



SEDE EDUCATIVA UNIVERSITARIA ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR



Trabajo Final Integrador Curso de Capacitación en Meteorología para Suboficiales de la Armada Huracán Catarina (2004)

Autor: CISHME ALVAREZ Aaron Nicolás
Tutor: SSSHME MIÑO Ramón Alberto

2025

“HURACÁN CATARINA (2004)”

INDICE DE CONTENIDO

INDICE.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
Huracanes: formación y características.....	6
Donde suelen formarse los huracanes (y por qué no en el Atlántico Sur)	8
Trayectoria e impacto del Huracán Catarina.....	10
Baja cizalladura vertical del viento.....	11
Baja baroclinicidad y su influencia en el Huracán Catarina.....	12
Factores que favorecieron la formación del Huracán Catarina.....	13
Conclusiones e importancia del Huracán Catarina.....	16
Huracán Catarina - ¿Huracanes extratropicales?.....	18
¿Es posible que ocurra un evento similar a Catarina en Argentina?.....	19
CONCLUSIÓN.....	20
BIBLIOGRAFIA.....	21

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a todas las personas e instituciones que han sido fundamentales para la realización de este trabajo final integrador.

En primer lugar, al Suboficial Segundo Servicios Hidrográficos Meteorología Miño Ramón Alberto por su tiempo y atención, sus valiosos conocimientos y experiencias fueron muy importantes para mi carrera como meteorólogo naval.

También quiero expresar mi agradecimiento al personal militar y civil de la Escuela de Ciencias del Mar, haciendo que este curso sea de las mejores experiencias de mi carrera, agradecimiento especial aparte para mis encargados Suboficial Primero Servicios Hidrográficos Hidrografía Salina Rafael Ernesto y a la Suboficial Primero Servicios Hidrográficos Oceanografía Cardozo Analía Esther.

Mi agradecimiento se extiende a la Sra. Capitán de Corbeta Ferjancic Silvia Cristina por su ayuda y dedicación para realizar con eficiencia todos los objetos impuestos por la Escuela de Ciencias del Mar.

También quiero agradecer a mis instructores de cursada, al Sr. Capitán de Fragata Scardilli Álvaro, al Sr. Teniente de Navío Santos López Facundo, a la Suboficial Primero Servicios Hidrográficos Meteorología Cicero Guadalupe y al señor licenciado en Ciencias de la Atmosfera Claus Federico.

Finalmente, a la Armada Argentina, por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en mi carrera, aportándome conocimientos que me ayudarán para poder cumplir con las actividades militares en el futuro.

INTRODUCCIÓN

Análisis del Huracán Catarina (2004) y su Impacto en la Comprensión de la Actividad Ciclónica del Atlántico Sur.

A lo largo de la historia, el estudio de los fenómenos meteorológicos ha permitido identificar patrones de comportamiento atmosférico, desarrollar métodos de prevención y comprender mejor los mecanismos de defensa ante eventos extremos. Si bien el avance tecnológico ha ampliado significativamente nuestra capacidad de observación, aún se registran anomalías o eventos aislados considerados “fuera de lo común”, que desafían el conocimiento previo sobre la dinámica climática.

Uno de los casos más relevantes en este sentido fue el huracán Catarina, conocido coloquialmente como “Catalina”, que impactó el oeste del Atlántico Sur frente a las costas de Santa Catarina (Brasil) en marzo de 2004. Este fenómeno no solo generó un considerable impacto económico y social en la región afectada, sino que también planteó interrogantes fundamentales acerca de la frecuencia y posibilidad de formación de huracanes en una zona históricamente desfavorable para su desarrollo.

Para comprender su origen, deben considerarse múltiples factores meteorológicos y oceánicos, como la temperatura superficial del mar, los niveles de humedad, la distribución de los vientos predominantes, las condiciones sinópticas y la época del año. Inicialmente, la comunidad meteorológica brasileña desestimó su clasificación como huracán, sin embargo, posteriores estudios detallados por parte de investigadores internacionales llevaron al Centro Nacional de Huracanes (NOAA) a confirmar oficialmente su estatus de huracán tropical, un hecho sin precedentes en esa cuenca oceánica.

El presente trabajo busca analizar las condiciones que permitieron la formación del huracán Catarina en un entorno climáticamente desfavorable, evaluar la frecuencia potencial de eventos similares en el Atlántico Sur y estimar la probabilidad de que un fenómeno de esta magnitud pueda ocurrir en Argentina.

Desde un punto de vista dinámico, la importancia cinemática y termodinámica del bloqueo atmosférico en el desarrollo de Catarina es crucial: las regiones con cizalladura vertical débil y baja baroclinicidad representan entornos ideales para la transición tropical (TT) de perturbaciones preexistentes, mecanismo que explica su evolución desde una depresión subtropical hasta un huracán plenamente desarrollado.

Comprender los escenarios climáticos que modulan la actividad anual de huracanes en distintas cuencas oceánicas resulta esencial para mejorar los modelos predictivos y de pronóstico. Una mayor precisión en la estimación de la intensidad y agresividad de estos sistemas permitirá reducir las pérdidas sociales y económicas asociadas a su impacto.

Finalmente, desde una perspectiva estadística, la probabilidad de que un huracán se forme, desarrolle e impacte directamente en las costas de Brasil es inferior al 1% en un

periodo de 10 años, lo que subraya el carácter extraordinario y atípico del evento Catarina en la historia meteorológica del Atlántico Sur.

OBJETIVOS

Preguntas:

¿Qué son los huracanes y que situación meteorológica fue favorable para el desarrollo del Huracán Catarina?

1. ¿Cómo se originan los huracanes y qué los hace tan destructivos?
2. ¿Cómo se clasifican los huracanes?
3. ¿Cuál es la diferencia entre Huracán o Ciclón Extratropical?
4. ¿Qué impacto y consecuencias tuvo el Huracán Catarina a nivel meteorológico?
5. ¿Cuáles son los elementos que deben coincidir para que este fenómeno se repita en esas latitudes?

Objetivos:

Analizar y concientizar el impacto del Huracán Catarina luego de más de 20 años del suceso.

1. Poder analizar los parámetros necesarios para que se forme un huracán y sus consecuencias.
2. Dependiendo de varios factores, podemos analizar si fue realmente un huracán o un ciclón extratropical.
3. Su aparición nos trajo muchas dudas para los meteorólogos, ya que marcó un antes y un después en las latitudes donde no se esperaba este fenómeno meteorológico.
4. En principio si se puede dar de nuevo, aunque la probabilidad es baja para que vuelva a ocurrir, nunca es nula.
5. Se clasifican por sus intensidades, especialmente por sus vientos, en la escala Saffir-Simpson.

Huracanes

Huracanes: formación y características

En primer lugar, es importante comprender qué son los huracanes y cómo se forman. Estos fenómenos meteorológicos reciben diferentes denominaciones según la región del planeta donde se desarrollen: huracanes en el Atlántico y el Pacífico oriental, tifones en el Pacífico occidental y ciclones tropicales en el océano Índico. En todos los casos, estos sistemas comparten un mismo origen: la combinación de calor oceánico, humedad y condiciones atmosféricas favorables.



Fig 1. NOAA. (2024) Huracán Beryl [Categoría 5]¹

¹ Disponible:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beryl_2024-07-02_1230Z.jpg

Se originan sobre aguas cálidas, generalmente en zonas tropicales, donde la evaporación intensa del océano aporta la energía necesaria para su desarrollo. Los huracanes se caracterizan por su alto poder destructivo, debido a los fuertes vientos y las abundantes precipitaciones que generan. Para clasificarlos, se utiliza la escala de Saffir–Simpson, que los divide en categorías según la velocidad del viento y la magnitud de los daños potenciales.

Categoría	Millas por hora	Metros por segundo	Nudos
1	74-95	33-42	64-82
2	96-110	42-49	83-95
3	111-129	49-57	96-112
4	130-156	58-69	113-135
5	≥157	>70	>136

Fig 2. NOAA. (2023). *Escala Saffir – Simpson* [Tabla]²

Para que se forme un huracán deben darse condiciones atmosféricas y oceánicas específicas. Es necesario que la temperatura de la superficie del mar sea superior a 26,5 °C, lo que provoca una intensa evaporación y convección que alimentan el sistema. El aire cálido y húmedo asciende, se enfriá y se condensa, liberando calor latente. Este proceso genera una zona de baja presión que favorece el ingreso de más aire cálido y húmedo desde la superficie. De esta manera, el sistema se retroalimenta continuamente, incrementando la nubosidad y la energía disponible para su desarrollo.

La rotación de la Tierra desvía los vientos hacia la izquierda en el hemisferio sur y hacia la derecha en el hemisferio norte, debido al efecto Coriolis. Esta desviación genera el patrón giratorio del sistema y le otorga su característica forma de espiral. Según la velocidad máxima de los vientos sostenidos, el sistema puede clasificarse como depresión tropical, tormenta tropical o huracán.

² Disponible: <https://www.aoml.noaa.gov/es/hrd-faq/>

Dónde suelen formarse los huracanes (y por qué no en el Atlántico Sur)

Los huracanes se desarrollan principalmente en las zonas tropicales y subtropicales del planeta, donde se combinan condiciones favorables de humedad, calor oceánico y circulación atmosférica. Las regiones más activas son el Atlántico Norte, el Pacífico oriental y occidental, y el océano Índico, donde las temperaturas del mar y la baja cizalladura del viento permiten que los sistemas se organicen y alcancen gran intensidad.

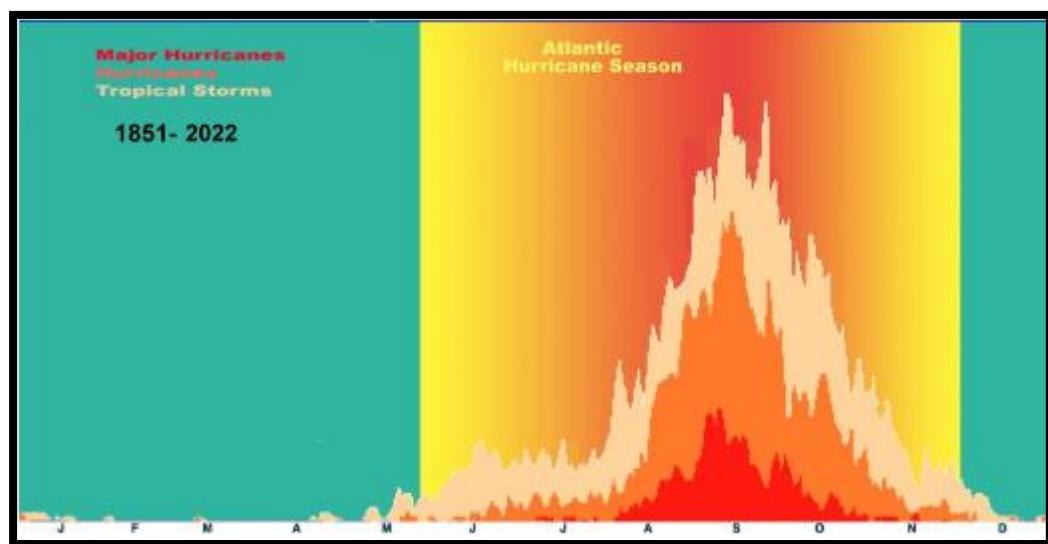


Fig 3. NOAA. (2022). *Actividad de ciclones tropicales en el Océano Atlántico durante un año. [Grafico]*³

En el Atlántico Norte, por ejemplo, muchos huracanes se originan cerca de las costas de África occidental, a partir de ondas tropicales que se desplazan hacia el oeste y se intensifican al cruzar el océano. En el Pacífico occidental, los tifones son frecuentes en el sudeste asiático, especialmente cerca de Filipinas, China y Japón. El océano Índico también presenta actividad ciclónica, sobre todo en el golfo de Bengala y el mar Arábigo.

³ Disponible: <https://www.aoml.noaa.gov/es/hrd-faq/#when-is-hurricane-season>

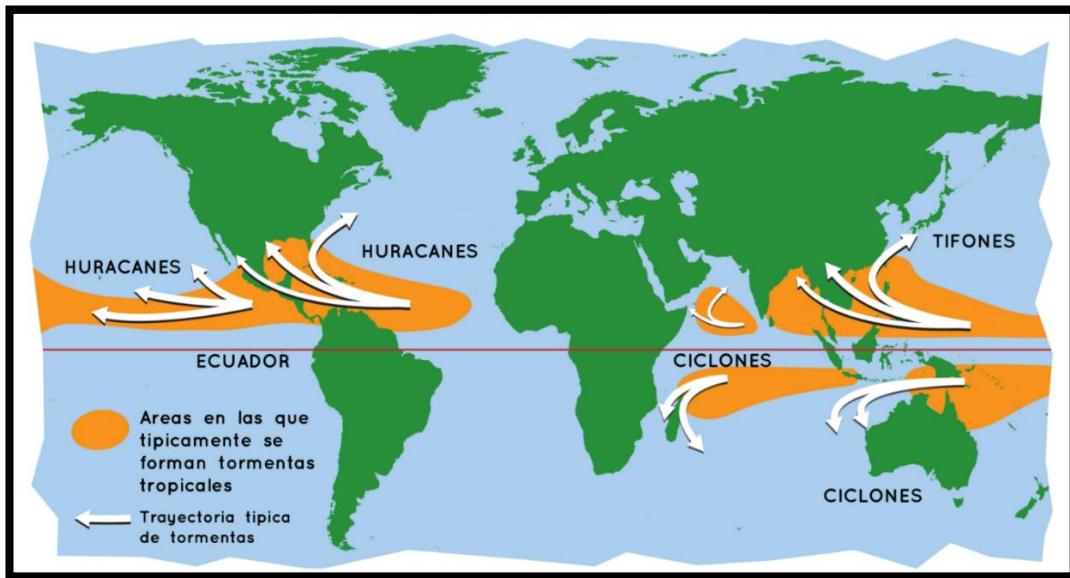


Fig 4. NASA. *Mapa del mundo que muestra el área donde se producen ciclones.*⁴

Por el contrario, el Atlántico Sur casi nunca presenta las condiciones necesarias para el desarrollo de huracanes. Esto se debe principalmente a tres factores:

1. Temperaturas superficiales del mar más frías, que no alcanzan los valores suficientes para sostener un ciclón tropical.
2. Alta cizalladura vertical del viento, que desorganiza las tormentas e impide su intensificación.
3. Ausencia de perturbaciones tropicales iniciales, como ondas ecuatoriales, que en otras regiones actúan como el “semillero” de los ciclones.

Estas condiciones hacen que la formación de un huracán en el Atlántico Sur sea un evento extraordinariamente raro. Sin embargo, en marzo de 2004 ocurrió una excepción histórica: el Huracán Catarina, que se desarrolló frente a las costas del sur de Brasil, desafiando los patrones meteorológicos conocidos hasta entonces.

⁴ Disponible: <https://spaceplace.nasa.gov/hurricanes/sp/>

Trayectoria e impacto del Huracán Catarina

El Huracán Catarina se formó a finales de marzo de 2004 frente a las costas del sur de Brasil, convirtiéndose en el primer huracán registrado en el Atlántico Sur. Su origen se dio a partir de una depresión subtropical que se organizó sobre el océano Atlántico, cerca del estado de Santa Catarina, del cual tomó su nombre.

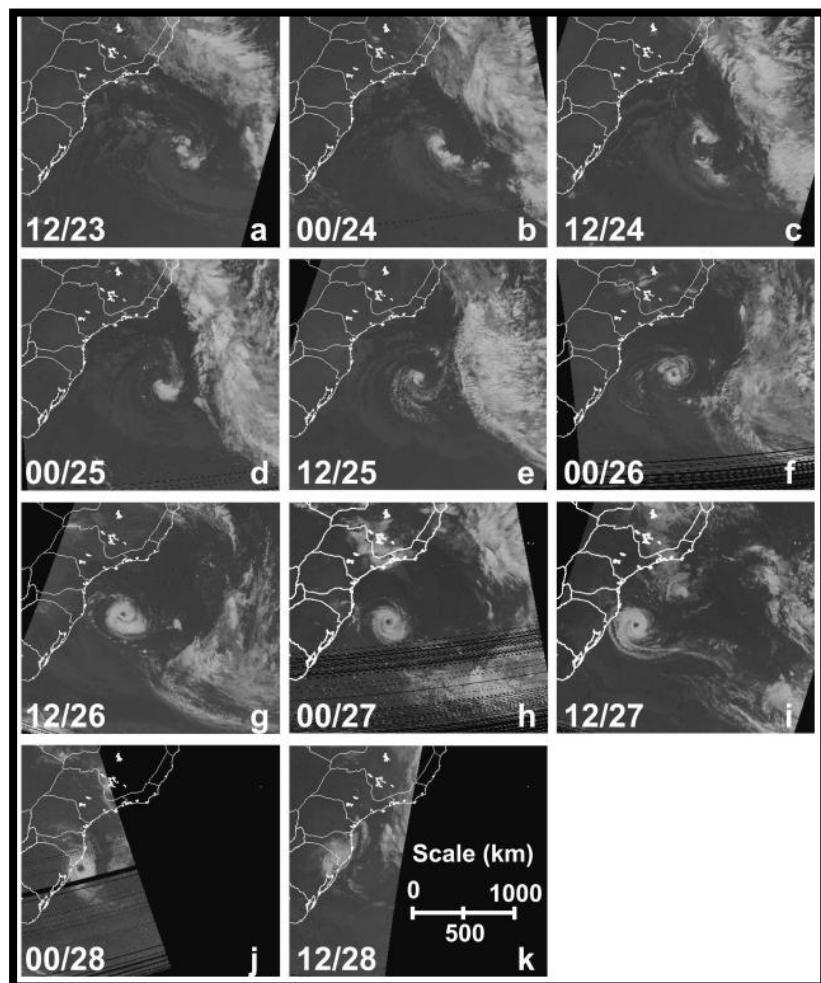


Fig 5. Analysis of Hurricane Catarina (2004). *Imágenes satelitales infrarrojas del INMET a intervalos de aproximadamente 12 horas.*⁵

⁵ Disponible: <https://doi.org/10.1175/MWR3330.1>

Durante los primeros días, el sistema presentó características híbridas, con rasgos tanto tropicales como extratropicales. Sin embargo, a medida que se desplazó sobre aguas inusualmente cálidas —de alrededor de 26 °C a 27 °C— y en un ambiente de baja cizalladura del viento, comenzó a adquirir una estructura más simétrica y un núcleo cálido, lo que confirmó su transición a huracán tropical.

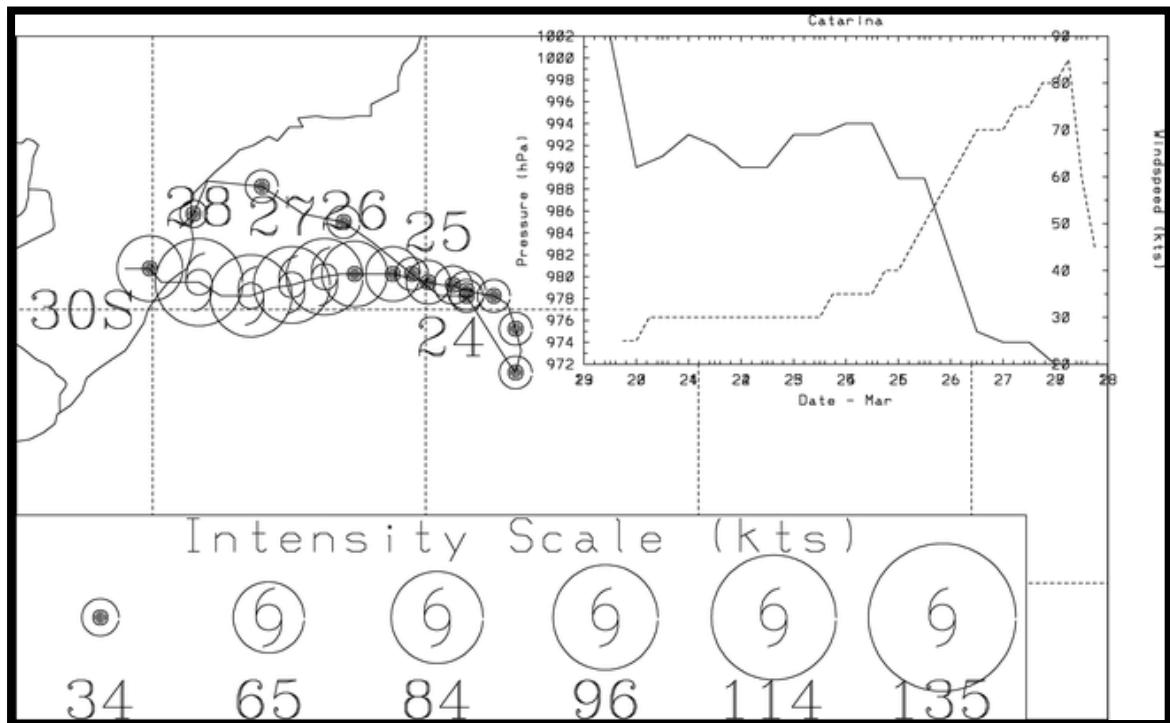


Fig 6. Analysis of Hurricane Catarina (2004). *Datos estimados de la trayectoria del huracán Catarina (analizados por R. Edson).*⁶

Baja cizalladura vertical del viento.

El término “baja cizalladura vertical del viento” se refiere a una situación en la que la intensidad y la dirección del viento cambian muy poco con la altura. Cuando la cizalladura es baja, las tormentas pueden desarrollarse sin obstáculos, ya que la columna convectiva se mantiene alineada y el aire cálido y húmedo puede ascender de forma sostenida.

⁶ Disponible: <https://doi.org/10.1175/MWR3330.1>

Por el contrario, una alta cizalladura genera diferencias marcadas de viento con la altura, lo que tiende a inclinar, desplazar o desorganizar las corrientes ascendentes, dificultando la formación e intensificación de ciclones tropicales.

En resumen, la baja cizalladura crea un ambiente favorable para que un ciclón tropical se organice y se fortalezca, ya que permite que la convección profunda permanezca concentrada cerca del centro del sistema.

Baja baroclinicidad y su influencia en el Huracán Catarina

La baroclinicidad se refiere al grado en que las superficies de presión y temperatura no están alineadas en la atmósfera, cuando tenemos una alta baroclinicidad hablamos de ciclones extratropicales, existe un fuerte contraste horizontal de temperatura y una marcada inclinación del sistema con la altura, esto hace que el sistema obtenga energía mediante procesos baroclínicos, es decir, la conversión de energía potencial disponible asociada al gradiente térmico.

Para los ciclones tropicales necesitan un ambiente poco baroclinico, teniendo una estructura vertical y temperatura más homogéneas, Estos sistemas tienen la principal fuente de energía proveniente del calor latente liberado por la convección profunda, por eso necesitan aguas cálidas, alta humedad y baja cizalladura para que el mismo sistema siga creciendo e intensificándose.

El 27 de marzo de 2004, Catarina alcanzó la categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson, con vientos sostenidos cercanos a los 160 km/h y rachas superiores a los 180 km/h. Ese mismo día tocó tierra en las cercanías de Torres, en el límite entre los estados de Santa Catarina y Rio Grande do Sul.

Su impacto fue severo: provocó graves daños estructurales en viviendas, especialmente en zonas costeras, y dejó más de 1.500 casas destruidas y alrededor de 40.000 personas desplazadas. También se registraron víctimas fatales y más de 40 heridos. La vegetación y la infraestructura eléctrica sufrieron grandes pérdidas, y los daños materiales totales se estimaron en más de 350 millones de dólares.

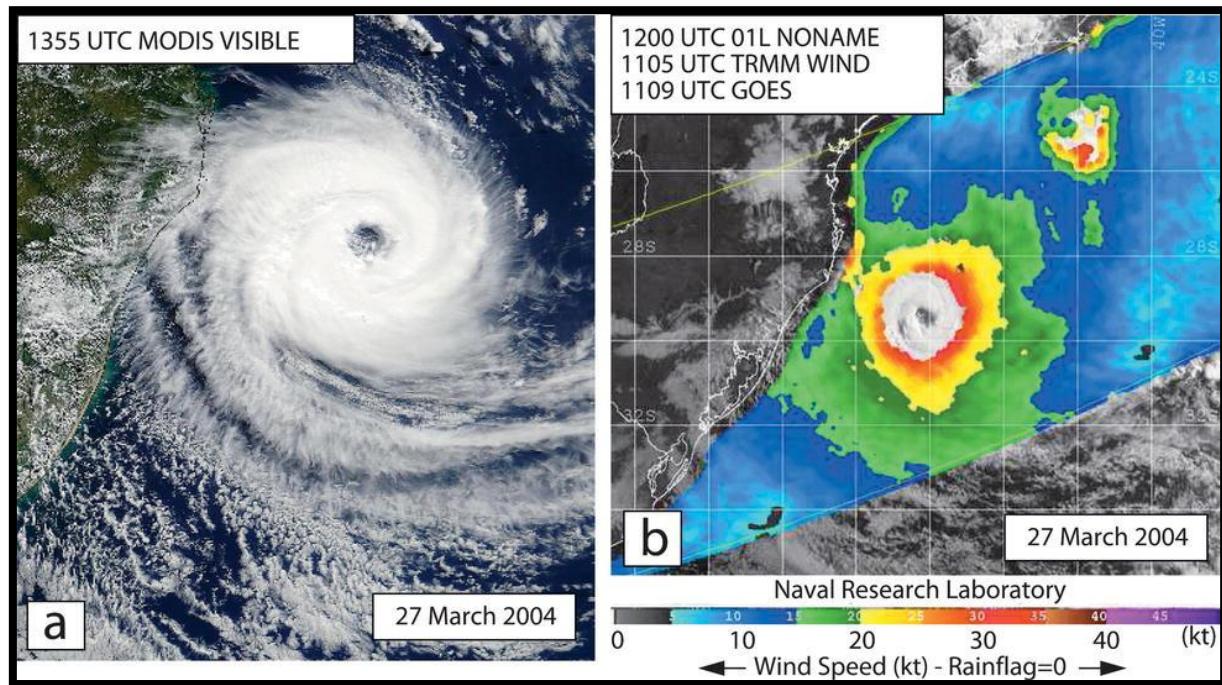


Fig 7. Analysis of Hurricane Catarina (2004). *Imagen visible de alta resolución (1km) del instrumento MODIS (Espectro radiómetro de Imágenes de Resolución Moderada) a bordo del satélite Terra correspondiente a las 13:55 UTC del 27 de marzo del 2004.*⁷

Tras su paso por tierra, el sistema perdió rápidamente fuerza y se disipó en pocas horas, aunque su impacto marcó un hito histórico para la meteorología, al demostrar que, bajo condiciones excepcionales, es posible la formación de huracanes en regiones donde antes se consideraban imposibles.

Factores que favorecieron la formación del Huracán Catarina

La formación del Huracán Catarina representó un evento excepcional, ya que el Atlántico Sur no reúne habitualmente las condiciones necesarias para el desarrollo de ciclones tropicales. Sin embargo, una serie de factores atípicos coincidieron en el tiempo y el espacio, creando un entorno favorable para que este fenómeno se desarrollara y alcanzara intensidad de huracán.

⁷ Disponible: <https://doi.org/10.1175/MWR3330.1>

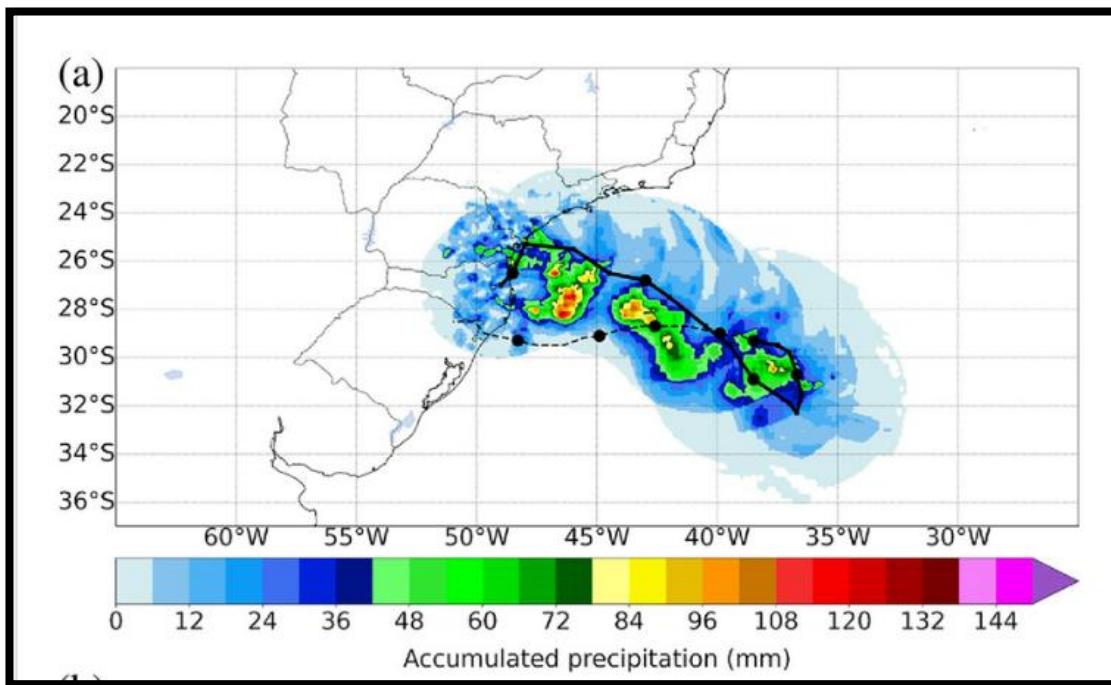


Fig 8. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. *Precipitaciones acumuladas en milímetros.*⁸

En primer lugar, durante los días previos a su formación, se registraron temperaturas superficiales del mar superiores a lo habitual, con valores cercanos a 26 °C – 27 °C en el litoral sur de Brasil. Este calentamiento proporcionó la energía necesaria para alimentar la convección y favorecer la transición del sistema desde una depresión subtropical hacia una estructura completamente tropical.

Además, existió una inusual baja cizalladura vertical del viento, lo que permitió que las columnas de aire cálido y húmedo ascendieran de manera organizada sin ser desestabilizadas por vientos más fuertes en niveles superiores. Esta condición es fundamental para el desarrollo de un ciclón tropical, ya que la alta cizalladura suele impedir que los sistemas se consoliden.

Otro factor determinante fue la presencia de una circulación atmosférica estable en niveles medios y altos, que actuó como “techo” del sistema y ayudó a mantener el aire cálido en su núcleo. A su vez, una zona de alta presión en el Atlántico central influyó en la trayectoria del ciclón, empujándolo lentamente hacia el oeste y permitiendo que permaneciera sobre el océano el tiempo suficiente para intensificarse.

Finalmente, se cree que una perturbación preexistente de origen extratropical sirvió como punto de inicio para el desarrollo del ciclón. Esta interacción entre características tropicales y extratropicales fue clave para la singularidad del evento, ya que permitió que el sistema adoptara gradualmente una estructura simétrica con un ojo bien definido, típico de los huracanes.

⁸ Disponible: https://www.researchgate.net/figure/a-Accumulated-precipitation-in-mm-and-b-moisture-uptakes-in-mm-contributing-to-fig5_369535359

En conjunto, estos factores demostraron que, bajo condiciones específicas y poco frecuentes, el Atlántico Sur puede reunir los elementos necesarios para la formación de un huracán tropical, como ocurrió con Catarina en marzo de 2004.



Fig 9. NOAA. Rare Tropical Storm Forms in the South Atlantic. *Una inusual tormenta tropical se formó en el Atlántico Sur, frente a la costa sureste de Brasil, el 24 de marzo de 2019.*⁹

Para el Huracán Catarina las observaciones mostraron que, en los días previos a su transición, el ambiente presentaba baroclinicidad reducida, especialmente en niveles medios y bajos de la troposfera. Esto implicó:

- Una disminución del gradiente horizontal de temperatura, que limitó la energía disponible para procesos extratropicales.
- Una estructura más vertical y simétrica del sistema, favoreciendo la organización de convección alrededor del centro.
- La posibilidad de que el ciclón completara una transición de subtropical a tropical, al perder características típicamente baroclínicas.

⁹ Disponible: <https://www.nesdis.noaa.gov/news/rare-tropical-storm-forms-the-south-atlantic>

Conclusiones e importancia del Huracán Catarina

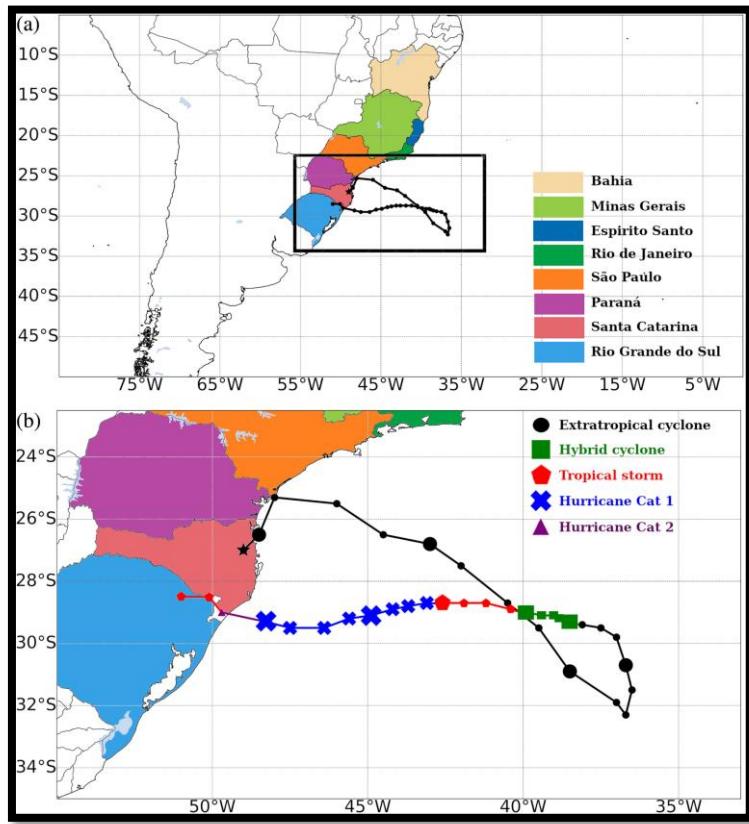


Fig 10. The rare case of Hurricane Catarina (2004) over the South Atlantic Ocean: The origin of its precipitation through a Lagrangian approach.¹⁰

El Huracán Catarina marcó un antes y un después en la meteorología mundial, al ser el primer huracán documentado en el Atlántico Sur, una región considerada hasta entonces poco propicia para el desarrollo de ciclones tropicales. Su formación, trayectoria e impacto demostraron que, bajo circunstancias excepcionales, pueden darse las condiciones necesarias para la aparición de fenómenos de este tipo fuera de sus zonas habituales.

Desde el punto de vista científico, Catarina impulsó una revisión profunda de los modelos de predicción y de la comprensión de los procesos atmosféricos en el hemisferio sur. Su estudio permitió reconocer la influencia de factores como el calentamiento oceánico regional, la baja cizalladura del viento y la interacción entre sistemas tropicales y extratropicales.

¹⁰ Disponible: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/qj.4452>

Además, este evento subrayó la vulnerabilidad de las regiones costeras del sur de Brasil, donde la población y las infraestructuras no estaban preparadas para un fenómeno de tal magnitud. Los daños materiales y humanos evidenciaron la necesidad de mejorar los sistemas de alerta temprana, la planificación costera y la educación sobre riesgos meteorológicos extremos.

En términos más amplios, el Huracán Catarina se convirtió en un caso de estudio clave sobre los posibles efectos del cambio climático en la distribución y frecuencia de los ciclones tropicales. Aunque sigue siendo un fenómeno aislado, su ocurrencia plantea interrogantes sobre cómo la variación de la temperatura oceánica y los patrones atmosféricos podrían modificar el comportamiento de estos eventos en el futuro.

En conclusión, el Huracán Catarina no solo fue un fenómeno meteorológico extraordinario, sino también un hito científico y social, que evidenció la complejidad del clima y la importancia de continuar investigando y adaptándonos ante un planeta en constante cambio.

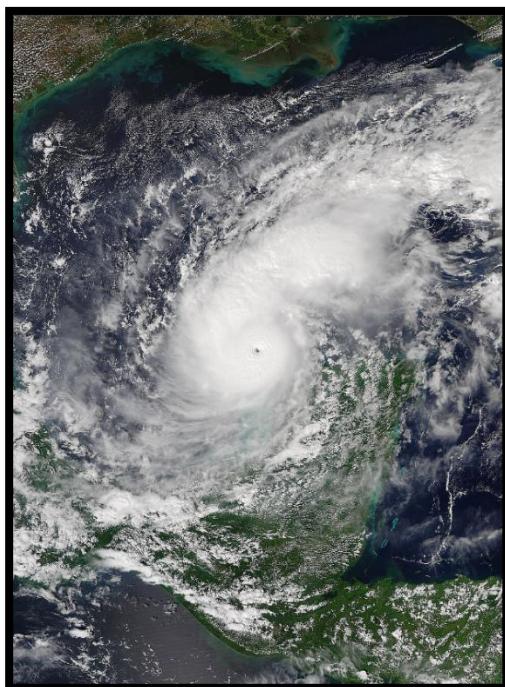


Fig. 11. NOAA. (2024) Huracán Milton [Categoría 5]¹¹

¹¹ Disponible: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Milton_2024-10-07_1920Z.jpg

Huracán Catarina - ¿Huracanes extratropicales?

Debate sobre la clasificación del Huracán Catarina

Según la NOAA “*Un ciclón tropical es un sistema meteorológico de baja presión que gira y presenta tormentas eléctricas organizadas, pero carece de frentes (una frontera que separa dos masas de aire de diferente densidad). Los ciclones tropicales con vientos máximos sostenidos en superficie inferiores a 63 km/h (39 mph) se denominan depresiones tropicales. Aquellos con vientos máximos sostenidos de 63 km/h (39 mph) o superiores se denominan tormentas tropicales.*”

A pesar de que el fenómeno fue reconocido internacionalmente como el primer huracán del Atlántico Sur, su clasificación oficial ha sido motivo de debate dentro de la comunidad científica.

La NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), principal organismo estadounidense de observación meteorológica, utilizó el término huracán para describir a Catarina, basándose en su estructura simétrica, la presencia de un ojo bien definido y la intensidad de sus vientos, que alcanzaron valores equivalentes a un huracán de categoría 2 en la escala Saffir–Simpson.

Sin embargo, varios especialistas —tanto en Brasil como en otros países— han cuestionado esa denominación. Argumentan que el sistema no cumplía plenamente con todos los criterios tropicales clásicos, especialmente en sus etapas iniciales.

En sus primeras fases, Catarina mostraba características híbridas o subtropicales, con influencia de masas de aire frío y un origen vinculado a un sistema extratropical previo. Solo en los últimos días antes de tocar tierra adquirió un núcleo cálido bien definido, lo que genera dudas sobre si se trató de un huracán tropical puro o de un ciclón subtropical muy intenso.

Los críticos sostienen que la NOAA aplicó criterios diseñados para el Atlántico Norte, una región con dinámica atmosférica diferente, lo que podría haber llevado a una sobreclasificación del fenómeno. Además, señalan que el propio término “huracán” implica una continuidad histórica y geográfica en el hemisferio norte, por lo que su uso en el Atlántico Sur puede resultar confuso o inexacto desde el punto de vista climatológico.

Por otro lado, quienes defienden la decisión de la NOAA argumentan que la observación satelital y el análisis de datos meteorológicos demostraron sin lugar a dudas la existencia de un ojo bien estructurado, bandas espirales organizadas y vientos sostenidos superiores a los 150 km/h, cumpliendo los requisitos técnicos de un huracán tropical. Desde esta perspectiva, el uso del término sería correcto y justificado.

En síntesis, la controversia sobre la denominación de “huracán” refleja la complejidad de clasificar fenómenos atípicos en regiones donde no existen antecedentes claros. Más allá del debate terminológico, el caso de Catarina permitió poner a prueba los límites de las definiciones meteorológicas tradicionales y evidenció la necesidad de adaptar los sistemas de clasificación a las particularidades del Atlántico Sur.

¿Es posible que ocurra un evento similar a Catarina en Argentina?

Hay muchos factores a tener en cuenta para que ocurra un fenómeno de este tipo en nuestro país, lo que hace que sea altamente improbable, aunque no imposible en un futuro. Para comprenderlo, es necesario analizar las condiciones atmosféricas y oceanográficas que permitirían o no un desarrollo tropical.

1. Temperatura de mar:

Los ciclones tropicales necesitan temperaturas del mar superiores a 26–27 °C en una profundidad considerable. En las costas argentinas no se registran estos valores: incluso en verano, la costa bonaerense suele alcanzar solo 20–21 °C. En regiones del sur de Brasil y Uruguay pueden observarse temperaturas cercanas a las requeridas, pero solo en períodos muy breves y de forma ocasional.

Por lo tanto, el océano frente a Argentina no aporta el calor latente necesario para sostener un ciclón tropical.

2. Alta cizalladura vertical del viento:

En nuestra región predomina una cizalladura vertical elevada, asociada a la corriente en chorro subtropical y a las frecuentes perturbaciones frontales (los frentes meteorológicos). La cizalladura alta tiende a desorganizar la convección, impidiendo que se forme un núcleo cálido profundo, condición esencial para un ciclón tropical.

3. Ambiente baroclinico predominante:

El Atlántico sur frente a Argentina está dominado por sistemas frontales, gradientes térmicos marcados y ciclones extratropicales o híbridos. Este entorno

favorece el desarrollo de ciclones extratropicales, pero no la transición hacia un ciclón plenamente tropical.

Conclusión

En nuestra región pueden formarse ciclones extratropicales e incluso sistemas subtropicales ocasionalmente, los cuales son fundamentales para los pronósticos y la navegación. Sin embargo, es muy poco probable que un ciclón tropical se forme en nuestras costas bajo las condiciones climáticas actuales. No se puede descartar que, en el futuro debido a posibles cambios climáticos, esta probabilidad aumente ligeramente, aunque seguiría siendo extremadamente baja debido a la dinámica atmosférica regional.

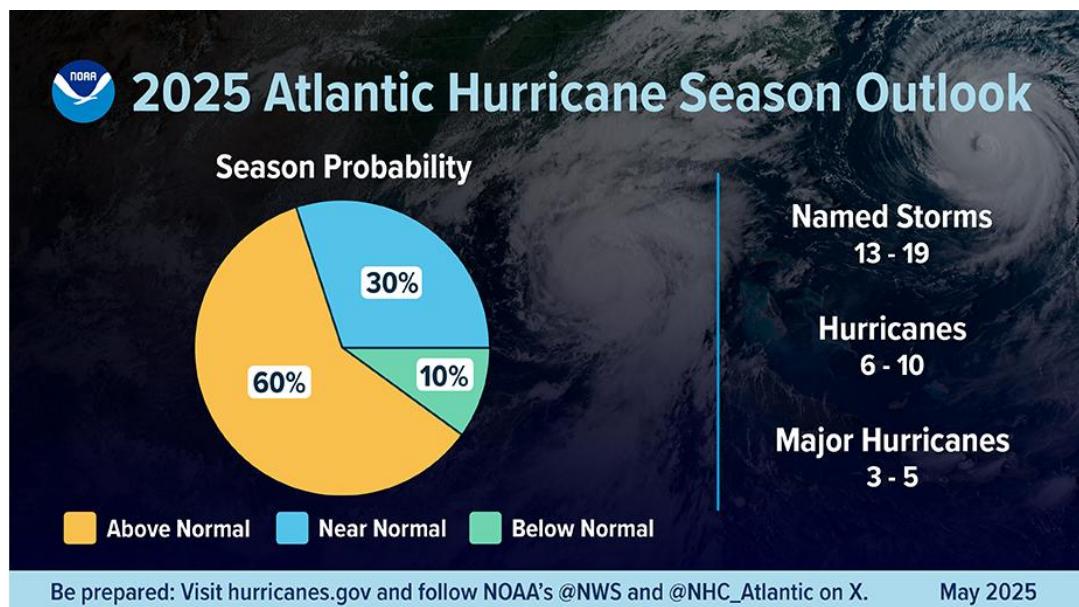


Fig. 12. NOAA (2025) *Temporada de huracanes del Atlántico de 2025.*¹²

¹² Disponible: <https://www.aoml.noaa.gov/es/2025-atlantic-hurricane-season-outlook/>

BIBLIOGRAFÍA

- Analysis of Hurricane Catarina (2004). Mc Taggart-Cowan et al., MWR, 2006.
- McTaggart-Cowan, R., Evans, J. L., Heywood, K., Alexander, P., & Malik, U. (2006). Analysis of Hurricane Catarina (2004). Monthly Weather Review, 134(11), 3060-3081.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) <https://www.nasa.gov/es/>.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <https://www.noaa.gov>.
- The rare case of Hurricane Catarina (2004) over the South Atlantic Ocean: The origin of its precipitation through a Lagrangian approach.