



Creado: 30/10/22
Modificado: -

Meteorología Aeronáutica

Unidad 1



Juan Martín Del Oso

Bach. Univ. En Cs. de la Atmósfera (UBA)

Experiencia

- ✓ Jefe de la Oficina de Pronósticos de la I Brigada Aérea El Palomar (FAA)
- ✓ Pronosticador principal (SMN)
- ✓ Consultor y Docente en Meteorología
- ✓ Miembro del Centro Argentino de Meteorólogos (CAM)



Objetivos

- ✓ Que el alumno comprenda y reconozca la diferencia entre tiempo y clima.
- ✓ Que el alumno entienda y se familiarice con las distintas escalas de la meteorología.
- ✓ Que el alumno comprenda el impacto de los fenómenos de gran escala.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY



Temario

Diferencia entre tiempo y clima

El motor de la atmósfera

Fenómenos de gran escala

Variables meteorológicas

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- La meteorología, ¿Tiempo o Clima?

Según la definición de la Guía de Prácticas Climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial, la climatología consiste en el estudio del clima, sus variaciones y extremos y su influencia en varias actividades, sobre todo (aunque no exclusivamente) en los ámbitos de la salud, la seguridad y el bienestar humanos.

A su vez, se entiende por clima las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y a un período de tiempo determinados.

Es conveniente tener presente la diferencia entre tiempo y clima: el tiempo es el estado atmosférico en un momento y lugar concretos, tiene por tanto un carácter instantáneo, mientras que el clima hace referencia al estado medio del tiempo, así como sus variaciones y extremos, en un lugar y un periodo de tiempo determinados.

NOTAS

ISEAP

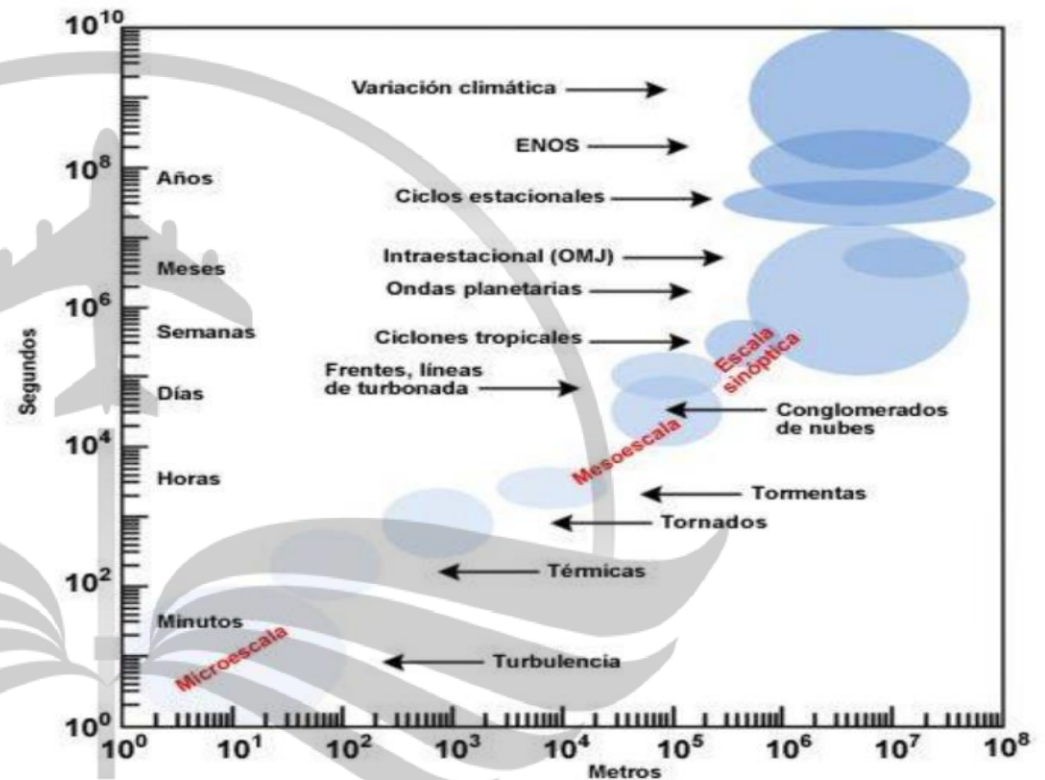
AERONAUTICAL ACADEMY

• La meteorología, Escalas

Medida y clasificación de las dimensiones espaciales y temporales de los fenómenos meteorológicos.

Existen multitud de escalas.

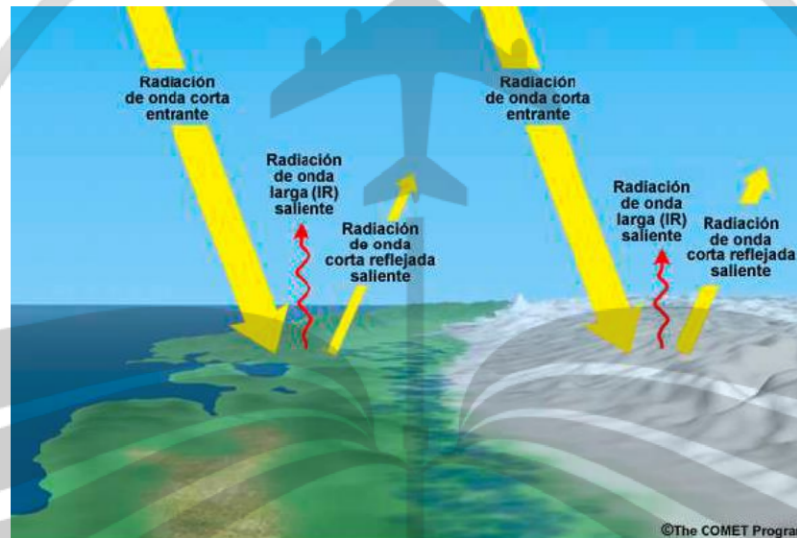
La más usada es la de Orlanski, con sus distintas variantes, que divide a los fenómenos en macroescala (por ejemplo, un sistema de baja presión o un anticiclón), mesoescala (una tormenta) y microescala (un torbellino).



NOTAS

- El motor de la atmósfera

Existen muchos modelos de balance energético, con mayor o menor grado de complejidad, pero la esencia es que existe un equilibrio.



NOTAS

Figura 1. Balance simplificado de radiación. Fuente módulos COMET

- El motor de la atmósfera

La composición de la atmósfera terrestre y los flujos de energía entrantes, salientes e internos a ella son los principales factores que controlan el clima terrestre. Con una aproximación de primer orden, el clima terrestre se halla en un estado estacionario, de modo que todos los flujos energéticos del sistema están en equilibrio. Los forzamientos internos o externos al sistema pueden perturbar este balance energético y conducir a cambios climáticos.

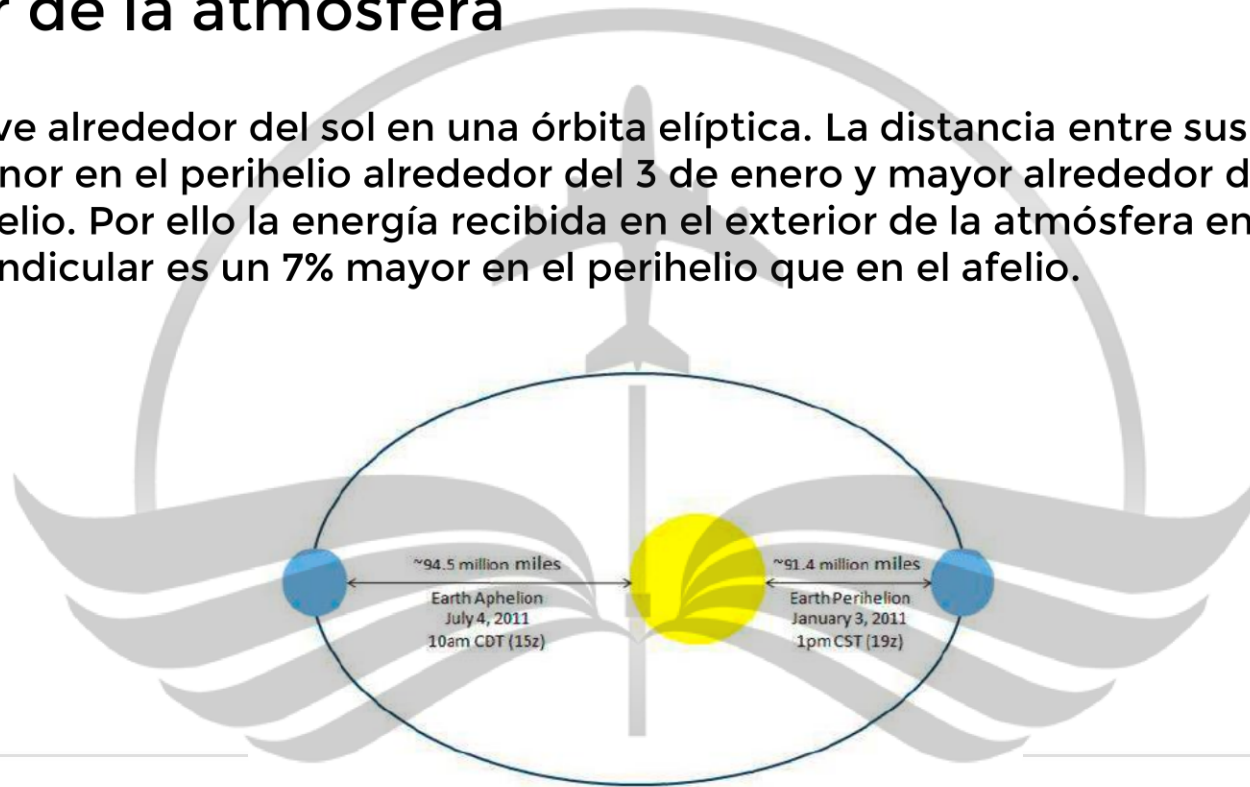
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- El motor de la atmósfera

La tierra se mueve alrededor del sol en una órbita elíptica. La distancia entre sus centros varía, siendo menor en el perihelio alrededor del 3 de enero y mayor alrededor de seis meses después en el afelio. Por ello la energía recibida en el exterior de la atmósfera en una superficie perpendicular es un 7% mayor en el perihelio que en el afelio.



NOTAS

Fig. 2. Perihelio y Afelio en el año 2011. Fuente NOAA-NWS.

- El motor de la atmósfera

Otro factor fundamental a tener en cuenta es la inclinación del eje norte-sur de la Tierra en su órbita alrededor del sol, definida por el plano de la eclíptica. Esta oblicuidad o ángulo entre el ecuador terrestre y el plano de la eclíptica, varía desde $24,5^\circ$ hasta $22,1^\circ$ con un periodo de 41000 años, actualmente su valor es $23,5^\circ$. Esta inclinación del eje norte-sur, da lugar a que los rayos solares incidan con diferente inclinación sobre los paralelos, dando lugar a las estaciones astronómicas. Por ello, la latitud es un factor climático fundamental a la hora de determinar la radiación solar recibida en un lugar.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- El motor de la atmósfera

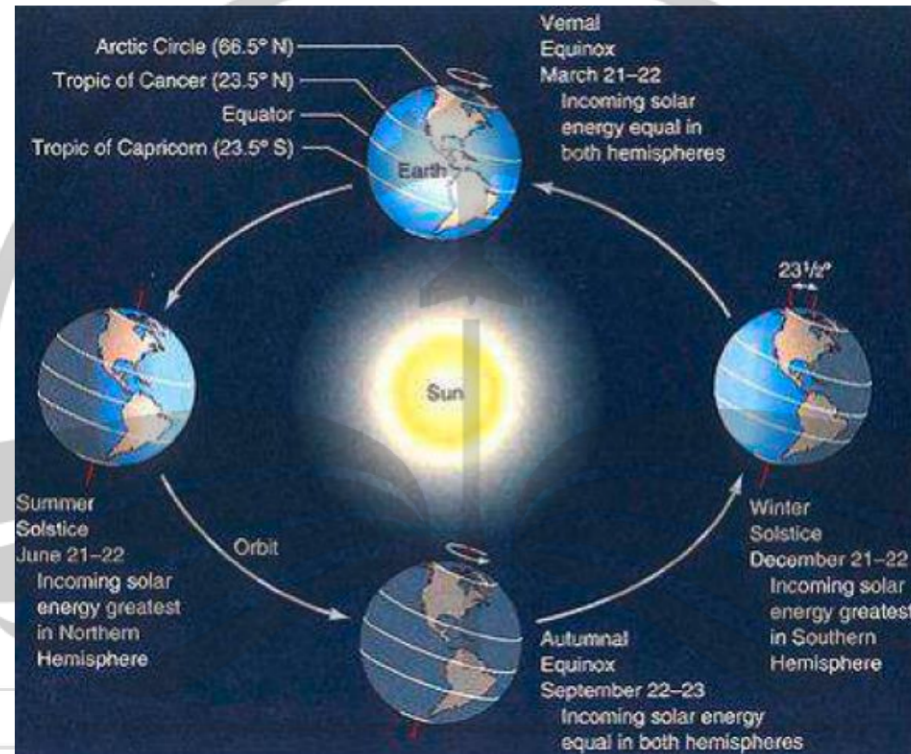
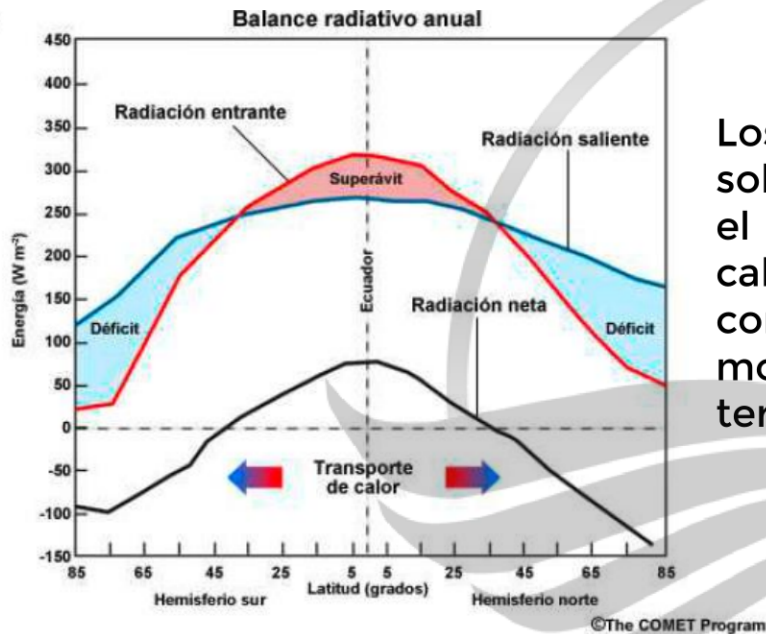


Fig. 4. Estaciones astronómicas. Fuente NOAA-NASA.

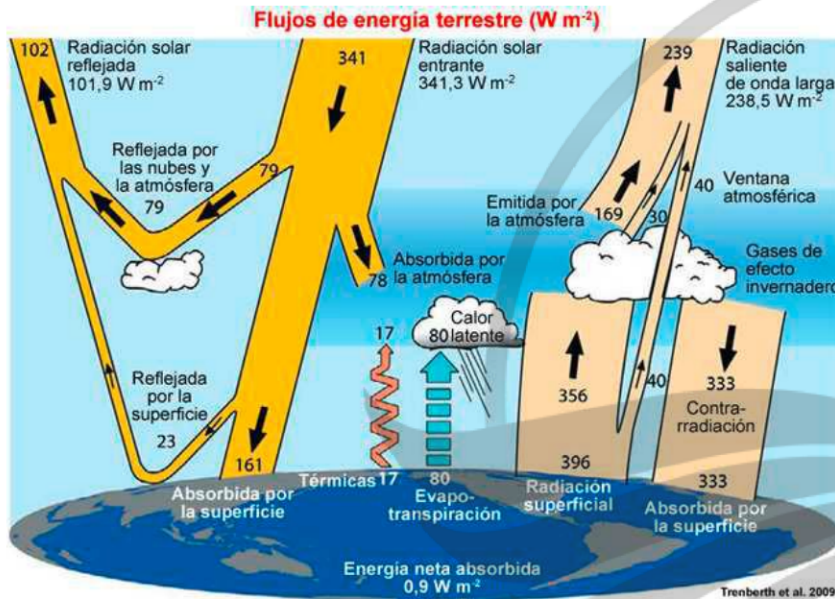
NOTAS

- El motor de la atmósfera



Los movimientos de los fluidos en el sistema terrestre, sobre todo en el océano y en la atmósfera, compensan el desequilibrio radiativo que existe entre el ecuador caliente y los polos fríos. Por lo tanto, resulta apropiado considerar el movimiento del fluido en términos de un motor térmico que ayuda a equilibrar el sistema terrestre.

• El motor de la atmósfera



La atmósfera es transparente a gran parte de la radiación solar, ya que sólo absorbe un 20 % de ella, mientras la superficie terrestre absorbe la mayor parte de la radiación solar incidente. En promedio, entre la atmósfera y la superficie terrestre, se absorbe el 70 % de la radiación solar que penetra el límite superior de la atmósfera.

La superficie calienta la atmósfera desde abajo a través de emisiones de radiación de onda larga y de calor sensible (convección seca y conducción), y la liberación de calor latente en los procesos de evaporación y convección húmeda

NOTAS

- Fenómenos de gran escala

Como hemos visto antes, los movimientos de los fluidos en el sistema terrestre, sobre todo en el océano y en la atmósfera, compensan el desequilibrio radiativo que existe entre el ecuador y los polos, y el impulso que pone en marcha el motor térmico del sistema terrestre proviene de las latitudes tropicales.

El superávit de calor en los trópicos y el enfriamiento neto que ocurre en los polos crean un gradiente horizontal de temperatura en la atmósfera. Los gradientes horizontales de presión que resultan de esta situación son los que producen el movimiento de la atmósfera y los consiguientes transportes de calor. Partiendo de este punto de vista, la circulación ha de consistir esencialmente en un gran sistema convectivo térmico.

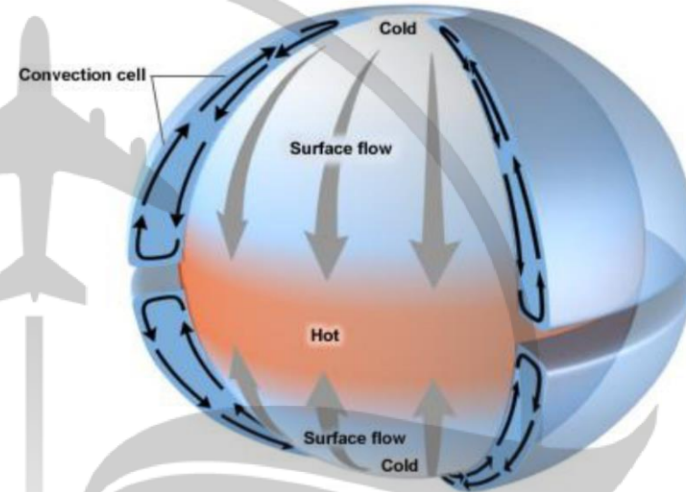
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Fenómenos de gran escala

Las primeras teorías de la circulación general de la atmósfera eran excesivamente simples e imaginaban una esfera de superficie homogénea, inmóvil, sobre la cual descansa una atmósfera privada de vapor de agua y sometida a un calentamiento uniforme en la zona ecuatorial. En tales condiciones se produciría una ascendencia vertical sobre dicha zona ecuatorial y un descenso también vertical sobre los casquetes polares. La circulación se cerraría por corrientes meridianas, una junto a la superficie, dirigida de los polos al ecuador, y otra en altura, dirigida del ecuador a los polos.

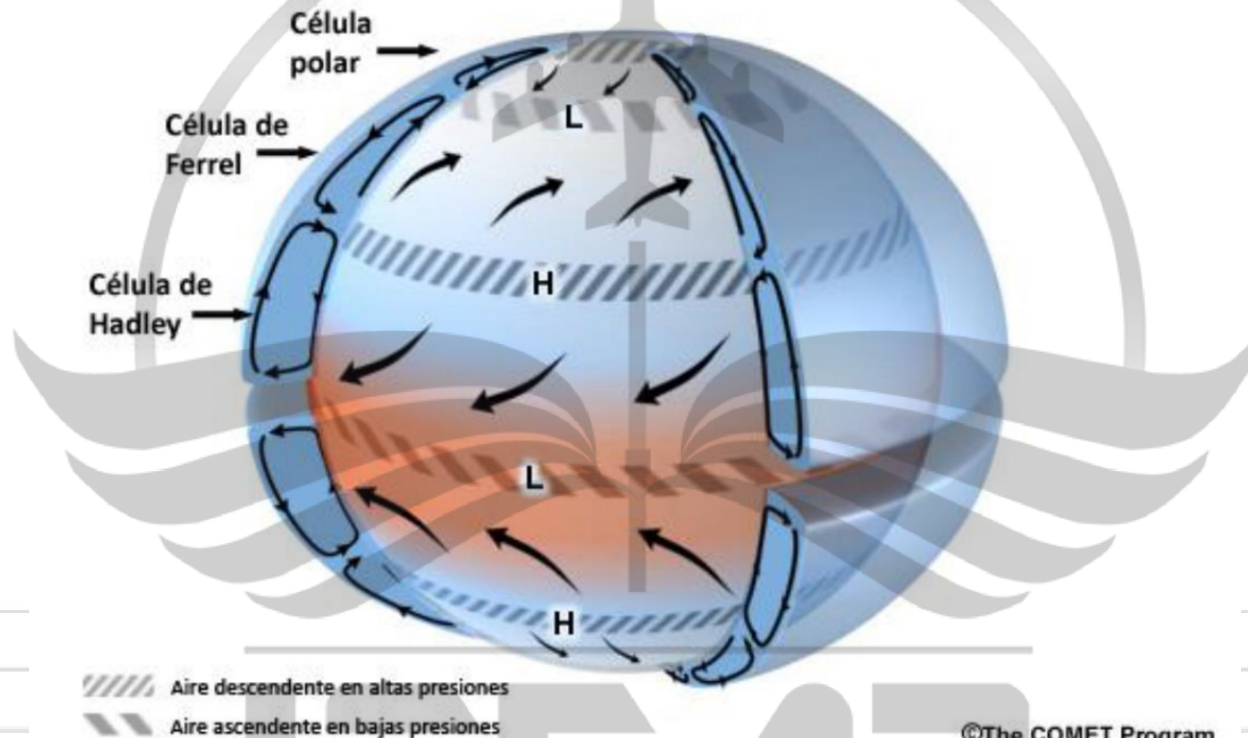


©The COMET Program

Circulación esquemática en un planeta uniforme e inmóvil. The COMET Program

NOTAS

- Fenómenos de gran escala



©The COMET Program

NOTAS

- **Fenómenos de gran escala**

La circulación general es el mecanismo mediante el cual son redistribuidos la energía, el momento angular y el vapor de agua para asegurar que el régimen climatológico sea estacionario.

En cuanto las partículas de aire levantadas en la zona ecuatorial inician su marcha hacia los polos en capas medias y altas de la atmósfera, empieza la acción desviadora de la fuerza de Coriolis, cuya intensidad va aumentando a medida que la partícula gana en latitud. Desde este momento el viento ve cortado su acceso hacia el polo, con lo que resulta una acumulación de aire, es decir, un aumento de la presión, que se puede interpretar como la razón primaria de las zonas anticiclónicas subtropicales.

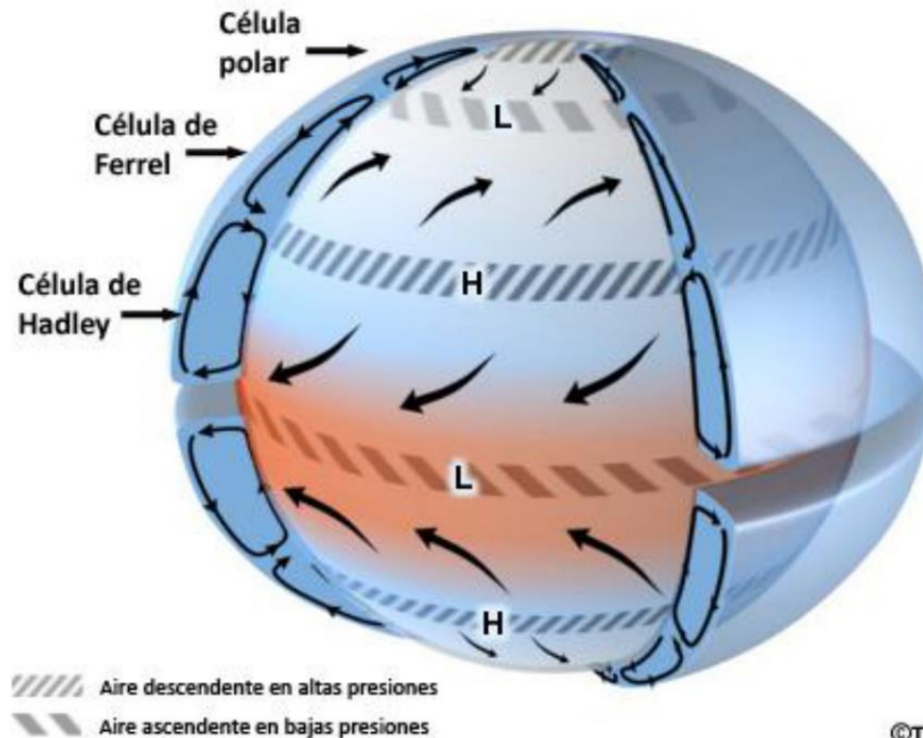
Para evitar que la acumulación de aire en estas zonas subtropicales continúe indefinidamente, en el seno del anticiclón formado se ha de llegar a un equilibrio dinámico, asegurado por la subsidencia primero y la divergencia en niveles bajos después, divergencia en dos sentidos, con una rama hacia el ecuador y otra hacia el polo.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Fenómenos de gran escala

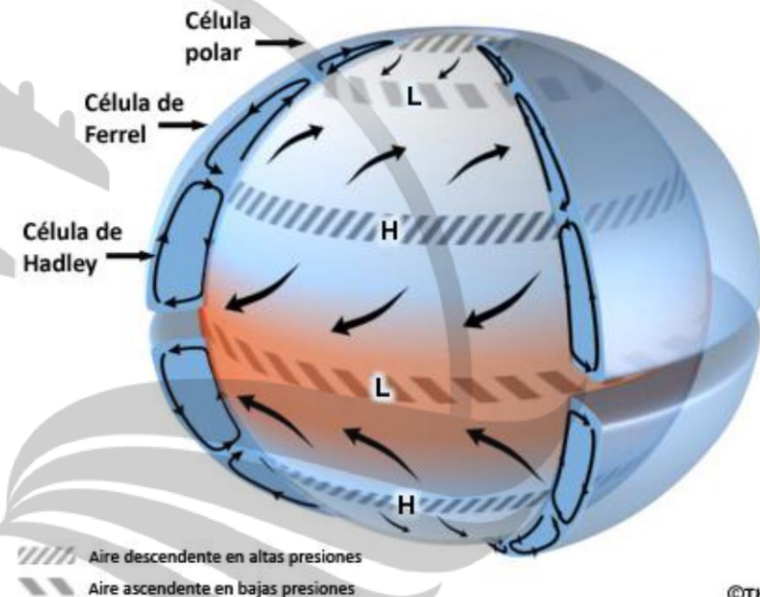


©The COMET Program

NOTAS

• Fenómenos de gran escala

La **primera rama** va a cerrar de forma parcial el circuito inicial, y al verse también sometida a los efectos de la fuerza de Coriolis, se va inclinando cada vez más hacia el E, de acuerdo con el esquema experimental de los alisios y la corriente ecuatorial del este. Con esta primera aproximación quedaría constituida una primera célula cerrada entre el ecuador y las zonas subtropicales (aproximadamente $\pm 30^\circ$) denominada **célula de Hadley**, en honor a George Hadley, quien, en 1735 propuso que el exceso de radiación en los trópicos daría lugar a un movimiento hacia arriba y la correspondiente subsidencia en los polos.



©The COMET Program

- **Fenómenos de gran escala**

La **segunda rama** del flujo sigue su camino hacia el polo en capas bajas, con giro creciente hacia el oeste, tendiendo a acumularse el aire hacia la latitud de 60° en los niveles bajos, al contrario de lo que ocurría en la latitud de 30° , donde la acumulación se producía en los niveles altos. Esta convergencia horizontal genera una ascendencia de origen dinámico, y a su vez una divergencia en altura. Una parte del flujo divergente se ve obligada a dirigirse hacia el ecuador cerrando el circuito, mientras que otra parte emprende la marcha hacia el polo en capas altas.

Esta vez las corrientes consiguen llegar hasta el polo, donde se producen convergencias en capas altas, una fuerte subsidencia polar y una divergencia en capas bajas que asegura el cierre del último sistema circulatorio.

La célula de latitudes medias, denominada **célula de Ferrel**, en honor a William Ferrel, quien entre 1856 y 1861, propuso que las células de circulación de latitudes medias con predominio de vientos del oeste estaban originadas por el desvío del viento provocado por la fuerza de Coriolis, y la **célula polar**.

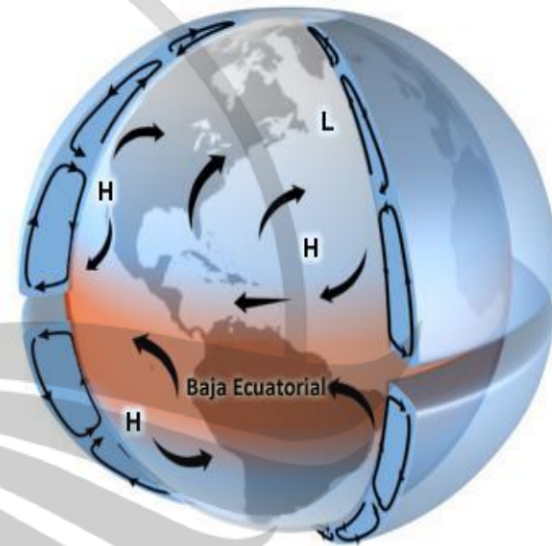
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

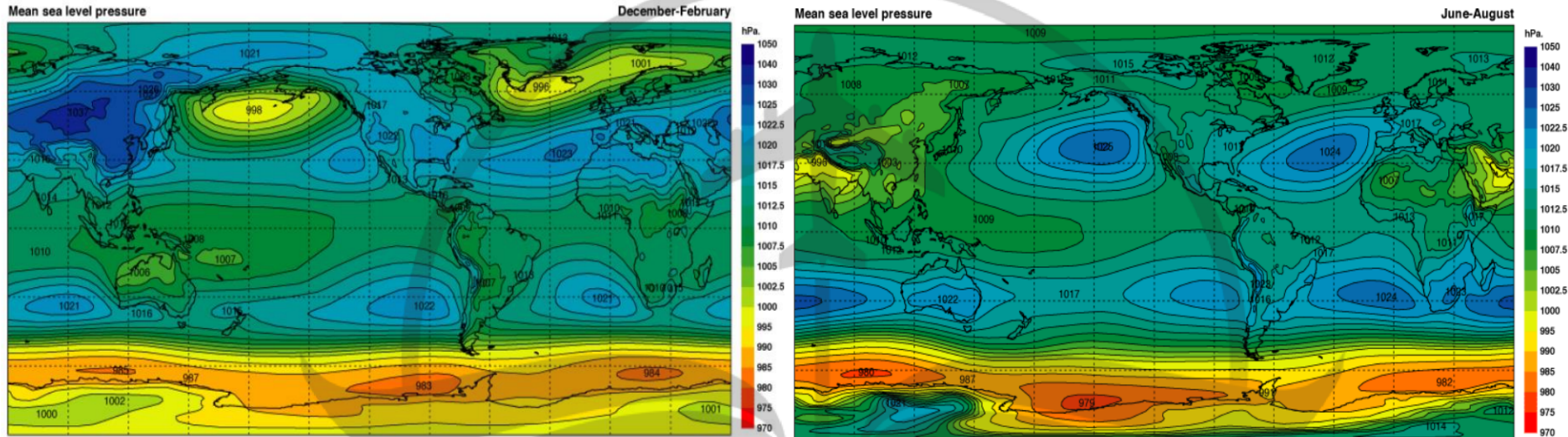
• Fenómenos de gran escala

Pero aunque este esquema se acerca más a las observaciones, hemos dejado fuera un factor muy importante de la realidad: la distribución de tierras y mares. La presencia de continentes y océanos produce gradientes de temperatura con un componente más o menos importante en dirección de los paralelos, lo que produce desviaciones esenciales en la distribución inicial del flujo (ver imagen inferior). La más aparente procede de la interrupción del cinturón subtropical de altas presiones sobre los continentes, como consecuencia de las depresiones de origen térmico que en ellos se forma. Así resultan anticiclones cerrados sobre los océanos en vez de la cinta anticiclónica continua en el supuesto de no existir continentes.



©The COMET Program

• Fenómenos de gran escala



De su observación pueden deducirse una serie de rasgos generales:

- ✓ Una tendencia a la zonalidad en la situación de las áreas de altas y bajas presiones, con zona de bajas en el Ecuador y altas presiones en las latitudes medias.
- ✓ Las diversas franjas de presión sufren un balanceo estacional, con desplazamiento hacia el norte de la zona de convergencia intertropical en julio y hacia el sur en enero.

• Fenómenos de gran escala

De su observación pueden deducirse una serie de rasgos generales:

- ✓ Una tendencia a la zonalidad en la situación de las áreas de altas y bajas presiones, con zona de bajas en el Ecuador y altas presiones en las latitudes medias.
- ✓ Las diversas franjas de presión sufren un balanceo estacional, con desplazamiento hacia el norte de la zona de convergencia intertropical en julio y hacia el sur en enero.

Este modelo zonal queda alterado por la distribución de los océanos y continentes. En verano los continentes se calientan y son ocupados por bajas presiones térmicas, mientras que durante el invierno la presencia de aire pesado y frío es la causa de la existencia de altas presiones. En el continente asiático se observan con facilidad esos grandes contrastes térmicos verano-invierno, de forma que en el periodo estival, las altas temperaturas y las bajas presiones dominan hasta prácticamente el polo norte. En invierno se observa la situación contraria.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Fenómenos de gran escala

En el hemisferio sur, los contrastes de presión entre tierras y mares son menos marcados, debido al inferior porcentaje de tierras emergidas.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- **Fenómenos de gran escala**

Los océanos del mundo están en constante movimiento y las corrientes mueven enormes cantidades de agua a todas las profundidades. En el océano abierto, lejos de los efectos de tierra firme, las corrientes están sometidas principalmente a dos mecanismos de forzamiento: el viento y los gradientes de densidad. El viento es el elemento primario que impulsa las corrientes oceánicas superficiales, mientras los gradientes de densidad impulsan las corrientes profundas.

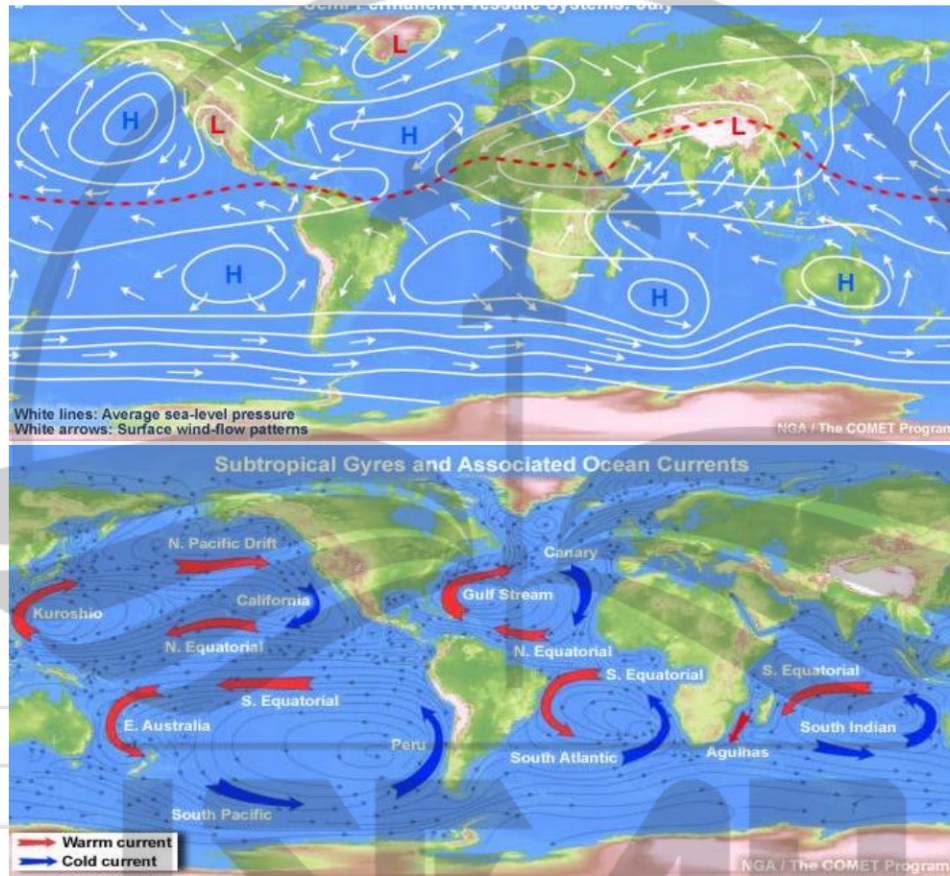
La influencia de la atmósfera sobre el océano se traduce principalmente en el movimiento de las aguas superficiales: olas y corrientes. Así, la circulación general atmosférica es considerada como la causa principal de las corrientes oceánicas de superficie, como podemos confirmar si observamos la similitud existente entre la distribución de las corrientes oceánicas (imagen de abajo) y los sistemas atmosféricos de presión y viento (imagen de arriba).

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Fenómenos de gran escala



NOTAS

- **Fenómenos de gran escala**

El fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) constituye el ejemplo más destacado de la huella del intercambio energético entre los océanos y la atmósfera: El Niño constituye la componente oceánica y la Oscilación del Sur la componente atmosférica. El ciclo ENOS es un proceso oceánico-atmosférico acoplado, causado por las redistribuciones recurrentes del calor y de la cantidad de movimiento atmosférico en el sector este del Pacífico ecuatorial.

La distribución zonal del calentamiento de la superficie tropical, tanto continental como oceánica, genera un patrón de circulación zonal conocido como circulación de Walker. ENOS distorsiona este patrón y provoca cambios importantes en los patrones de lluvia y convección profunda de las regiones tropicales, alterando las circulaciones atmosféricas y el clima en casi todo el mundo. Las fases extremas de ENOS, denominadas El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría), abarcan una amplia gama de condiciones climáticas.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Fenómenos de gran escala

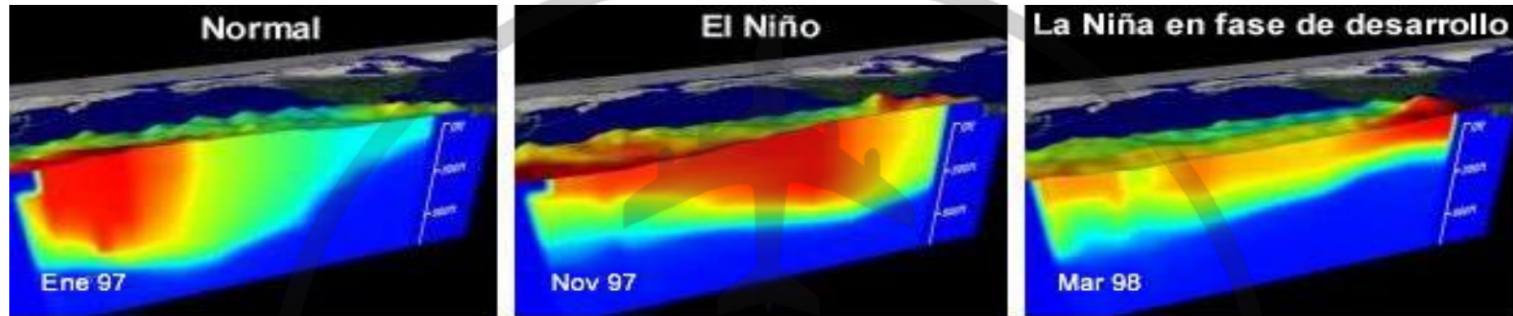
ENOS exhibe un ciclo irregular con frecuencia variable entre dos y siete años, abarca un área de gran extensión (todo el Pacífico tropical) y sus impactos son de alcance global. ENOS se caracteriza por el debilitamiento de los alisios y el calentamiento de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial, conocida desde antiguo como El Niño, que proviene del uso local en las costas de Perú y Ecuador de referirse a la aparición de aguas anormalmente cálidas cerca de la época navideña. En estas zonas, se había observado que en determinados años el calentamiento era más intenso que en otros y empeoraba la pesca local. Hoy reconocemos que este fenómeno local forma parte de un evento climático global. Los episodios de El Niño suelen durar entre 9 y 15 meses. La Niña, que hace referencia a la fase anormalmente fría, está asociada con vientos alisios más intensos de lo normal y TSM anormalmente frías. En promedio, La Niña es una anomalía menos extrema que El Niño, pero tiende a durar más tiempo, entre uno y tres años. Las transiciones de La Niña a El Niño ocurren mucho más lentamente que las transiciones de El Niño a La Niña. Casi todas estas últimas se producen en espacio de un año.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Fenómenos de gran escala



NOAA/PMEL

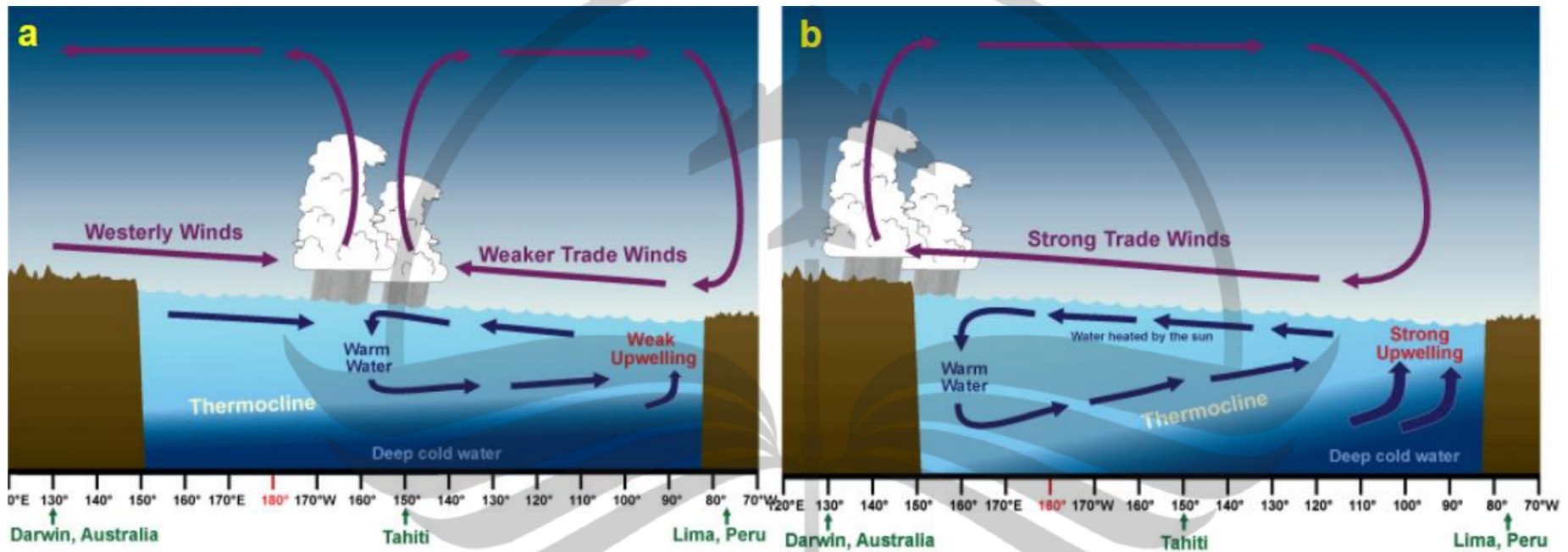
La Oscilación del Sur es la componente atmosférica de ENSO, que ocurre en concierto con El Niño y supone un aumento en las diferencias de presión a un lado y otro del Pacífico ecuatorial con la consiguiente alteración del patrón normal de la circulación de Walker. No está claro si El Niño provoca la Oscilación del Sur o viceversa, pues son fenómenos acoplados, pero sí sabemos que la observación de una anomalía en uno de estos fenómenos propicia la llegada del otro.

NOTAS

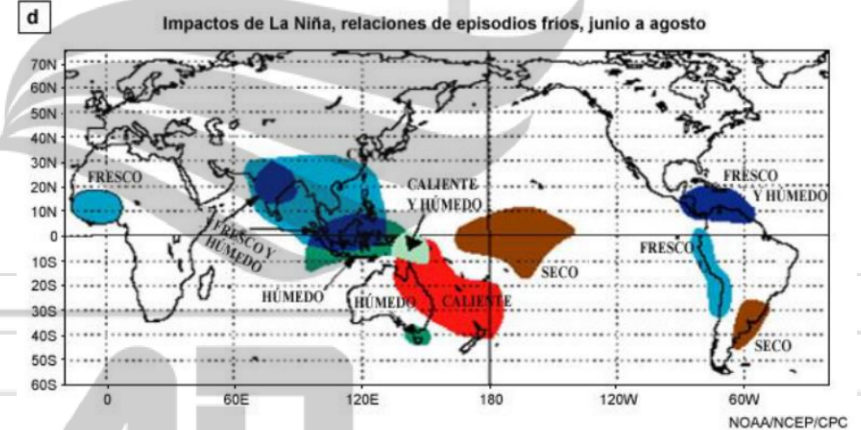
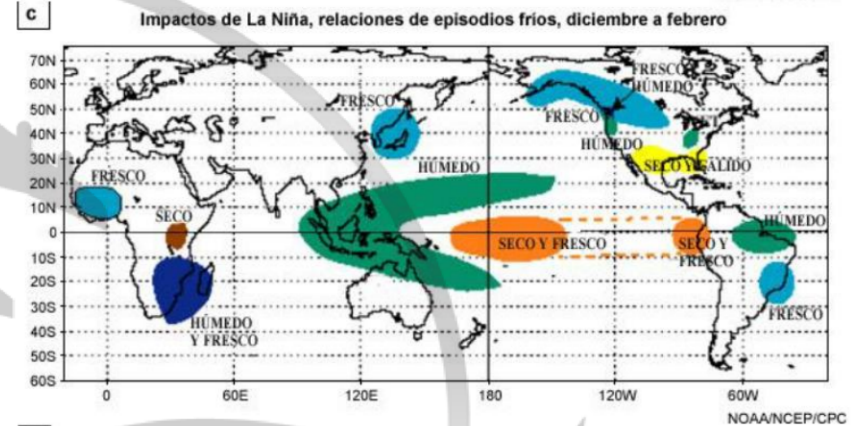
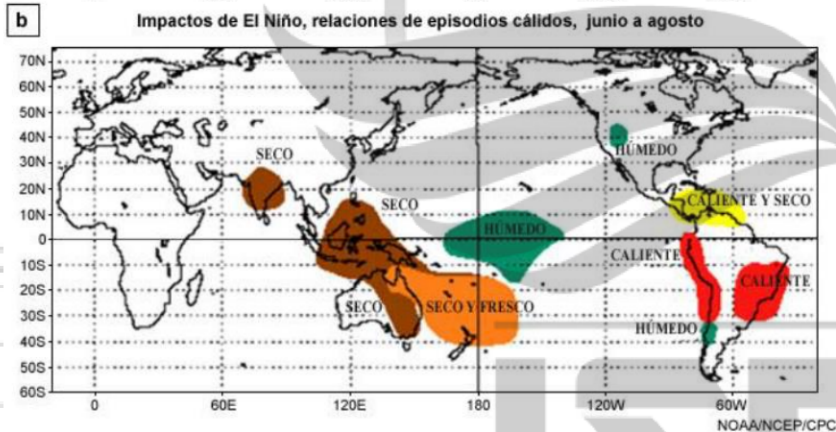
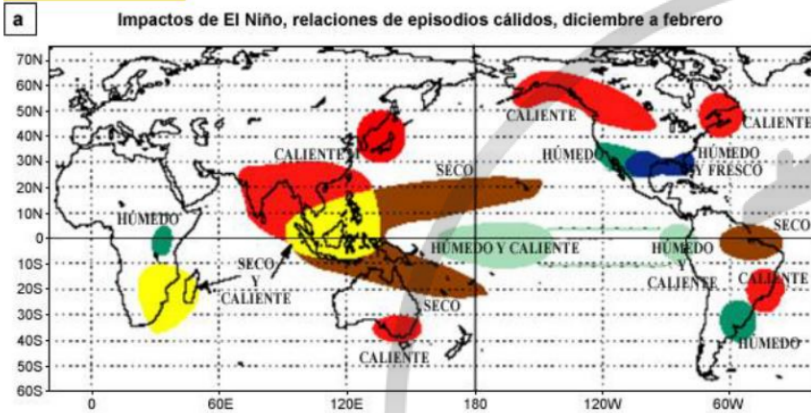
ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Fenómenos de gran escala



Fenómenos de gran escala





¿Preguntas?

Juan Martín Del Oso

juanmartindeloso@gmail.com