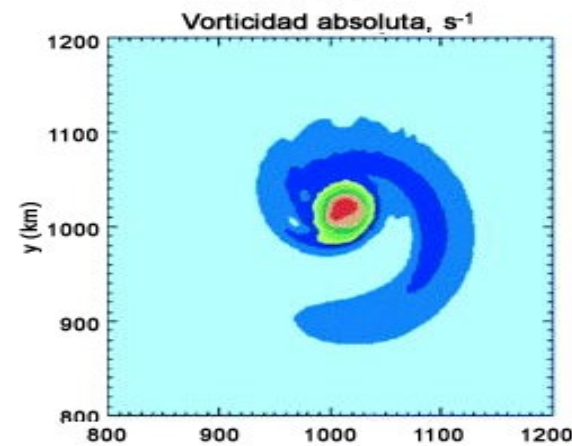
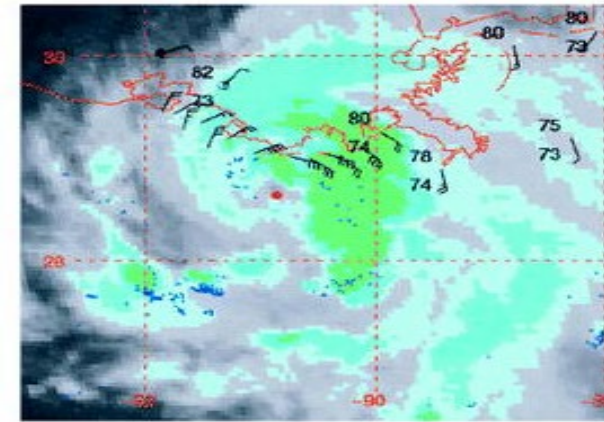
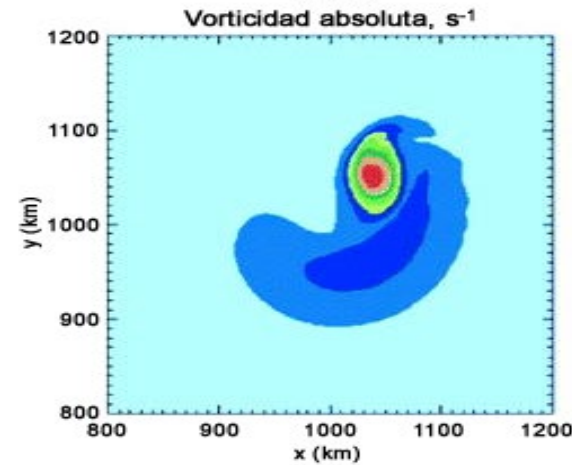
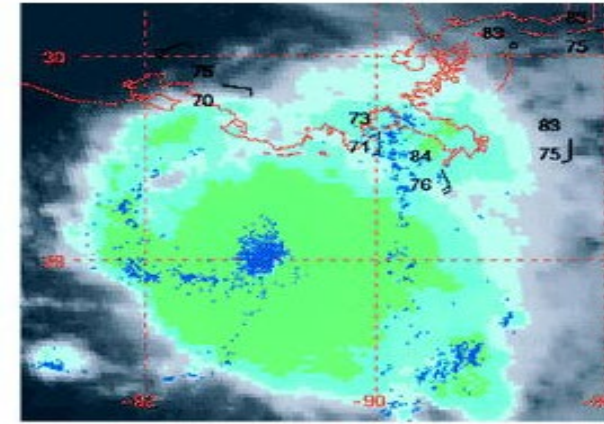
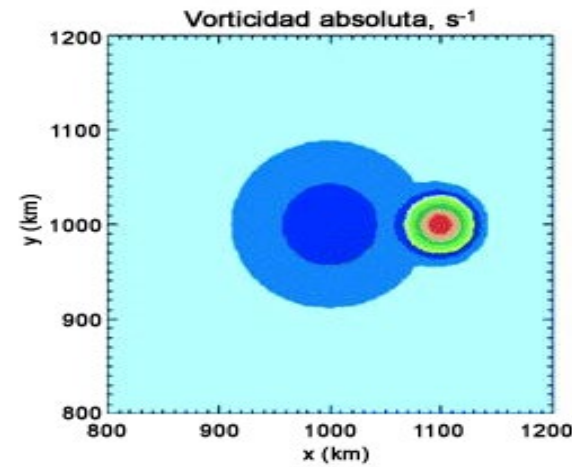
Los sistemas convectivos de mesoescala se desplazan con y a través de las ondas tropicales africanas de escala sinóptica (fig. b). Algunos ciclones tropicales, como Alberto (2000), comienzan como sistemas de onda tropical africana y SCM que se forman cerca de las montañas de las regiones orientales de África (las montañas de Darfur y los altiplanos etíopes) y pasan por ciclos de regeneración de la convección a medida que viajan hacia el oeste. Unos cuantos de estos sistemas evolucionan hasta convertirse en ciclones tropicales cerca de la costa africana, como sucedió con Cindy (1999) y Helene (2006), por ejemplo (la figura muestra imágenes de Helene).

Sobrevivencia y evolución del vórtice

Independientemente de cómo se forme, el vórtice incipiente debe conservar su coherencia hasta que se encuentre en un ambiente propicio para la ciclogénesis tropical y para que la tormenta se intensifique. Por tanto, la respuesta del vórtice de mesoescala incipiente frente al forzamiento ambiental también determinará la probabilidad de que produzca la ciclogénesis.

Representación idealizada del modelo (izquierda) e imágenes satelitales (derecha) del desarrollo de huracán Danny (1997) desde una tormenta tropical débil (arriba) hasta un huracán marginal (abajo).

Huracán Danny 1997



Movimiento de ciclones tropicales

“Steering”: Movimiento debido a la circulación dominante

- The deep layer environmental flow accounts for a large fraction (**up to 80%**) of total TC motion
- Assumes the TC acts like a “passive vortex” moving with the speed and direction of the mass-weighted deep-layer flow
- When a deep layer estimate is unavailable use the following:

TD and TS:	700 mb flow
Hurricane:	500 mb flow

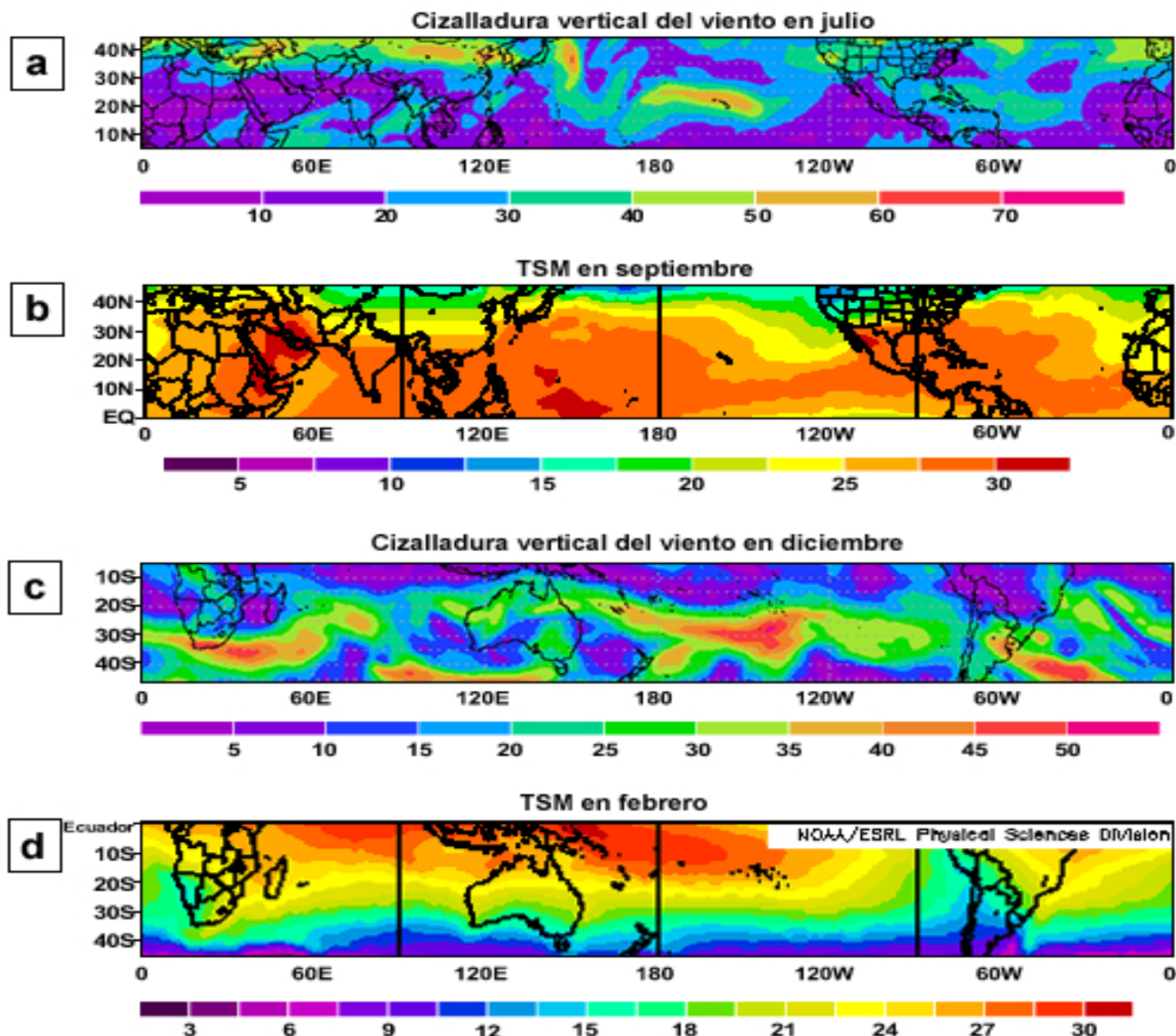


Climatología de los ciclones tropicales

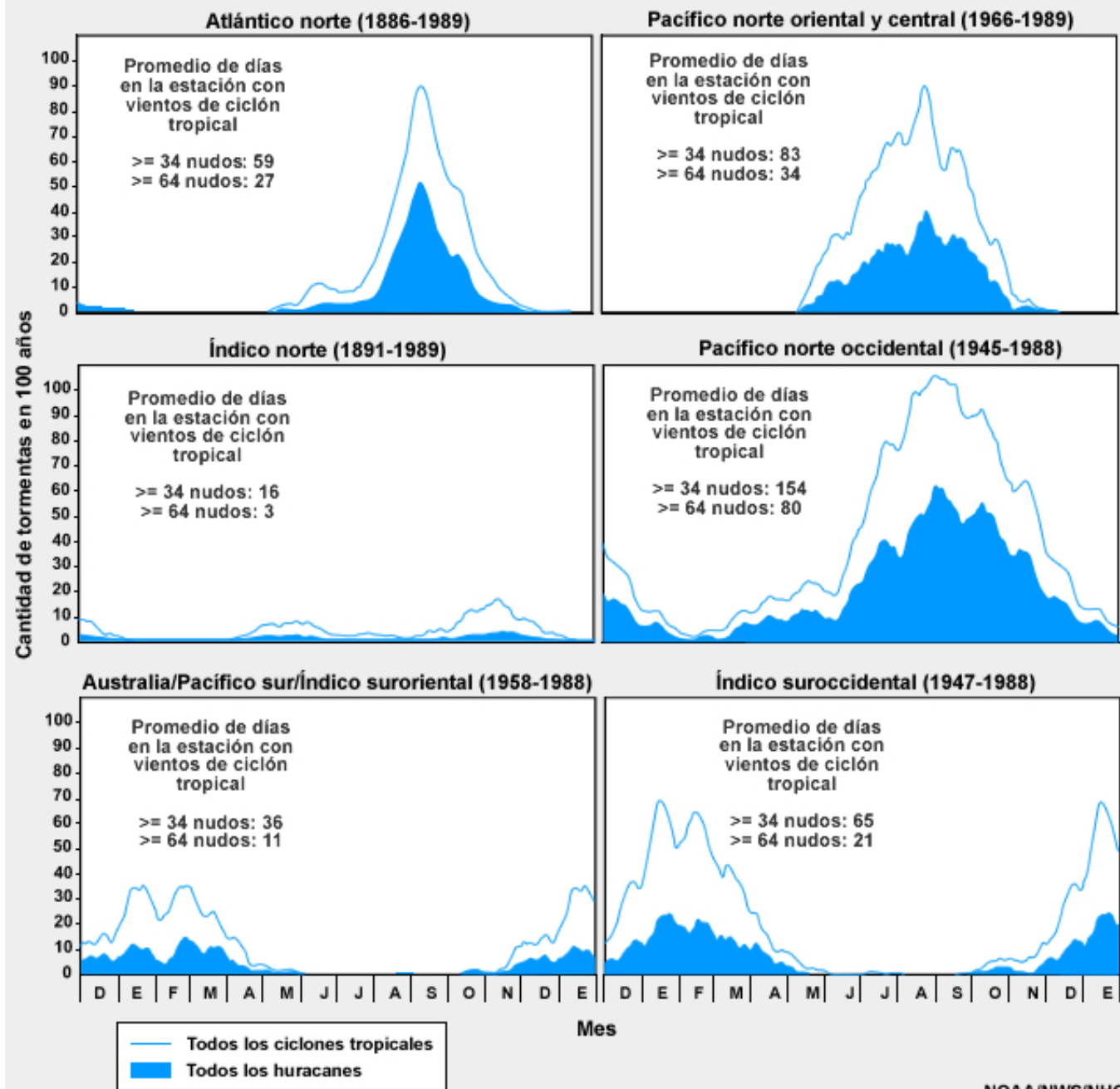
Estacionalidad de la formación de los ciclones tropicales

Las condiciones ambientales favorables para la formación de los ciclones tropicales varían según la posición geográfica y la estación del año. En términos generales, las existencias de temperaturas altas de la superficie del mar y poca cizalladura vertical del viento constituyen dos condiciones necesarias pero no suficientes para la ciclogénesis tropical.

Diagnósticos mensuales de cizalladura vertical del viento en 850-200 hPa (1958-2002 en m/s) y temperatura de la superficie del mar (1977-2006 en °C)



Ciclos estacionales medios de ciclones tropicales



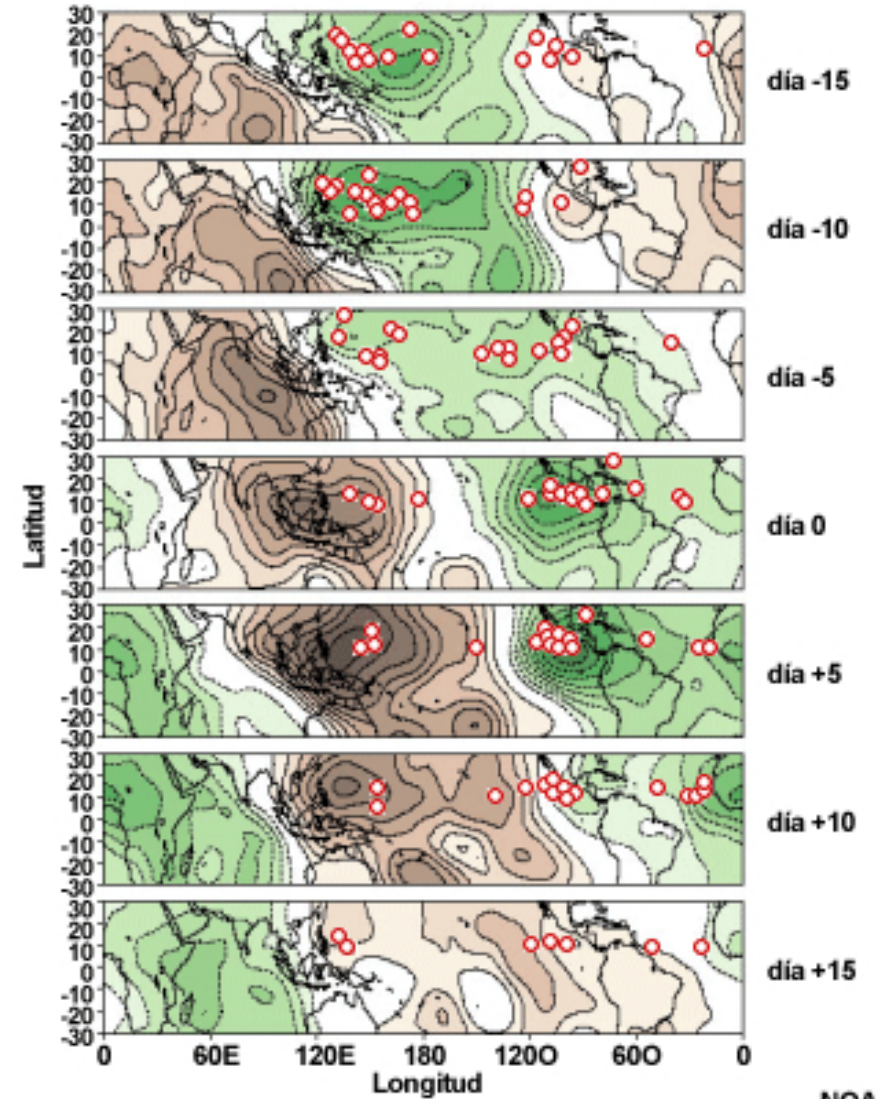
Variabilidad intraestacional

Modulación intraestacional por la oscilación de Madden-Julian (OMJ)

Cuando la fase «activa» de la OMJ atraviesa una región, intensifica la actividad convectiva a nivel local; a la inversa, la fase «inactiva» de la OMJ suprime la actividad convectiva. En el período de máxima intensidad de la OMJ, la ciclogénesis tropical se vuelve probable; la figura muestra las fases de una OMJ y los puntos de origen de las perturbaciones que luego se convirtieron en ciclones tropicales.

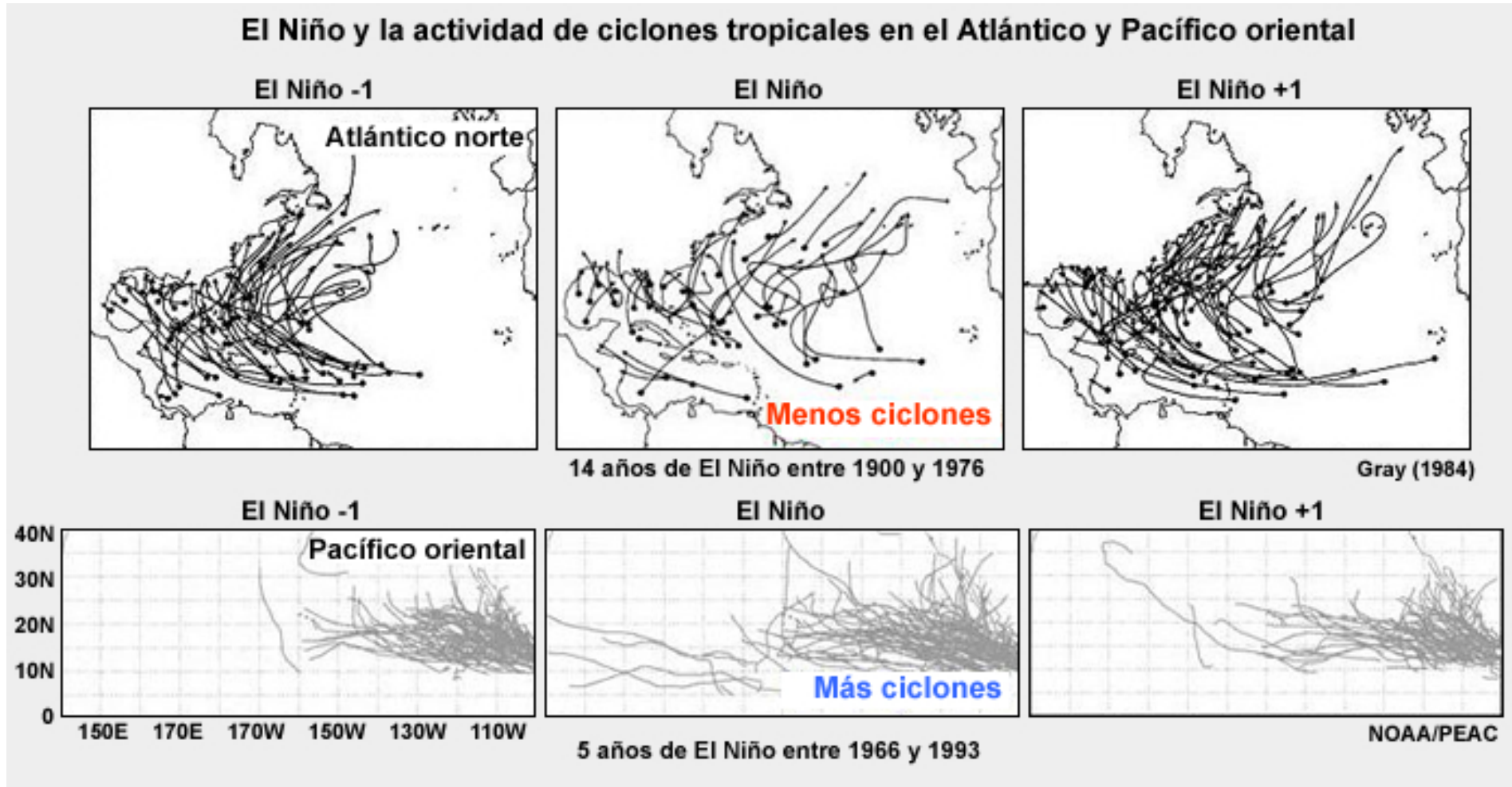
La modulación de ondas tropicales (del este) sobre el Pacífico oriental cerca del ecuador por la OMJ influye en las variaciones intraestacionales en la ciclogénesis tropical en la región. Con tal de que estas ondas tropicales conserven su coherencia al pasar de África al Pacífico nororiental, la probabilidad de que se formen ciclones tropicales depende más del momento en que ocurre que de la fuerza inicial. Para producir ciclogénesis, la onda tropical debe interactuar con el ciclo activo de convección de la OMJ en las regiones de inestabilidad dinámica sobre aguas tropicales cálidas. A medida que la OMJ pasa sobre la región, los lugares favorables para la ciclogénesis se desplazan hacia el este y el norte, moviéndose con la convección profunda en la ZCIT. La necesidad de que existan todos estos factores complementarios explica en parte por qué en el Pacífico oriental la ciclogénesis queda suprimida durante las fases «desfavorables» de la OMJ

Imágenes compuestas de la evolución de las anomalías de velocidad potencial en 200 hPa ($10^5 \times \text{m}^2/\text{s}$) y puntos de origen de los sistemas tropicales que formaron huracanes o tifones



Modulación interanual por El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

La variación en la actividad anual de ciclones tropicales a nivel de cuenca oceánica puede ser resultado de varios tipos de forzamiento espacial y temporal. Uno de los factores dominantes cuyo efecto sobre la actividad de ciclones tropicales dura varios años es el fenómeno denominado El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).



Actividad de ciclones tropicales en el Atlántico (arriba) y el Pacífico oriental (abajo) el año antes, durante y después de El Niño.

LA NINA IMPACTS TROPICAL ATLANTIC

- LESS WIND SHEAR
- MORE HURRICANES
- HIGHER RISK TO US



MUCHAS GRACIAS

Consultas?



Instituto Meteorológico Nacional
Fundado en 1888

COSTA RICA