



CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA



Profesora Responsable
Dra. Elcia Brito

Indice

Objetivos	3	Contaminación atmosférica	400
Cronograma	4	Introducción	400
Introducción a la meteorología y climatología	5	Efecto invernadero	425
nubosidad	28	Ozono estratosférico	452
Origen y evolución de la atmosfera	95	Ozono troposférico	464
Composición química de la atmosfera actual	110	Material Particulado atmosférico	476
Estructura de la atmosfera actual	114	Lluvia acida	490
Propiedades de la atmosfera	138	Calidad del aire Indoor	503
Presión atmosférica	140	Clasificación Climática	509
Viento	176	Clasificación de Strahler	513
Circulación Global	194	Clasificación de Koppen	525
Monzones	195	Tareas de aplicación de clasificación climática	582
Ciclones tropicales	205	Referencias	588
Huracanes en México	222		
Tornados	251		
Ciclones y anticiclones	265		
Niño y Niña	268		
Circulación Local	292		
Vientos de Montaña y de valle	292		
Brisas, Foelh, Mistral, Santa Ana, Bora	294		
Vientos predominantes de la Republica mexicana	301		
Temperatura , Calor, Humedad d relativa, del aire precipitación (Isla Calórica, frentes , inversiones, nubosidad)	341		

Objetivo general

Adquirir los conocimientos básicos necesarios para que pueda interpretar, analizar y distinguir los fenómenos meteorológicos y características climáticas.

Al final del curso el alumno deberá ser capaz de reconocer

Las características de la atmósfera

La dinámica dos procesos atmosféricos

Generalidades para pronosticar el tiempo

Los principales sistemas de clasificación meteorológicos y climas

Generalizaciones sobre la contaminación atmosférica

Enero, Febrero y Marzo
O
Agosto y Septiembre

Introducción a la Meteorología
Elementos y factores del Clima
La atmosfera terrestre

primero parcial (1/10)

Marzo /Abril
O
Octubre

El tiempo
Contaminación atmosférica

segundo parcial (1/10)

Mayo
O
Noviembre

Sistema de clasificación climática (Strayer y Kopen)
El clima mundial y del México

seminarios de clima (2) cada uno vale 5 (para que la suma sea 10)

participación

4 seminarios científicos
4 - 3 repórter



la suma sea 10

Suma del 1 + 2 examen + promedio de sem. de clima + promedio de la participación

Tercero parcial (TODA MATERIA)

UNICAMENTE PARA LOS ALUMNOS CON PROMEDIO FINAL MENOR QUE 7

1. Introducción

Conceptos/definiciones

Meteorología

Climatología

Clima

Tiempo

Elementos y factores del clima

Valores máximos de los elementos del clima

Observaciones meteorológicas

La **meteorología** es la ciencia que estudia la atmósfera

El clima y El Tiempo

los fenómenos físicos,
químicos y
dinámicos da atmósfera

(Fuente: <http://www.canalmar.com/diccionario>)

La meteorología tiene como finalidad la previsión (pronóstico) del tiempo.

La **climatología** es la rama de la meteorología que estudia el **CLIMA** basado en la **física experimental** y en la **geografía**.

La climatología se basa en la **adquisición de datos**, sobretodo sobre en la totalidad de los fenómenos que ocurren en el curso de **muchos años** en un **lugar determinado**.

La climatología busca **explicar los efectos** que las condiciones astronómicas, geográficas y meteorológicas puedan producir en los elementos climáticos

El Clima

Estado promedio del tiempo de un lugar determinado, es decir,

...

...

es la **suma total de las condiciones atmosféricas** que hacen un lugar de la superficie terrestre más o menos habitable para los seres humanos, animales y plantas.

**El tiempo cambia pero el
Clima se mantiene constante**

Relación entre los elementos y los factores del clima

Los Elementos del Clima

Radiación,
Calor,
Presión,
Viento y
Humedad de la atmosfera

Temperatura promedio de la atmosfera;
su oscilación periódica anual y diaria,
sus máximas y mínimas

Fenómenos químicos, ópticos, acústicos y eléctricos

Relación entre los elementos y los factores del clima

Los Factores del Clima → modificadores del clima

La latitud,

Altitud,

Inclinación del suelo en relación al horizonte,

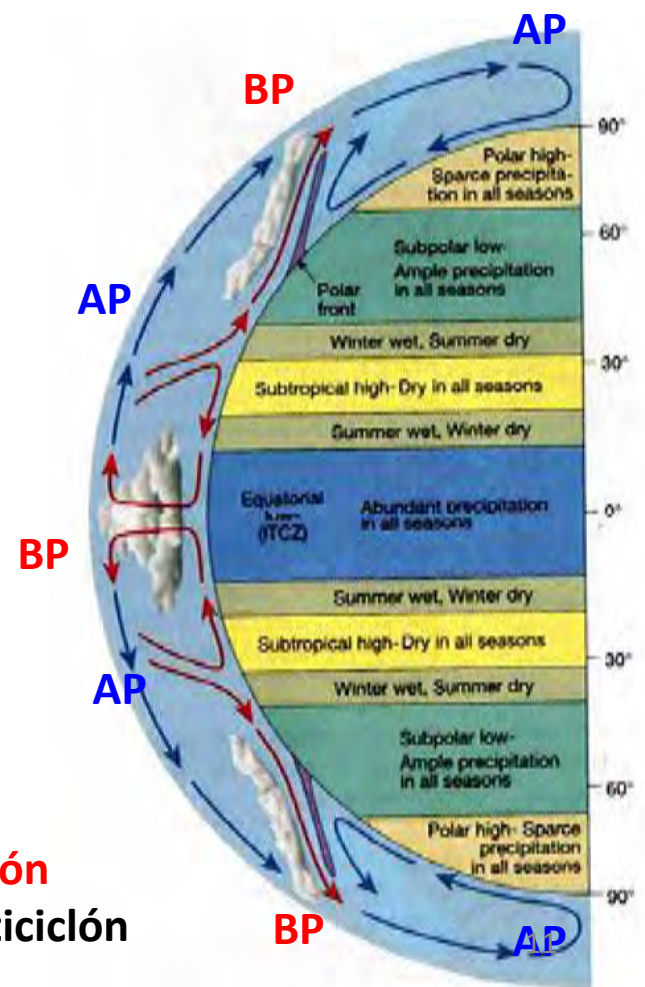
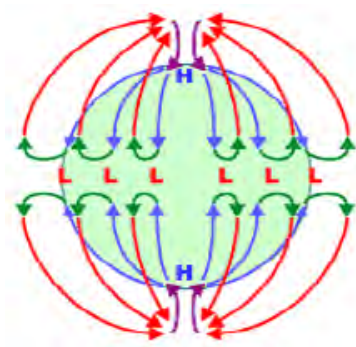
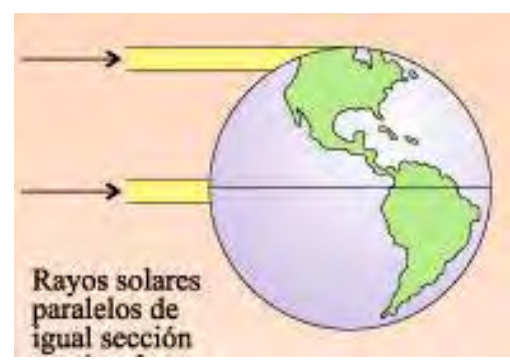
Tipo de cobertura de la superficie

si es sólida o líquida,

con plantas, nieve o hielo

Relación entre los elementos y los factores del clima

¿Existe relación entre el eje terrestre y la inclinación del horizonte?



Debido a la rotación terrestre, todos los movimientos horizontales dentro de la atmosfera están sujetos a una desviación que depende la latitud geográfica, pudiendo levar a formación de ciclones,

BP=Ciclón
AP=Anticiclón

Pares de los elementos del clima

Ejercen entre si una influencia recíproca en mayor o menor escala

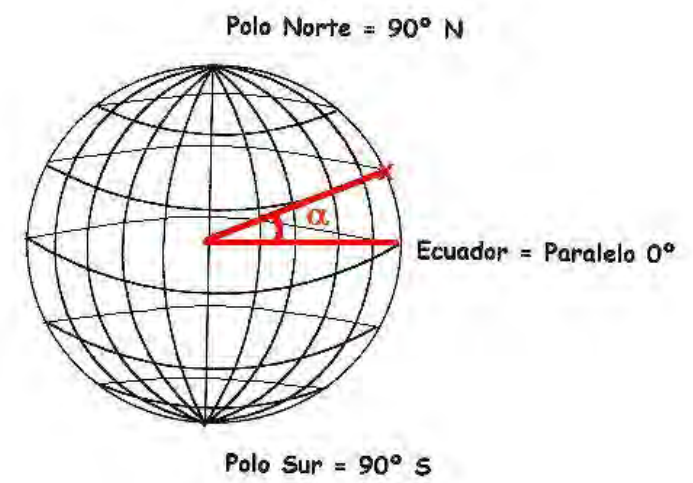
Nubes y temperaturas

Dirección del viento y temperatura

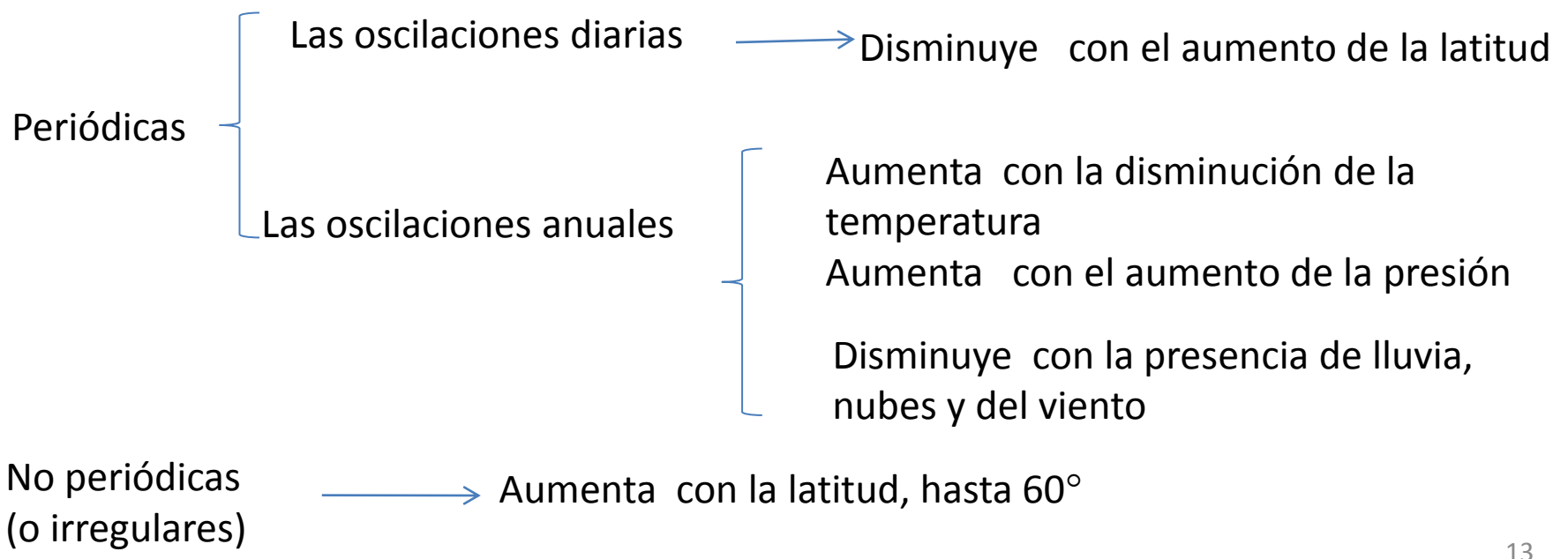
Dirección del viento y lluvia

Oscilaciones de los Elementos del Clima

Son mayores sobre los continentes
Disminuye con el aumento de la latitud



(<http://personales.ya.com/isaacbuzo/geografia/latitud.jpg>)



Oscilaciones de los elementos del clima

Medidas de la oscilación (a partir de varias mediciones)

Valores medianos, máximos y mínimos → durante todo año

Verificación de los desvíos del promedio (diario, mensual y anual)

Verificación de diferencias medias entre dos medidas realizadas en un periodo no mayor que 24h

Valores máximos y mínimos observados de algunos de los elementos del clima

	Mínima	Máxima
Temperatura	- 70°C (Siberia)	52 -57 °C (desiertos del Sahara, de India y de Colorado)
Humedad Relativa del Aire	6 % (en algunos Valles Alpinos, en Europa)	100 % (es común)
Velocidad del viento	Varia entre 0-50 m/s; Vientos moderados (6-8 m/s) huracán (30 m/s)	

Las observaciones meteorológicas

*Deben ser : Puntual y cuidadosa,
de acuerdo con reglas internacionales
ser continua y
durante largos años*

1) Puntualidad y credibilidad

Deben mantenerse estrictamente las horas escogidas para las observaciones y deben anotarse con todo cuidado los atrasos que se presente tener un observador suplente.

Nunca llenar con valores hipotéticas, déjese el lugar en blanco

Las observaciones meteorológicas

2) Las anotaciones del diario de observación

Poner título y subtítulos del registro diario.

Empiécese el registro diario con algunos datos sobre:
el lugar de observación,
la clase del instrumento utilizado y su colocación,
y anótese cualquier cambio que haya con respecto a estos datos.

2.1) la instrumentación

Averiguar los **errores instrumentales**, comparando con tablas de corrección correspondiente y comprobar su **exactitud**.

Los barómetros deben ser calibrados a cada año.

Las observaciones meteorológicas

3) La localización de los instrumentos

Los instrumentos deben estar situados en un lugar lo más aislado posible,
expuesto al movimiento del aire y
no sometido a las influencias de los alrededores

3.1) Observaciones comparables hechas en lugares vecinos diferentes

Dentro y fuera de una ciudad o de un bosque,
En la cumbre de un cerro,
En su ladera,
En el valle al pie de una elevación etc.

Las observaciones meteorológicas

4) Organización de las observaciones

Escoger horas de observación que sean comparables con otra estación meteorológica vecina, a fin de obtener materiales para estudios comparativos.

↳ Normalmente se escoge hacer las determinaciones a las **7, 14 y 21** horas cuando es para fin meteorológico.

5) Recomendaciones finales

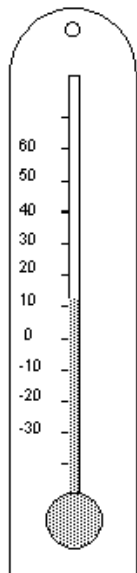
Afiliarse a una red de estación meteorológica ya existente y colaborar con este (pedir instrumentos y instrucciones, y lo emitir sus observaciones mensuales)

Las observaciones meteorológicas

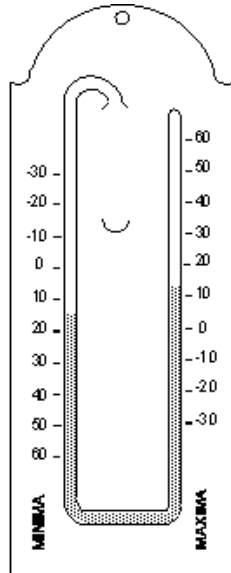
Temperatura

El termómetro debe estar protegido contra la **lluvia**, del **sol directo** y de la **radiación** de objetos más calientes o más fríos que el aire;

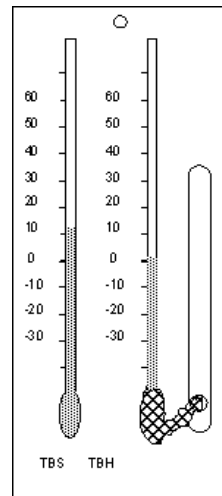
Debe de estar **lo más expuesto** que pueda al movimiento del aire y debe estar rodeado por este.



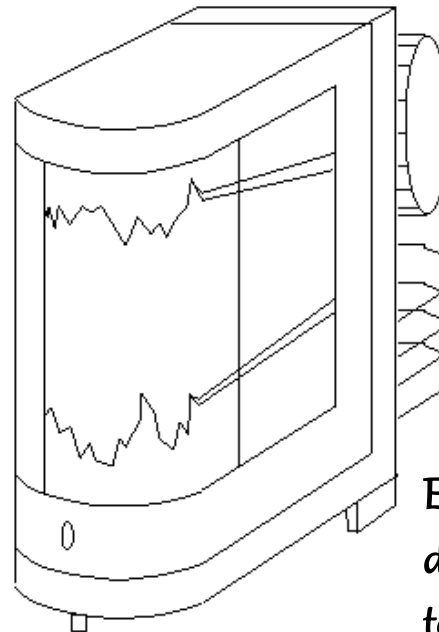
TERMOMETRO
CONVENCIONAL



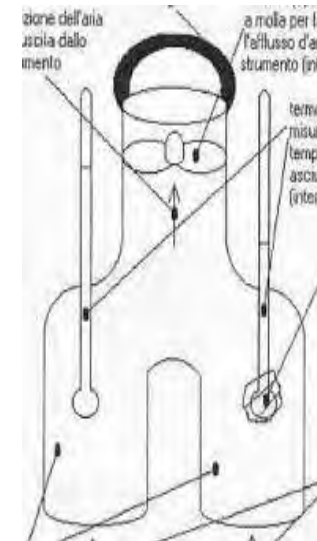
TERMOMETRO DE
MAXIMA Y MINIMA



HIGROMETRO



TERMOHIGROGRAFO



El **psicrometro de Assmann**, es en forma de "Y" de **inox** (para reducir el cambio térmico) con un **ventilador** para facilitar la **entrada del aire**

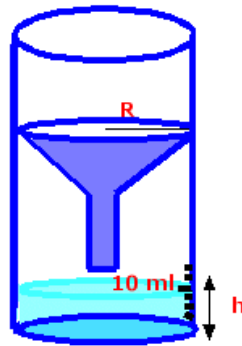
Las observaciones meteorológicas

Observaciones en que se aprovechan los **momentos oportunos** (determinaciones en horario **no fijo**)

El pluviómetro

Mide las precipitaciones que caen en forma de gotas.

Sus datos indican hasta que altura es suelo quedaría cubierto de agua si ésta no escurriese, ni se infiltrase o evaporase.



El depósito posee doble fondo, uno con pequeños agujeros, por donde el agua pasa para la parte inferior. De este compartimento el agua es conducido a una probeta graduada.

Se calcula midiendo el agua que cae sobre un metro cuadrado de superficie durante 24 horas y expresando esa cantidad en litros por metro cuadrado.



<http://visual.merriam-webster.com/images/earth/meteorology/meteorological-station.jpg>



Wind Speed Sensor



Wind Direction Sensor



Temperature Sensor



temperature probe, barometer, and radiation shield combined

absolute atmospheric pressure



humidity



Las observaciones meteorológicas

Observaciones en que se aprovechan los **momentos oportunos**
(determinaciones en horario **no fijo**)

Las Nubes Se registran **sin** instrumentos;
Se divide el cielo en diez o cuatro partes:

Cero → Sin nubes
5 o 2 → Medio nublado
10 o 4 → Totalmente nublado

Simbología usual para la cobertura del cielo

Cielo despejado		5/8 de cielo cubierto	
1/8 de cielo cubierto		6/8 de cielo cubierto	
2/8 de cielo cubierto		7/8 de cielo cubierto	
3/8 de cielo cubierto		8/8 de cielo cubierto	
4/8 de cielo cubierto		Cielo oscurecido	

Dirección de las Nubes

Es una observación en que se aprovecha los momentos oportunos,
y es importante para el estudio de la circulación atmosférica.

Los símbolos usuales en la meteorología

Para la cobertura del cielo

Cielo despejado		5/8 de cielo cubierto	
1/8 de cielo cubierto		6/8 de cielo cubierto	
2/8 de cielo cubierto		7/8 de cielo cubierto	
3/8 de cielo cubierto		8/8 de cielo cubierto	
4/8 de cielo cubierto		Cielo oscurecido	

Para el tipo de lluvia

Lluvia	
Llovizna	
Granizo	
Aguacero	
Nieve	
granizo grueso	

Para la clasificación del frío

	Agujas de hielo, con o sin niebla
	Nieve en gránulos
	Gránulos de hielo

Para los fenómenos ópticos

	Tormenta próxima
	Tormenta
	Relámpago
	Trueno
	Arco Iris
	Halo Solar
	Corona Solar

Los símbolos usuales en la meteorología

Para el tipo de nube



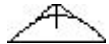
Cumulus humilis o cumulus fractus

Son cúmulos de buen tiempo. Nubes de estructura vertical, cuya parte superior presenta una forma más o menos redondeada. Su base, cuando está bien desarrollada, es horizontal.



Cumulus mediocris o cumulus congestus

De desarrollo medio o fuerte. Nube cumuliforme, con protuberancias. De cima redondeada



Cumulonimbus calvus

La cima de la nube ha perdido el contorno neto, pero sin tomar el aspecto cirriforme.



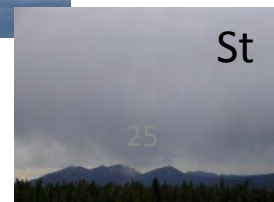
Estratocumulus cumulogenitus

Resultado del aplanamiento de los cúmulos.



Estratocumulus ordinarios

Nubes o grupos de nubes de color grisáceo.



Las observaciones meteorológicas

Dirección del viento

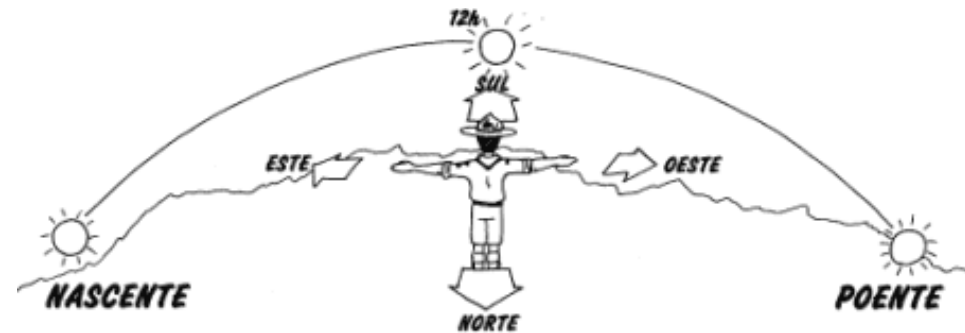
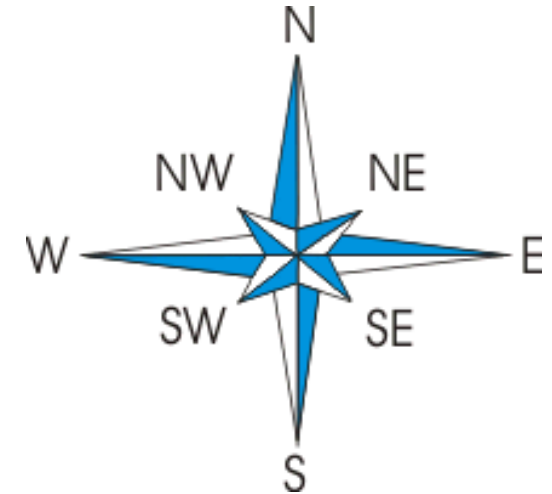
Se siempre abreviaturas son hechas en ingles:

N, NE, E, SE, SW, W y NW

Intensidad del viento

Se emplea la escala del Almirante Beaufort :

- 0 Calma
- 1 Casi calma
- 2 Viento flojito
- 3 Viento flojo
- 4 Brisa moderada
- 5 Viento fresquito
- 6 Viento fresco
- 7 Viento fuerte
- 8 Viento duro
- 9 Viento muy duro
- 10 Temporal
- 11 Temporal duro
- 12 huracán



Referencia :

Wilhelm KOEPPEN. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.

Ejercicios – Clase 01 - Introducción

1. Defina meteorología, Clima y Tiempo.
2. Diferencie el clima del Tiempo.
3. Cite los elementos del clima y los factores modificadores del clima.
4. Porque se utilizan normalmente pares de los elementos del clima para evaluar el tiempo? Cuales son estos pares?
5. Como se debe realizar una medición meteorológica?
6. Haga una tabla listando los instrumentos de medida utilizados por los meteorológicos, indicando su nombre, o que mide, y los cuidados que se debe ser tomado para obtener un dato acreditado.

Referencias

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

Wilhelm KOEPPEN. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.

Formación de las nubes

Si el aire asciende



se enfría adiabáticamente
por expansión



Puede llegar a la
saturación y
condensación de la
humedad



Si el aire desciende



se calienta por
compresión



agua condensada se
evapora

Las nubes se forman debido a la condensación del vapor de agua existente en el aire húmedo.

La condensación se amplifica a medida que más moléculas de vapor de agua se añade al aire ya saturado, o cuando la temperatura disminuye.

Es el enfriamiento del aire húmedo (que aumenta a la medida que aumenta la altitud) que conduce a la formación de las nubes. Este levantamiento del aire es el proceso clave en la producción de nubes, que se pueden producir por: convección, por la convergencia de aire, o mediante el levantamiento (topográfico a una cordillera o de encuentro con otra masa de aire)



Hay nubes que se forman debido al enfriamiento del aire húmedo, que hace que el agua se condense;

Hay nubes que se forman debido al aumento y la expansión del aire (enfriamiento adiabático):

Cuando el aire se calienta, el sube a niveles donde la presión atmosférica es menor y progresivamente se expande, consumiendo la energía calorífica del propio aire, que por su vez, hace que la temperatura disminuya.

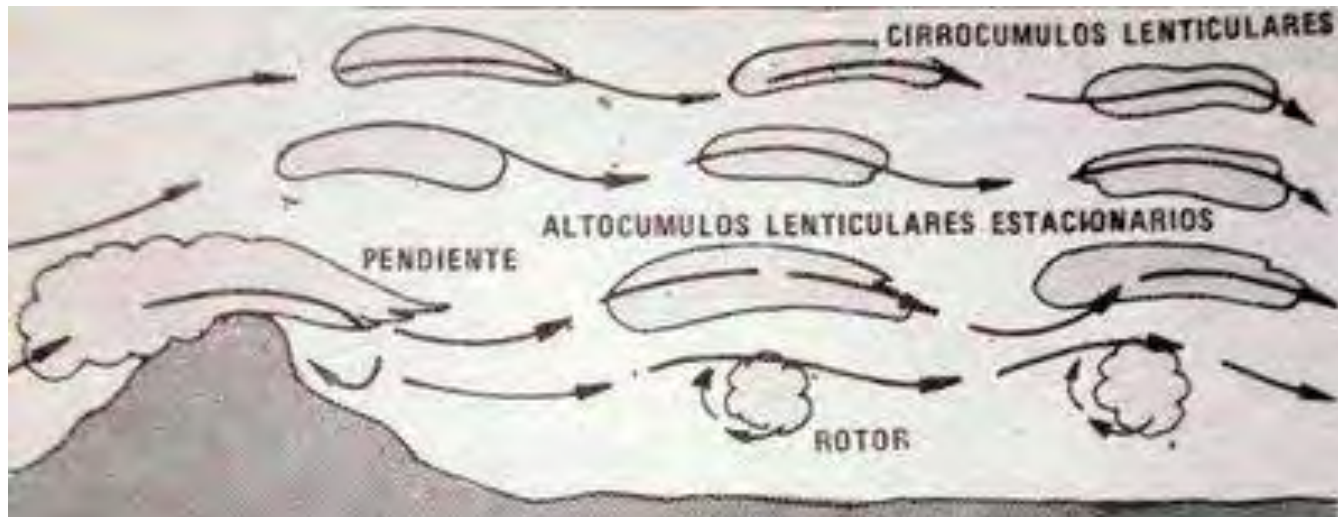
La condensación y congelación se producen en torno a núcleos de condensación de microscópicos, como partículas de polvo, seguida por la acreción, y formación de una corriente de aire ascendente.

Movimientos verticales que llevan a la formación de las nubes

Turbulencia mecánica

Resulta del rozamiento del aire con los obstáculos de la superficie terrestre.

La turbulencia provoca mezcla del vapor de agua a la capa turbulenta, y puede llegar a saturarse con lo que se produce condensación a cierta altura del suelo

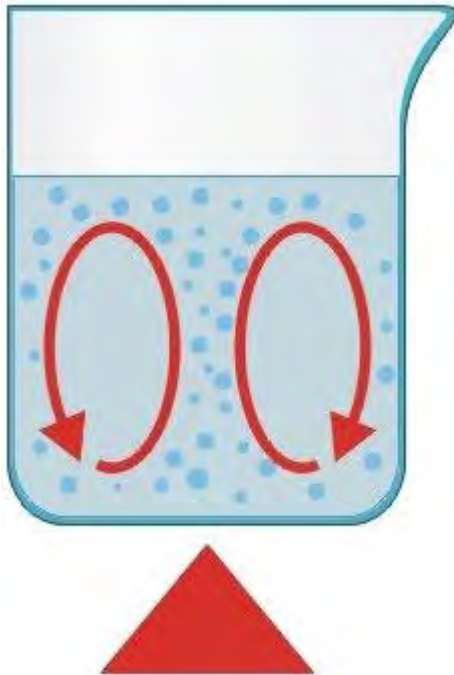


http://2.bp.blogspot.com/_ChIGY949h6U/SkUBETKYi8I/AAAAAAAAAdQ/sRpo3o99_cE/s400/ondademontaa.jpg

Movimientos verticales que llevan a la formación de las nubes

Convección

Las corrientes convectivas se generan por el calentamiento del aire en contacto con el suelo, el cual asciende, se estría y produce la saturación del aire. En este caso se forman nubes de desarrollo vertical (Cu y Cb)



Si la nube traspasa el nivel de congelación se forman los cristales de hielo que dan apariencia cirrosa a la cúspide (*cumulonimbus*), que posee la parte de cima extendida en forma de abanico o de yunque



Ascendencia orográfica

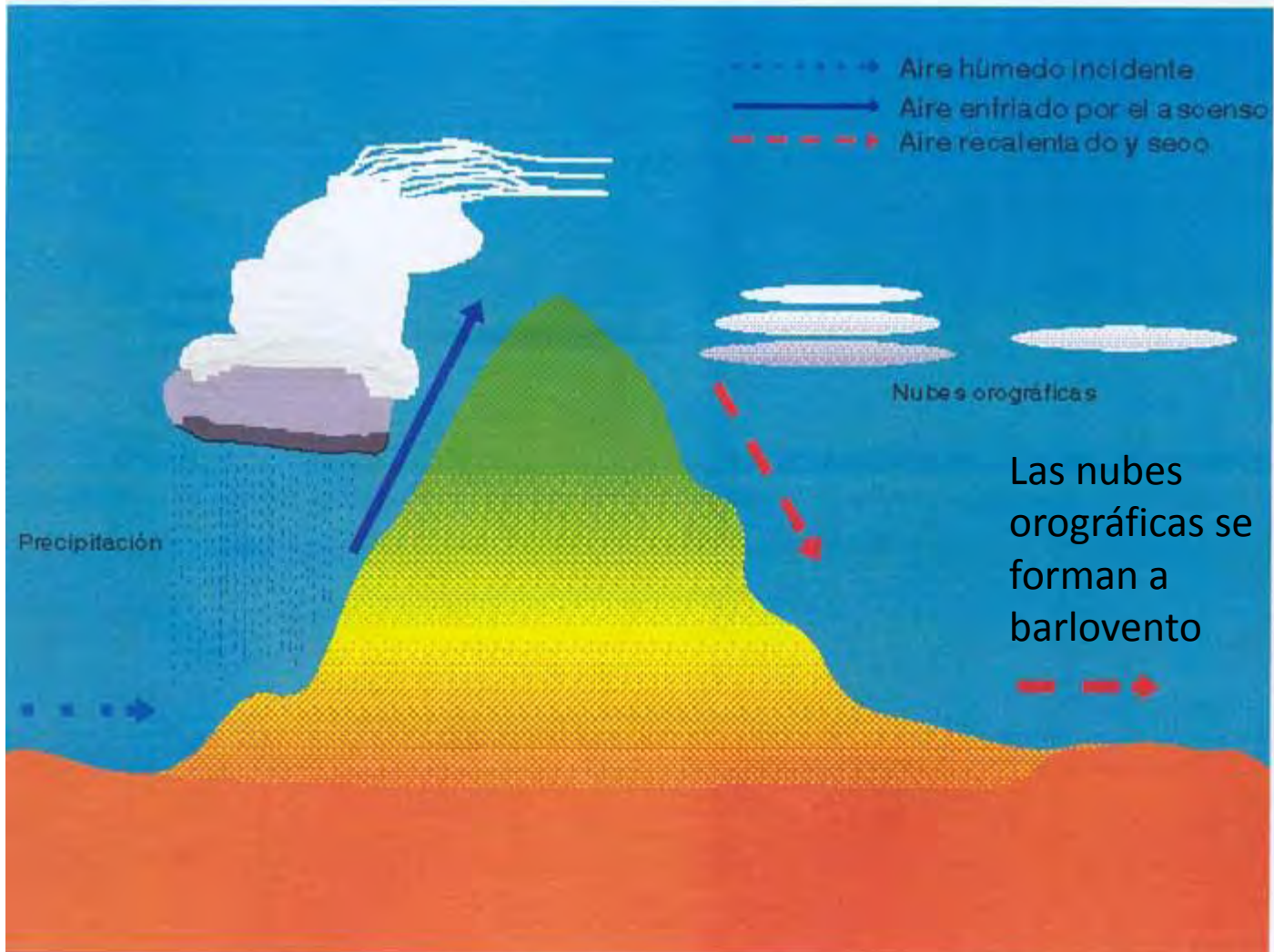
Cuando el aire llega ante una montaña o cordillera se ve obligado a ascender y a medida que se eleva se enfría adiabáticamente por expansión

Si el aire que asciende es estable se formarán nubes del tipo estratificado, con frecuencia lenticulares

Las nubes orográficas se forman a barlovento y se disipan a sotavento



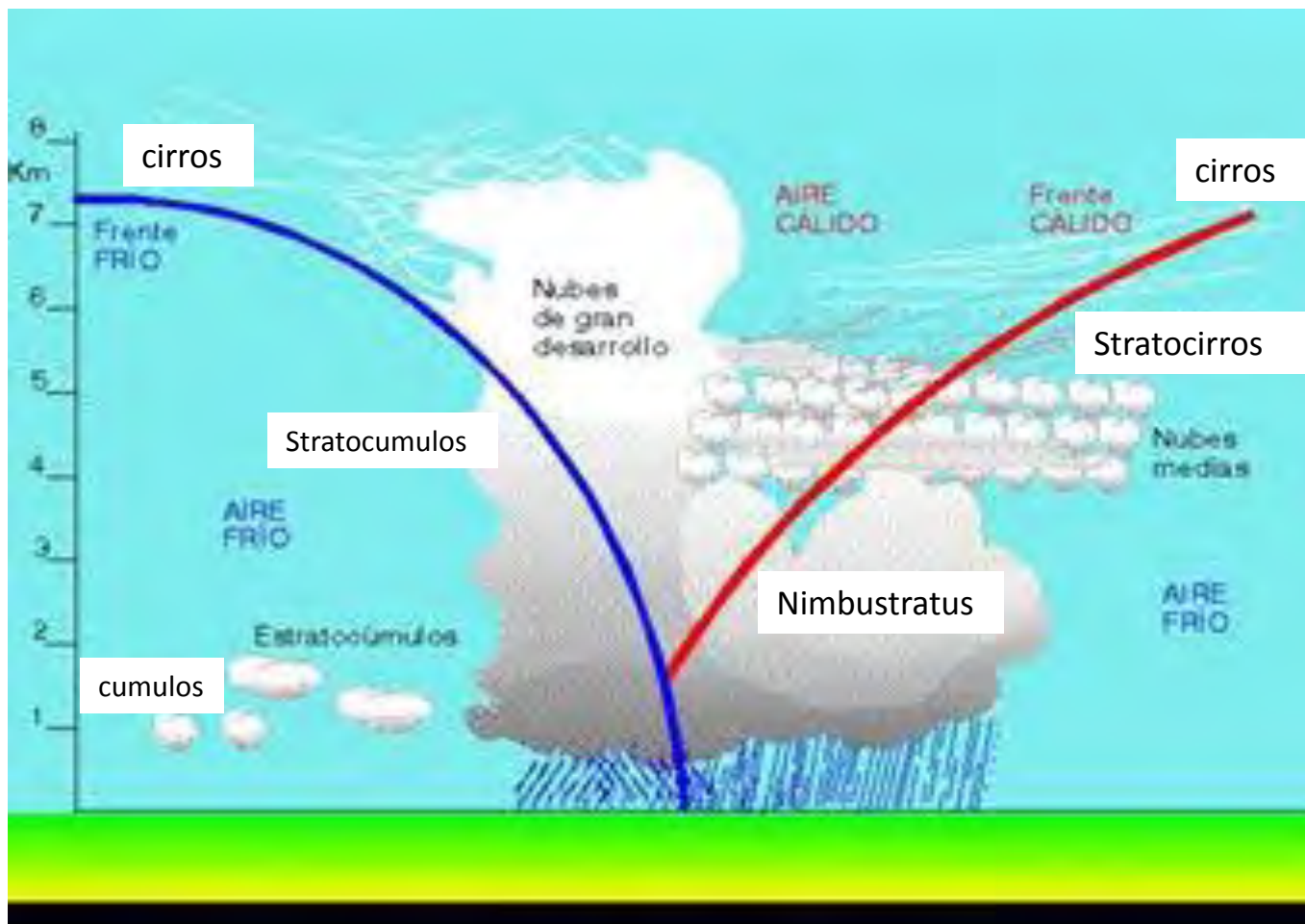
2. La atmosfera
1. Nubosidad



<http://ram.meteored.com/numero12/imagenes/11nube.jpg>

Interacción entre masas de aire

La interacción entre masas de aire caliente y frío da lugar a los frentes polares y tropicales, en donde al aire cálido se desliza ascendiendo por cima del aire frío, lo que produce formaciones nubosas muy características



Factores que provocan la disipación de las nubes

Calentamiento del aire por radiación, debido a un movimiento de subsidencia (descenso) → baja la humedad relativa y la nube se evapora

La precipitación → descenso de humedad

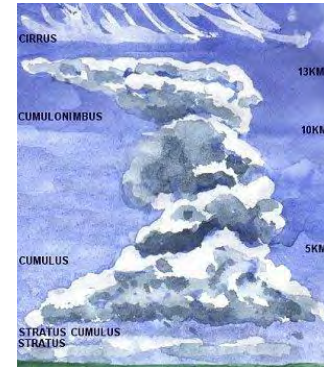
Mezcla con aire seco → se produce cierta evaporación que disipa las nubes

Nubosidad

La formas de condensación del vapor son: nubes, nieblas y rocío

Nubes

Son conjuntos de pequeñas gotas de agua o de partículas diminutas de hielo suspendidas en la atmosfera. Estas gotitas tiene diámetros e 20 a 30 μm y pueden permanecer en la forma liquida a una temperatura -10°C (*subenfriada*), bajo esta temperatura se forma cristales de hielo.



Cirrus : Nube fibrosa

Stratus: Nube en capa

Cumulus: Nube abultada, en glóbulos

Nimbus: Nube de lluvia



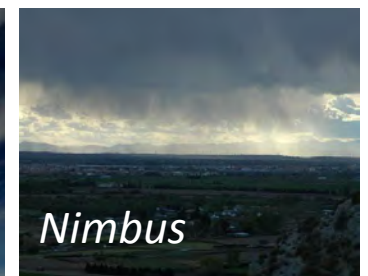
Cirrus



Cumulus



Stratus



Nimbus

10 tipos fundamentales y subdivisiones

- Radiatus* → Radial ✓
- Lenticulares* → Lenteja, plato ✓
- Calvus* → Sin estructuras cirrosas ✓
- Capillatus* → Con estructuras cirrosas ✓
- Castellatus* → Almenado ✓
- Congestus* → Congestionado, con protuberancias ✓
- Humilis* → Aplastado, pequeño ✓
- Fractus* → Roto, desgarado ✓
- Spessatus* → Espeso, compacto
- Translucidus* → Delgado, transparente ✓
- Uncinus* → Ganchudo ✓
- Mammatus* → En forma de ubre

STRATUS

Abreviatura: ST

Es una capa de nubes de gran extensión horizontal, pero de muy poco desarrollo vertical, que pueden cubrir por completo el cielo. Aunque a veces se presenta en forma de bancos desgarrados (fractostratus) normalmente debajo de otras nubes. Su color característico es el gris, mas o menos oscuro, siendo su base bastante uniforme y originándose siempre a altitudes muy bajas.

El stratus cuando es muy delgado, puede originar una corona alrededor del Sol o de la Luna. A muy bajas temperaturas, en circunstancias excepcionales, puede dar origen a fenómenos de halo.

Altura de formación: Cerca del suelo hasta unos 800 metros.

Constitución: Están formadas por gotitas pequeñas de agua. A muy bajas temperaturas, esta nube puede estar constituida por pequeñas partículas de hielo.

Situación meteorológica: **No están relacionadas con precipitaciones importantes** y a veces se les puede confundir con la niebla, por lo que reciben el nombre popular de "nieblas altas".

Stratus nebulosus



NEBULOSUS (neb.)

Nube con el aspecto de una capa o velo nebuloso que no presenta detalles aparentes

Cirrostratus y stratus.

2. La atmosfera
1. Nubosidad



photographer: Stefan Bauer
place: Rocky Mountains/Boulder/USA
time: 29 May 2006

Stratus Translucidos

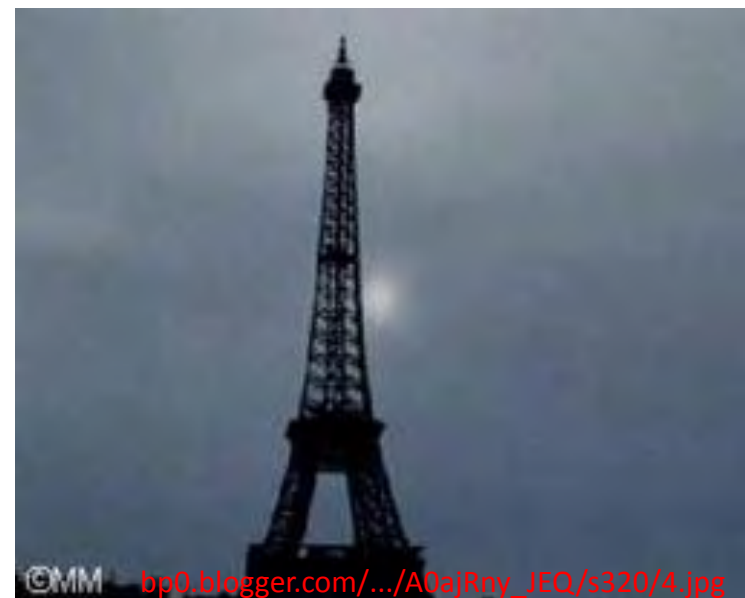
www.alboxclima.com/meteorologia/medias.htm



TRANSLÚCIDUS (tr.)

Hace referencia al grado de transparencia de las nubes en su conjunto. Nubes en banco extenso, manto o capa cuya mayor parte es suficientemente translúcida para dejar percibir la posición del Sol o de la Luna.

**Altocúmulus, altostratus,
stratocúmulus y stratus**





FRACTUS (fra.)

Nubes en forma de jirones irregulares con aspecto claramente desgarrado.

Stratus y cúmulus.

2. La atmosfera
1. Nubosidad



estratus fractus

photographer:Stefan Bauer
place: Rocky Mountains/Boulder/USA
time: 29 May 2006

STRATOCÚMULUS

Abreviatura: SC

Es un banco de nubes de gran extensión horizontal y con poco desarrollo vertical; suelen ser grises, aunque a veces alternan con un color blanquecino, que tienen casi siempre partes oscuras.

En tiempo extremadamente frío sucede que los *stratocúmulus* producen abundantes virgas de cristales de: hielo, que pueden acompañarse de un halo. Cuando los stratocúmulus no son muy espesos muestran, a veces, una corona o irisaciones.

Altura de formación: La base suele estar a una altitud de 1.500 metros, pero la podemos encontrar entre los 500 y los 3.000 metros.

Constitución: Constituidos por gotitas de agua acompañadas, a veces, de gotas de lluvia o de nieve granulada y, menos frecuentemente, de cristales de nieve y de copos de nieve.

Situación meteorológica: **Raramente producen precipitaciones**, que serán siempre de intensidad muy débil, bien en forma de lluvia, de nieve o de nieve granulada.

Stratus cumulus castellanus



es.wikipedia.org/wiki/Cumulus_castellanus

CASTELLANUS (cas.)

Nubes que presentan, al menos en una parte de su región superior, protuberancias cumuliformes en forma de torrecillas, lo que da generalmente a estas nubes un aspecto almenado. Estas torrecillas, de las cuales algunas son más altas que anchas, se asientan sobre una base común y parecen dispuestas en líneas. El carácter castellanus aparece especialmente cuando se observan las nubes de perfil.

Cirrus, cirrocúmulus, altocúmulus y stratocúmulus.

Stratocúmulo Lenticular



LENTICULARIS (len.)

Nubes en forma de lentes o de almendras, comunmente muy alargadas y cuyos contornos están generalmente bien delimitados; a veces presentan irisaciones. Estas nubes aparecen con mayor frecuencia en las formaciones nubosas de origen orográfico, pero también pueden ser observadas sobre regiones sin orografía acusada.

Altocúmulus y stratocúmulus.



stratocúmulus LENTICULARIS (len.)



photographer: Uwe Reiss
place: Naumburg (Saale)/Germany
time: 16 January 2007, 1:30 pm



photographer: Uwe Reiss
place: Naumburg (Saale)/Germany
time: 16 January 2007, 2:00 pm



photographer: Laura Schaible
place: Ammersbek/Hamburg/Germany
time: 29 July 2008, 8:30 pm

STRATIFORMIS (str.)

Nubes extendidas en capa o en manto horizontal de gran extensión.

**Altocúmulus,
stratocúmulus y, más
raras veces, a los
cirrocúmulus.**

Particularidades suplementarias

MAMMA

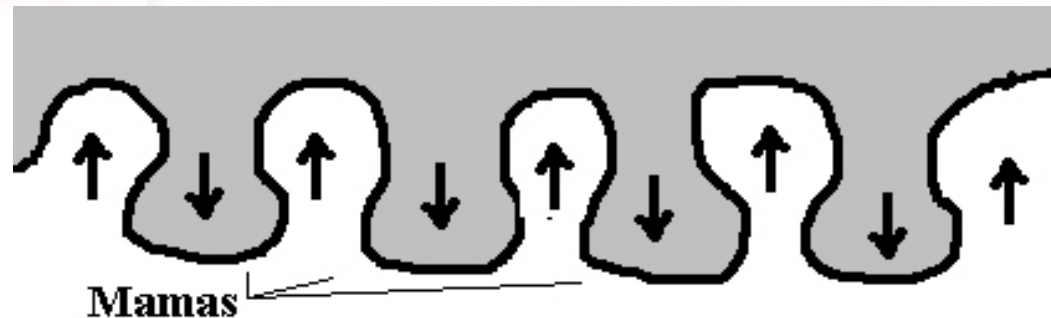
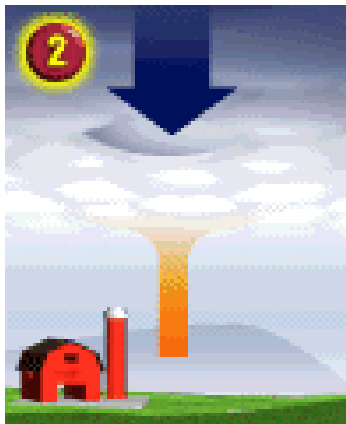
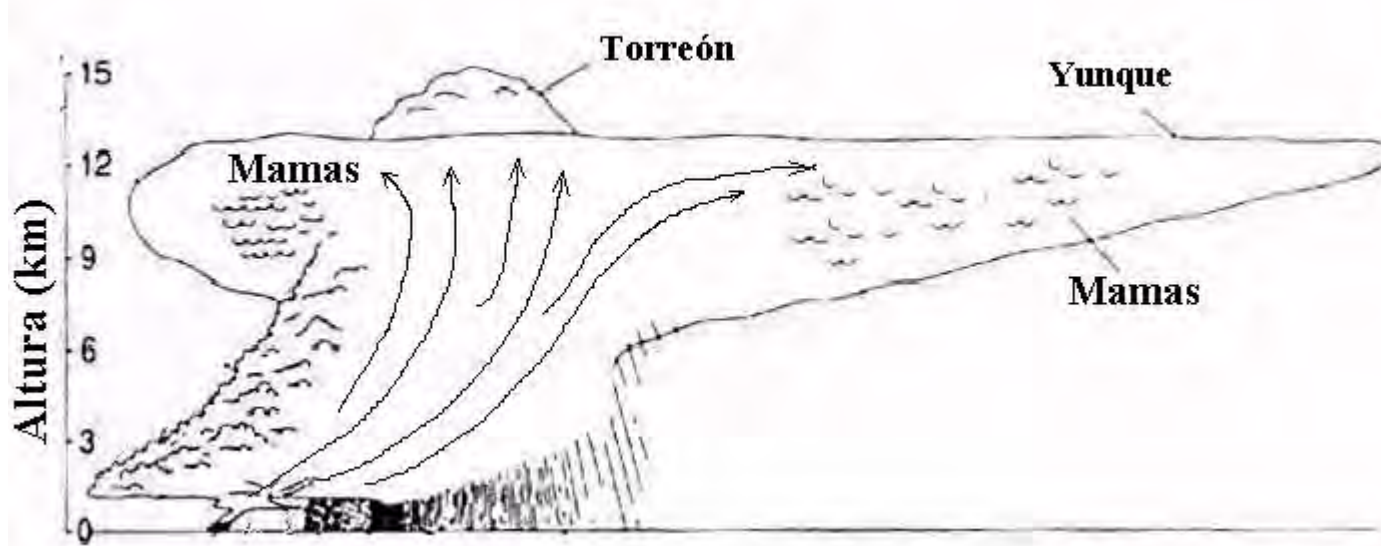


Protuberancias colgantes de la superficie inferior de una nube que tienen el aspecto de mamas.

Cirrus, cirrucúmulus, altocúmulus, altostratus, stratocúmulus y cumulonimbus.

Particularidades suplementarias

MAMMA O MAMMATUS



<http://www.meteored.com/ram/numero5/imagenes/mammatus.jpg>

<http://www.usatoday.com/weather/tg/wmamatus/wmamatus.htm>

Particularidades suplementarias



Virga

Regueros de precipitaciones, verticales u oblicuos, contiguos a la superficie inferior de una nube y que no alcanzan la superficie del suelo.

Variedades de stratocumulos

Hace referencia a las disposiciones de los elementos de las nubes.

UNDULATUS (un.)

Stratocumulos undulatus



Nubes en bancos, mantos o capas que presentan ondulaciones; pueden ser observadas en una capa nubosa bastante uniforme o en nubes compuestas por elementos, soldados o no. Algunas veces presentan un doble sistema de ondulaciones.

**Cirrocúmulus, cirrostratus, altocúmulus,
altostratos, stratocúmulus y stratus**

Variedades de stratocumulos

UNDULATUS (un.)



photographer: Janek Zimmer
place: Leipzig/Germany
time: 2 November 2006, 7:00 am

photographer: Markus Schneider
place: Olpe/Nordrhein-Westfalen/Germany
time: 31 October 2006

Variedades de stratocumulos



Hace referencia a las disposiciones de los elementos de las nubes.

photographer: Christa Engler
place: Ütö/Finland
time: 27 May 2005

RADIATUS (ra.)

Nubes que presentan anchas bandas paralelas que, por efecto de perspectiva, parecen converger hacia un punto del horizonte o, cuando las bandas atraviesan enteramente el cielo, hacia dos puntos opuestos del horizonte llamados "punto o puntos de radiación".

**Cirrus, altocúmulus, altostratus, stratocúmulus
y cúmulus.**

Variedades de stratocumulos

LACUNOSUS (la.)

“Con huecos”



Nubes en bancos, mantos o capas generalmente bastante delgadas, caracterizadas por la presencia de huecos limpios y redondeados, repartidos más o menos regularmente y de los que muchos tienen bordes deshilachados.

Los elementos nubosos y los huecos limpios están frecuentemente dispuestos de tal manera que su aspecto recuerda el de una malla o el de un panal de miel.

Cirrocúmulus y a los altocúmulus; puede igualmente aplicarse, aunque rara vez, a los stratocúmulus.

Variedades de stratocumulos

DUPLICATUS (du.)

Hace referencia a las disposiciones de los elementos de las nubes.



Nubes en bancos, mantos o capas superpuestas, situados a niveles poco diferentes y a veces parcialmente soldados.

Cirrus, cirrostratus, altocúmulus, altostratus y stratocúmulus.

Variedades de stratocumulos

Referencia al grado de transparencia de las nubes en su conjunto.

TRANSLÚCIDUS (tr.)

Nubes en banco extenso, manto o capa cuya mayor parte es suficientemente translúcida para dejar percibir la posición del Sol o de la Luna.



Variedades de stratocumulos

Hace referencia al grado de transparencia de las nubes en su conjunto.

OPACUS (op.)

Nubes en banco extenso, manto o capa cuya mayor parte es lo suficientemente opaca para ocultar completamente el Sol o la Luna.



Altocúmulus altostratus, stratocúmulus y stratus.

Variedades de stratocumulos



photographer: Stefan Bauer
place: Mainz/Germany
time: 25 August 2008, 6:48 pm

PERLÚCIDUS (pe.)

Hace referencia al grado de transparencia de las nubes en su conjunto

Nubes en banco extenso, manto o capa que presenta entre sus elementos intersticios bien marcados, pero a veces muy pequeños. Estos intersticios permiten descubrir el Sol, la Luna, el azul del cielo o nubes situadas por encima.

Altocúmulus y stratocúmulus.

CÚMULUS

Abreviatura: CU

Son nubes separadas, generalmente con un aspecto denso, con contornos bien definidos y con mayor desarrollo vertical que horizontal, aunque muy variable, que irá desde los pequeños cúmulos de buen tiempo, hasta los de gran desarrollo vertical, con forma de coliflor, que son los precursores de los cumulonimbos o "nubes de tormenta".

Se caracterizan por una base relativamente oscura, normalmente horizontal mientras las partes más altas son de un blanco brillante

Altura de formación: La base se encuentra a una altitud de 800 a 1000 metros.

Constitución: En su interior tienen gotitas de agua, aunque los mas altos suelen tener también cristalitas de hielo.

Situación meteorológica: No dan precipitaciones excepto los que tienen un desarrollo vertical bastante acusado, que serán en forma de chubasco breve, pero intenso.

Cúmulus fractus

wikimedia.org/.../9a/Cumulus_fractus.JPG

FRACTUS (fra.)

Nubes en forma de jirones irregulares con aspecto claramente desgarrado.

Stratus y cúmulus.

Cúmulus fractus



HUMILIS (hum.)

Cúmulus que solamente tienen una pequeña dimensión vertical; parecen, generalmente, como aplastados.

Las nubes Cúmulos humilis nunca dan precipitación y con frecuencia son indicadoras de buen tiempo.

Cumulus congestus



volare1943-miscosas.blogspot.com/.../nubes.html

Cúmulus que presentan protuberancias muy desarrolladas y a menudo gran dimensión vertical; su parte alta protuberosa tiene frecuentemente el aspecto de una coliflor.

Cúmulus Mediocris

Cúmulus de dimensión vertical moderada y cuyas cimas presentan protuberancias poco desarrolladas

Cúmulus.



CÚMULUS Radiatus

Hace referencia a las disposiciones de los elementos de las nubes.



Nubes que presentan anchas bandas paralelas que, por efecto de perspectiva, parecen converger haccuando las bandas atraviesan enteramente el ia un punto del horizonte o, cielo, hacia dos puntos opuestos del horizonte llamados "punto o puntos de radiación".

Cirrus, altocúmulus, altostratus, stratocúmulus y cúmulus.



Particularidades suplementarias



www.meteored.com/

VIRGA

Regueros de precipitaciones, verticales u oblicuos, contiguos a la superficie inferior de una nube y que no alcanzan la superficie del suelo.

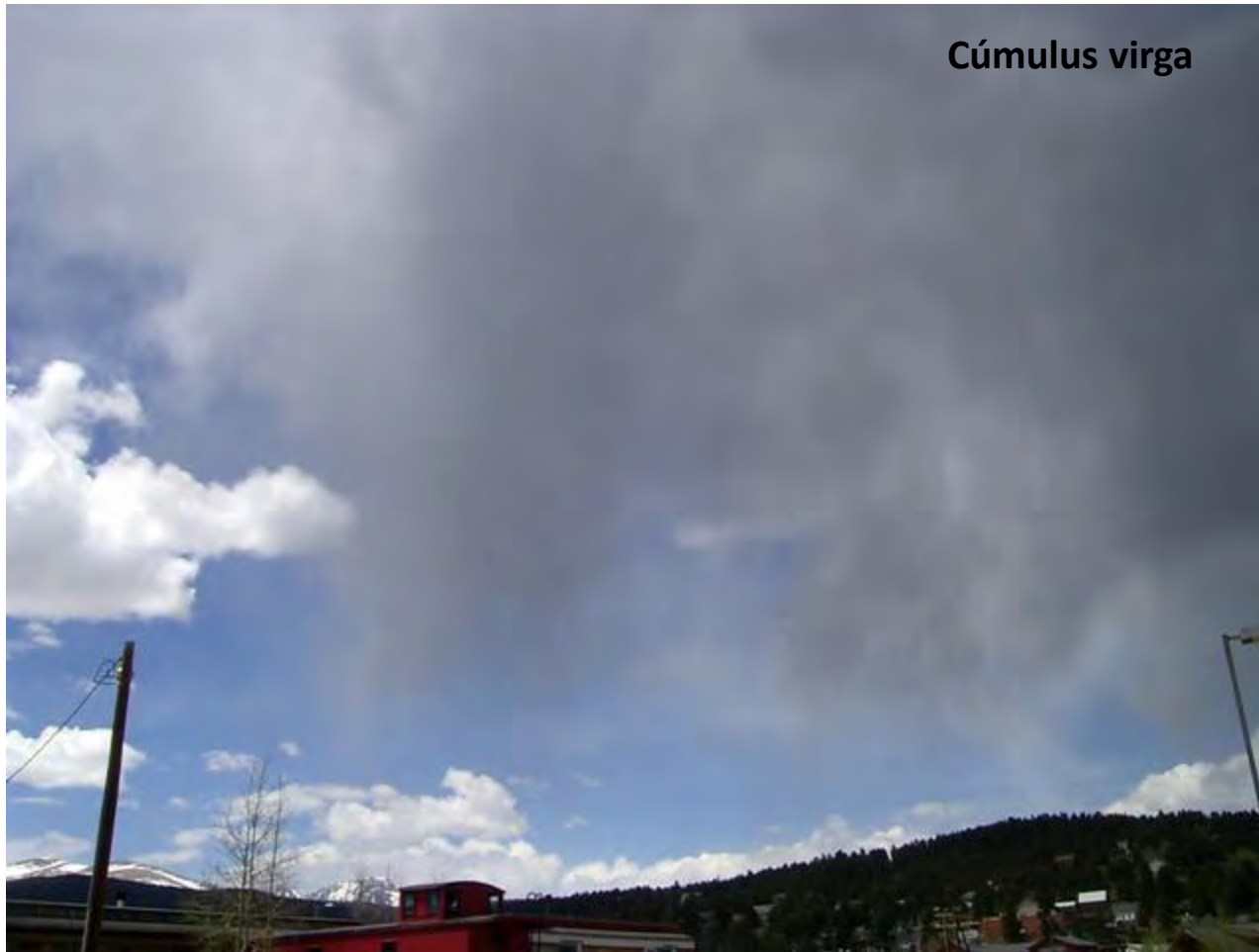
Cirrocúmulus, altocúmulus, altostratus, nimbostratus, stratocúmulus, cúmulus y cumulonimbus.



Cúmulus virga

photographer: Walter J. Pilsak
place: Czeck Republic
time: April/afternoon

Particularidades suplementarias



photographer:Stefan Bauer
place:Nederland/Rocky
Mountains/Boulder/USA
time: 18 May 2006

Regueros de precipitaciones, verticales u oblíquos, contiguos a la superficie inferior de una nube y que no alcanzan la superficie del suelo.

CÚMULUS -CU-

Particularidades suplementarias

(c) 2005 Antonio J. Galindo Navalón



ARCUS

Rulo horizontal denso, como una ceja, con los bordes más o menos deshilachados, situado por delante de la parte inferior de ciertas nubes y que, cuando es extenso, tiene el aspecto de un arco sombrío y amenazador.

Cumulonimbus y a veces con los cúmulus.



Particularidades suplementarias



www.ems.psu.edu

TUBA

Columna o cono nuboso invertido en forma de embudo que sale de la base de una nube; constituye la manifestación de un torbellino de viento más o menos intenso.

Cumulonimbus, y muy rara vez, con los cúmulos.



PILEUS

Nube aneja de poca extensión horizontal, en forma de gorro o de capuchón; se sitúa sobre la cima de una nube cumuliforme o contigua a su parte alta, que frecuentemente la traspasa.

Con bastante frecuencia pueden observarse varios pileus superpuestos.

Se presenta principalmente con los cúmulus y cumulonimbus.

VELUM

Velo nuboso anejo de gran extensión horizontal, situado un poco por encima de las cumbres de una o varias nubes cumuliformes o contíguas a sus regiones altas, que con frecuencia lo perforan.



photographer: Uwe Reiss
place: Halle/Saale/Germany
time: 20 February 2007

Se presenta principalmente con los cúmulus y cumulonimbus.

PANNUS

Jirones desgarrados que, constituyendo a veces una capa continua, aparecen por debajo de otra nube y puede soldarse con ella.



Altostratus, nimbostratus, cúmulus y cumulonimbus.

CUMULONIMBUS

Abreviatura: CB

Son las nubes de mayor desarrollo vertical, atravesando los tres "pisos" nubosos, desde la zona baja, donde se encuentra su base, hasta la alta, donde llega su cima.

Es una nube potente y densa, muy alta, con la base muy oscura, a poca altura, incluso con algunas nubes bajas desgarradas, soldadas o no con ella, y precipitaciones, a veces, bajo forma de virga, lo que le confiere un aspecto de mayor oscuridad todavía; pero en cambio la totalidad de su cima es de color blanquecino, y toda o por lo menos una parte de ella es alisada, fibrosa y aplastada, y que se extiende a modo de penacho, es el yunque característico de estas nubes.

Altura de formación: Su base suele encontrarse a unos 800 metros del suelo, llegando la cima, a veces, a alturas cercanas a los 14.000 metros.

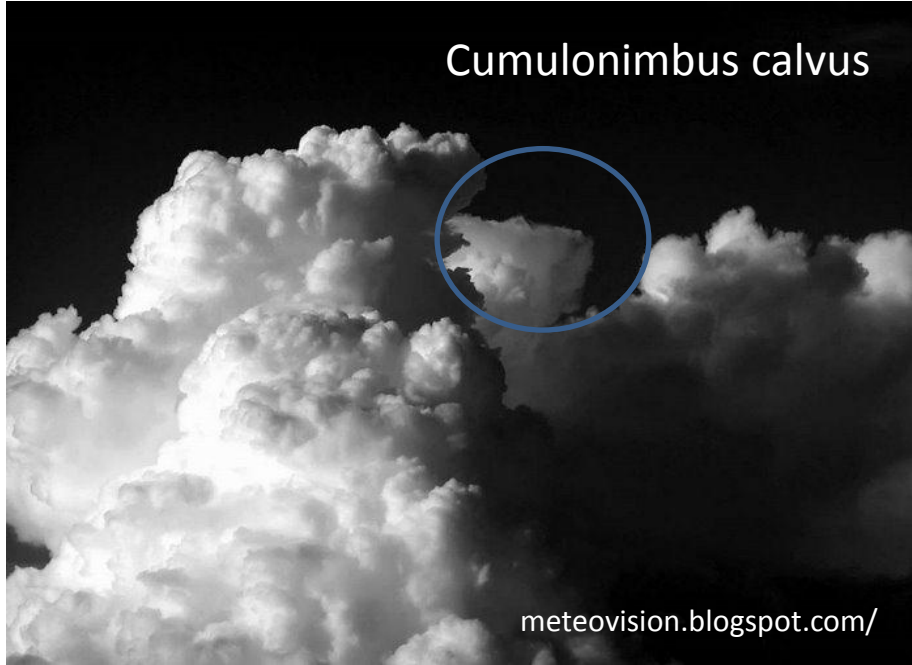
Constitución: Están constituidos por gotitas de agua, cristalitos de hielo, gotas de lluvia y en la mayoría de los casos por copos de nieve y granizo, dependiendo de la altura que alcance la nube.

Situación meteorológica: Dan precipitaciones muy importantes, normalmente en forma de chubascos muy intensos, acompañados de granizo o pedrisco y según la época del año de fenómenos tormentosos; también pueden dar precipitaciones en forma de nieve.



Cumulonimbus caracterizado por la presencia, principalmente en la parte alta, de porciones netamente cirroformes de estructura manifiestamente fibrosa o estriada, las cuales tienen frecuentemente la forma de un yunque, de un penacho o de una amplia cabellera más o menos desordenada. Este tipo de nube da, generalmente, lugar a chubascos o tormentas acompañadas a menudo de turbonadas, y a veces de granizo; frecuentemente da nacimiento a virga muy neta.

Cumulonimbus calvus



Cumulonimbus calvus

Las protuberancias de su parte alta han comenzado a perder sus contornos cumuliformes.

Las protuberancias y las convexidades tienen tendencia a formar una masa blanquecina con estrías más o menos verticales; es decir, el contorno de su cima está perdiendo nitidez.

Cumulonimbus calvus





Mammatus

Nube cuya superficie inferior, o base, forme bolsas o mamas se le añade el termino de mammatus. “Protuberancia colgante de una nube originaria que toma la forma de mama”.

cirros, cirrocúmulus, altocúmulus, altoestratus, estratocúmulus y, sobretodo, cumulonimbus.



Particularidad suplementaria :
Cumulonimbus con incus

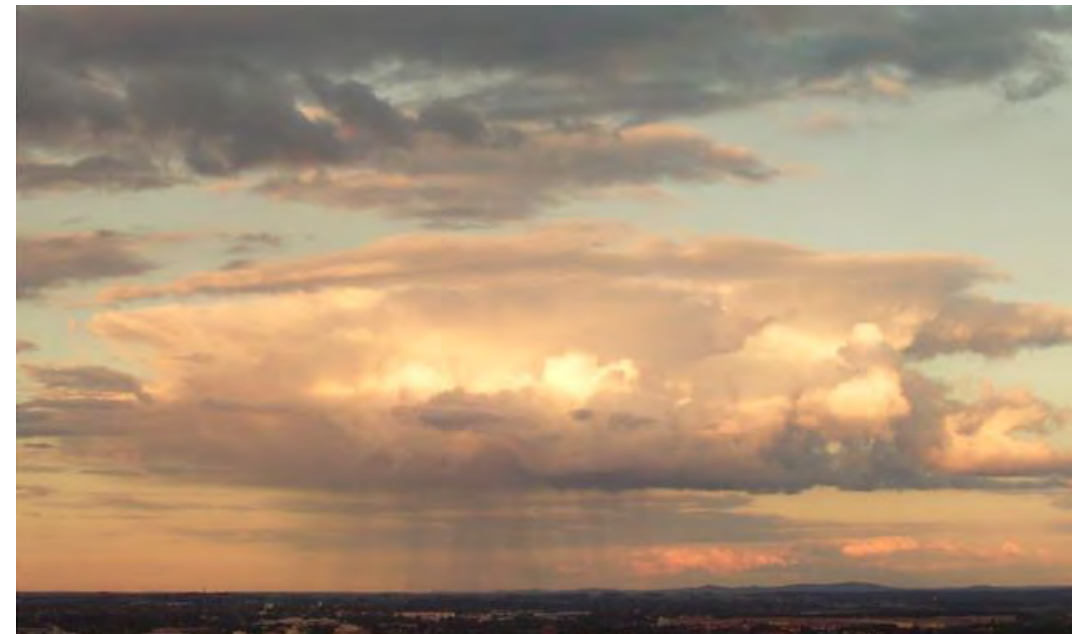
INCUS

Parte alta de un cumulonimbus estratificada en forma de yunque, de aspecto liso, fibroso o estriado.

Cumulonimbus.



www.ems.psu.edu/~lno/Meteo437/atlas.html



photographer: Torsten Auerswald
place: Leipzig/Germany
time: 17 September 2005, 8:33 pm

*Particularidad suplementaria :
cumulusnimbus con virga*

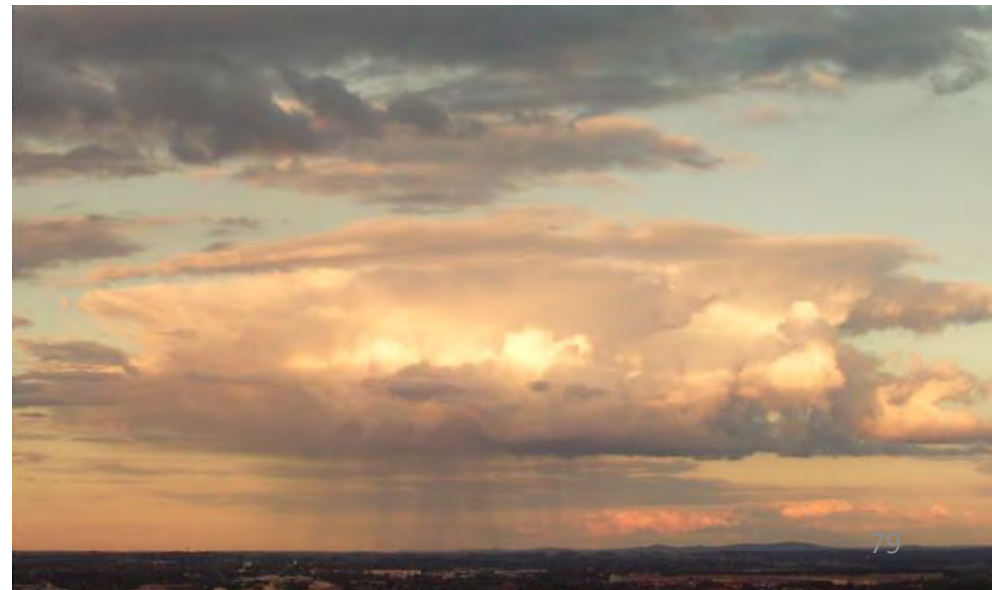
VIRGA

Regueros de precipitaciones, verticales u oblíquos, contiguos a la superficie inferior de una nube y que no alcanzan la superficie del suelo.



**Cirrocúmulus, altocúmulus, altostratus,
nimbostratus, stratocúmulus, cúmulus y
cumulonimbus**

photographer: Torsten Auerswald
place: Leipzig/Germany
time: 17 September 2005, 8:33 pm





Particularidad suplementaria

Cumulusnimbus con arcus

ARCUS

Rulo horizontal denso, como una ceja, con los bordes más o menos deshilachados, situado por delante de la parte inferior de ciertas nubes y que, cuando es extenso, tiene el aspecto de un arco sombrío y amenazador.

Cumulonimbus y a veces con los cúmulus.



photographer: Claudia Bubach
place: Toscana/Italy
time: summer 2003, afternoon

Particularidad suplementaria

Cumulonimbus con tuba



TUBA

Columna o cono nuboso invertido en forma de embudo que sale de la base de una nube; constituye la manifestación de un torbellino de viento más o menos intenso.

Cumulonimbus, y muy rara vez, con los cúmulus.

Cumulonimbus con pileus



PILEUS

Nube aneja de poca extensión horizontal, en forma de gorro o de capuchón; se sitúa sobre la cima de una nube cumuliforme o contigua a su parte alta, que frecuentemente la traspasa.

Con bastante frecuencia pueden observarse varios pileus superpuestos.

Se presenta principalmente con los cúmulus y cumulonimbus.



photographer:Patric Seifert
place: Mailand/Italy
time: 1 August 2006

Cumulonimbus con Velum

VELUM

Velo nuboso anejo de gran extensión horizontal, situado un poco por encima de las cumbres de una o varias nubes cumuliformes o contíguas a sus regiones altas, que con frecuencia lo perforan.



<http://www.idokep.hu/keptar/users/szael/1gjdnl25w7lgdiob.jpg>



<http://komfortabc.hu/ido/felhoatlasz/site7.php>

Se presenta principalmente con los cúmulus y cumulonimbus.

PANNUS

Jirones desgarrados que, constituyendo a veces una capa continua, aparecen por debajo de otra nube y puede soldarse con ella.



<http://komfortabc.hu/ido/felhoatlasz/site7.php>



**Altostratus,
nimbostratus, cúmulus y
cumulonimbus.**

photographer: Sven Tietje
place: Raunheim/Darmstadt/Germany
time: 31 May 2008, ca. 8:30 pm

2. La atmosfera
1. Nubosidad

	STRATUS -ST-	STRATOCÚMULUS -SC-	CÚMULUS -CU-	CUMULONIMBUS -CB-
Especies:	Nebulosus -neb- Fractus -fra-	Castellanus -cas- Stratiformis -str- Lenticularis -len-	Fractus -fra- Humilis -hum- Mediocris -med- Congestus -con-	Calvus -cal- Capillatus -cap-
Variedades:	Translúcidus -tr- Opacus -op-	Undulatus -un- Radiatus -ra- Lacunosus -la- Duplicatus -du- Translúcidus -tr- Perlúcidus -pe- Opacus -op-	Radiatus -ra-	
Particularidades suplementarias:	Praecitado	Mamma Virga Praecitado	Virga Praecitado Arcus Tuba	Incus Mamma Virga Praecitado Arcus Tuba
Nubes anejas:			Pileus Velum Pannus	Pileus Velum Pannus



Los Cirrus uncinus.

Su nombre deriva del latín: **hebras de cabello rizadas**. Estas nubes están generalmente separadas en el cielo, y son muy delgadas. Se presentan a altitudes muy altas, con temperaturas de cerca de -40 a -50 °C. Generalmente se ven cuando se aproximan frentes cálidos u ocluidos. Están en la troposfera, y significa que una precipitación, usualmente lluvia, se aproxima.



www.planetacurioso.com/wp-content/uploads/200...



Cirrus radiatus

RADIATUS (ra.)

Hace referencia a las disposiciones de los elementos de las nubes.

Nubes que presentan anchas bandas paralelas que, por efecto de perspectiva, parecen converger hacia un punto del horizonte o, cuando las bandas atraviesan enteramente el cielo, hacia dos puntos opuestos del horizonte llamados "punto o puntos de radiación".

Géneros a los que se aplica

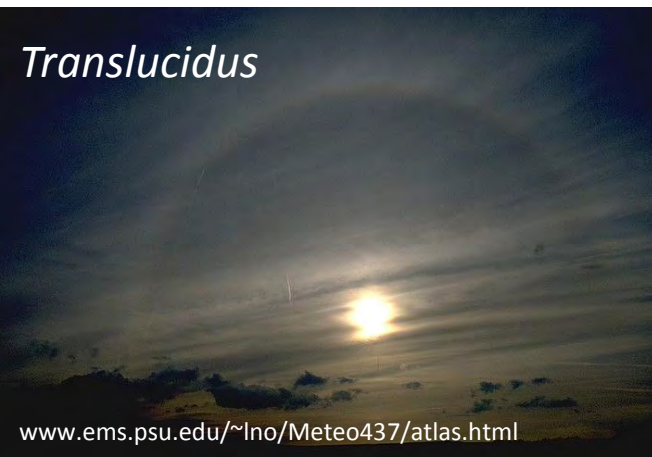
Cirrus, altocúmulus, altostratus, stratocúmulus y cúmulus.

Nubes altas (De 5 -13 Km)

Cirrus (ci) → *Fibratus; Uncinus; Spessatus; Cumulonimbogenitus*

Cirrostratus (Cs) → *Nebulosus; Translucidus*

Cirroscumulos (Cc)



2. La atmosfera
1. Nubosidad

Nubes medias
De 2 -5 Km

Altostratus (As) → *Translucidus; opacus*

Altostratus (Ac) → *Translucidus; opacus; Castellatus; lenticulares; cumulogenitus*



Nubes bajas
De 0 -2 Km

- Stratus(St)
- Stratocumulus (Sc) → *Translucidus; densus; undulatus; cumulogenitus*
- Nimbostratus (Ns)

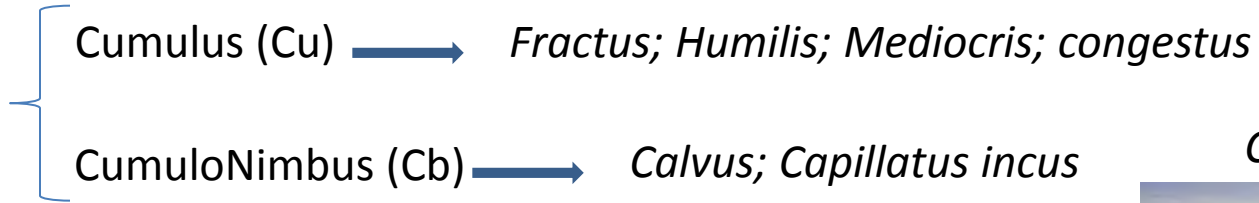


SC Translucidus



2. La atmosfera
1. Nubosidad

Nubes de desarrollo vertical



Cu Fractus



Cu Mediocris



Cu Humilis



Cu congestus



Cb Capillatus



Cb incus



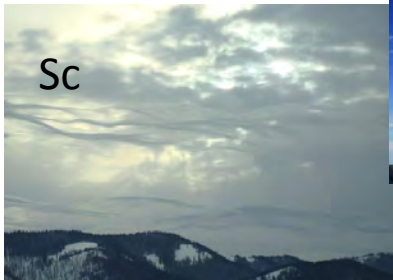
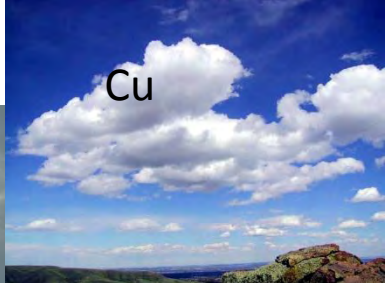
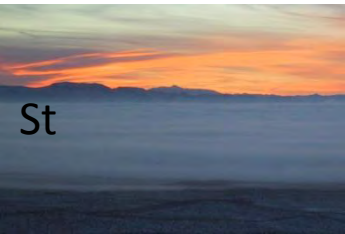
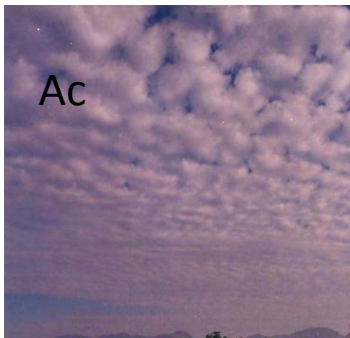
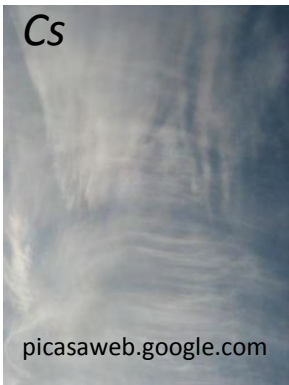
Cb Calvus



Clasificación termodinámica de las nubes

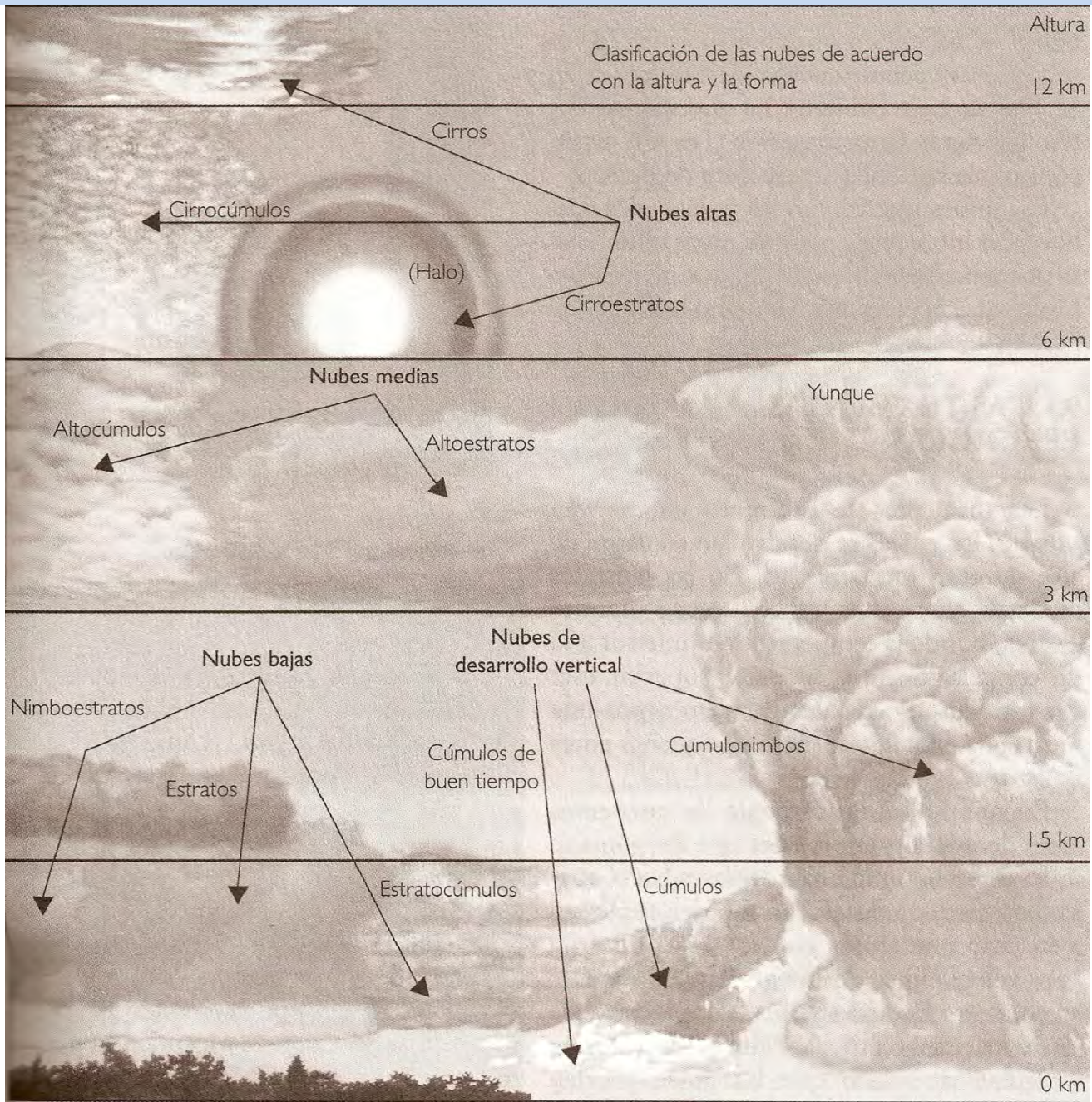
Estables	De estabilidad limitada	De inestabilidad limitada
Cirrostratus	Cirrus	Cumulus
Altostratus	Cirrocumulos	Cumulonimbus
Nimbostratus	Alto cumululos	
Stratus	Stratocumulus	

As



2. La atmosfera

1. Nubosidad



Tareas

1. Como se forman las nubes
2. Describa las 4 tipos principales de nubes y sus variaciones?
3. Describa 2 variedades suplementares de cada tipo de nubes

Referencias

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

Wilhelm KOEPPEN. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.

3. La atmosfera terrestre: Origen y evolución

1. Principales características
2. Formación/origen de la atmosfera
3. Características importantes de los gases de la atmosfera para la origen y permanencia de la vida en el planeta (O_3 , CO_2)
4. Cambios de la composición química desde su formación hasta la composición actual

1. Composición química

1. Los gases de efecto invernadero y otros gases reactivos
2. Variación en la concentración de los gases de la atmosfera y su relación con:
 1. Altura
 2. Latitud y estación del año
 3. Tiempo

2. Propiedades, Estructura y Contaminación

Atmósfera terrestre

Es la capa gaseosa que rodea a la Tierra.

Importante para el desarrollo de la vida en la Tierra

Mezcla de gases mantenida al rededor de la Tierra por el fuerza de la gravitad.

Responsable por la Temperatura mediana del Planeta

La atmosfera protege a Tierra, como si fuera un escudo protector:

La termosfera y mesosfera protegen contra el intenso bombardeo de los meteoros, que se queman debido a su fricción col el aire.

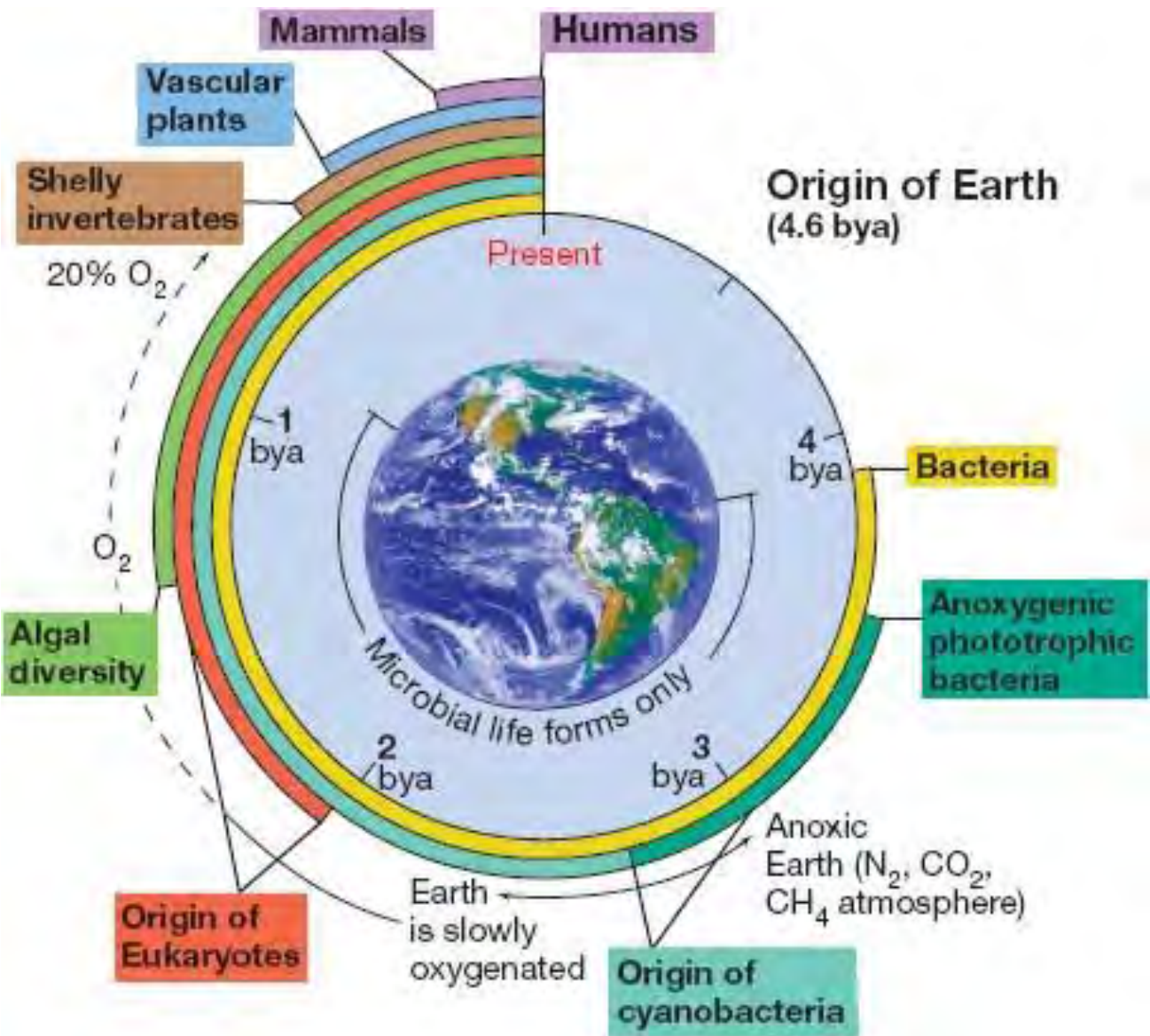
La capa de O_3 → protegr de la radiación UV

75% se encuentra en los primeros 11 Km

Ella se divide en una serie de capas en función de la temperatura, las cuales poseen características especificas



3. La atmosfera
1. Importancia



¿Cómo se formó la atmosfera terrestre?

La atmosfera se formó hace mil millones de años

Cuatro periodos

Origen (la primera atmosfera)

Era química/pre-biológica (segunda atmosfera)

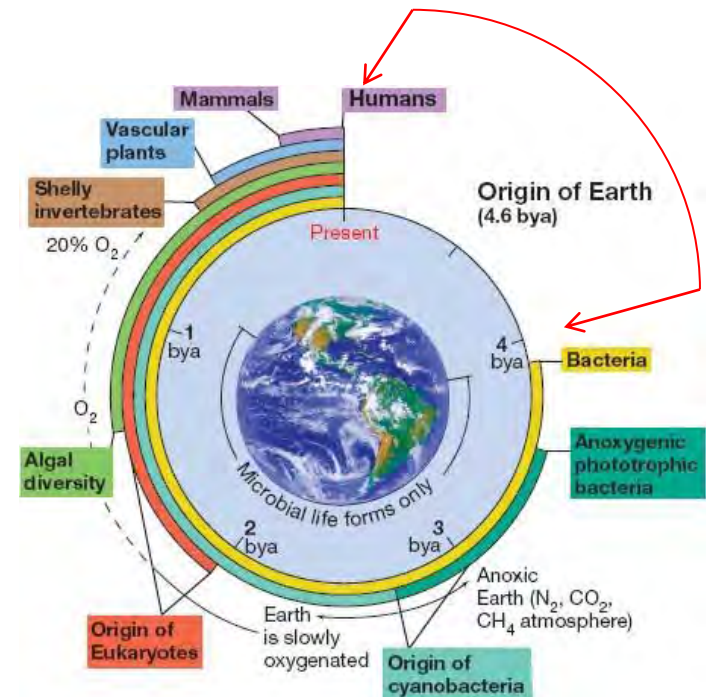
Era microbiológica (tercera atmosfera)

Era biológica (actual)

La primera atmosfera

Era compuesta de He y H

Era disipada por el viento solar



Muy reactiva, anaerobica, sin la proteccion del O₃

La segunda atmosfera

Se formó a medida que la Tierra en formación también se cambiaba.

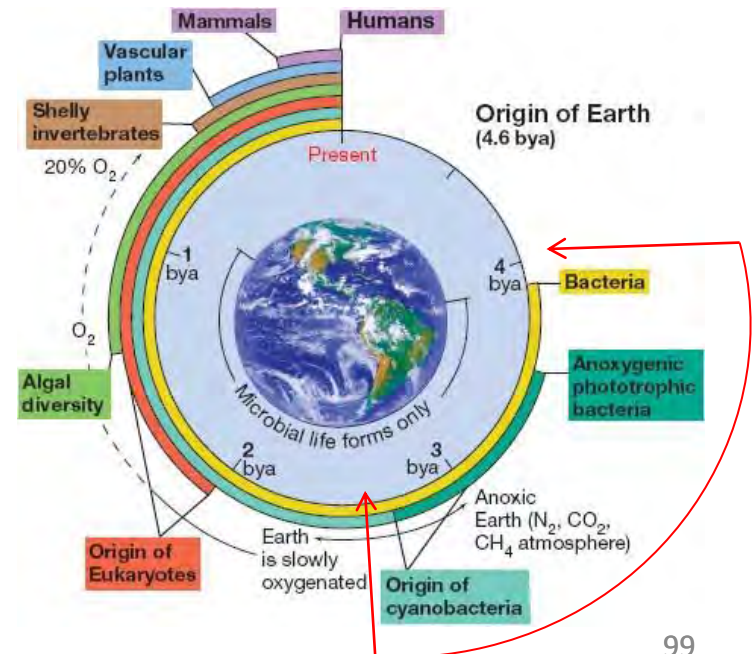
A cerca de unos **4.4 mil millones** años la superficie de la tierra ya posea una corteza llena de volcanes que implementaran el **CO₂** y el **amonio** en la atmosfera primitiva, pero no el O₂

Esta segunda atmosfera posea

H₂O, CO₂, NH₄, N₂, y CH₄

La mayoría gases eran de efecto invernadero

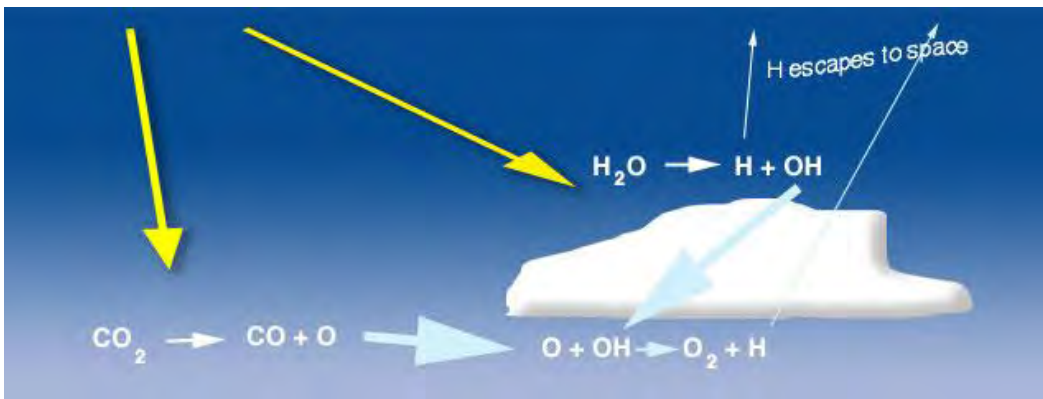
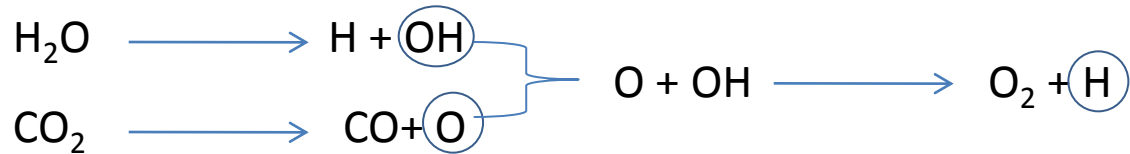
El CO₂ se precipitaba en el agua formando los carbonatos



Para la atmosfera llegar a las condiciones actuales tuvo que cambiar de una completamente **anoxica** para una conteniendo **21%** de su composición de **O₂**

Sin los microorganismos fotoautotrófico el poco del O₂ que se formaba era vía fotolisis!

Inicialmente el O₂ se formó por fotolisis del H₂O(v) y del CO₂ por energía UV

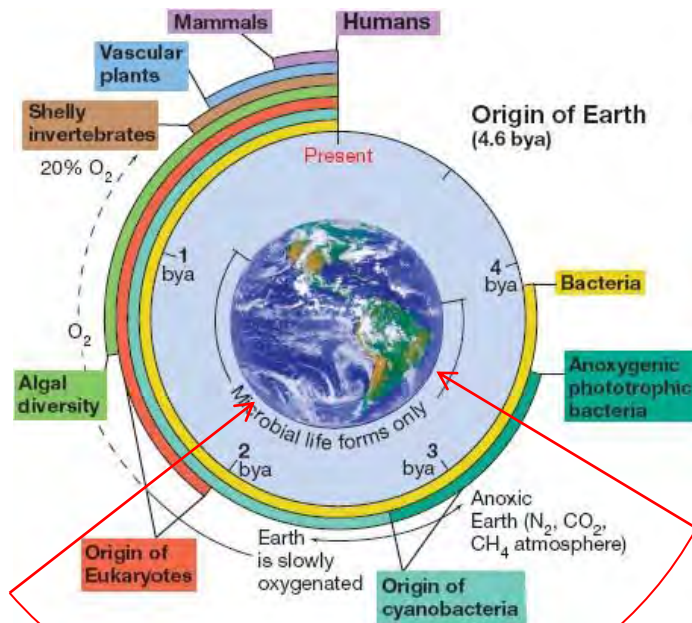


El H se escapaba para el espacio mientras el O₂ se concentraba

3. La atmosfera

2. Origen

Pero por mucho tiempo el O_2 no se acumuló en la atmosfera, porque el se reaccionaba con el Fe de las rocas.



101

Rocas metamórficas oceánicas
– las **Banded Iron Formation**,
 Fe_2O_3 –
datadas de **2 - 3.5** mil millones
de años



3. La atmosfera

2. Origen

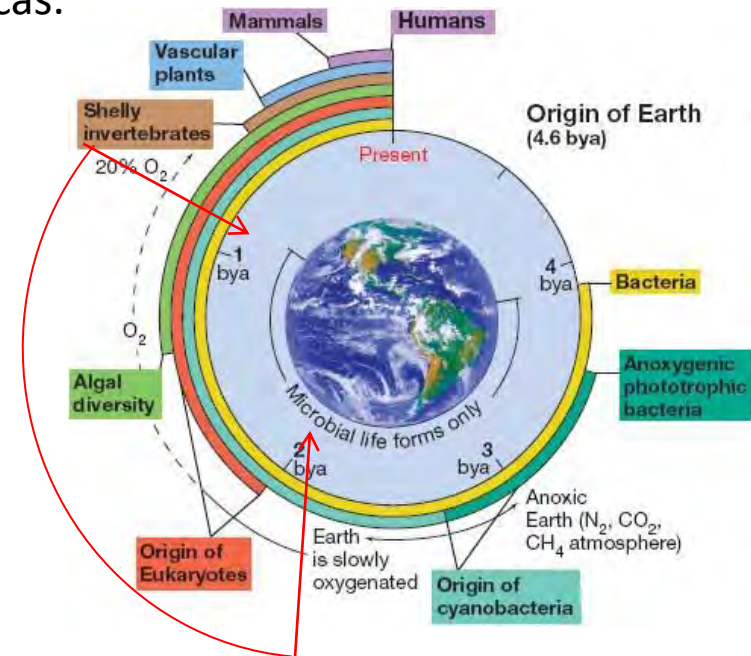
Pero por mucho tiempo el O_2 no se acumuló en la atmosfera, porque el se reaccionaba con el Fe de las rocas.



El O_2 solo empezó a se acumular en la atmósfera, después que los reservorios de rocas oxidables se tornaren saturadas



<http://academic.emporia.edu/aberjame/field/flint/rock09.jpg>



Rocas de origen terrestres – *las Red Beds*,
de FeS_2 que reacciono con el O_2 formando hematita
 Fe_2O_3

datadas de unos **2 mil millones** de años



Sin los reservorios de **Fe** de los océanos, otro tipo de rocas empezó a ser formados, a partir de la oxidación de minerales reducidos como la pirita (FeS_2).

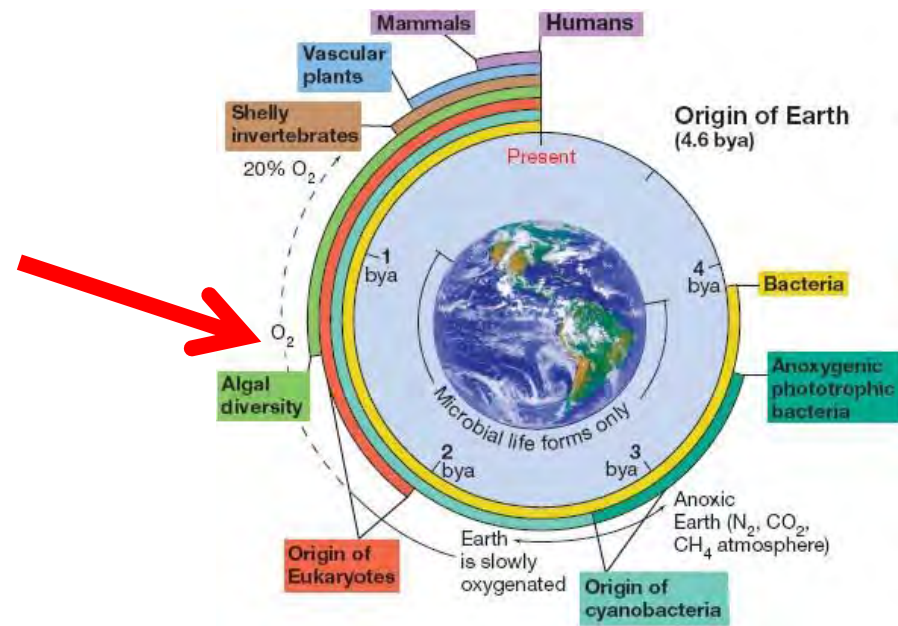
Los depósitos de **Fe_2O_3** que son encontrados con capas alternas de sedimentos de origen terrestre, son conocidos como “**Red Beds**” y datan de unos **2 mil millones de años**.



La última ocurrencia de los **Red Beds** ocurrió simultáneamente con el desaparecimiento de las formaciones de Hierro, y es una evidencia de que los océanos se limpiaron de los metales hasta que el O_2 pudiera acumularse en la atmósfera.

Finalmente después de **1.5 mil millones** de años, los **Red Beds**, también pararon de formarse, y el O_2 finalmente se pudo acumular en la atmósfera.

Finalmente después de 1.5 mil millones de años, los Red beds, también pararon de se formar, y el O₂ finalmente se pudo acumular en la atmósfera

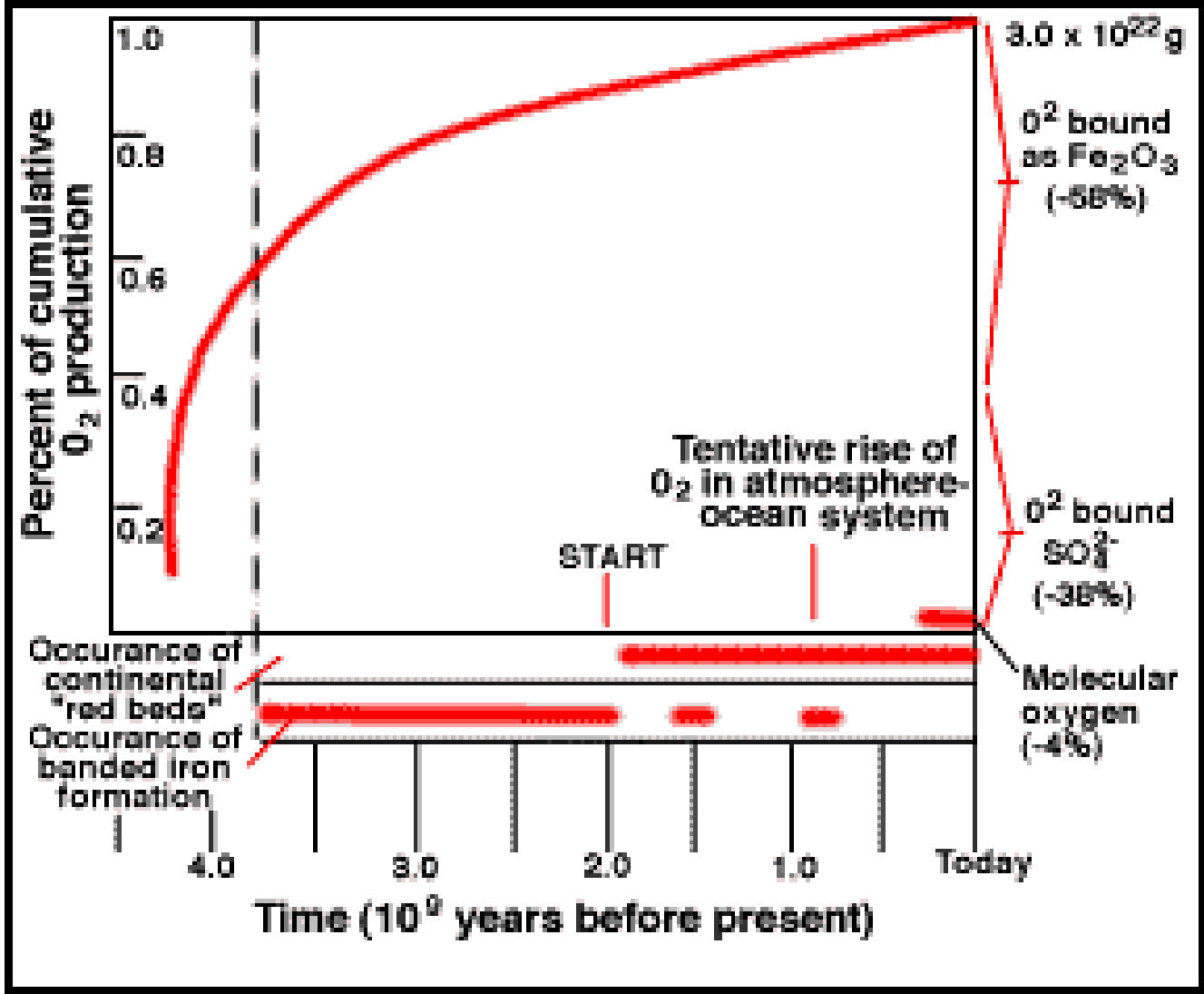


Esto evento marca el primer desarrollo de la célula eucariótica, colonización de la tierra y diversificación de las especies.

Pero el valor de la concentración del O₂ al nivel actual (21%) solo se pasó con la colonización del planeta por las plantas verdes.

3. La atmosfera
2. Origen

Cumulative history of O₂ by photosynthesis through geologic time.



De la fotólisis del O_2 se formó O^{\cdot} que al reaccionar con otras moléculas de O_2 formaba el O_3 .

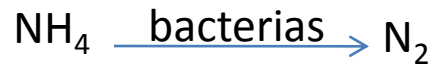
El O_3 si acumulo en la estratosfera, filtrando la **radiación UV** y de esta forma permitió el desarrollo de los primeros seres.

Hace cerca de **3.3 mil millones** de años surgieron los primeros seres vivos (semejantes a las cianobacterias actuales) incrementando O_2 en la atmosfera

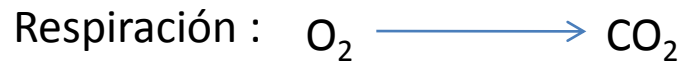


http://www.edu.xunta.es/contidos/sec/bioloxia/biosfera/alumno/4ESO/terra_cambia/imaxes/shark_bay_estromatolitos.jpg

También tuvo que haber un incremento del N_2



Los organismos fotosintéticos consumieron mucho del CO_2



A medida en que se disminuía el CO_2 atmosférica, también aumentaba la de O_2

Además el CO_2 se precipitó en el agua (formando rocas carbonáceas y las carcasas/conchas de calcáreo de los animales)

A presencia de vida tuvo grande impacto en el medio ambiente



La tercera atmosfera

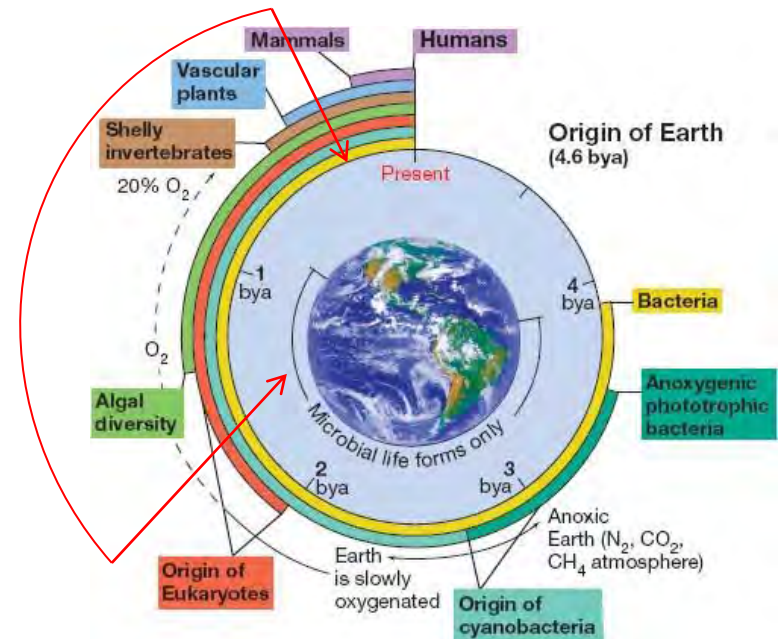
Una atmosfera oxigenada

La disponibilidad de O₂ y diversidad metabólica permitió aumentar la biodiversidad, surgió los seres **fotoautotróficos** (la fotosíntesis)



Surgió otras las plantas,

Y con la fotosíntesis y hubo **más incremento del O₂ atmosférico y reducción del CO₂**



El O₂ en la atmosfera debe estar cerca de 20% para que haya condiciones optimas de vida en el Planeta

Si la concentración del O₂ en la atmósfera fuera:

< 15% **no habría fuego** en la Tierra

> 25%, todo se quemaría espontáneamente.

El problema de los Rayos UV para las células vivas




El ADN es dañado por la radiación λ 0.25 μm (luz UV)

Una atmosfera sin capa de O₃, no seria problemas a los organismos non-fototróficos, pero los foto tróficos morrearían al se exponer al sol.

Centenas de metros de profundidad son necesarios para que **el agua pueda** filtrar las radiaciones UV, para servir de protección.

Tal vez los organismos puedan utilizar una capa de células muertas para se protege (¿Cómo los estromatolitos?)

Comparando la composición actual de la atmosfera de os planetas cercanos a la Tierra

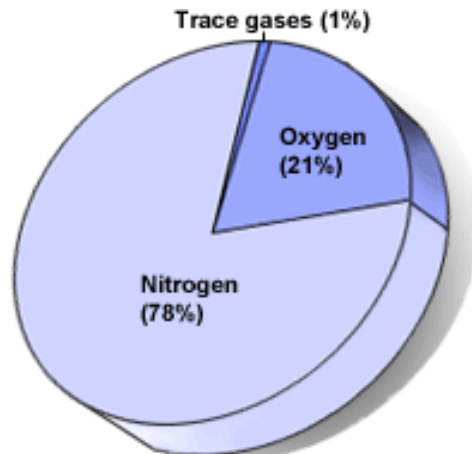
	Venus	Tierra	Marte
Presión de la superficie	100,000 mb	1,000 mb	6 mb
	Composición		
CO₂	>98%	0.03%	96%
N₂	1%	78%	2.5%
Ar	1%	1%	1.5%
O₂	0.0%	21%	2.5%
H₂O	0.0%	0.1%	0-0.1%
			

La composición química

La capa de aire que entorna el planeta, es una mezcla de gases, dividida en sub capas, cada cual con sus características físicas y químicas.

Los primeros 64-80 km de la atmosfera contén 99% del total de la masa de la atmosfera, generalmente de composición bastante uniforme,

99% de su volumen → O_2 y N_2
1% → elementos trazos, donde prevalece el **argón**, un gas inerte.



Constituyente	Simbolo	Vol % (aire seco)
Nitrogen	N_2	78.084
Oxygen	O_2	20.947
Argon	Ar	0.934
Carbon Dioxide	CO_2	0.035
Neon	Ne	0.00182
Helium	He	0.00052
Methane	CH_4	0.00017
Krypton	Kr	0.00011
Hydrogen	H_2	0.00005
Nitrous Oxide	N_2O	0.00003
Xenon	Xe	0.00001
Ozone	O_3	trace to 0.00080

Composición mediana de la atmosfera seca
debajo de 25 km

El vapor del agua también se encuentra en muy baja concentración, casi cero en los desiertos hasta 4% sobre los océanos.

El vapor del agua es muy importante para la homeostase de la atmosfera, absorbe la energía radiante de la superficie del planeta

Mismo en bajas concentraciones los gases trazos son de importancia vital para la vida en la Tierra, en particular el O₃ y el CO₂

Tareas - Importancia, origen y composición de la atmosfera

1. Describa la teoría sobre el surgimiento de la atmosfera terrestre
2. La atmosfera terrestre fue muy importante para el desarrollo de la vida en la Tierra. Explique porque.
3. Cuando probablemente surgieron los primeros seres vivos en la tierra? Cuales son las evidencias geológica para tal hipótesis?
4. Como y cuando se formaron los **BIFs** y los **Reds Beds**? Estas formaciones geológicas nos fornecen informaciones importantes de los primordios del planeta Tierra, que informaciones son estas?
5. Que son estromatolitos? De ejemplos.
6. Cual es la composición química de la atmosfera actual?
7. Cual la importancia de los siguientes gases para la composición de la atmosfera: ozone estratosférico, vapor del agua, oxigeno, gas carbónico y nitrógeno.
8. Haga una tabla listando las variaciones en la concentración de los gases atmosféricos con: la latitud, altitud y tiempo. Liste las respectivas variaciones.

La Atmósfera
Vista del espacio

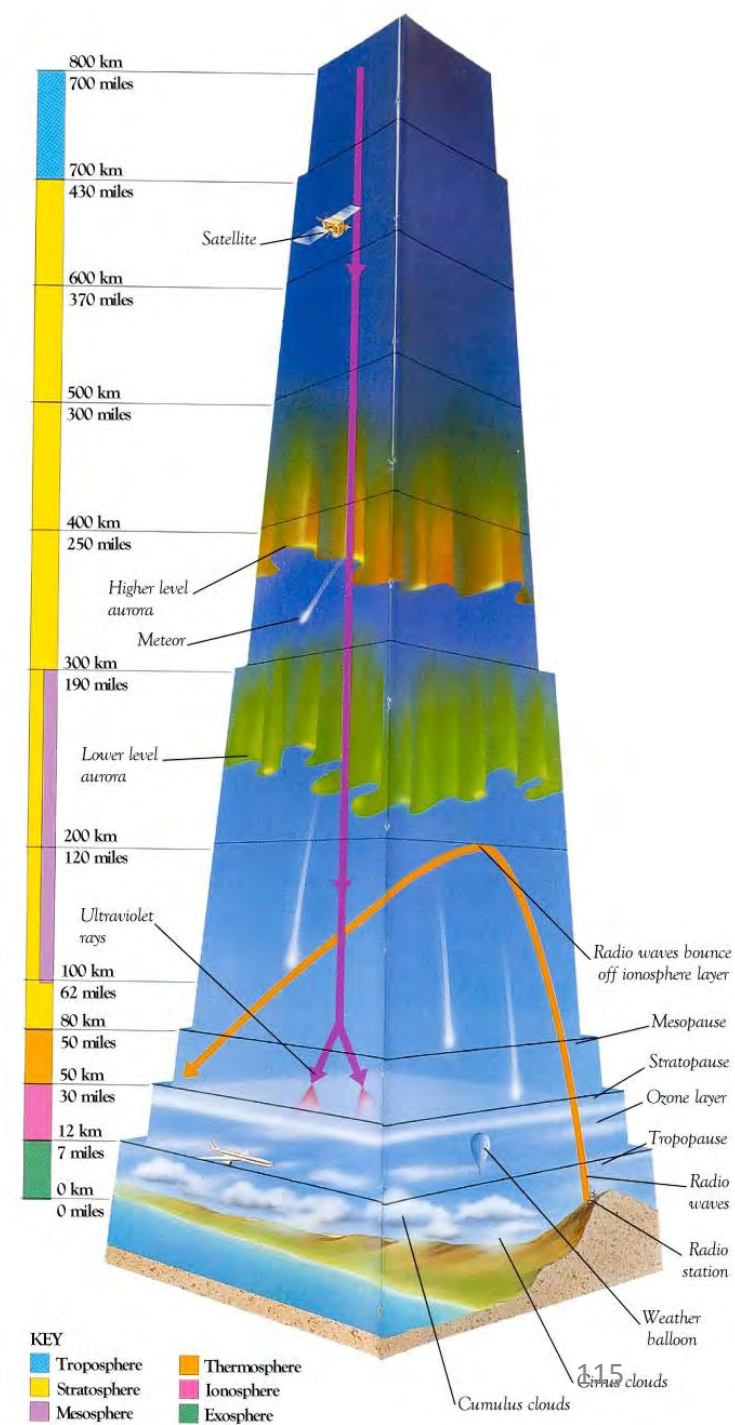


¿Hasta donde va la atmosfera?

La atmosfera no posee limite superior

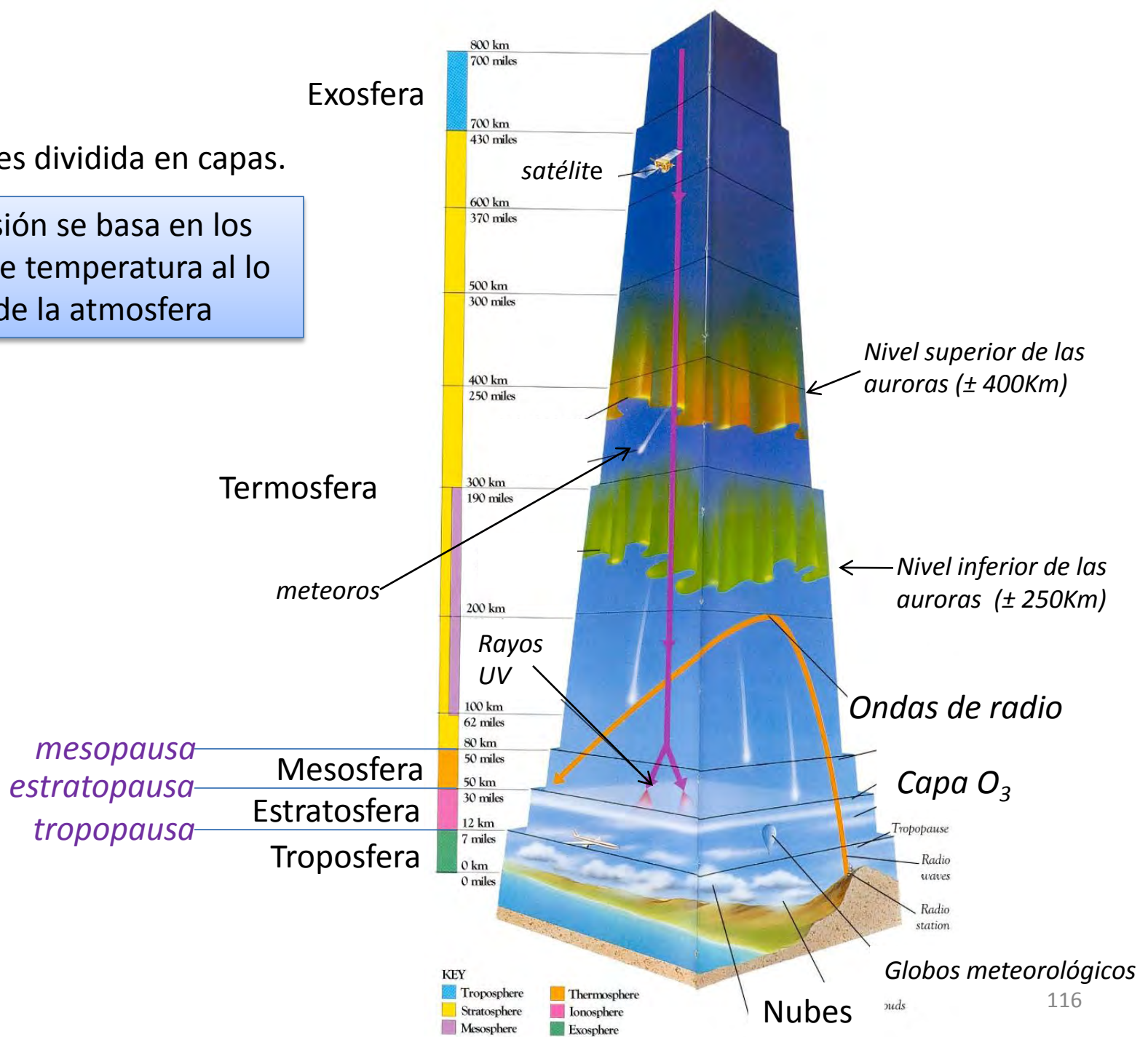
Al paso que se distancia de la superficie de la tierra, ella va se tornando cada vez más delgada

Ella pierde constantemente moléculas de gases ligeros (p.ej., He y H)



La atmosfera es dividida en capas.

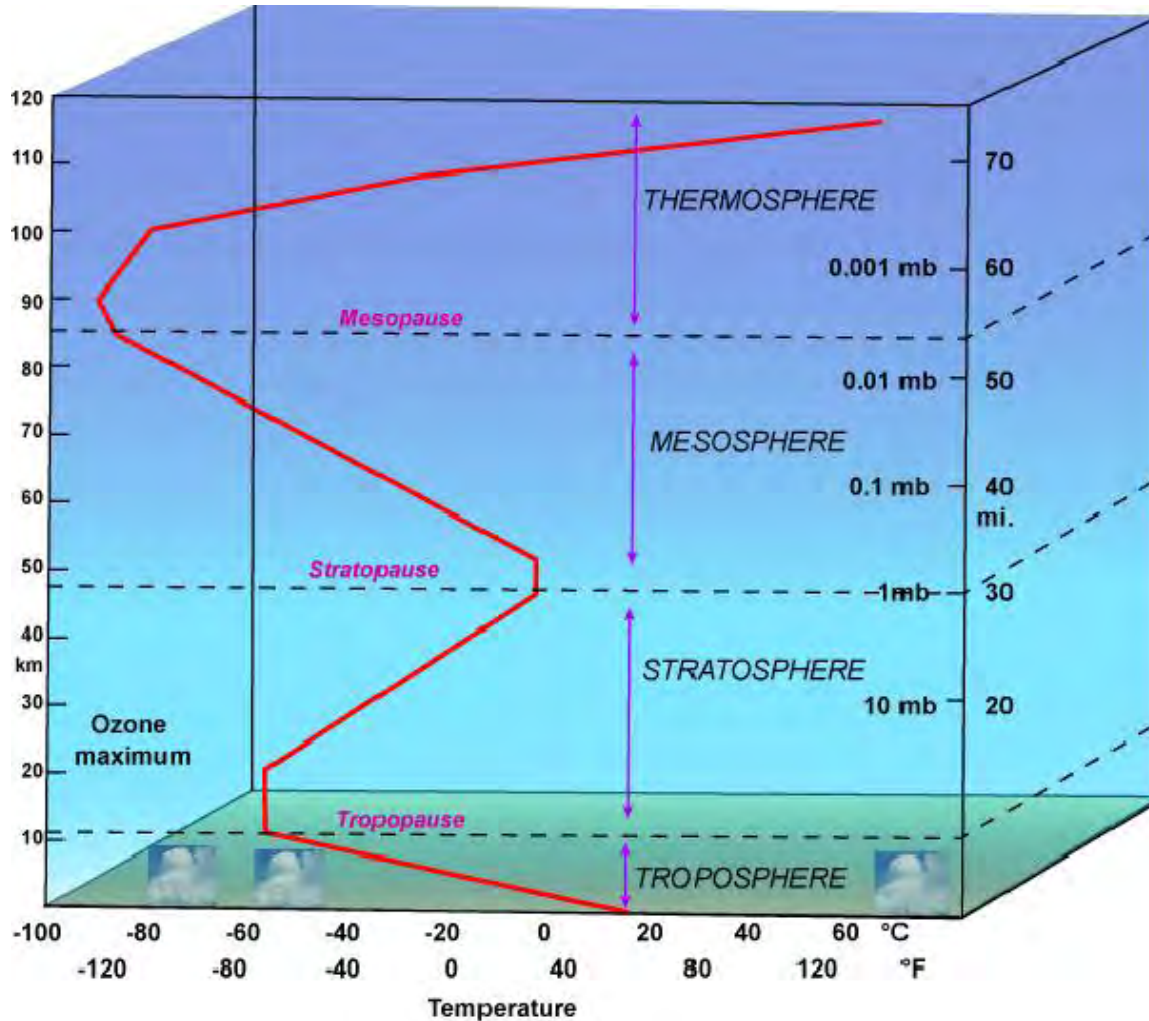
Esta división se basa en los cambios de temperatura a lo largo de la atmosfera



KEY

Troposphere	Thermosphere
Stratosphere	Ionosphere
Mesosphere	Exosphere

La inversión de la temperatura promedio de una dada masa de aire de la atmosfera marca el limite entre las capas del atmosfera



10,000 km
Exosphere

690 km
Thermosphere
Shuttle

100 km (Kármán line)
Aurora

85 km
Mesosphere
Meteors

50 km
Stratosphere
Weather balloon

6 - 20 km
Troposphere
117
Mount Everest

Troposfera

Viene de la palabra griega "τρέπω" que significa en cambio (en agitación)

É a capa de aire más cercano de la superficie de la Tierra;

Se extiende hasta cerca de unos **12Km**

Contén 80% de todos los gases de la atmosfera (50% de todos estos gases se encuentran en los primeros 5Km de altitud)

Contén una enorme cantidad de polvo y agua

Es calentada por el calor irradiado de la superficie de la tierra.

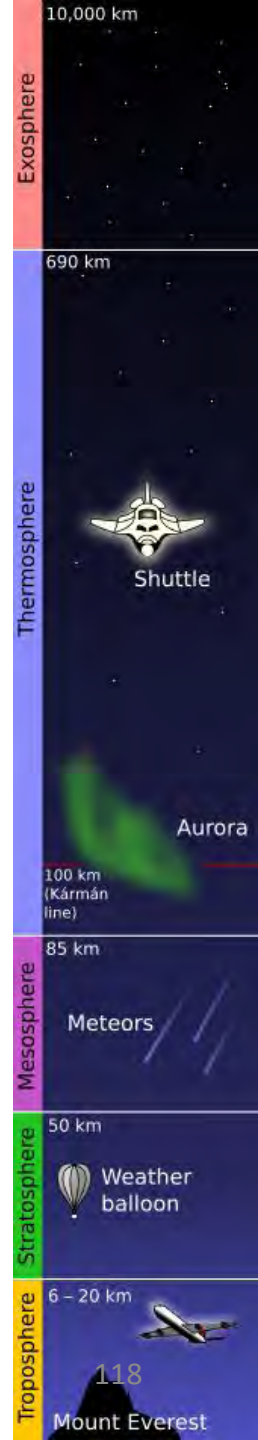
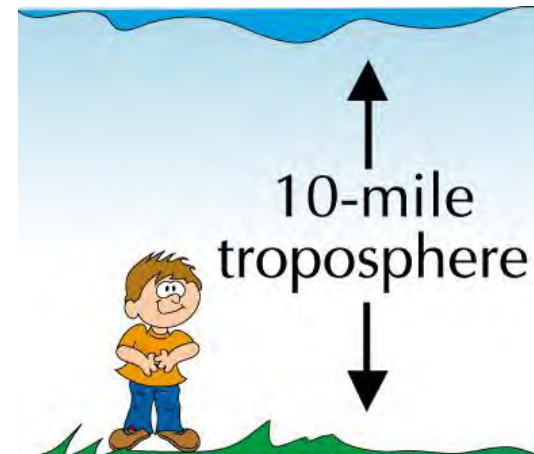


tropopausa

En Ecuador → a unos 8Km de altura

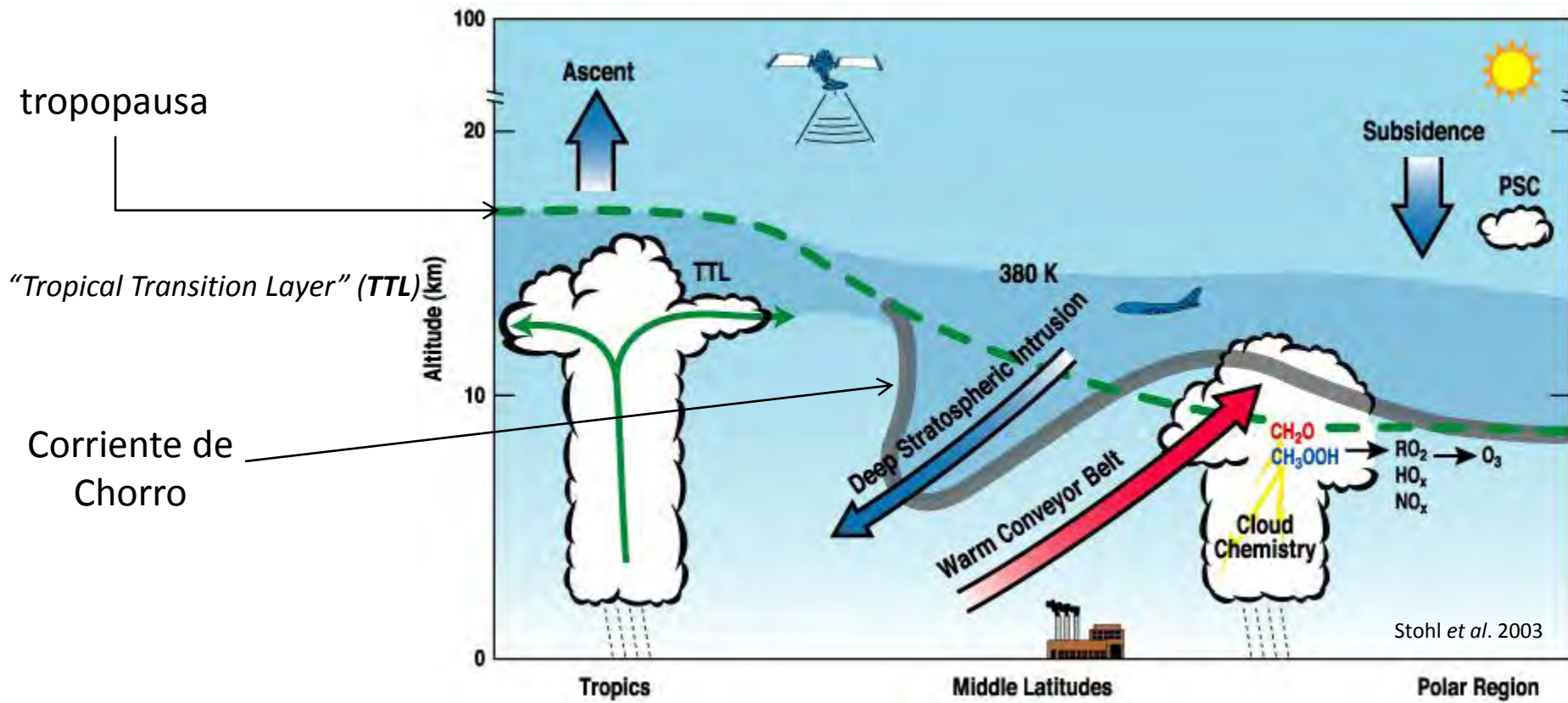
Entre 50 N y S → 9 km

En los polos → 6Km



Dinámica, química y física de la interface entre la troposfera y la estratosfera

Proceso que contribuye para mezclar estas capas, incluso transporte de sustancias químicas (flujo global).

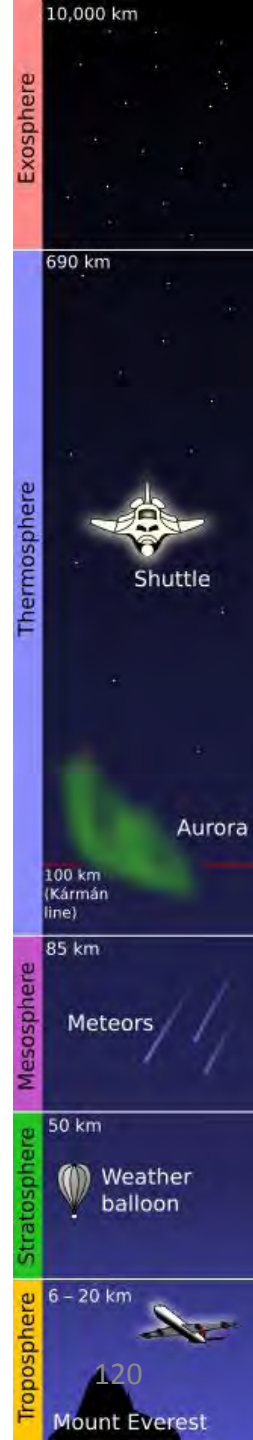
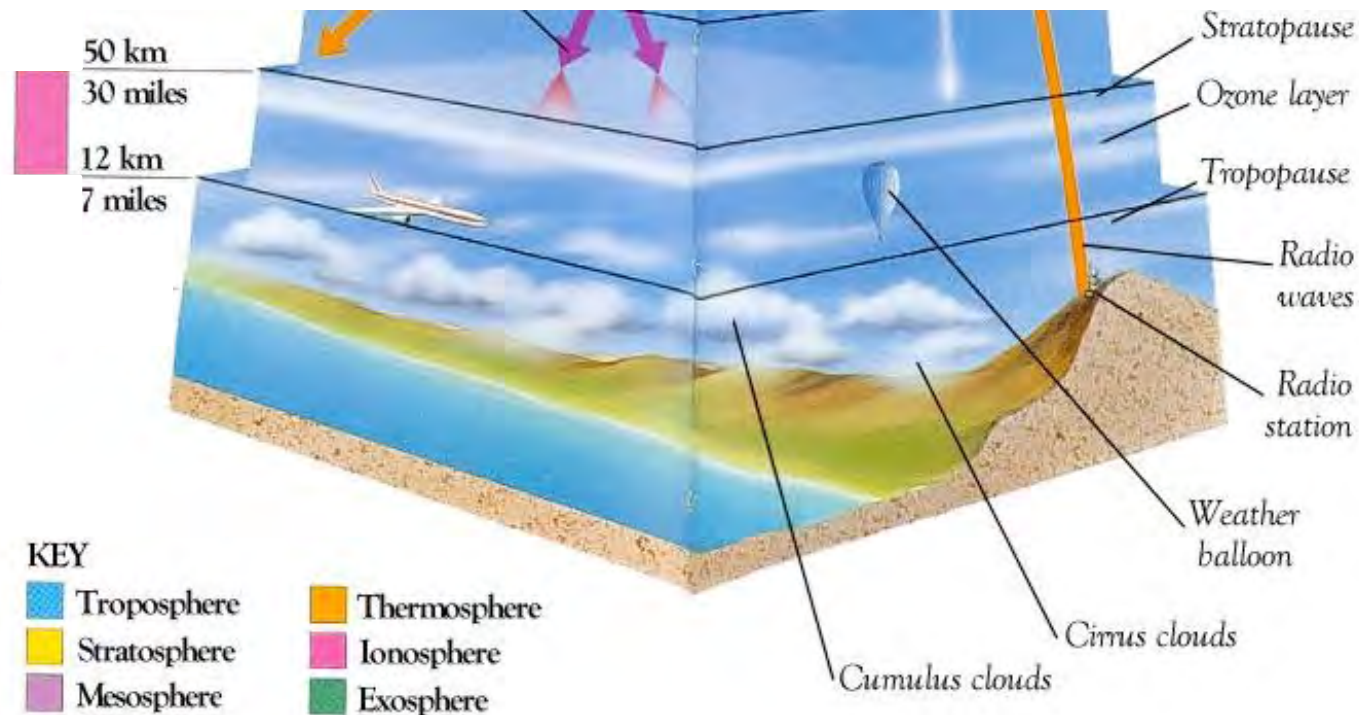


Transporte
convectivo

Estratosfera

Viene del latín “*stratus*” que significa esparramado

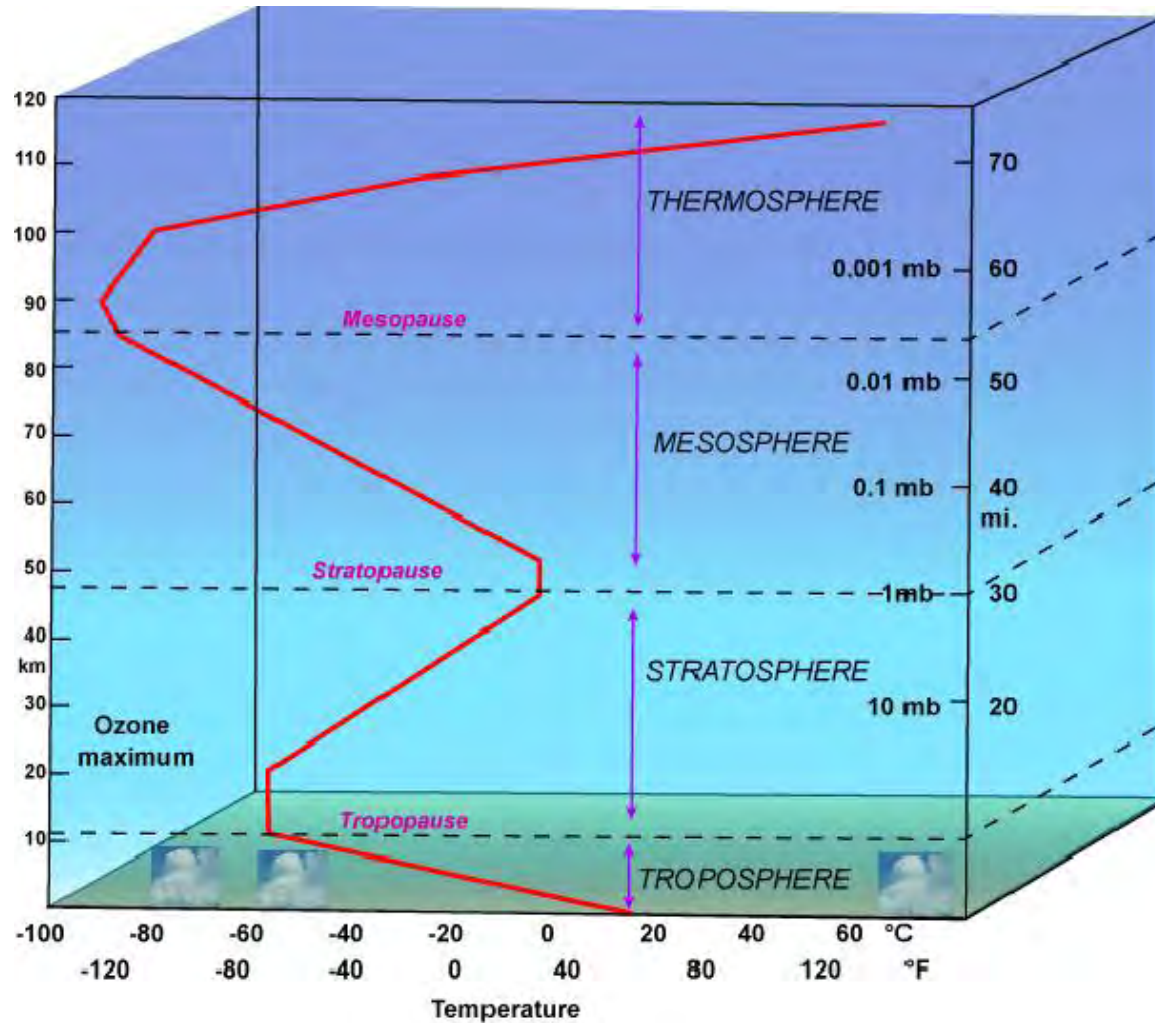
- Desde la tropopausa hasta la estratopausa (50Km de altitud)
- Su espesor varia (15 – 35 Km) sazonalmente y geográficamente.
- 19 % de los gases de la atmosfera
- Poco vapor de agua
- Los flujos de aire en esta capa son muy ligeros
- Es adonde se encuentra la capa de O3



Estratosfera

Cuanto se aumenta altura → aumenta la temperatura

Varia:
-60 hasta +10°C



10,000 km
Exosphere

690 km
Thermosphere

Shuttle

Aurora

100 km (Kármán line)

85 km
Mesosphere

Meteors

50 km
Stratosphere

Weather balloon

6 - 20 km
Troposphere

121
Mount Everest

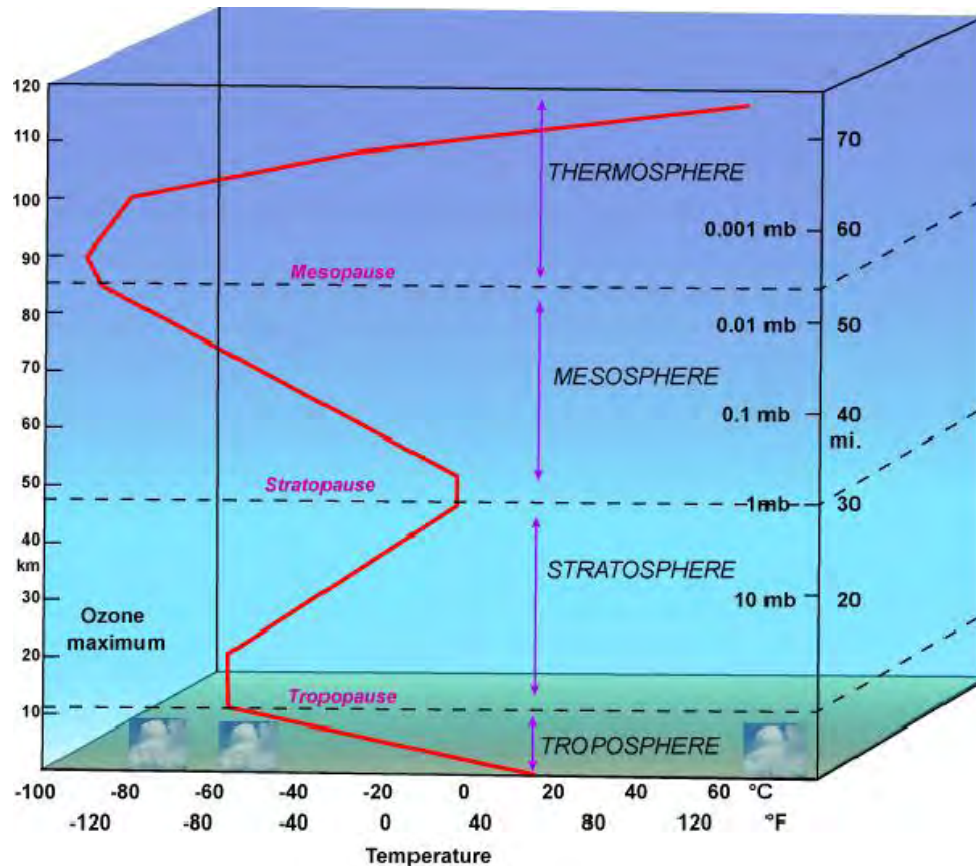
Mesosfera

Deriva de la palabra griega "μέσος"
Que significa "en el medio"

Entre la tropopausa (50 Km) hasta la mesopausa (80 km)

Hay muy poco gases (y muy ligeros) en esta capa para absorber la energía solar.

Temperatura cae:
0 hasta -100 °C



10,000 km
Exosphere

690 km
Thermosphere

Shuttle

Aurora

100 km (Kármán line)

85 km
Mesosphere

Meteors

50 km
Stratosphere

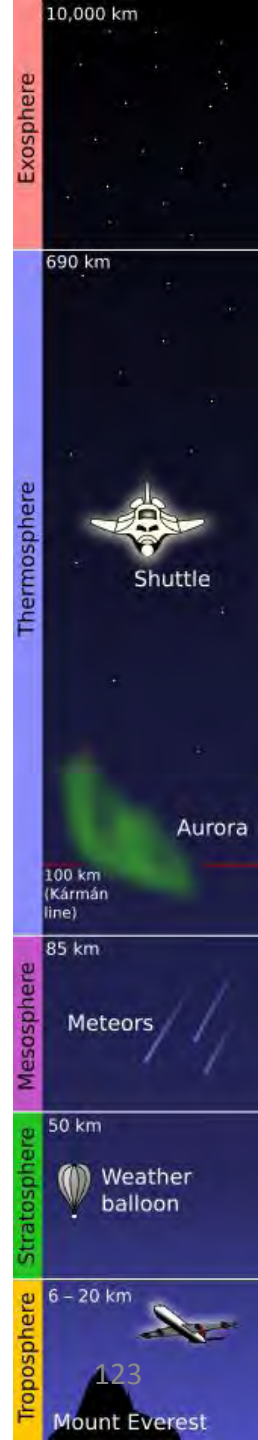
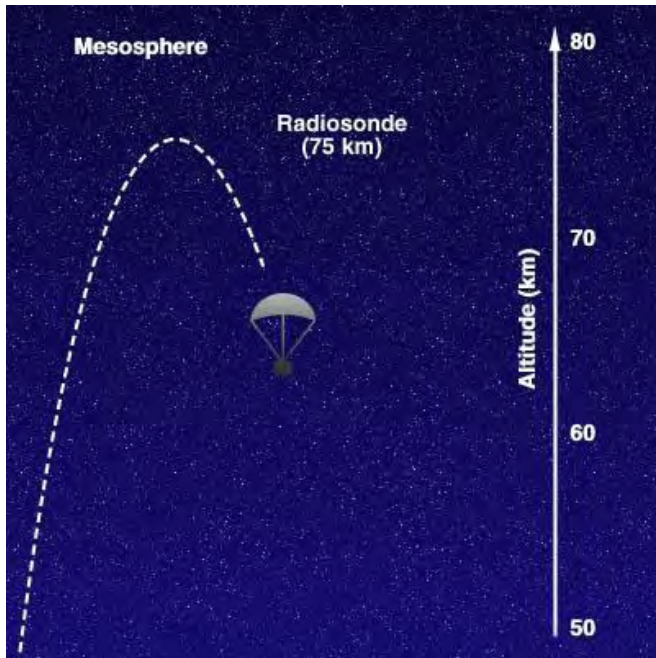
Weather balloon

6 - 20 km
Troposphere

122
Mount Everest

Mesosfera

Es donde se prenden los **meteoros** al entraren en la atmosfera terrestre



termosfera

De 80/85 Km – 600 Km

La temperatura aumenta con la altura

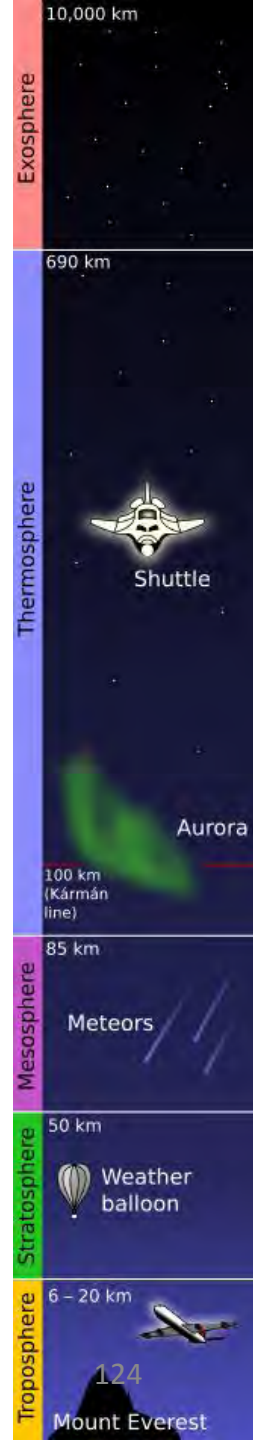
Ionosfera

Parte de la atmosfera que es ionizada por la radiación solar

De gran importancia en las **telecomunicación**

Importancia practica porque, entre otras funciones, influencia a **propagación de ondas de radio de ondas cortas**

Esta ubicada en la termosfera, y es también responsable por **la formación de las auroras**



Clerk Maxwell

La luz se comporta como una onda electromagnética.

En 1864 James Clerk Maxwell propuso la teoría de cómo las ondas electromagnéticas podrían ser creadas haciendo oscilar un campo electro y magnético juntos. Él demostró que la luz se comporta como una onda electromagnética.

Marconi

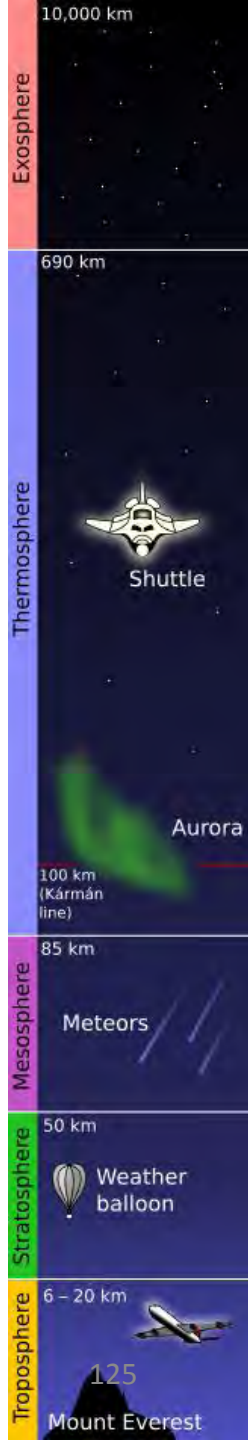
Ondas de radio de frecuencia corta atraviesan el océano atlántico.

En 1901 Marconi usando la descubierta de Maxwell hizo que ondas de radio, es decir, ondas de radio de frecuencia menor que de la luz, atraviesan el océano atlántico.

O. Heaviside & A. Kennedy

Hipotetiza la **Ionosfera**

En 1902 Oliver Heaviside Y Arthur Kennedy, interesados con los experimentos de Marconi, hipotetizaron la existencia de una capa en la atmósfera capaz de reflejar estas ondas, las regresando a la Tierra, la cual la nomino **Ionosfera**



¿Cómo se forma la Ionosfera?

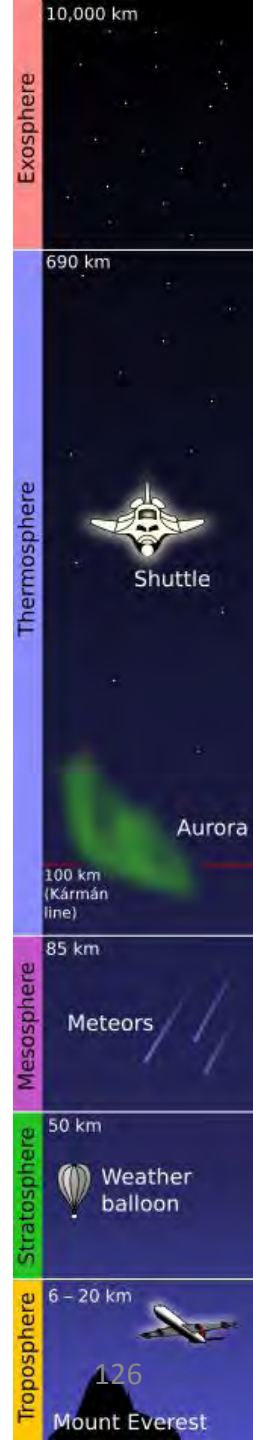
Ionosfera es el nombre dado a capa de la atmosfera en el cual los pocos gases existentes son ionizados por la **radiación solar**.

EL VIENTO SOLAR

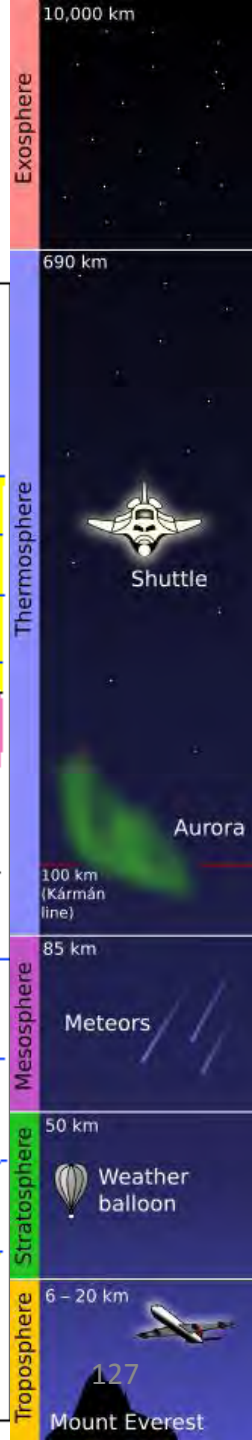
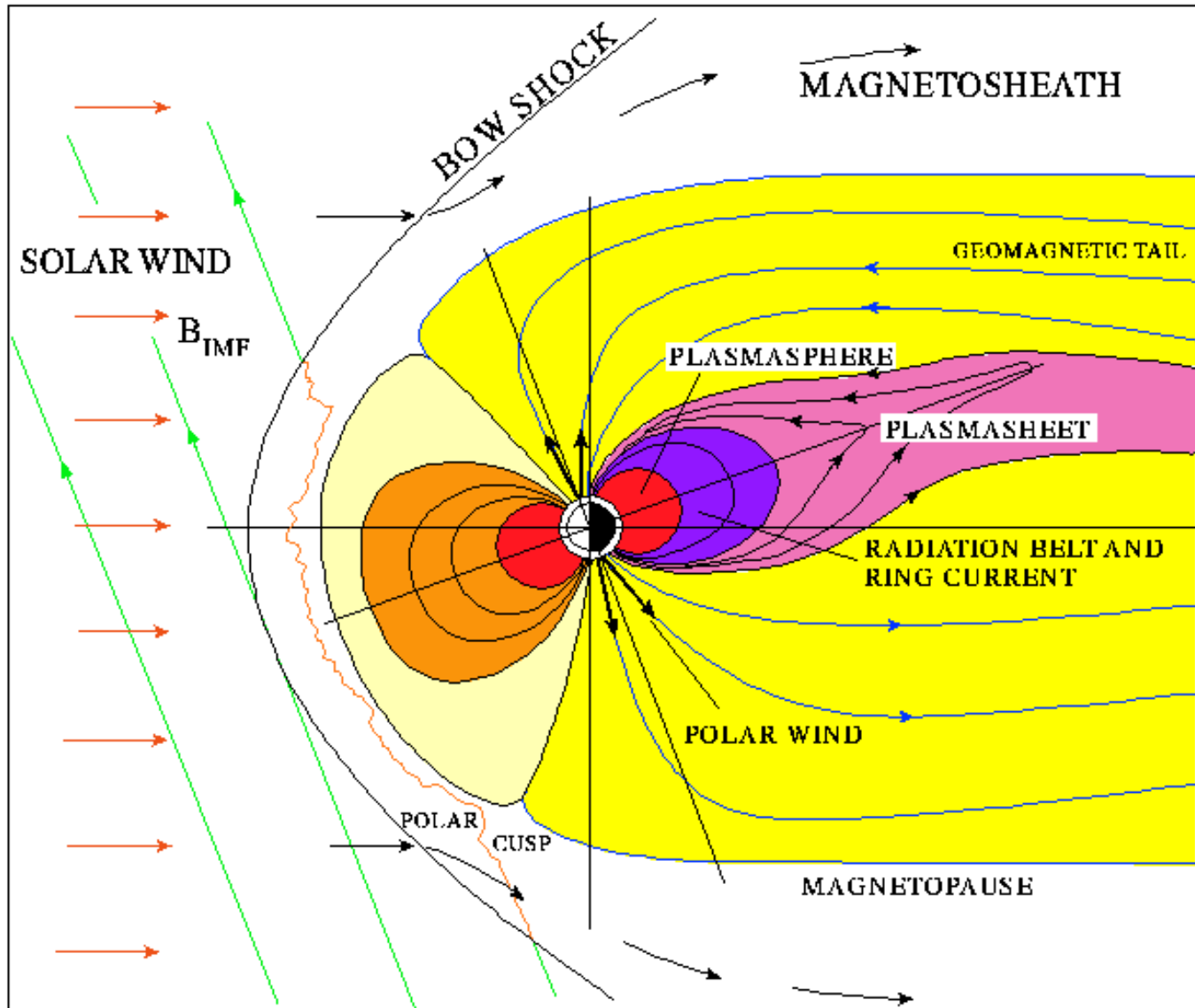
La atmosfera **superficial del sol** (la corona solar) es muy caliente, y as veces, parte de esta escapa (He y H) y forman o que conocemos como **viento solar**. Esta corriente, caliente y llena de energía, se ioniza completamente (es decir es puro plasma). Este plasma es el VIENTO SOLAR.

El viento solar se interacciona con el campo magnético de la Tierra (Magnetosfera) y las partículas que no son desviadas por la magnetosfera y penetran en la atmosfera dan origen a Ionosfera

A Tierra recibe mucha energía del Sol e la forma de radiación – cerca de 1370 W/m².



<http://www.uaf.edu/asgp/hex/ionosphere.htm>



La masa total de la ionosfera es inferior a un 0,1 % de la masa de la atmósfera.

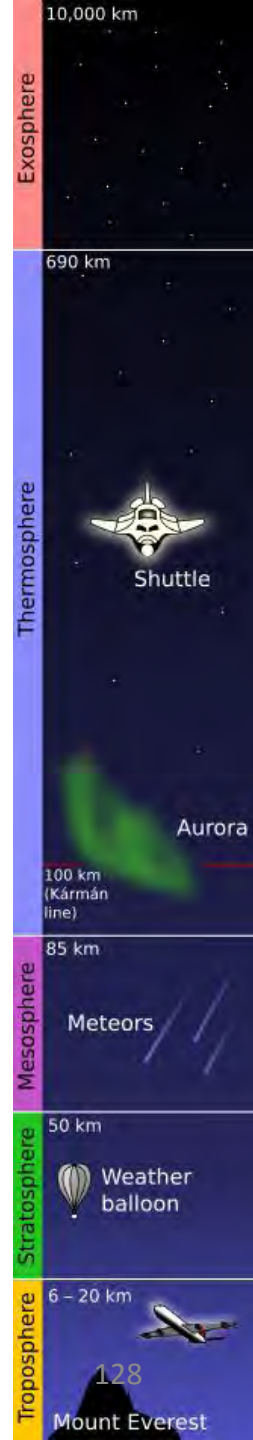
En la ionosfera, los gases atmosféricos son tan tenues que es posible encontrar **electrones libres e iones positivos**.

Posee propiedades de:
un gas tenue y
un plasma (cuarto estado de la materia)

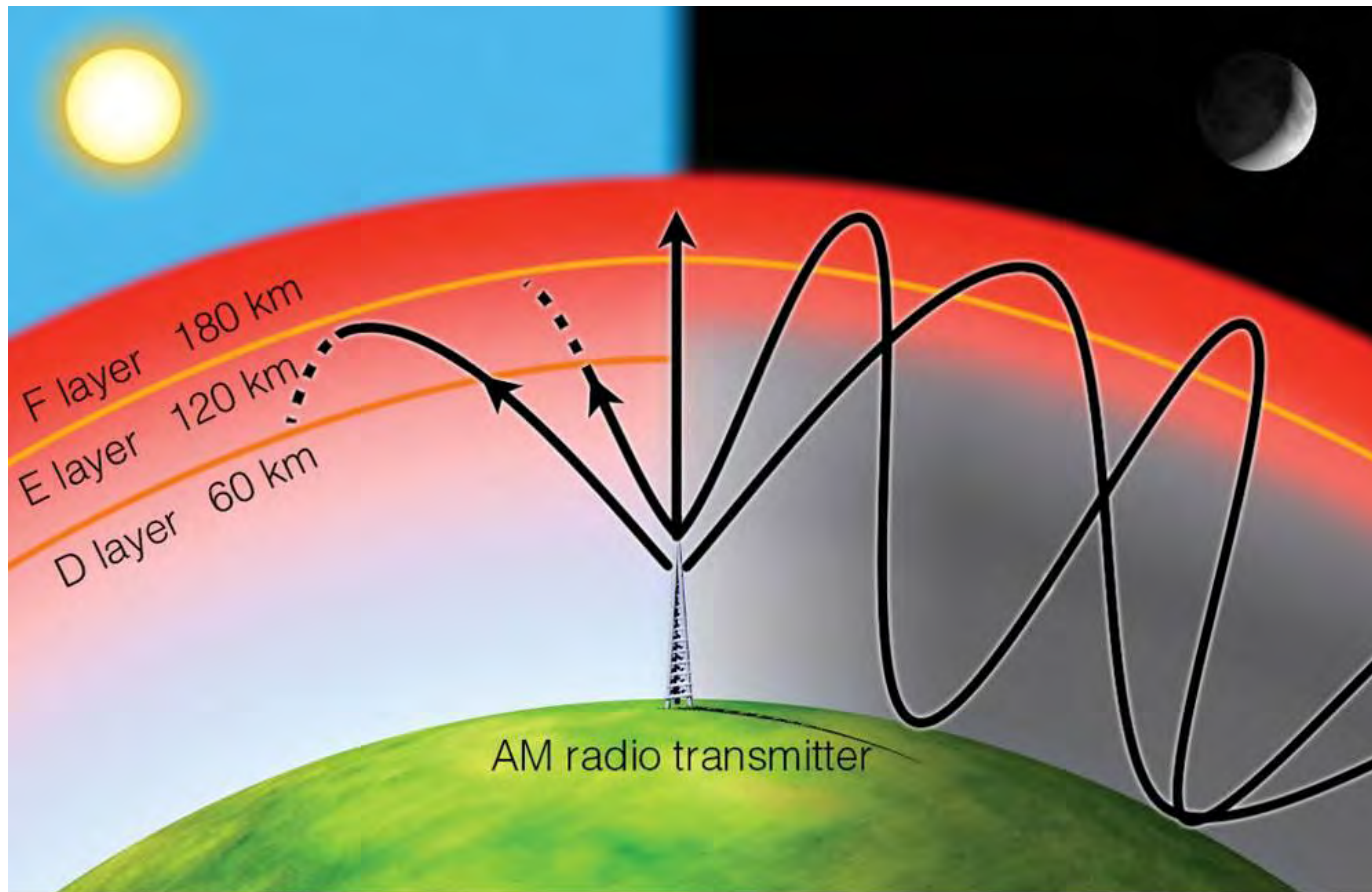
Las cargas se separan por la acción de las radiaciones de alta energía provenientes del Sol.

Dependiendo del grado de ionización, se pueden encontrarse picos de ionización formando capas, denominadas:
"D," "E," "F1," y "F2".

La estructura de la ionosfera viene marcada por el gradiente de la densidad electrónica.



A ionosfera e a propagación de ondas de radio



© 2007 Thomson Higher Education

Apena las ondas de radio AM

É compuesta de las capas D, E, F...

La capa D absorbe mejor la onda de radio AM de frecuencia bajo de 10 MHz, pero desaparece a la noche

La capas E y F reflexionan las ondas hacia la tierra

Sub-capas (o regiones) de la ionosfera



Región F

→ 150 - 1000 Km
→ mayor la densidad electrónica

→ contén los iones de la ionización:

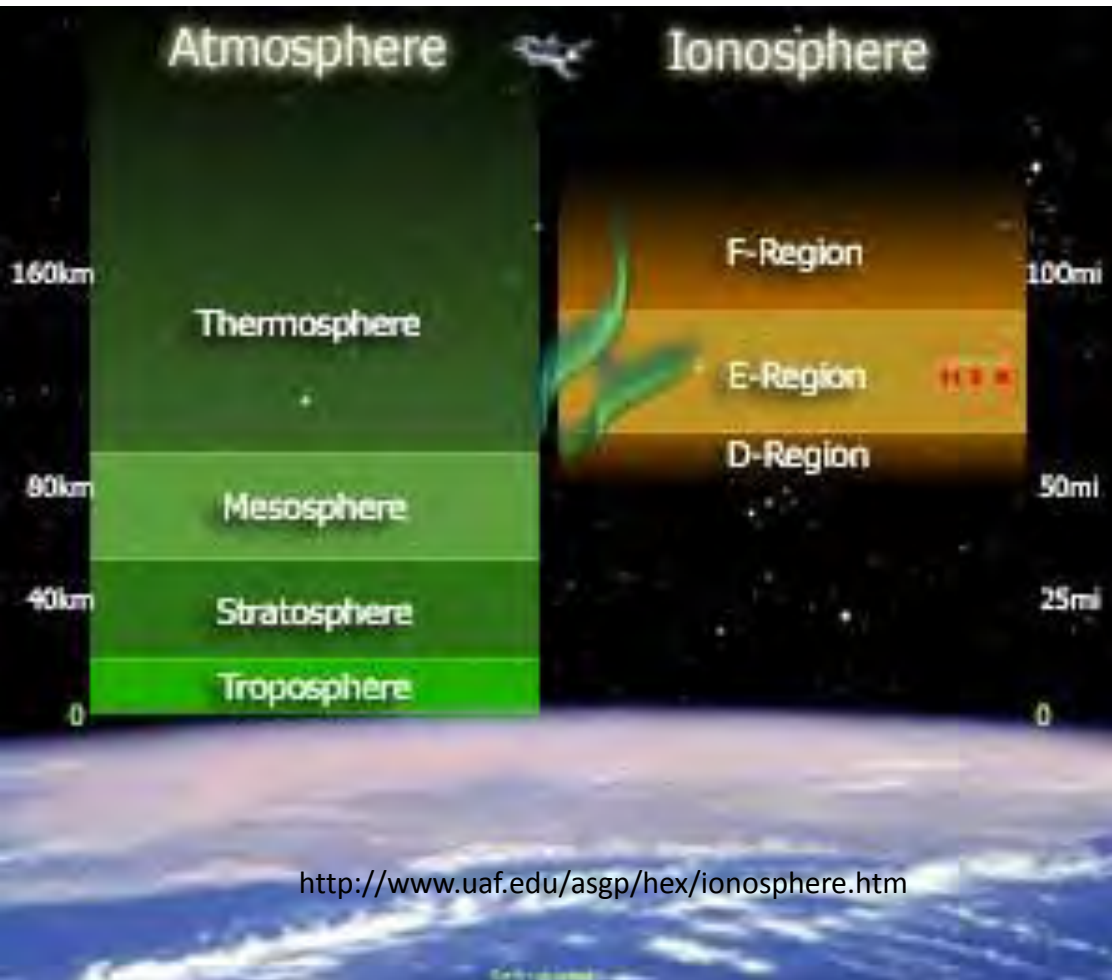
regiones mas bajas

NO⁺ y del O⁺

en topo

H⁺ y He

Sub-capas (o regiones) de la ionosfera

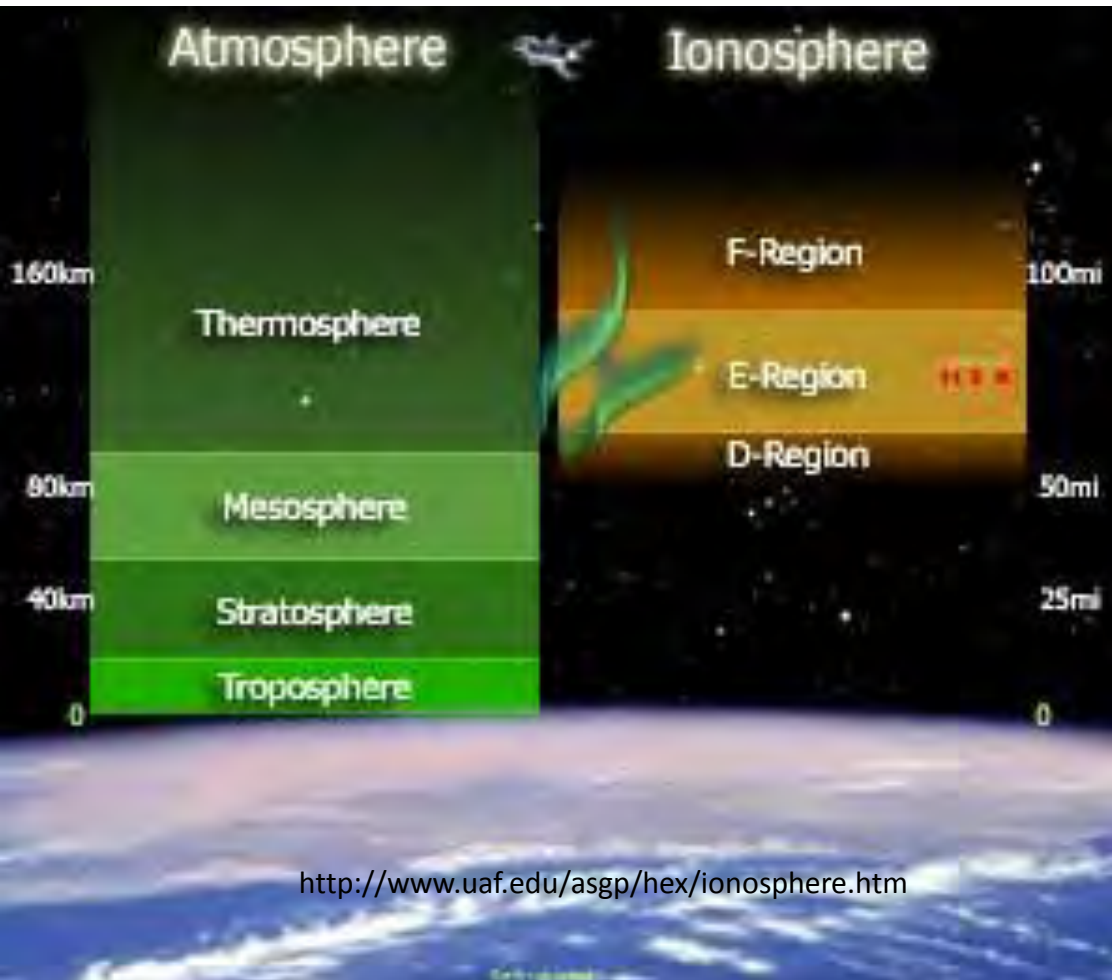


Región E

→ 95 - 150 Km

→ contén principalmente
iones O_2^+

Sub-capas (o regiones) de la ionosfera



Región D

- 75 - 95 Km
- relativamente poco ionizada
- Desaparece a la noche

¿ Cual la relación ente la ionosfera con la aurora?

Sobre los polos hay una región que no hay magnetosfera.

En estos puntos partículas cargada pueden entrar en la atmosfera superior. Estas partículas excitan los electrones en gases neutros, los cuales irradian energía como luz visibles en frecuencias que son característicos de las partículas de gases excitados producido luz fluorescente.

Es como un tubo de luz fluorescente en el vacio

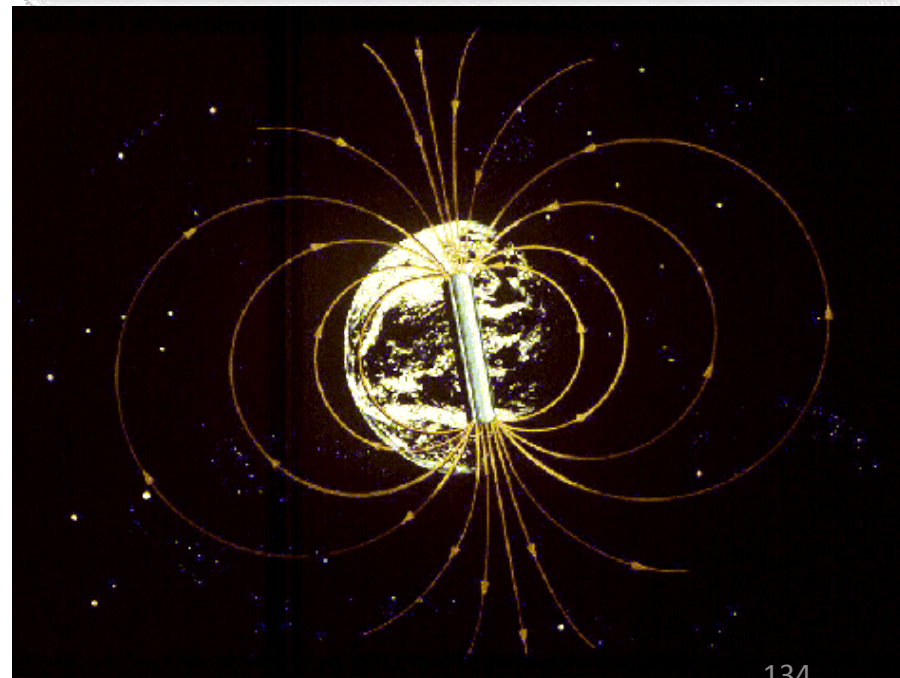
“En un campo eléctrico, los electrones acelerados al se chocaren con el gas de dentro del tubo crea luz”

¿Qué es la magnetosfera?

Es la área del espacio, alrededor de la Tierra, que es controlada por el campo magnético de la tierra

El espacio cercano de la Tierra es llena de partículas, radiación electromagnética y hay constantemente cambios de los campos magnéticos y eléctrico. Todo este material forma la magnetosfera de la Tierra

La magnetosfera protege la Tierra del viento solar

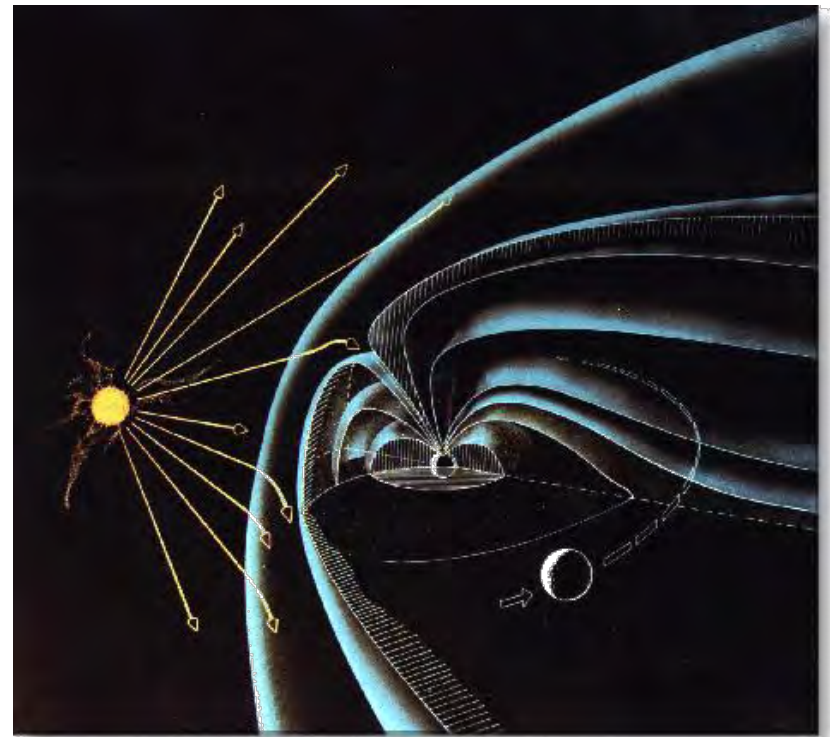


El viento solar viaja a cerca de 1,000,000 miles/h. Gracias a la presencia de la magnetosfera , esto viento es dispersado hacia fuera , no golpeando nuestra atmosfera.

Los rayos UV del sol ionizan las capas superiores de la atmosfera, creando la ionosfera y una fuente de plasma para la magnetosfera. La energía del viento solar en contacto con la magnetosfera es estocada en esta capa

En el planeta Marte (con poco o casi ninguno campo magnético) se piensa ter perdido mucho de sus océanos y de la atmosfera , en parte debido al impacto directo del viento solar.

Venus, sin campo magnético apreciable, perdió prácticamente toda su agua para el espacio.

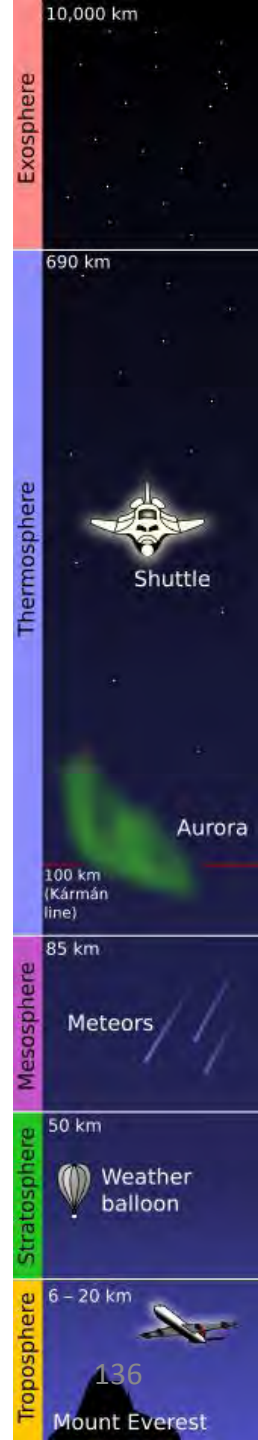


Exosfera

500 – 1000 km hasta 10,000 km.

Libre del movimiento de las partículas

Fuera de la acción de la magnetosfera o del viento solar



Tarea – Estructuración de la Atmosfera

1. Cuales son las capas de la atmosfera?
2. Haga una tabla comparativa de las capas de la atmosfera
3. Como se llaman las capas de aire entre las interfaces de las capas de la atmosfera. Localízalas.
4. Por que la atmosfera es tan importante?
5. Describa la troposfera.
6. Describa la estratosfera.
7. Describa la mesosfera.
8. Describa la Ionosfera.
9. Describa la termosfera.
10. En que capa se encuentra la capa de ozono?
11. En que capa las ondas de radio son reflejadas?
12. O que es la magnetosfera? Cual es su importancia?
13. O que es una aurora? Donde (en que lugar) se forman?
14. Como se forman las auroras?
15. O que es el viento solar y como se forma.
16. O que se pasa cuando el viento solar pasa por el planeta Tierra?

Las propiedades de la atmósfera están relacionadas con su

**ESTADO FÍSICO,
COMPOSICIÓN QUÍMICA,
TEMPERATURA ,
PRESIÓN Y
MOVIMIENTO DE LA ATMÓSFERA.**

***Procesos internos e interacciones externas
mantienen y/o alterar estas propiedades
dinamicamente***

Las propiedades físicas y dinámicas incluyen:

temperatura,
presión y
movimiento de la atmósfera.

La energía interna contenida en los movimientos moleculares de los gases definen la **estructura térmica**

Los movimientos a escala mayor (vientos) → **circulación global**.

Las leyes dinámicas y termodinámicas, incluyendo los tres principios de conservación de masa, momento y energía son fundamentales al describir tanto los procesos internos de la atmósfera como sus interacciones externas.

LA PRESIÓN

El aire pesa y ejerce una fuerza por unidad de superficie en cualquier punto de la atmósfera. Disminuye con la altura.

LA MOVILIDAD.

Debido a la baja atracción entre sus moléculas, le permite moverse libremente por el espacio. Esta propiedad es fundamental para comprender la dinámica atmosférica.

LA TEMPERATURA

Calor específico de un cuerpo → Es la cantidad de calor necesaria para elevar un gramo del mismo, un grado su temperatura.

Agua - $C_e = 1 \text{ cal/}^\circ\text{C}$

Aire - $C_e = 0,20 \text{ cal/}^\circ\text{C}$

LA DENSIDAD

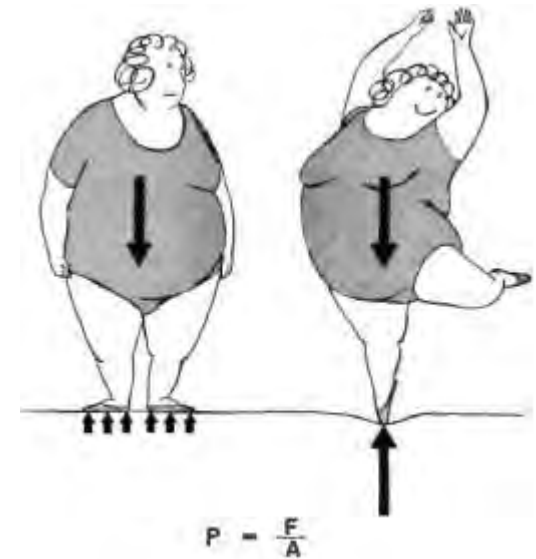
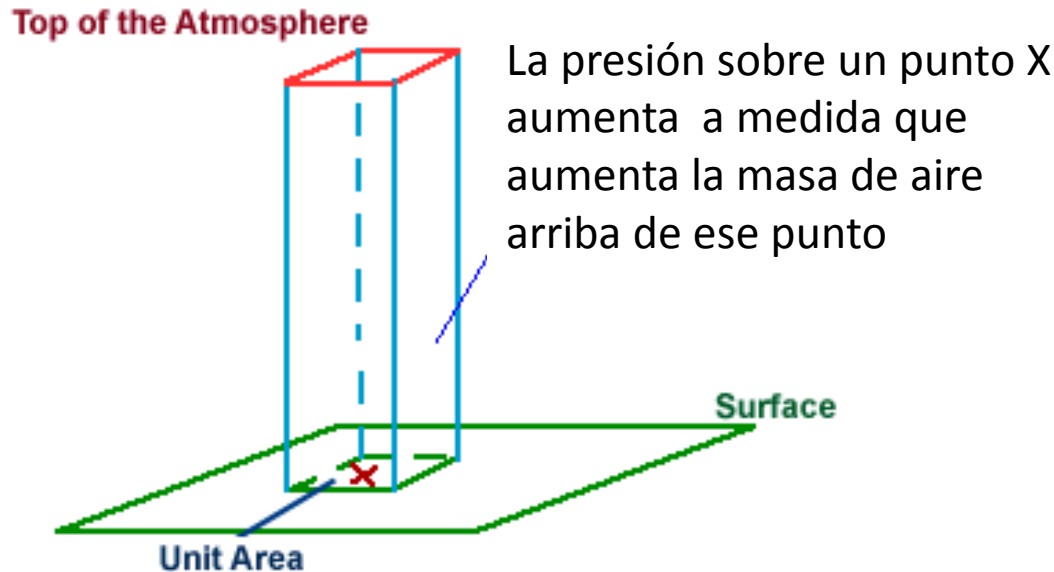
Es la masa de un cuerpo por unidad de volumen.

LA HUMEDAD

Es la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera.

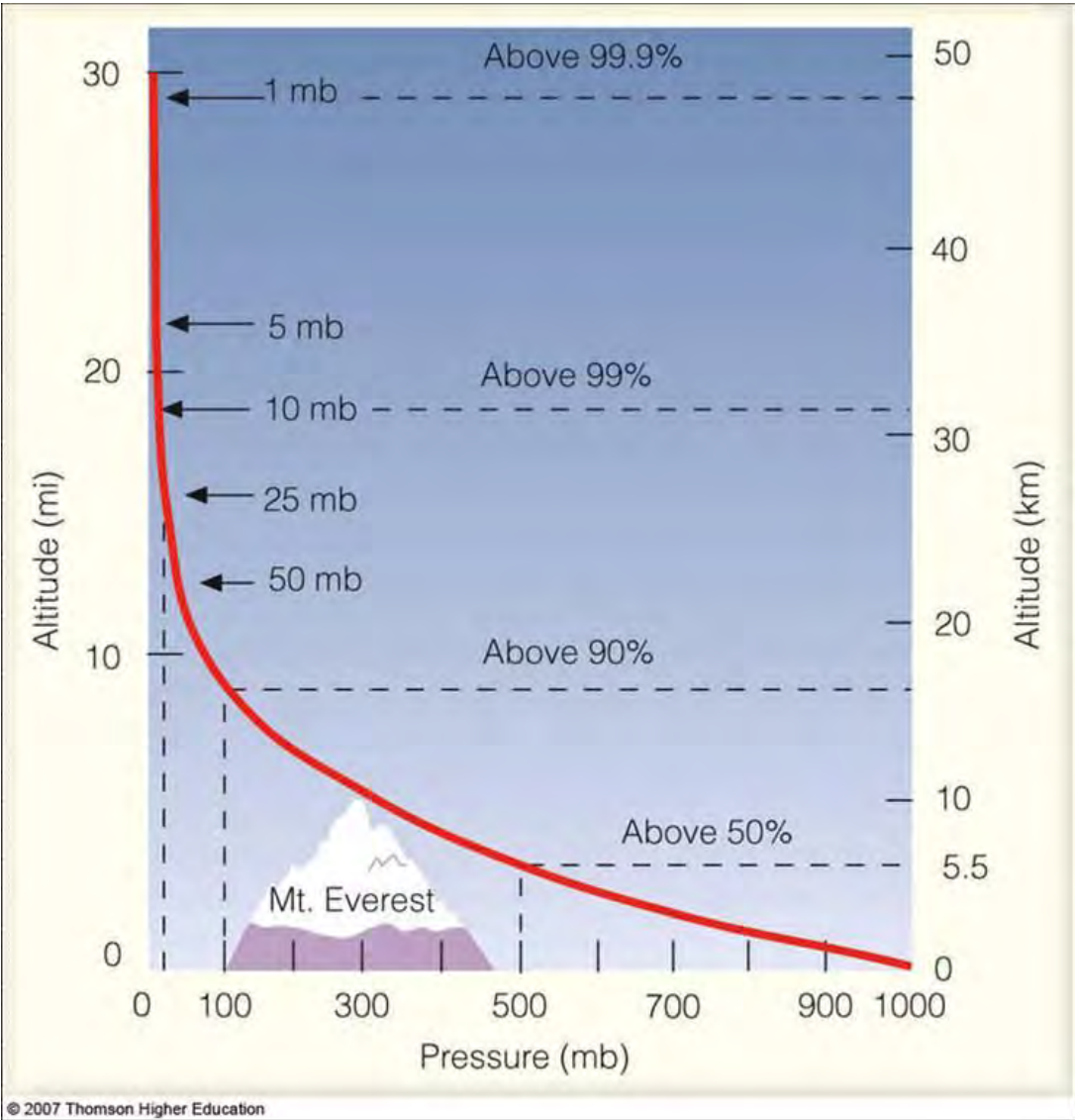
Presión atmosférica

La fuerza ejercida por la masa del aire atmosférico en unidad de área.



Se si mantiene constante la masa, pero esta se encuentra en una menor área superficial (la presión sobre ese punto X aumenta)

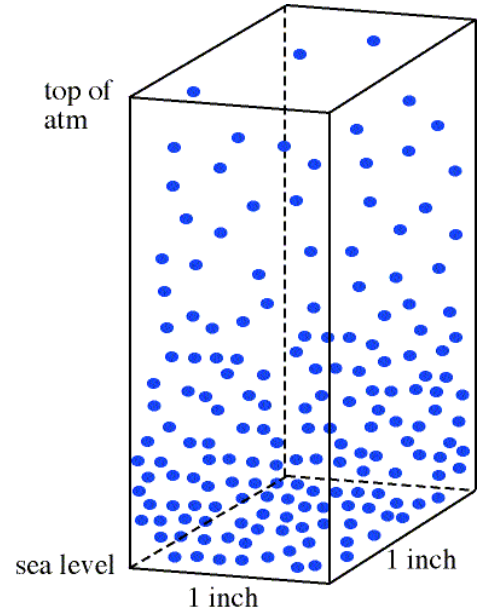
5. La atmosfera
Propiedades -- Presión



Las partículas son atrapadas por la Fuerza de la gravedad



La presión Atmosférica será mayor mas cercano a la superficie de la Tierra



A presión atmosférica fue “descubierta” en el siglo XVII por *Evangelista Torricelli*

"We live submerged at the bottom of an ocean of the element air."

El campo gravitacional de la Tierra atrapa el aire a su dirección, o “presiona el aire” e esto es o que llamamos de Presión atmosférica

Torricelli también inventó una forma de medir esta presión, **El barómetro**

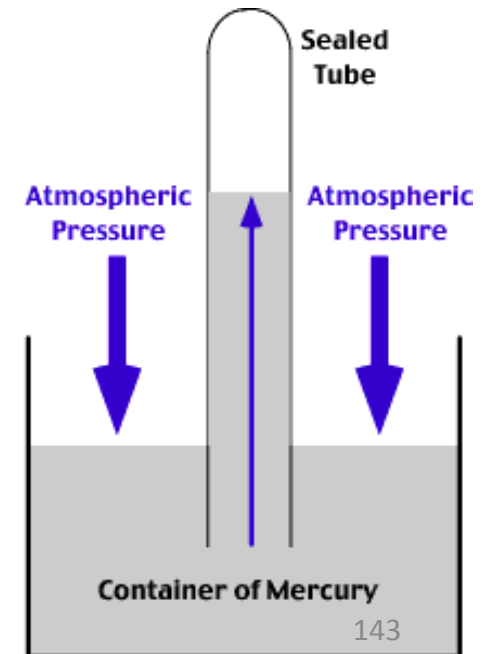
La presión atmosférica ejerce una fuerza sobre el mercurio, que lo hace subir en el tubo hasta una determinada altura.



PRESION ATMOSFERICA

Esta altura se cambia de lugar para lugar

Es aproximadamente 76 cm (13.3 millibars) a nivel del mar.



El barómetro más común es del tipo **ANEROID**.

Dentro de este instrumento hay un pequeño capsula de metal flexible llamada de **celda aneroide**.

En la construcción, un vacío es creado dentro de esta capsula de modo que cambios en la presión van hacer que la capsula disminuya o aumente.

El tamaño de estas capsulas son calibradas y cualquier cambio en este volumen mueven muelles y palancas de un brazo indicando los puntos correspondientes a la presión atmosférica.



Inches of Mercury —————→ (”Hg)

Atmospheres —————→ (atm)

Kilopascals —————→ (kPa)

Millibars —————→ (mb)

76.0 cm → 29.92 inches → 1013.2 millibars

1 kPa → 10 millibars.

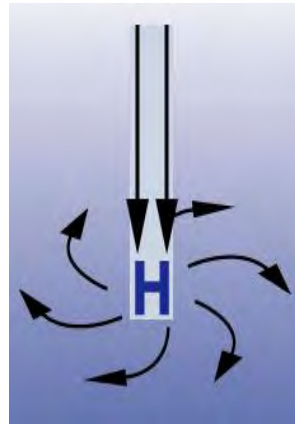
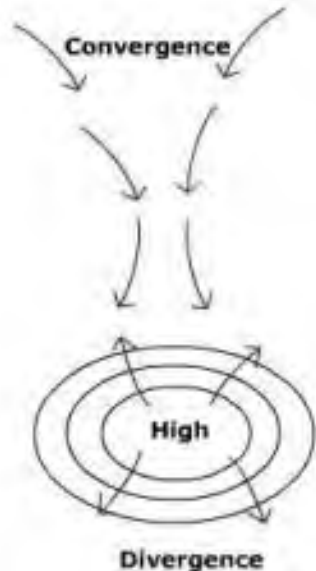
1 millibar → 100 N/m²

29.92 ”Hg = 1.0 atm = 101.325 kPa = 1013.25 mb

ALTA ATMÓSFERA DE PRESIÓN O ANTICICLONES

El aire migra de las regiones de **alta atmósfera de presión** (o anticiclones) a las regiones de baja presión atmosférica.

Los vientos tienden a soplar en las regiones de **AP hacia a las de BP cerca de la superficie del suelo.**



www.windows.ucar.edu/./high_pressure.html

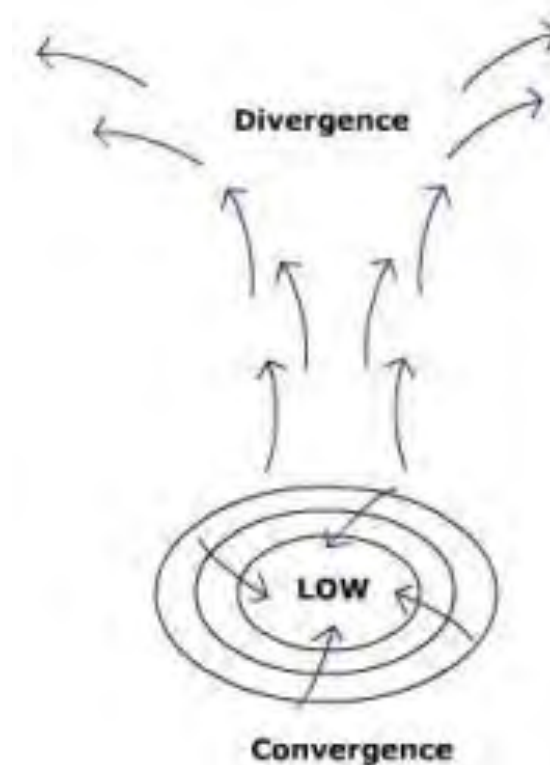
Anticiclón



Alta Presión

BAJA PRESIÓN o región CICLÓNICAS

En las Zonas de Baja Presión el **aire es más caliente y sube** → Esta elevación de aire pueden conducir al desarrollo de una **depresión con las nubes y llluvias**.



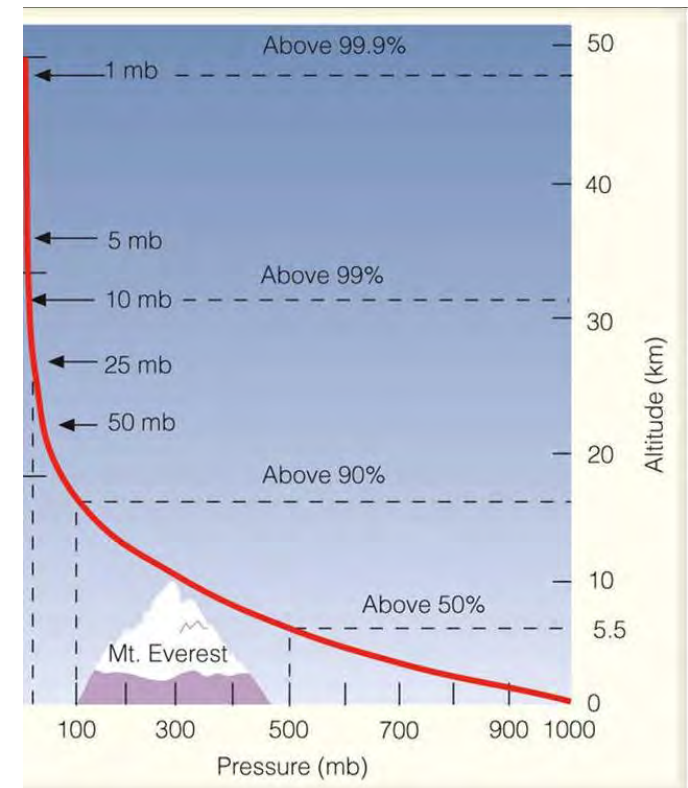
Factores que interfieren en la densidad de los gases

A medida que la capa de aire se torna delgada , la densidad del aire también disminuye, es decir la presión atmosférica disminuye

La altitud → aumento de la altitud disminuye la Presión

→ Inversamente proporcional:

ALTITUD Y PRESIÓN



Factores que interfieren en la densidad de los gases

A medida que la capa de aire se torna delgada , la densidad del aire también disminuye, es decir la presión atmosférica disminuye

La temperatura interfiere en la densidad del
aire → → Presión atmosférica

“Capas de aire **más caliente (mayor energía cinética)** , el aire se **expande** y se tornan **menos densos**. El aire sube



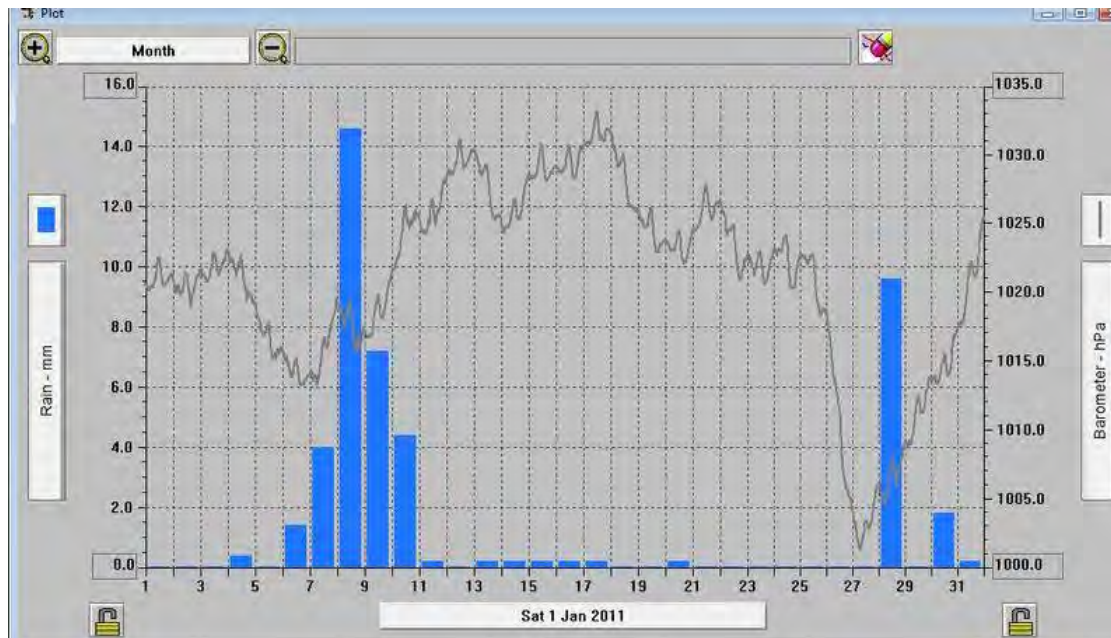
Luego en estos puntos
la presión va ser más
baja

5. La atmosfera

Propiedades -- Presión

El aire puede ascender y descender, cambiando la presión atmosférica. Estos cambios ayudan a prever los cambios en el patrón del tiempo.

Presión alta → aire estable
Presión baja → inestabilidad



5. La atmosfera Propiedades -- Presión



En un día caliente y ensolarado
→ baja presión → lluvias



En un día frío y ensolarado
→ alta presión

La densidad de la atmosfera varia en diferentes puntos del globo.

En los Polos la capa de la atmosfera es mucho más delgada que la capa de aire sobre el ecuador.

A presión varía tanto espacialmente como temporalmente

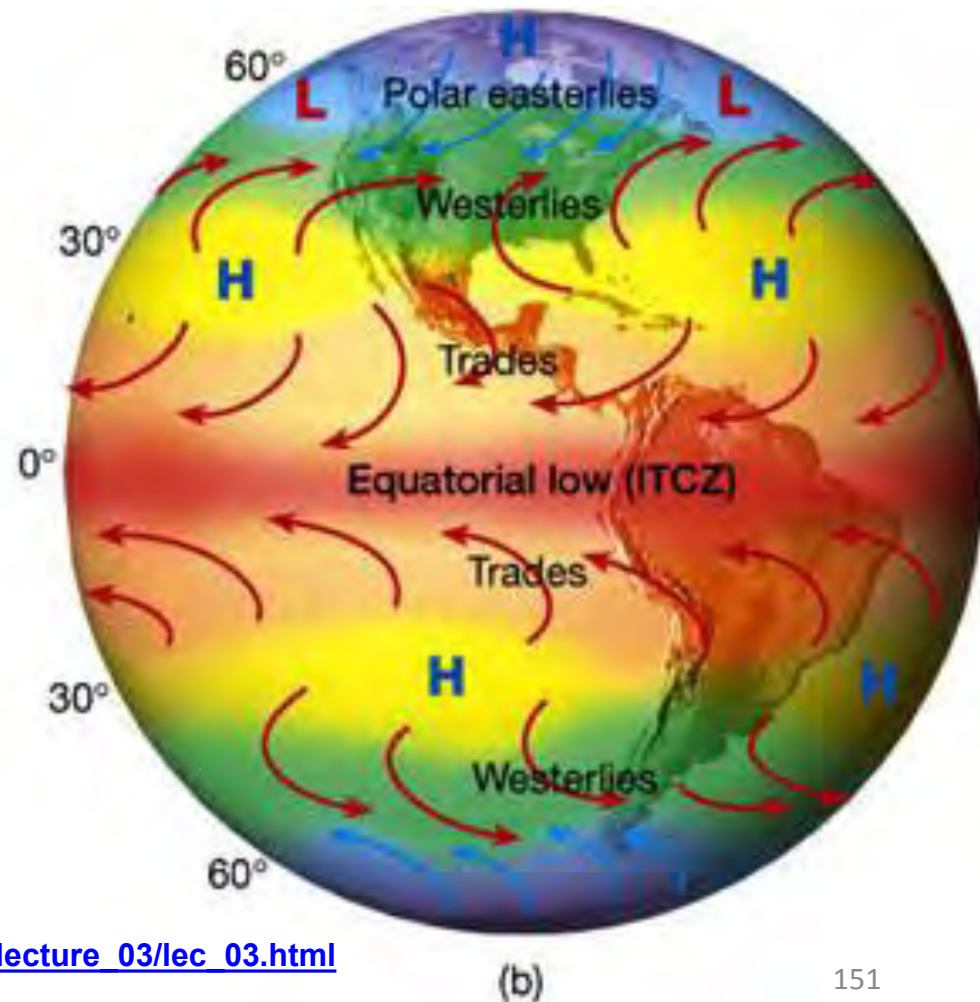
Durante los meses de invierno en el Hemisferio norte (dic –feb) las áreas de **mayor presión** se encuentran sobre la: Asia central → **Zona de Alta presión de la Siberia**

Costa de la California → **Zona de Alta presión del Hawái**

Centro de la América del Norte → **Zona de Alta presión del Canadá**

Sobre la España y noroeste de la África y sobre el atlántico norte → **Zona de Alta presión de los Azores, y**

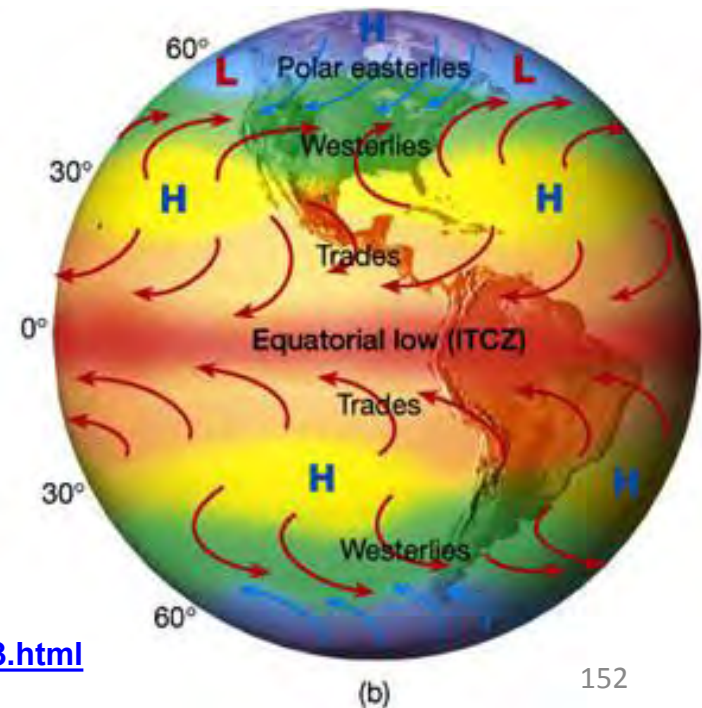
sobre la áreas subtropicales del hemisferio Sul.



A presión varía tanto espacialmente como temporalmente

Durante los meses de invierno (dec –fev) las áreas de **mayor presión** se encuentran sobre la Asia central (**Zona de Alta presión de la Siberia**), en la costa de la California (**Zona de Alta presión del Hawái**), en el centro de la América del Norte (**Zona de Alta presión del Canadá**), sobre la España y noroeste de la África y sobre el atlántico norte (**Zona de Alta presión de los Azores**), y sobre las áreas subtropicales del hemisferio Sul.

Las áreas de **baja presión** ocurren al sur de las Islas Aleutianas (**Zona de Baja Presión Aleutiana**), al sur de la Groenlandia (**Zona de Baja Presión de Iceland**) u en las latitudes 50 - 80° Sur.



Durante los meses de verano (jun-ago), los sistemas de presiones dominantes desaparecen.

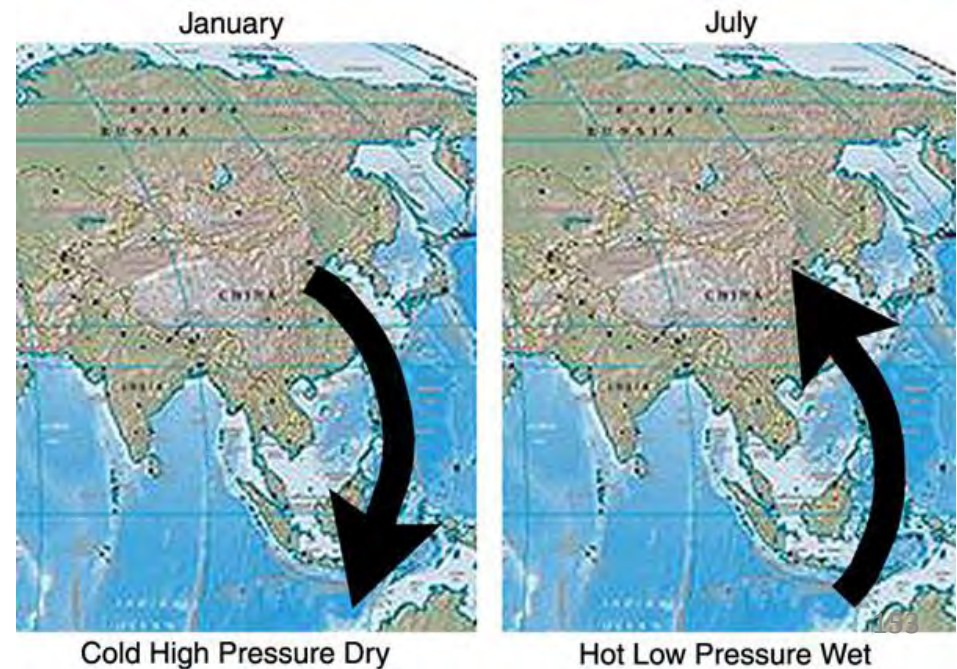
Donde se encontraba la zona de alta presión de la Siberia (sobre la Asia central), la región próxima a las Islas Aleutianas y en el extremo sur de Groenlandia, van dominar los **sistemas de baja presión**.

La zonas de alta presión del Hawái y Azores, van se intensificar y ampliar hacia el norte, sobre el océan.

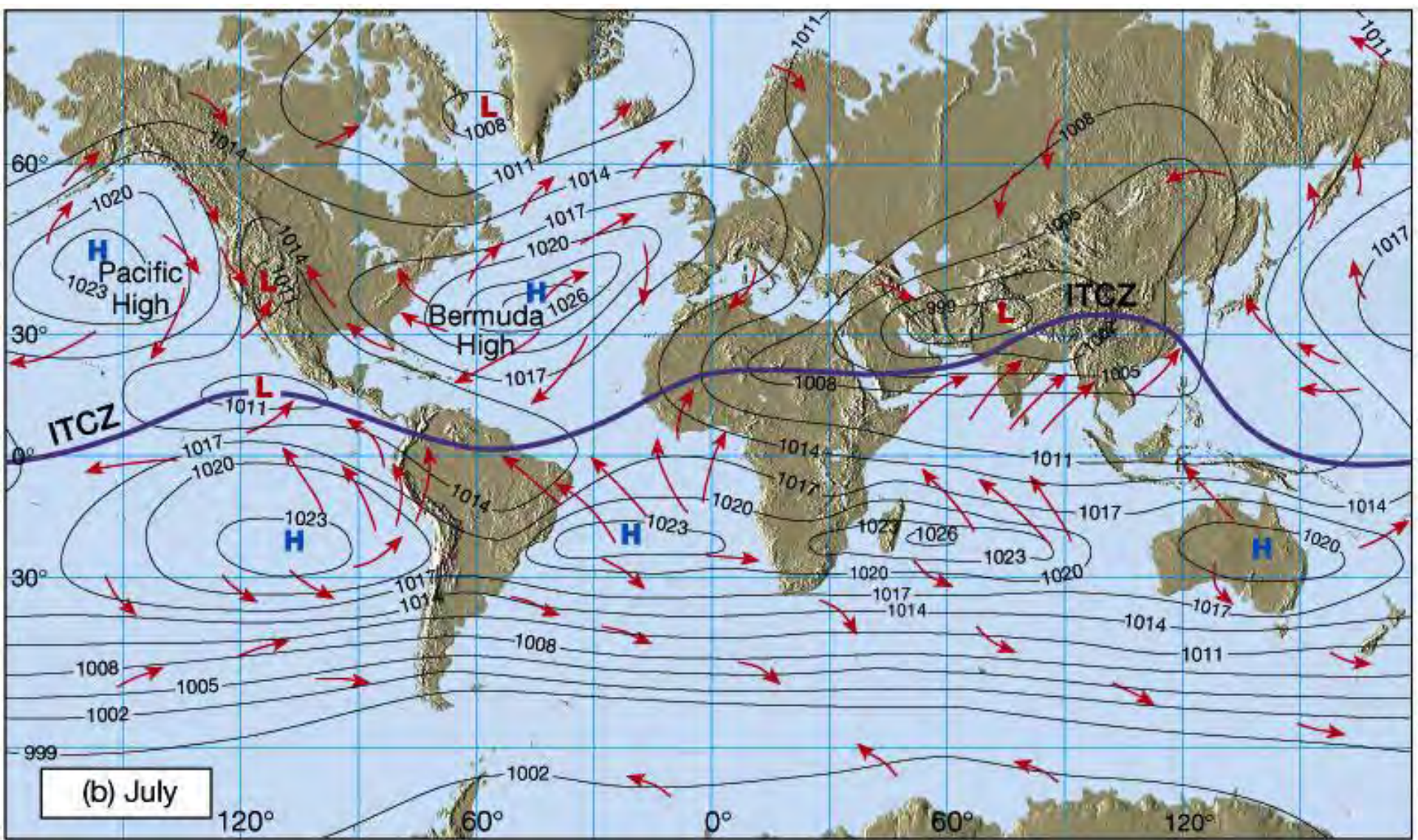
Los sistemas subtropicales del hemisferio Sur, también se intensificaran y se ampliaran hacia al norte.

Nuevas áreas de Alta Presión se desenvuelven sobre la Australia y antártica (**Zona de Alta Presión Polar**)

Regiones de baja presión se forman sobre la Asia central y sudoeste (**Zona de BP Asiática**). Este es responsable por la lluvias de monzones del Asia.

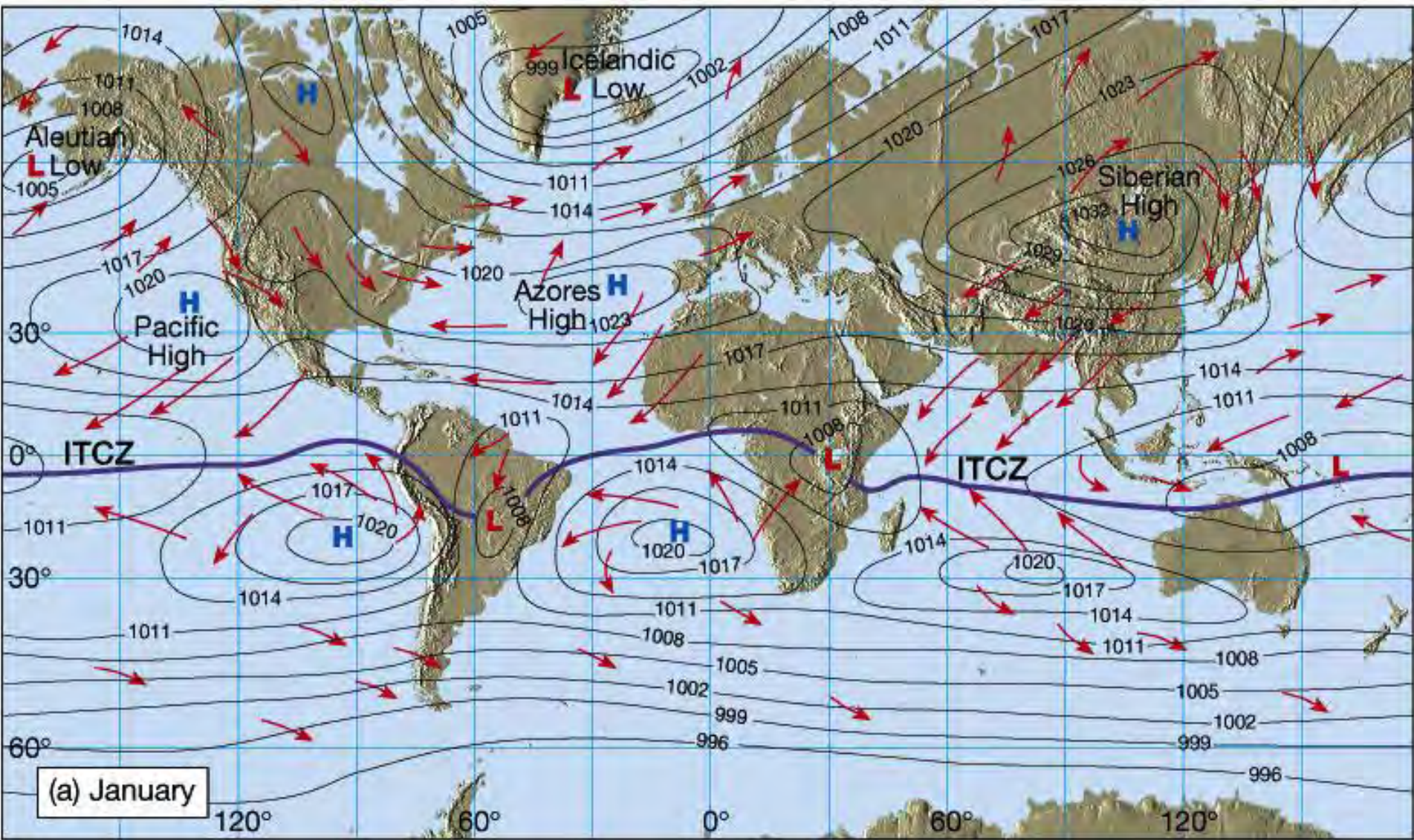


5. La atmosfera
Propiedades -- Presión



Northern shift of ITCZ in July.
The Atmosphere, 8th edition, Lutgens and Tarbuck, 8th edition, 2001.

5. La atmosfera
Propiedades -- Presión



(a) January

A) Southern shift of ITCZ in January
The Atmosphere, 8th edition, Lutgens and Tarbuck, 8th edition, 2001.

Movimientos de la atmósfera

Son determinados por las diferencias de:

- **Temperaturas.**
- **Densidades.**

Y están influenciados por:

- **Los movimientos de la Tierra.**
- **Características de la superficie terrestre.**

Como superficie de la Tierra no es lisa y se encuentra sometida a deformaciones

Además, las temperaturas sobre la superficie del planeta no son constantes. Sufren variaciones que van desde las estacionales, de carácter anual, hasta las seculares, que dependen de los parámetros orbitales de la Tierra y se manifiestan en decenas y hasta centenas de miles de años.

Las corrientes de aire en el planeta establecen
zonas de **alta presión**,
zonas de **baja presión**.

Los vientos se desplazan desde
zonas calientes (trópicos) → **zonas frías** (polos).

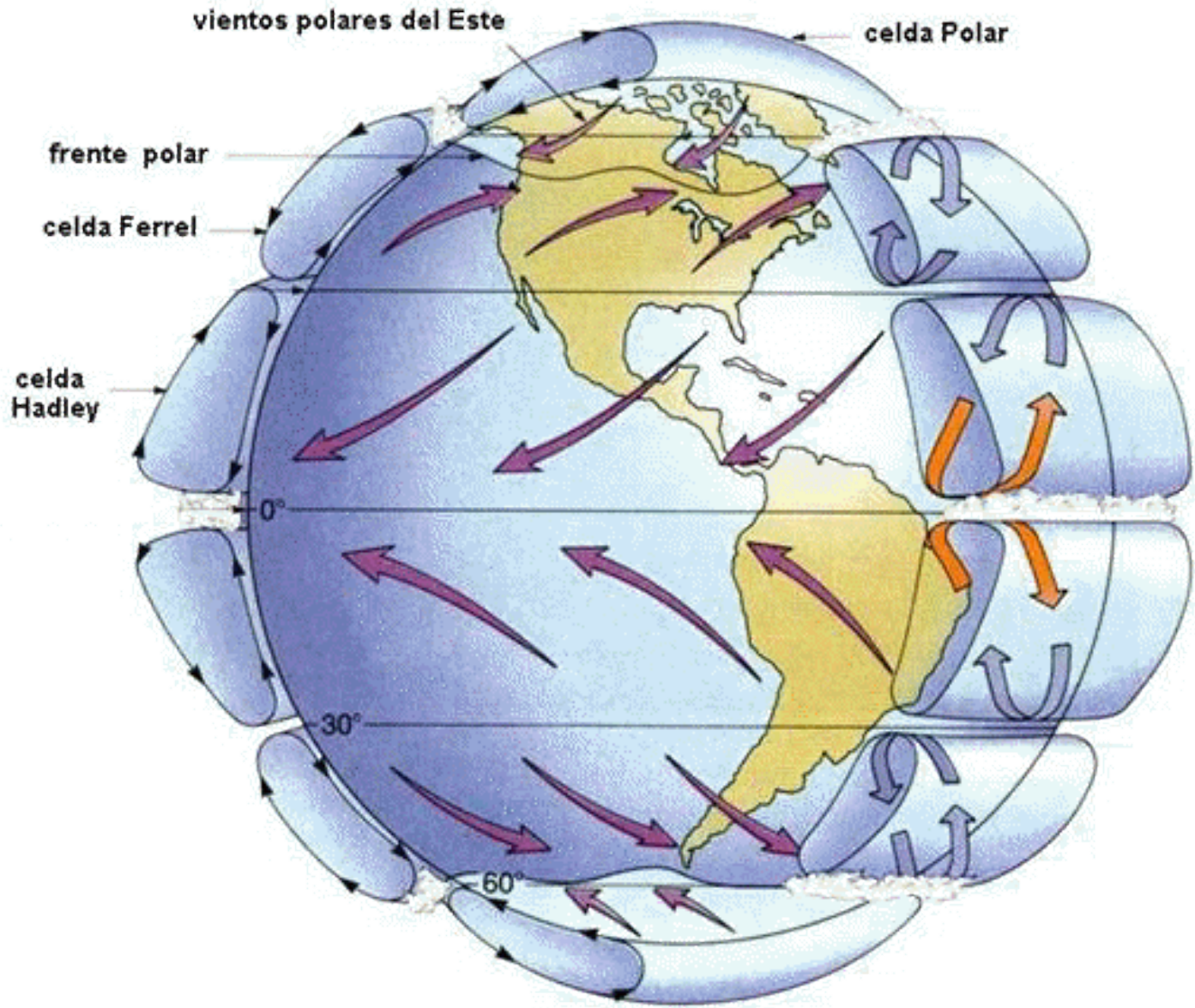
Este fenómeno fue observado por **George Hadley** en **1735**, que determinó:
el aire caliente asciende cerca del Ecuador, se desplaza a latitudes boreales y
australes, se enfría, desciende y regresa de nuevo a las zonas ecuatoriales.

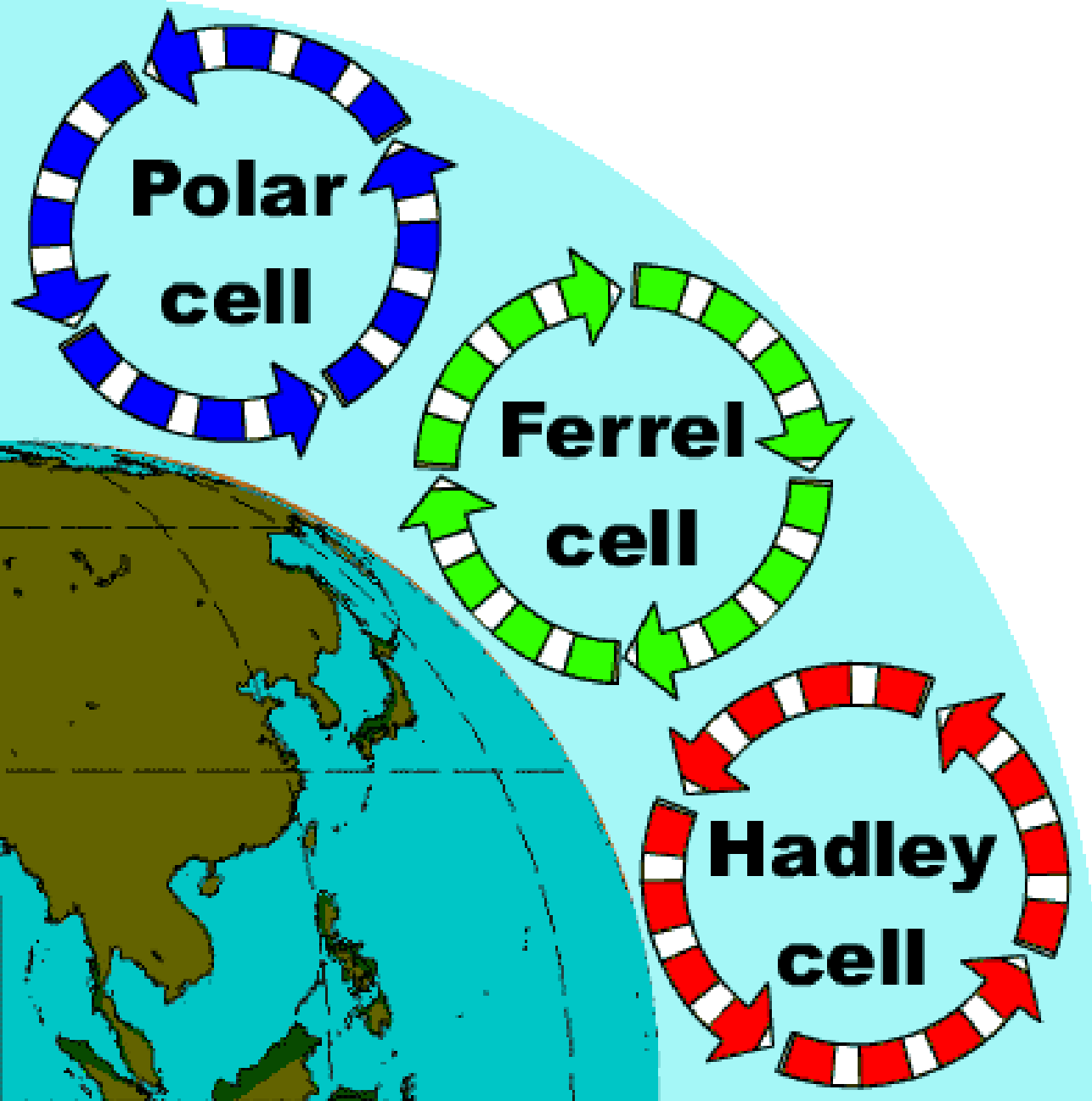
Este ciclo de los vientos → **“celda de Hadley”**

Por el contrario, **William Ferrel**, en **1856**, analizó el desplazamiento de los vientos en altas
latitudes, descubriendo un movimiento totalmente contrario al especificado por **Hadley**, a
la cual se le dio el nombre de **“Celda de Ferrel”**.

Con el descubrimiento del movimiento de las masas de aire en las cercanías de los polos,
se nombró la **“celda polar”**

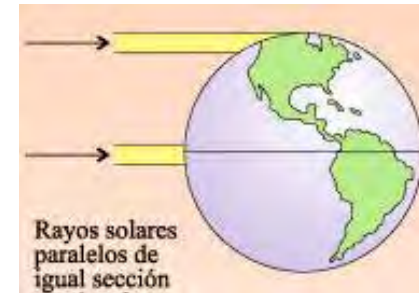
5. La atmósfera
Propiedades -- Presión





Corrientes de aire

La radiación solar calienta diferencialmente la tierra con una distribución zonal en fajas latitudinales.



Las regiones ecuatoriales y tropicales reciben mayor energía solar que las latitudes medias y polares.

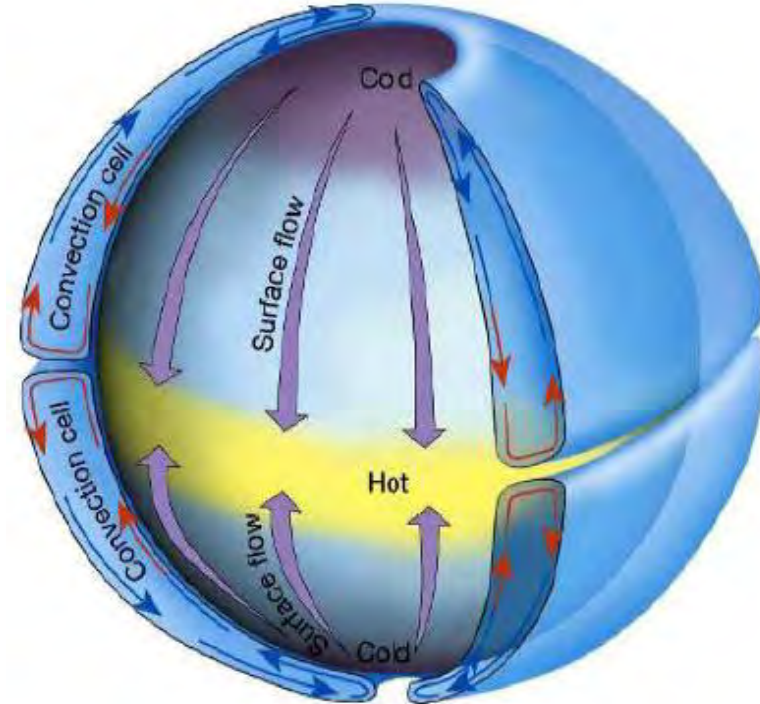
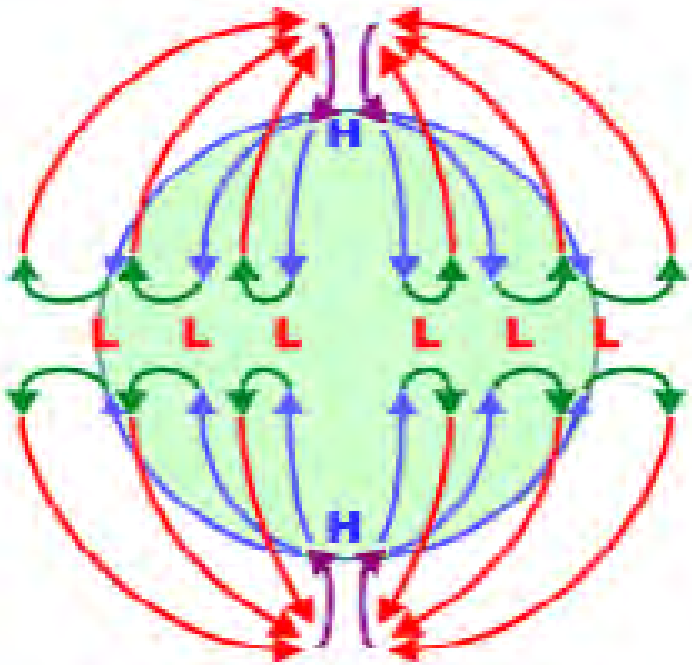
La radiación recibida en los trópicos supera la que ésta puede emitir mientras que la emitida por las regiones polares es mayor a la que reciben (albedo alto). Esto genera un fuerte **desequilibrio energético** que es balanceado a través de la **circulación atmosférica y la oceanográfica** que son las encargadas de redistribuir y transferir el calor en el planeta a los efectos de homogeneizar el clima.

Esta dinámica evita que las fajas de baja latitud se recalienten y las de alta se congelen indefinidamente.

La circulación atmosférica distribuye un 60% de la energía, mientras el restante (40%) es distribuido por la circulación oceánica (a su vez, dependiente de la configuración de continentes).

¿ Como se forman las celdas de circulación del aire?

Considerando en el caso de una tierra estática



Fuente: National Weather Service, USA

Pero la Tierra gira, y las masas de aire se encuentran sometidas a una fuerza que desvía su trayectoria. Esta fuerza fue descubierta por el francés **Gustave-Gaspard de Coriolis** (1792 – 1843).

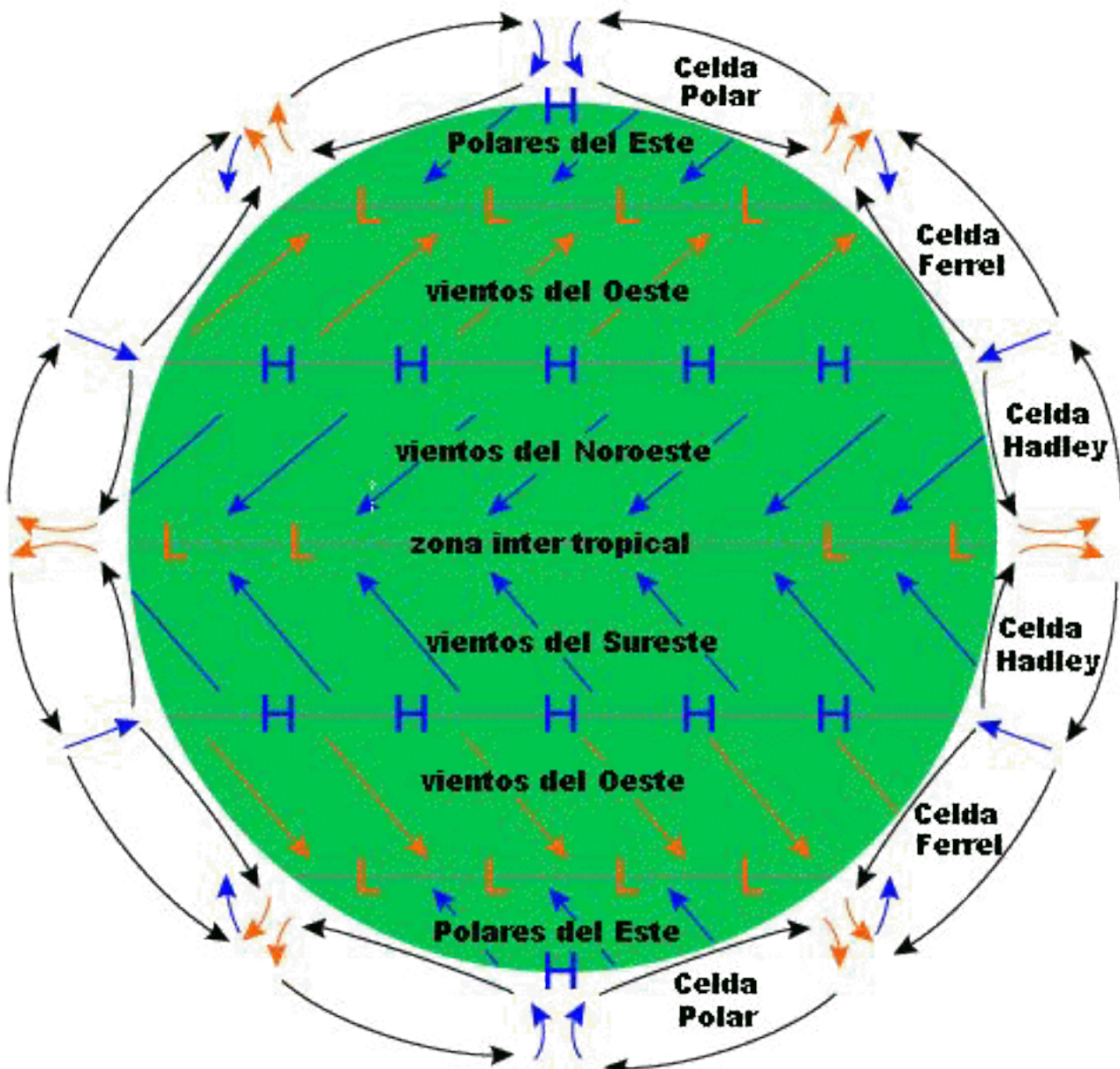
La **fuerza de Coriolis** hace que las columnas ascendentes de aire se desvíen. Las que ascienden hacia el hemisferio Norte de la Tierra, se deflecan en sentido de las agujas del reloj (sentido horario), mientras que las que ascienden hacia el hemisferio Sur, lo hacen en sentido contrario a las agujas del reloj.

No es una fuerza y sin un efecto resultante del movimiento de la rotación de la Tierra

La velocidad de la columna ascendente de aire (unos 200 m/s), la velocidad angular de la Tierra y el tamaño de nuestro planeta, determina la latitud geográfica a la que los vientos retornarán (entre los **25º** y **30º** de latitud).

Esto hace que dos flujos importantes de vientos, generados por la **celda de Hadley**, establezcan corrientes provenientes del Noreste (en el hemisferio Norte) y Sureste (en el Sur).

5. La atmosfera
Propiedades -- Presión



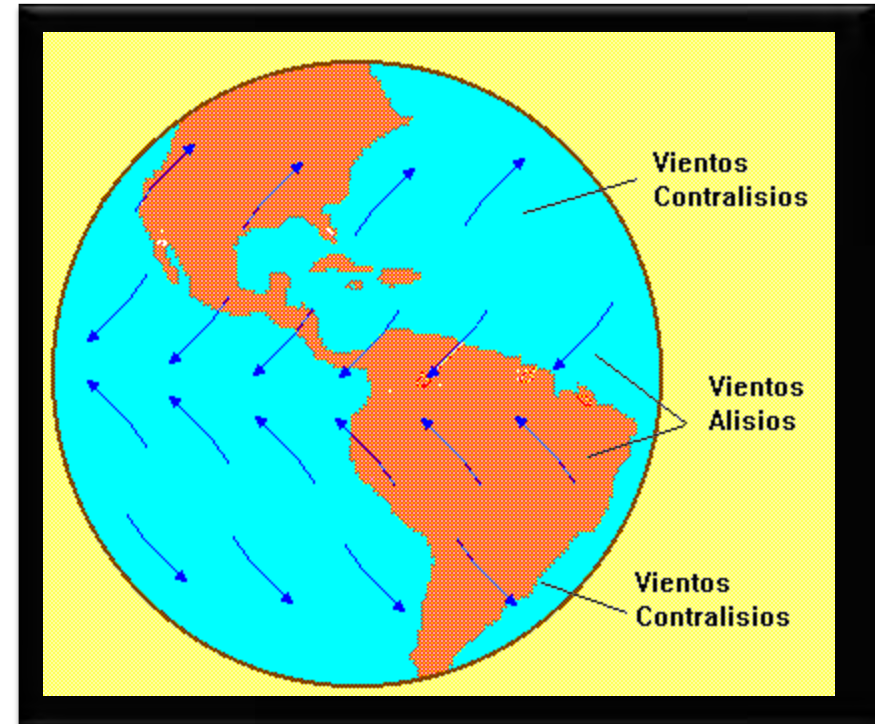
Alisios → vientos que soplan en dirección al ecuador, en dirección contraria a la rotación de la Tierra

Al llegar al ecuador se convierten en corriente de aire convectiva ascendientes.



Disminuye la presión cerca del suelo

Zonas Intertropical de Convergencia (ITCZ)



Contralisios → cuando los vientos alisios se convierten, a unos 12km adquieren movimiento advectivo.

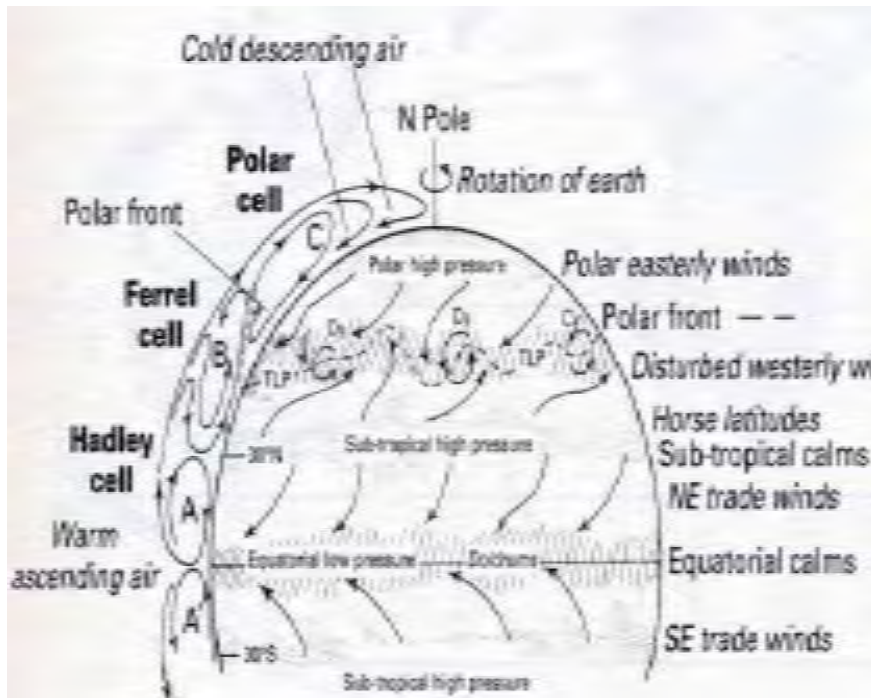
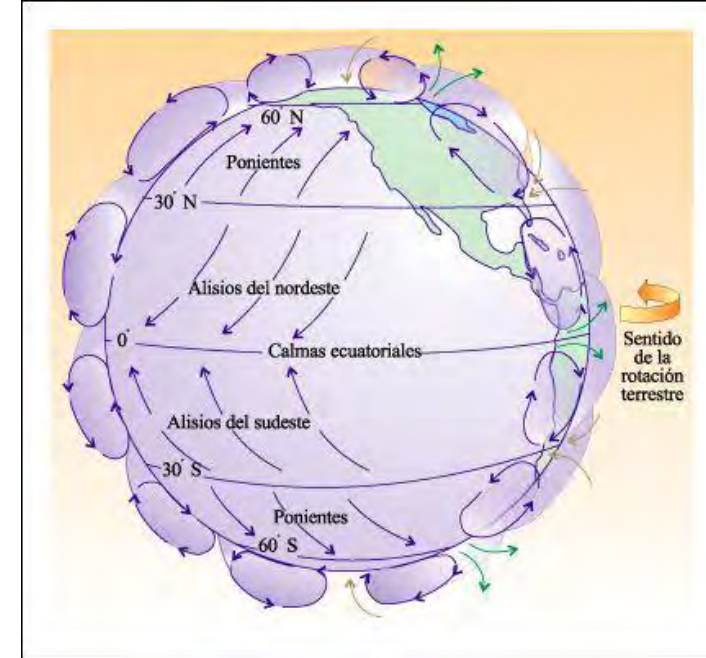
Descienden a unos 30° W y N → calmas tropicales o

Cinturón subtropicales de alta presión

Las Fuerza de **Coriolis** y la Rotación terrestre crea celdas de viento:

Norte → sentido horario

Sul → sentido anti horario



Celda tropical de Hadley: la región intertropical convergente (ITCZ) y donde se encuentran los vientos alisios.

Ascienden masas de aire cálidas.

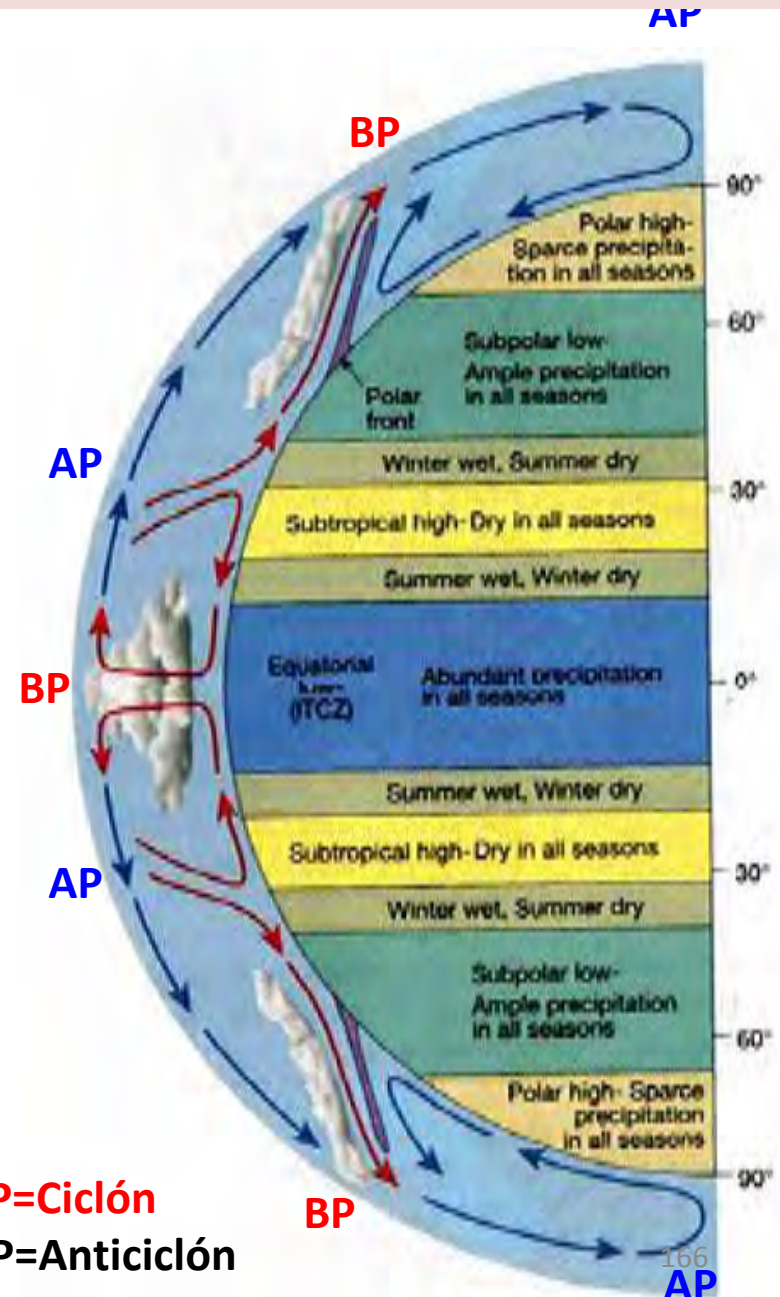
Migra al sur en enero y hacia el norte en julio.

Celda de latitudes intermedias de Ferrel: El aire fluye hacia la región polar y al este en las capas bajas y hacia el ecuador y oeste en capas altas.

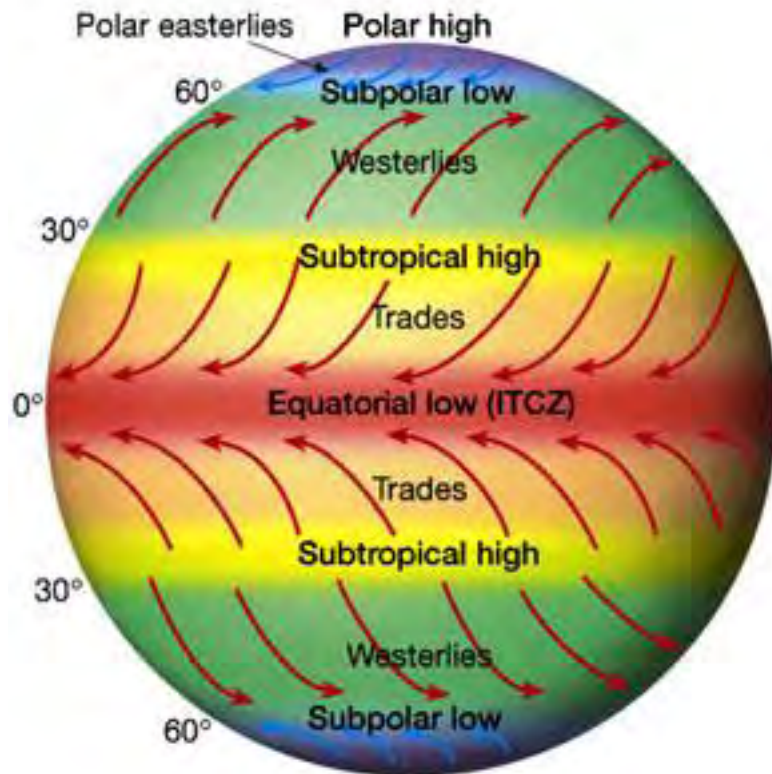
Celda Polar: aire asciende y fluye hacia los polos formando los altos polares.

La interacción entre las tres celdas de circulación genera centros de presión característicos:

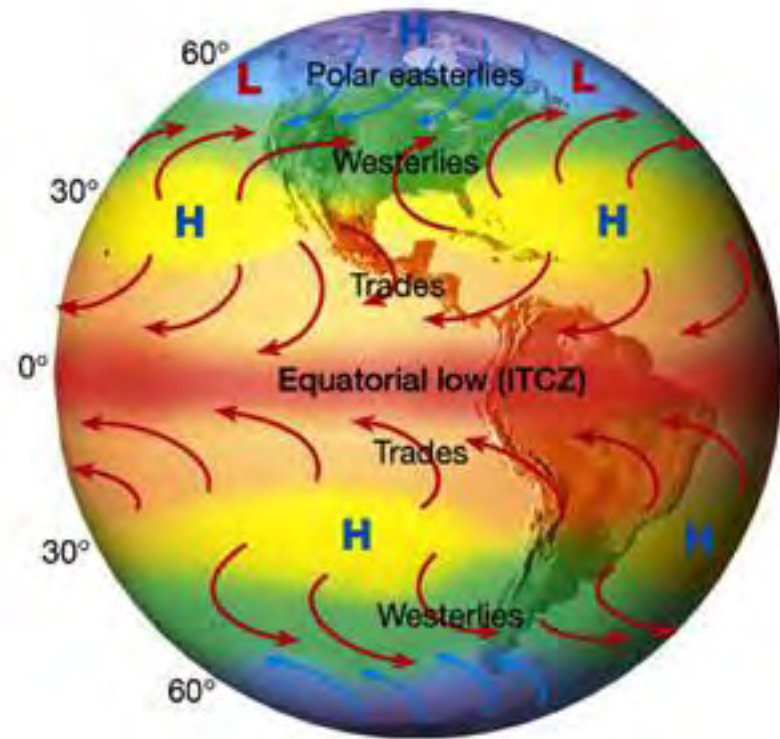
- Centro de BP ecuatorial (ciclones tropicales)
zona intertropical convergente
el aire caliente asciende y descarga su humedad.
- La zona subtropical de AP (anticiclones)
Masas de aire frío y seco, desciende en las latitudes medias creando centros de AP.
El aire descendente (seco) se calienta y genera las fajas áridas y desérticas;
- Centros polares de BP asociados a los frentes polares
- Centros polares de AP asociados con el aire polar frío, seco y denso que baja en los polos



5. La atmósfera Propiedades -- Presión



(a)



(b)

La circulación del aire en la atmósfera y de las aguas de los océanos depende:

Estructura térmica

Rotación del planeta

Distribución de masas continentales

Aire más húmedo es **MENOS** denso que el aire seco



los flujos convectivos tropicales sobre los océanos alcanzan mayor altura que sobre tierra firme.



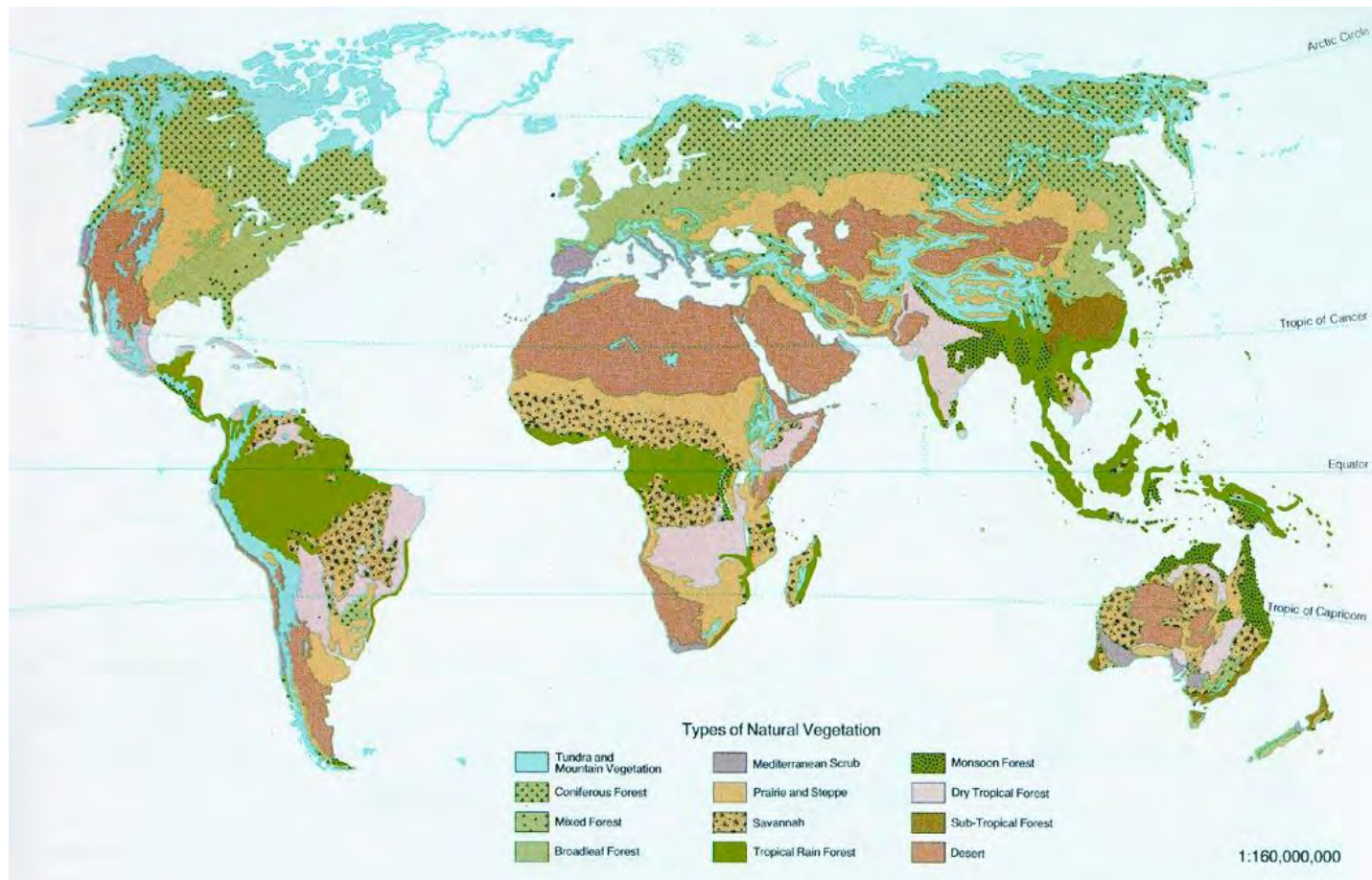
Esto hace con que las masas tropicales de aire que provienen del mar poseen mayor velocidad.



Alteración de las direcciones generales de los flujos de aire.

5. La atmosfera Propiedades -- Presión

La corriente de aire que asciende desde el Ecuador de la Tierra, **condensa** su contenido de agua a una altura entre los **1 – 5 Km**. Esta es una de las razones por qué las regiones ecuatoriales del planeta son ricas en nubes.



5. La atmosfera Propiedades

El aire que alcanza la altura de la troposfera es muy seco.

Al descender, a una latitud aproximada entre los 25° - 30°, este aire no aporta humedad a la superficie.

En esas latitudes se encuentran los grandes desiertos de la Tierra:
Sahara, Árábigo en el Norte;
Kalahari, Gibson y Atacama, en el Sur.



Las corrientes en chorro (en inglés *Jet stream*)

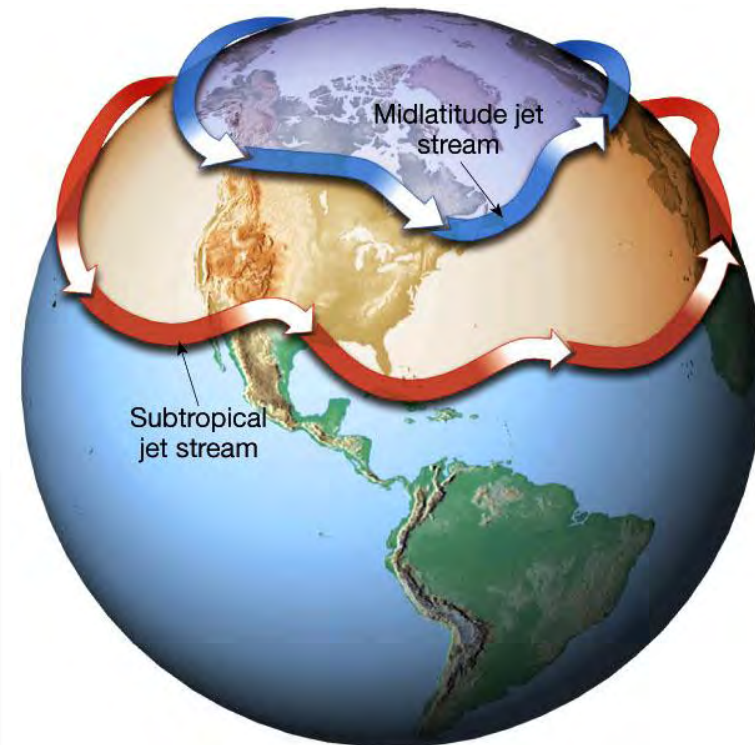
Son flujos de aire:

- **rápidos,**
- corrientes **angostas**
- se encuentran a una altura de 11 Km (variablemente según la latitud)
- debajo de la tropopausa.

Estas corrientes se forman en las proximidades de masas de aire adyacentes con diferencias significantes de temperaturas



Cuando se reúnen corrientes provenientes de una región polar y el aire más caliente al sur.



Las corrientes en chorro (en inglés *Jet stream*)

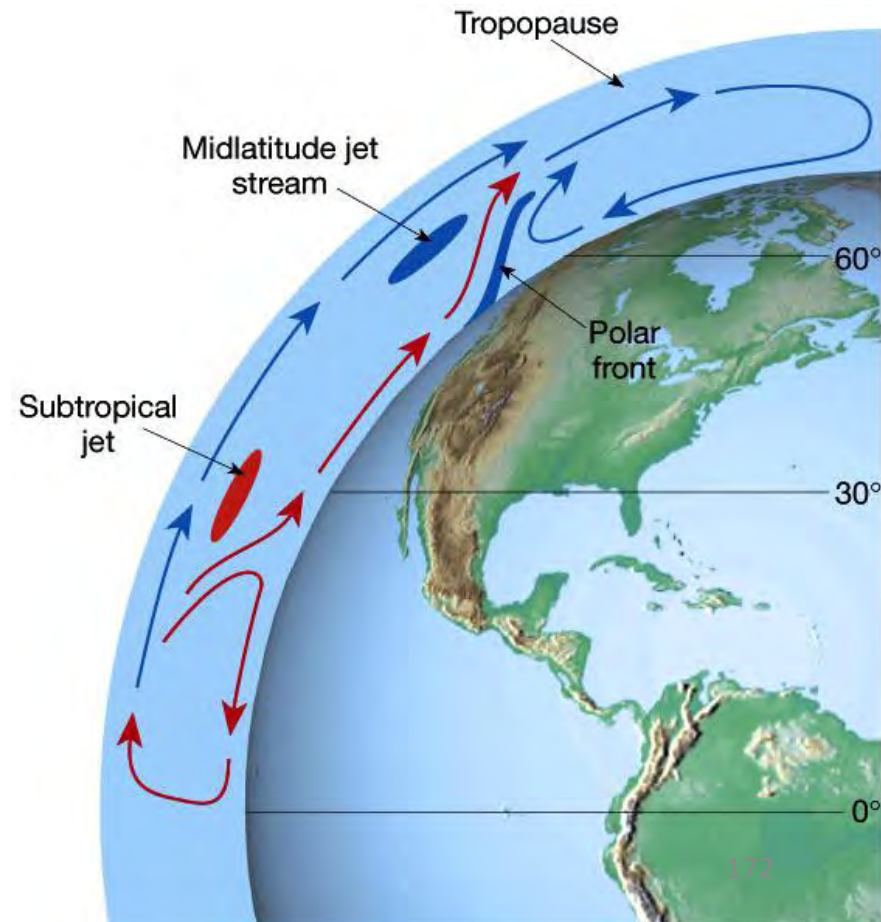
Flujo de aire violento:

- soplan de W a L a una altitud de 10 a 15 km → 250 km/h - 350 km/h (excepcionalmente de más de 500 km/h.)
- Mide de 5 a 7 km de espesor y de 100 a 200 km de anchura.
- Su longitud se cifra en miles de kilómetros.

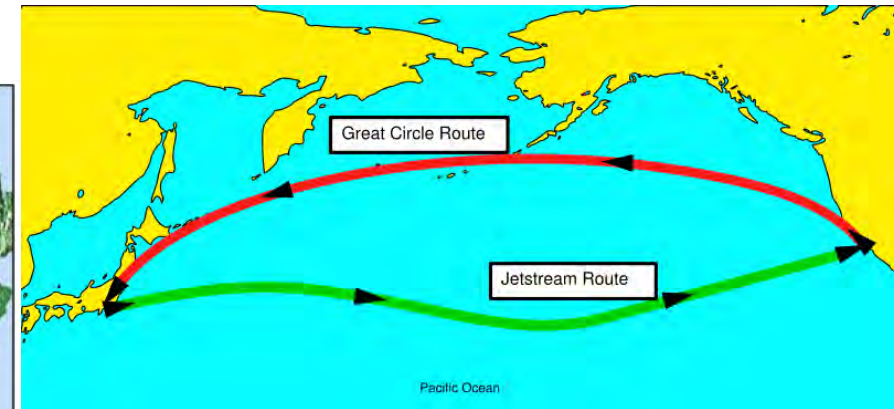
El chorro será más rápido en tanto más lejos se halle del polo; esto ocurre durante el invierno.

En invierno sopla sobre la zona comprendida entre las latitudes de 30 a 35º,

En **verano** entre los paralelos **40 y 45º**.



5. La atmósfera Propiedades -- Presión



Google imagen: ChaosNil , GSHHS PD Coastline Data / Own Work

La ubicación del "jet stream" es extremadamente importante para las aerolíneas.

The Atmosphere, 8th edition, Lutgens and Tarbuck, 8th edition, 2001.

Existen dos tipos de corrientes de chorro : a alta y a baja altura

A alta altura: circula a más de **10 km de altura**, generado por las diferencias de temperatura entre los **polos y el Ecuador**.

El aire se calienta en el ecuador y se enfría en los polos generando movimientos a nivel planetario.

La corriente se mueve de **oeste a este**.

La corriente es de miles de km de largo, centenares de km de ancho y pocos km de espesor.

Se mueve a velocidades de entre **60 a 550 km/h**,

Generalmente se encuentra a no más de 20 km de altura.

Hay dos corrientes principales:

La subtropical a $\sim 30^\circ$ y

La polar a $\sim 60^\circ$ de latitud.

A baja altura: son de baja intensidad y de baja altura.

El Viento Norte que afecta a la gran región **de Paraguay, Uruguay, Norte y centro de Argentina**.

Tareas sobre presión atmosférica

1. La presión atmosférica varia en el espacio y en el tiempo. Explique la afirmativa.
2. Explique como y porque se da las zonas de alta y de baja presión
3. Como se comporta el aire en las Zonas de Alta Presión?
4. Como se comporta el aire en las Zonas de Baja presión?
5. Explique el grafico de la pagina 145. (relación entre presión atmosférica y precipitación anual)
6. Describas las celdas de Hadley, Farel y Polar
7. Que afirma la fuerza de Corioli? Que esto significa del punto de vista practico?
8. Que son los vientos alisios? Y .los Contra alisios?
9. Defina la “ITCZ” y el “cinturón subtropical de AP”
10. Que relación hay entre el cinturón tropical de AP y los disiertos?
11. Explique el panorama geomorfología de las florestas en función de la circulación global (pag. 165 -166)

Referencias

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

Wilhelm KOEPPEN. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.

El Viento

¡El sol es quien dirige los vientos!

El viento es el resultado de la **diferencia en la presión** del aire debido al calentamiento diferenciado sobre la superficie de la Tierra por la energía absorbida del sol.



La descripción del viento requiere la medición de:
Dirección y velocidad del viento

Clasificación	Velocidad
Calma:	1 Km/h.
Brisa ligera:	6 – 11 Km/h.
Brisa moderada:	20 – 28 Km/h.
Brisa fuerte:	39 – 49 Km/h.
Viento fuerte:	50 – 61 Km/h.
Temporal:	89 – 102 Km/h.
Huracán:	más de 120 Km/h.

Los Vientos

El viento es resultante del sumatorio de las fuerzas que actúan sobre la atmósfera:

$$\text{Viento} = \text{PGF} + \text{G} + \text{Co} + \text{Fr} + \text{Ce}$$

Gradiente de Presión (FGP) → produce diferencias de presión horizontal → vientos

Gravedad (G) → produce diferencias de presión horizontal → vientos

Fuerza de Coriolis (Co) → hace que el movimiento de todos los cuerpos se turnen, en el hemisferio norte hacia a la derecha, y en el hemisferio sur hacia a la izquierda.

Fricción (Fr) → es más efectivo más cerca de la superficie de la Tierra que en las regiones más altas

Fuerza centrífuga (Ce) → los objetos en movimientos tienden a viajar en líneas rectas, a menos que haya otra fuerza hacia afuera

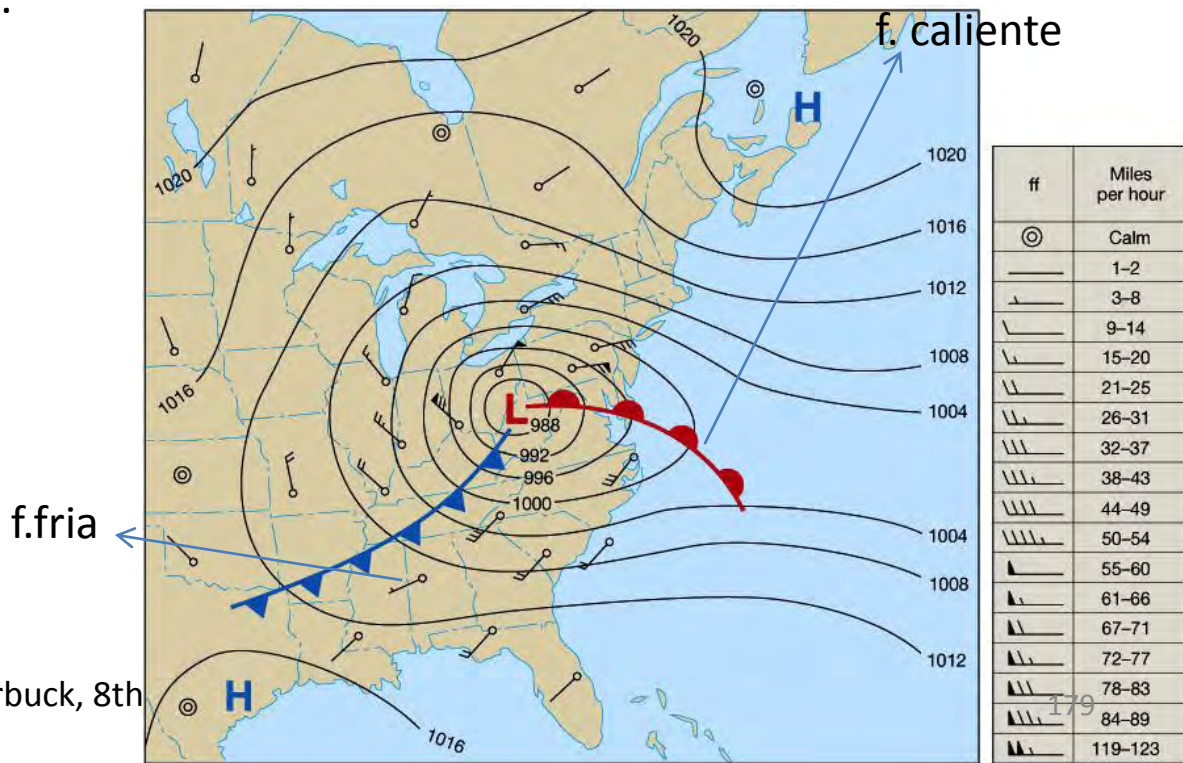
El gradiente de Presión (PGF)

Es el resultado directo de la **diferencia de presión**

Líneas Isobáricas . Son líneas (imaginarias) donde se conectan los mismos valores de presión.

A magnitud de la diferencia de presión y la distancia entre dos puntos van determinar la velocidad de un viento PGF.

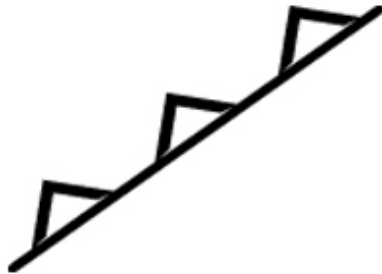
El gradiente de presión (PGF) resultante de los vientos generados debido a la diferencia de presión entre la zona de BP y la de AP.





surface cold front

frente a la superficie – fría → masa de aire frío que toca el suelo y desplaza una masa de aire caliente.



upper cold front

frente cálido (superior) → masa de aire cálido que no toca el suelo y se desliza sobre una masa de aire más frío.



surface warm front

Frente superficial caliente → masa de aire cálido que toca el suelo y desplaza una masa de aire frío.



upper warm front

frente frío superior →
masa de aire frío que no toque la superficie de la
Tierra y se desliza sobre una masa de aire más frío.



occluded front

frente ocluido → se forma cuando un frente frío
alcanza a un frente cálido, que empuja a una mayor
altura antes de unirse a otro frente frío



stationary front

frente estacionario →
Frente que se mueve muy lentamente debido a la
circulación paralela de las masas de aire caliente y
frío.

La gravedad (G)

El gradiente **de presión vertical es muy mayor** ($\sim 100 \times$) que el gradiente de presión **horizontal**.

Entonces, porque el aire no fluye para arriba? Por causa de la gravedad.

La gravedad para, o disminuye, el flujo de aire vertical.

La mayoría de vientos verticales son del orden de 1 km/h, sin embargo algunos de la corrientes verticales (downdrafts y updrafts) puede ser de hasta 60 km/h.

La Fuerza de Coriolis (Co)

Como la Tierra se encuentra en movimiento de rotación sobre su eje, los objetos son desviados en dirección contraria al movimiento circular, debido a acción de la fuerza de Coriolis, que es diferente en los dos hemisferios

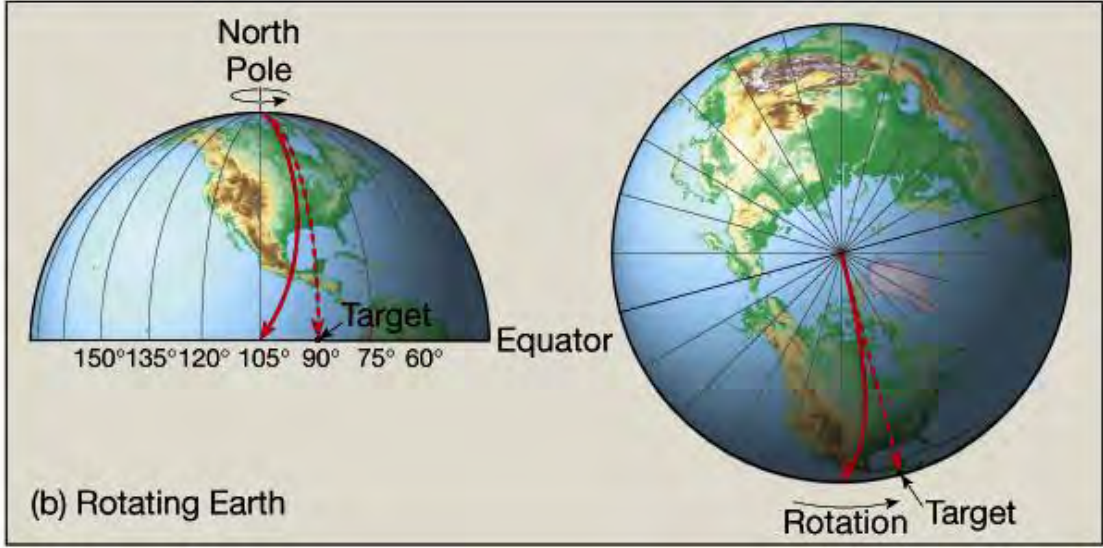
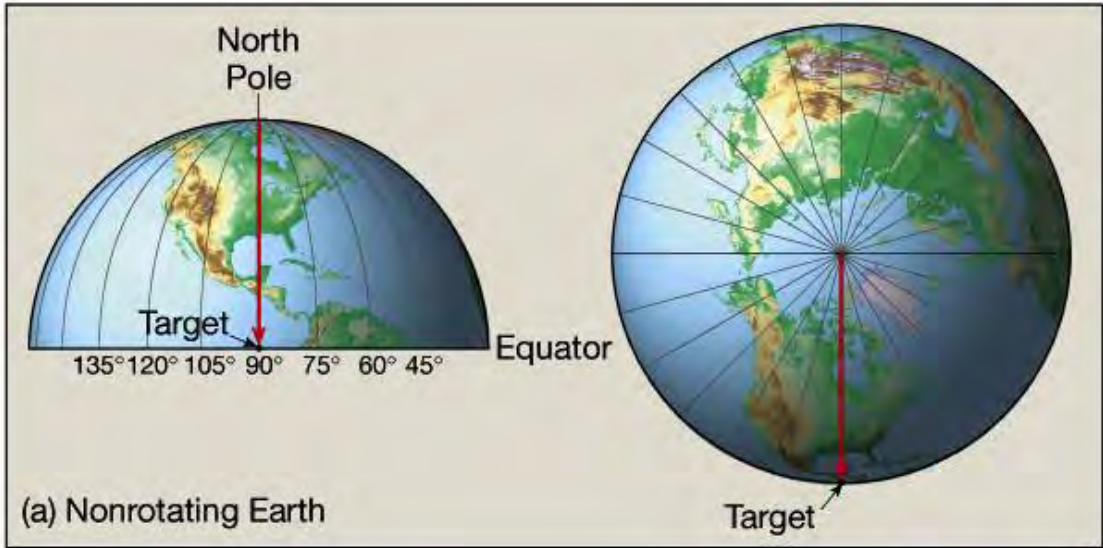
En el Hemisferio Norte	—————>	a su derecho
En el hemisferio sur	—————>	a su izquierda

La magnitud de la deflexión $\xrightarrow{\text{función}}$ la distancia desde el ecuador
la velocidad

Cuanto más alejadas del ecuador está el objeto, mayor será su la desviación, y el más rápido este se moverá, cuanto mayor sea la desviación.

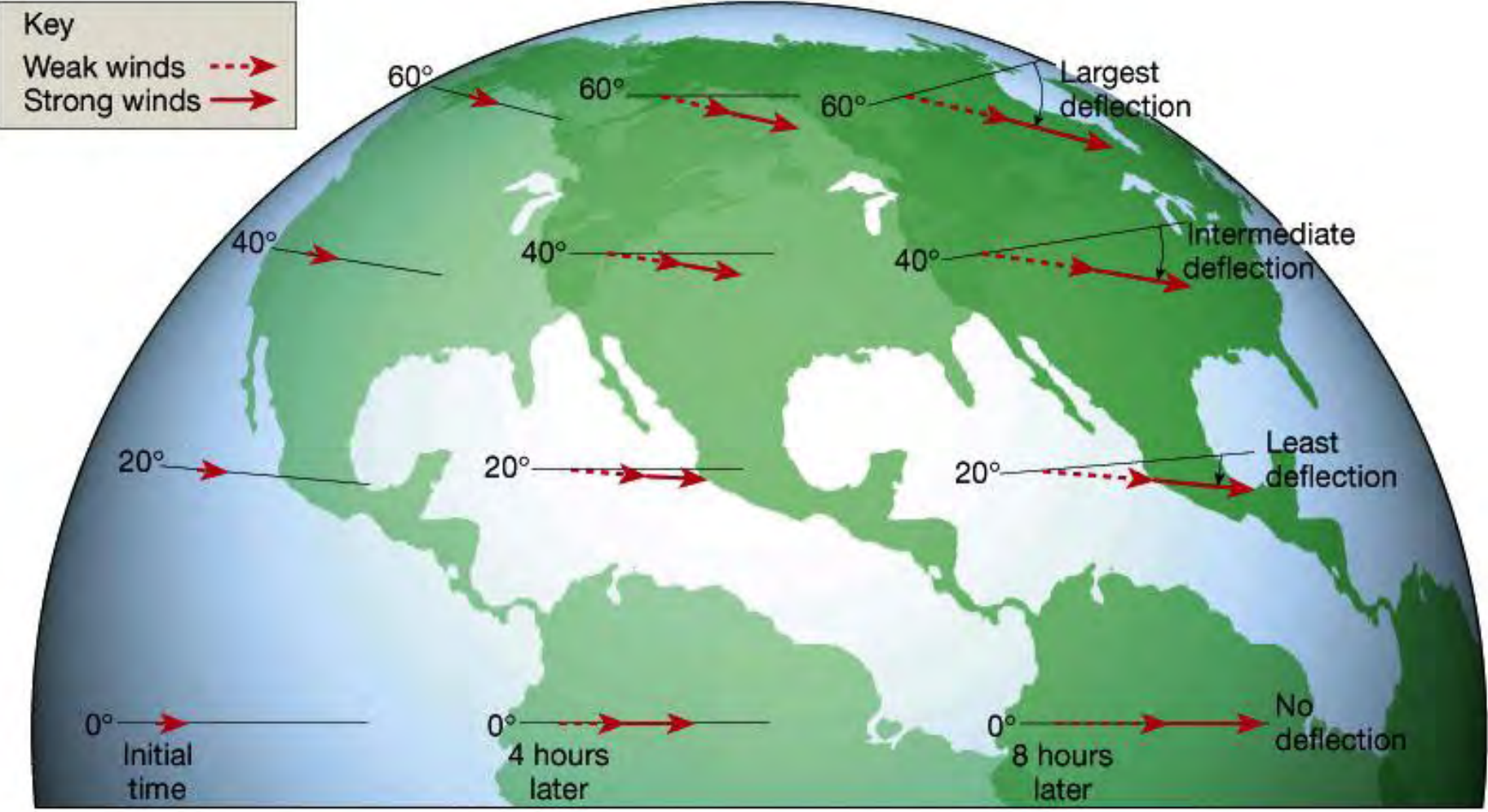
Estos "objetos" puede ser cualquier cosa: aviones, aves, misiles, **y a las bolsa de aire.**

5. La atmosfera
Propiedades -- Viento



La Fuerza de Coriolis hace que los objetos sean reflexionados debido al movimiento de rotación de la Tierra
Norte → derecha
Sur → izquierda

El efecto de la fuerza de Coriolis en diferentes latitudes



La fricción (F_c)

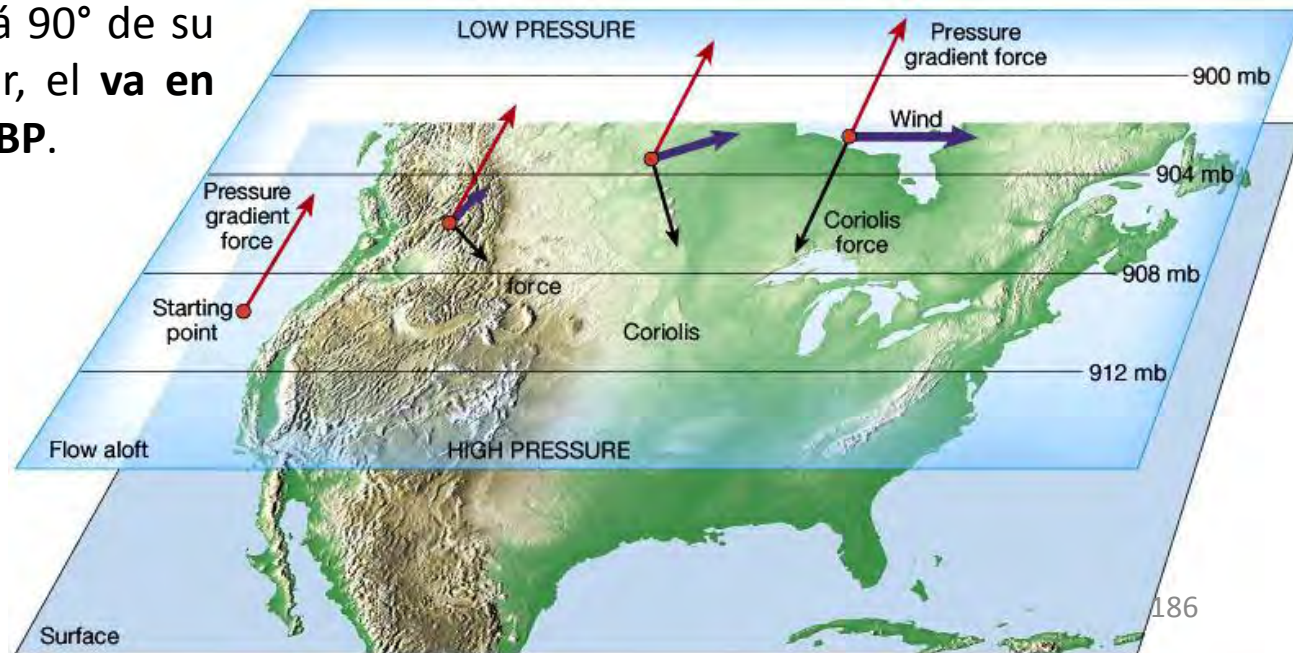
La fricción es más importante cerca de la tierra.

En este caso será importante para la formación **del viento geostrófico**,
el viento paralelo a las isobaras.

Si las fuerzas de PGF (gradiente de presión) hace con que los vientos fluyen de las regiones de AP hacia a las de BP, y la fuerza de Co desvía los vientos, se puede llegar un momento en

que el viento se desviará 90° de su dirección inicial, es decir, el **va en dirección a las zonas de BP.**

El balance de la acción de la fricción y la fuerza de Coliolis llevará a la formación del viento geostrofico



Las masas de aire que están más próximas al suelo sufren efectos más efectivos de la fricción.

Este efecto va variar con la naturaleza del suelo y sus accidentes:

Es **MAYOR** en **los continentes** y
menor en los océanos.

Sus efectos se transmite de capa en capa y
disminuyen con la altura (a un km de altura su efecto es casi nulo)

La fricción altera la dirección de los vientos y disminuye su velocidad.
La fricción disminuye la fuerza desviadora.

predomina la fuerza **del gradiente bórico** y
sopla casi **perpendicular a las isobaras**

Viento Geostrófico

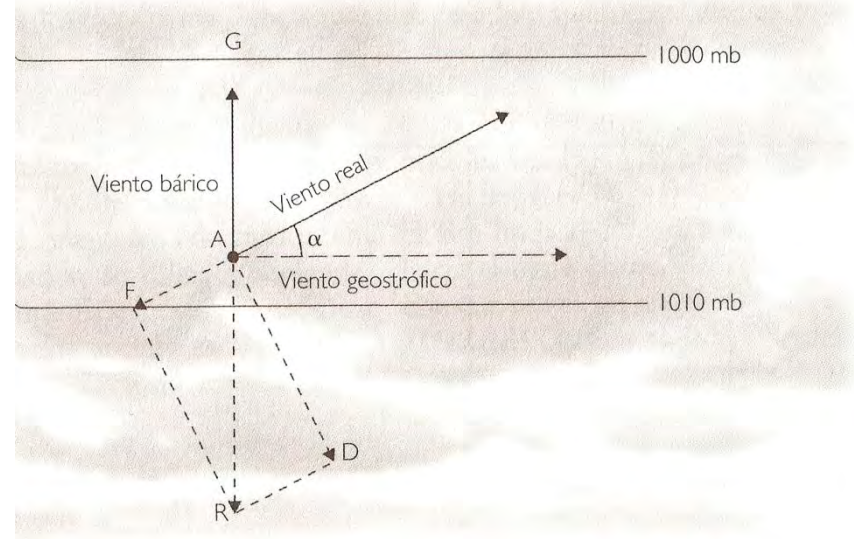


Es teórico, que resulta del balance en el gradiente
bárico y de la fuerza de Coliolis.
Arriba del 1 Km de altitud el viento geostrófico es **Real**

Viento real

Es resultante de las fuerza del
Gradiente (G), desviadora (D, de
Coriolis) y Fricción (F)

La fuerza de Coriolis (D) forma ángulo
recto con la velocidad del viento;
La fricción es directamente opuesta ala
velocidad del viento, la resultante R,
tendrá su aceleración equilibrada por el
gradiente de presión G
El viento soplará hacia las BP
desviándose en un ángulo α respecto
las isobaras



Viento real. Sufrirá mayor desviación
a medida que sea mayor su velocidad

Fuente: T. Ayllon, Elementos de Climatología

Los vientos que curren cerca de la superficie están sobre la influencia del terreno. Esta influencia se presenta en forma de **fricción**.

Fricción actuará, entonces, **retardando el movimiento del viento** - siempre es en la dirección opuesta la velocidad del viento.

La Fricción actuará contra al flujo del aire.

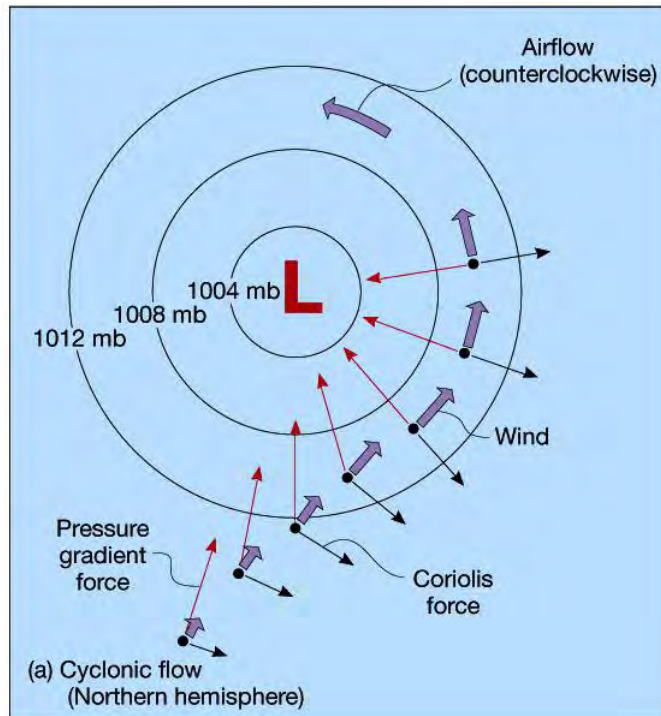
Con la disminución de la velocidad del viento → reduce la fuerza de Coriolis.

Esto resulta en un desequilibrio de fuerzas. La atmósfera se ajusta, y para recuperar el equilibrio, gira el viento hacia la zona de BP. Un nuevo equilibrio se alcanzará cuando la suma de la fricción y las fuerzas de Coriolis equilibran el gradiente de presión horizontal

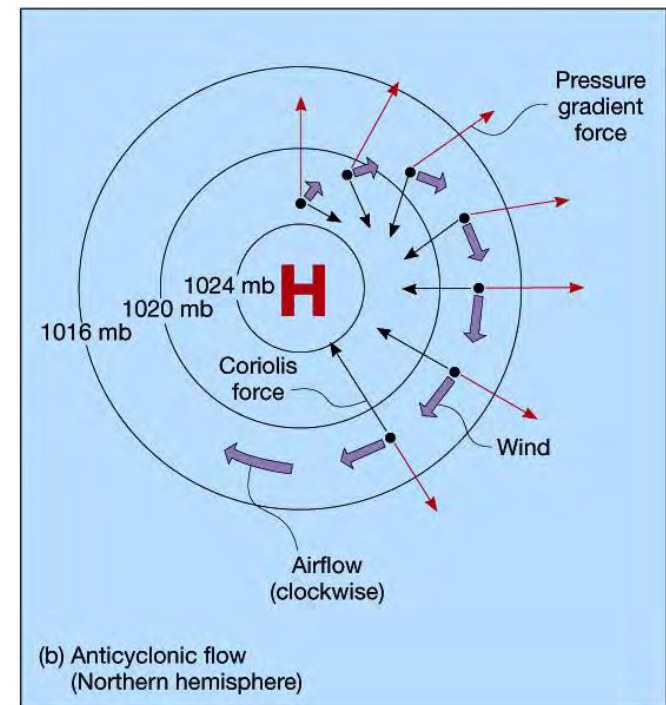
5. La atmosfera Propiedades -- Viento

Efecto de la fricción en la formación de los vientos en las zonas de BP (flujo ciclónico) u de AP (anticiclón)

Los vientos que se dirigen hacia la zona de BP se traduce en:
convergencia direccional,
levantamiento del aire → "Mal" Tiempo

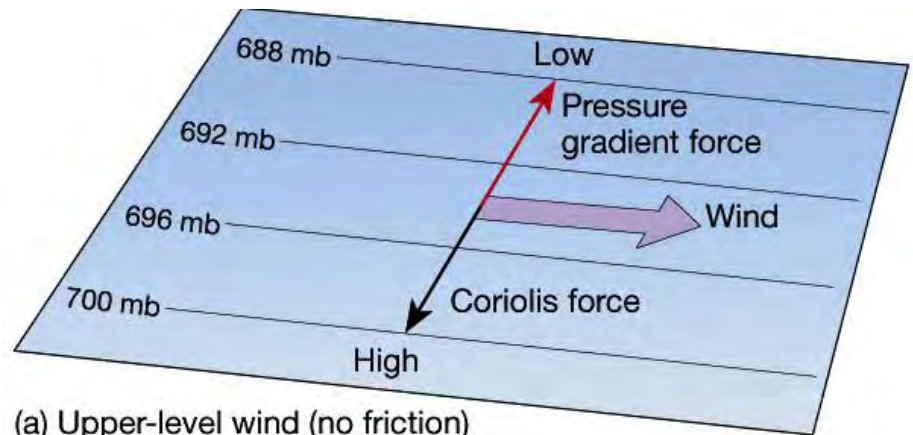


Los vientos que se dirigen hacia fuera de la **zona de AP**, se traduce en:
divergencia Direccional → bon tiempo!

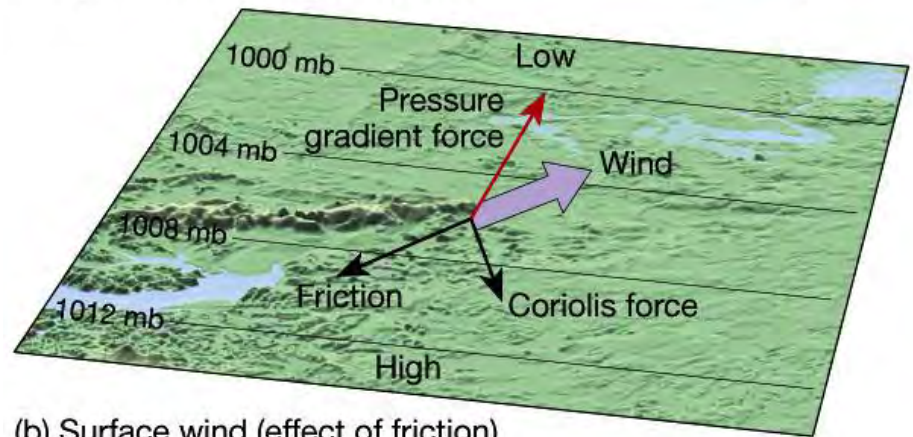


Efecto de la fricción sobre los vientos en la superficie en la altitud:

En las regiones más elevadas, va ocurrir menos acción de la fricción.



(a) Upper-level wind (no friction)

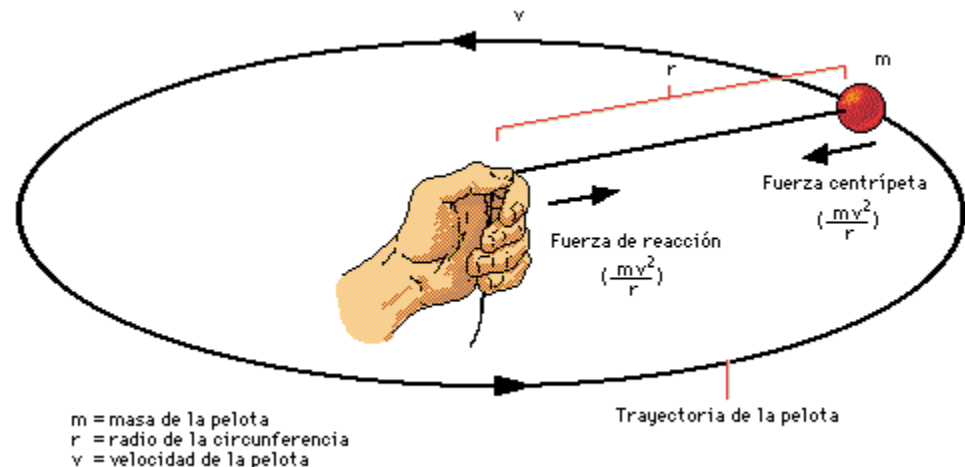


(b) Surface wind (effect of friction)

La Fuerza centrífuga (Ce)

Os cuerpos mantén en el estado de movimiento que se encuentran, a menos que una fuerza externa lo saque de su movimiento aparente.

Los vientos, mismo con la acción de la gravedad, de la fuerza de coriolis y del gradiente de Presión, tienden a avanzar en una trayectoria recta.



© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Tareas sobre viento

1. Defina viento?
2. Que factores físicos interfieren en la formación de los vientos?
3. Que son Isobara? Y isotermas?
4. Que es gradiente de Presión?
5. En que influencia en la formación de los vientos el PGF?
6. En que influencia en la formación de los vientos el FG?
7. En que influencia en la formación de los vientos el F corioli?
8. En que influencia en la formación de los vientos la fricción?
9. Que es viento geostrofico y como se forma?
10. Que es viento real y como se forma?

Referencias

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

Wilhelm KOEPPEN. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.

T. Ayllon, Elementos de Climatología

Circulación regional

Monzones

Monzón de verano

Monzón de invierno

Ciclones tropicales

Circulación local

Vientos de Montaña y de Valle

El Mistral

El adriático → Yugoslavia (Bora)

El Siroco → en mediterráneo

El Pampero → noroeste de la Argentina

El Foehn → en los Alpes europeos

El Chinook → en las montañas rocosas del EUA

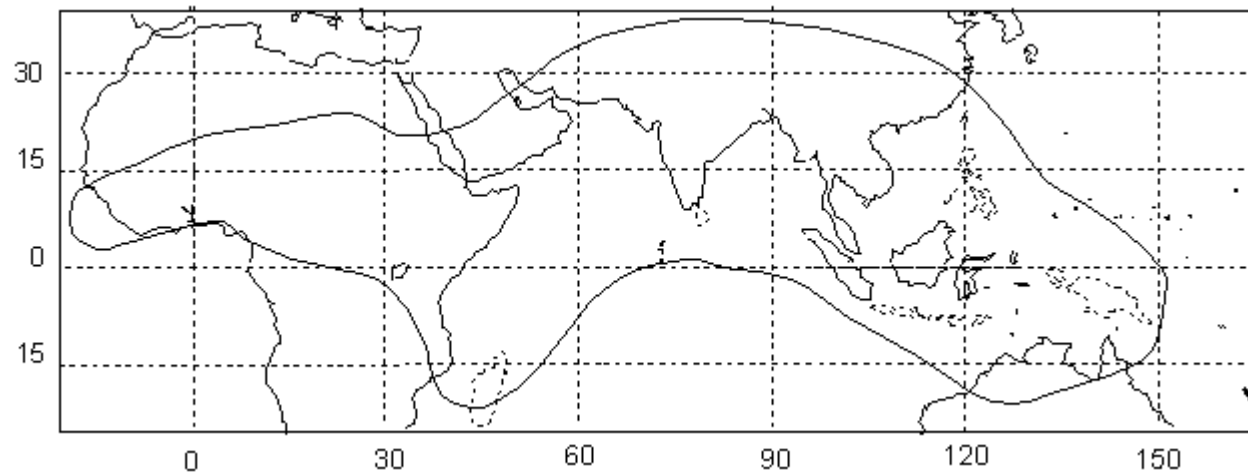
Brisas terrestres y marinas

Monzones

Son vientos que cambian de dirección con la estación

Las condiciones de monzones son observadas en muchos lugares del mundo, pero el más notable es el del Asia.

El fenómeno de monzón es dominante de los climas de bajo latitud que van desde África Occidental hasta el Océano Pacífico occidental



Un verdadero clima monzónico, los cambios estacionales del viento provocan típicamente un cambio drástico en los patrones generales de precipitación y temperatura.

El fase monzónica "húmeda" → de aire cálido y húmedo;
El fase de monzón "seco" → de aire fresco y seco

Ta tierra se calienta más rápido que el océano que lo rodea



aire menos denso → Zona BP



Aire convergente cuando alcanza capas más altas el agua se precipita

Los océanos se calienta más lentamente que el continente



aire más frío → aire menos denso → Zona AP



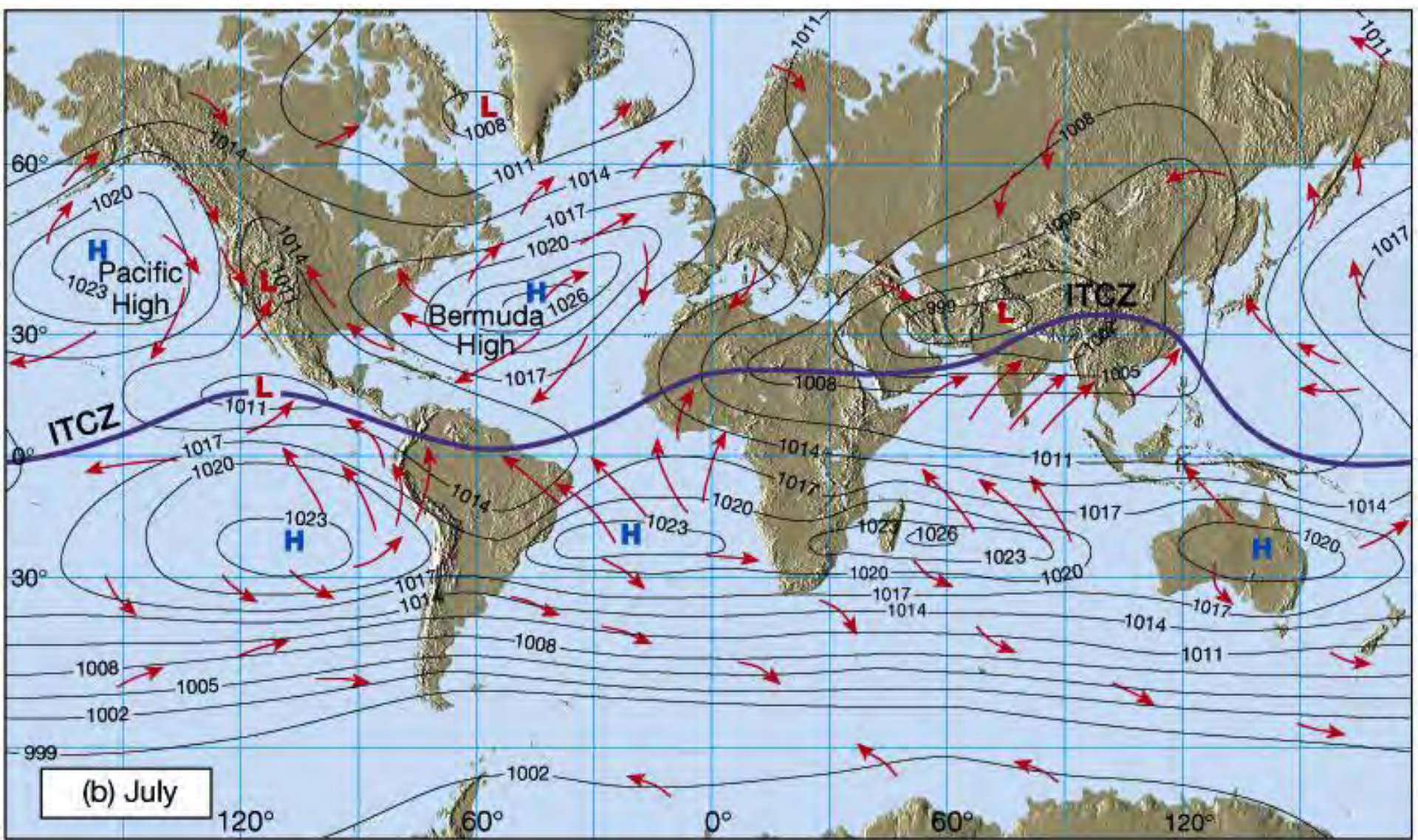
Aire divergente, que desciende de la atmosfera superior es seco

Desequilibrios energéticos estacionales diferentes en los dos hemisferios

Absorción del energía es diferente en las superficies de los continente y de los océanos

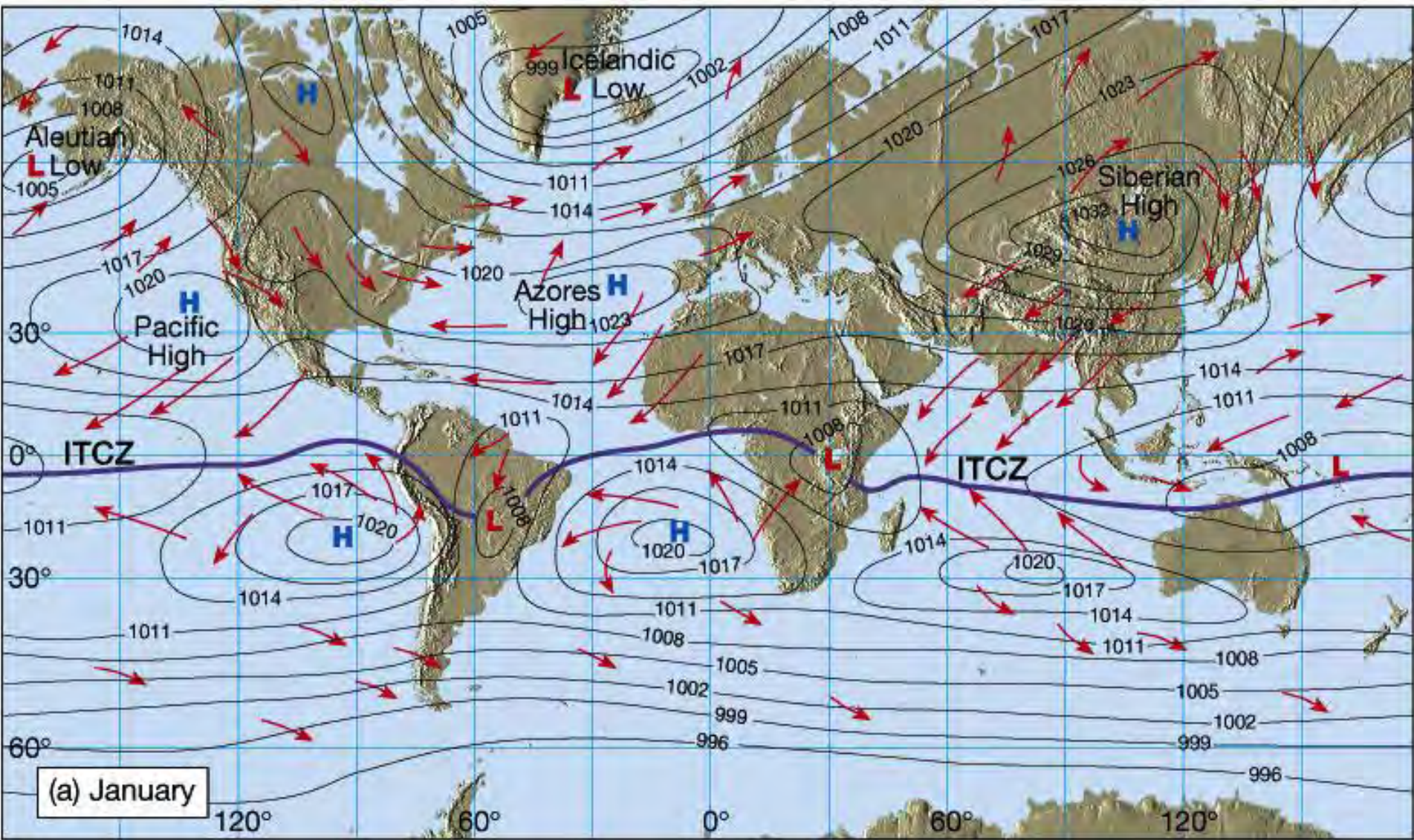
La inclinación de la Tierra → la energía recibida en los dos hemisferios son distintos en una misma época del año (verano en h. norte y invierno en h. sur)

5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Global



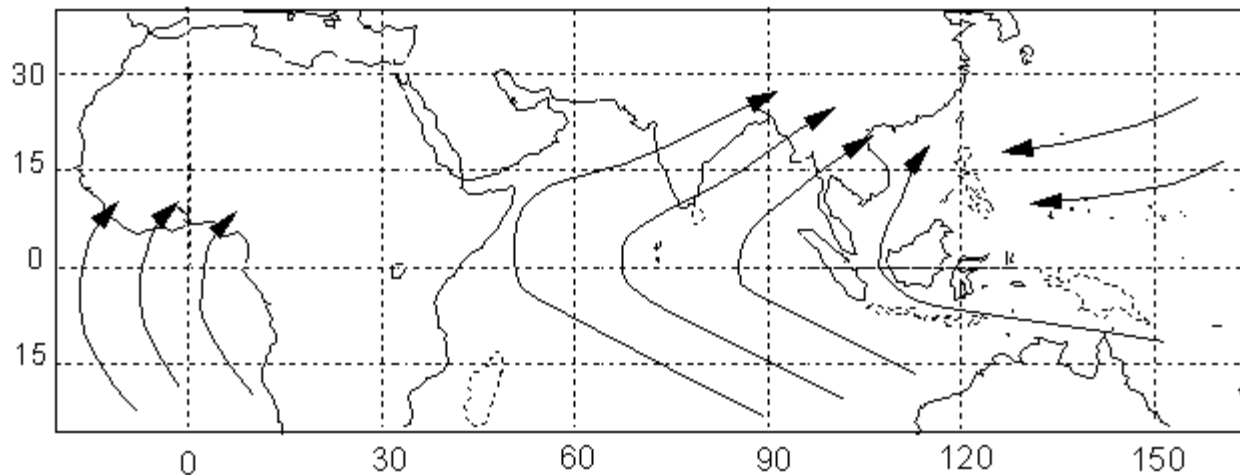
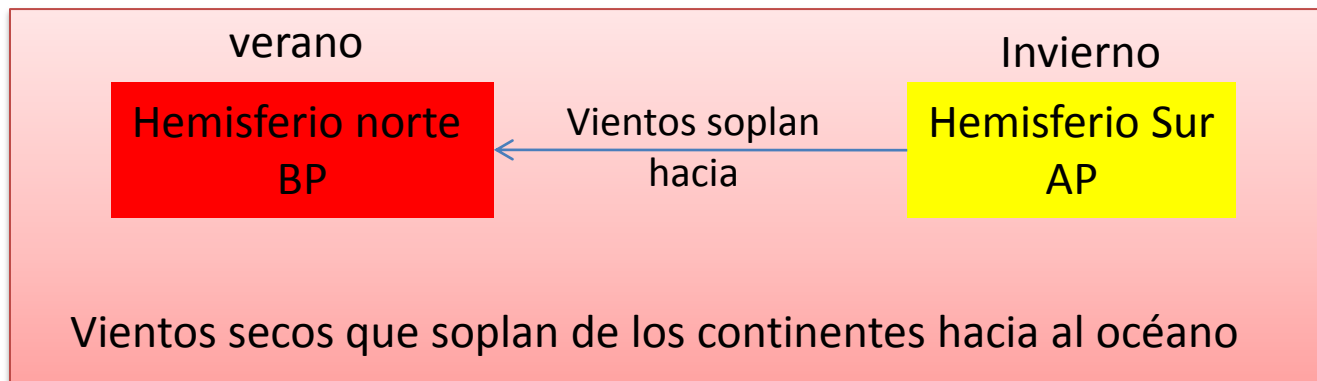
Northern shift of ITCZ in July.
The Atmosphere, 8th edition, Lutgens and Tarbuck, 8th edition, 2001.

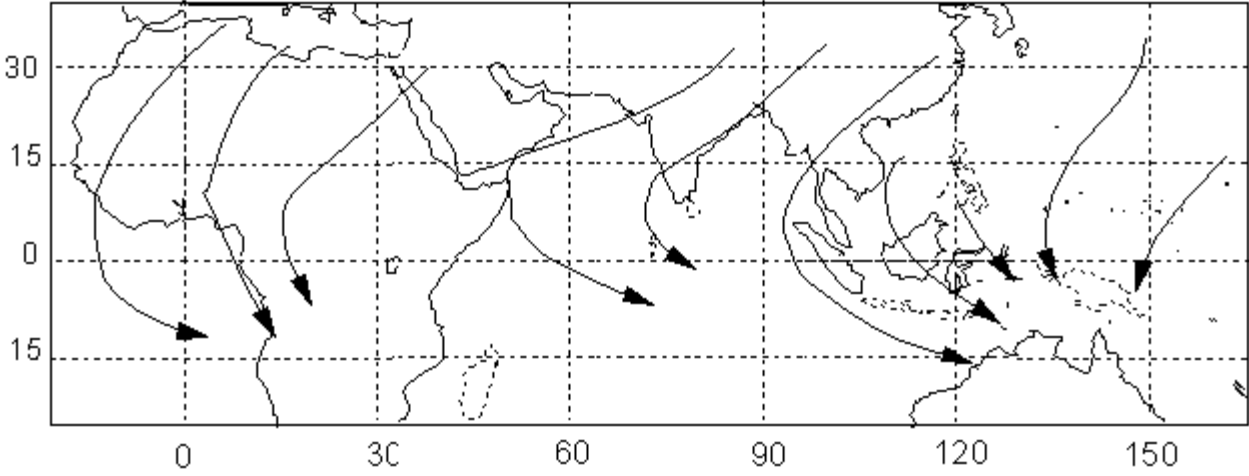
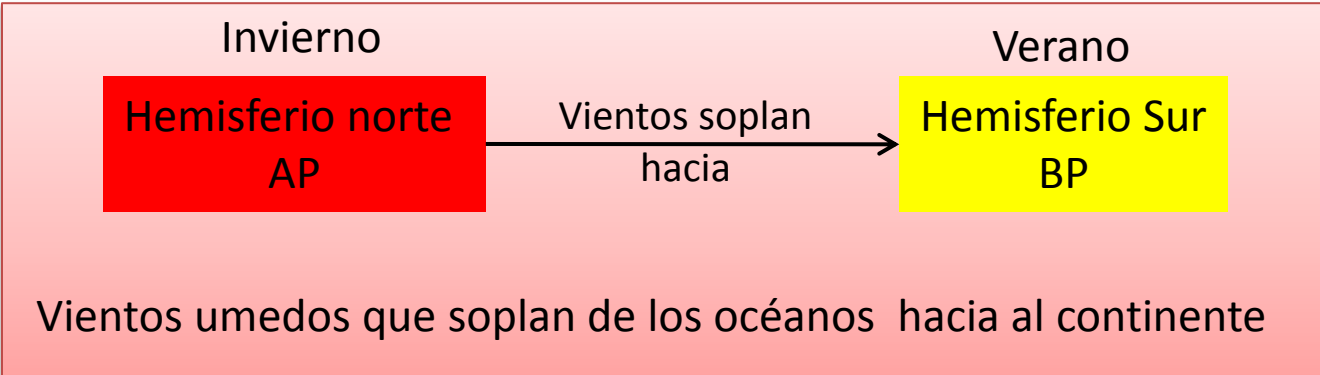
5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Global



A) Southern shift of ITCZ in January
The Atmosphere, 8th edition, Lutgens and Tarbuck, 8th edition, 2001.

Cuando **es verano** en el hemisferio norte, este recibe más radiación directa e experimenta un calentamiento radiactivo neto (más energía se gana del sol que lo que se pierde hacia el espacio).
Al mismo tiempo, el hemisferio **que está en invierno**, experimenta un enfriamiento radiactivo neto





La temporada del monzón húmedo

Durante el verano, el continente de Asia se calienta más que el océano que lo rodea.

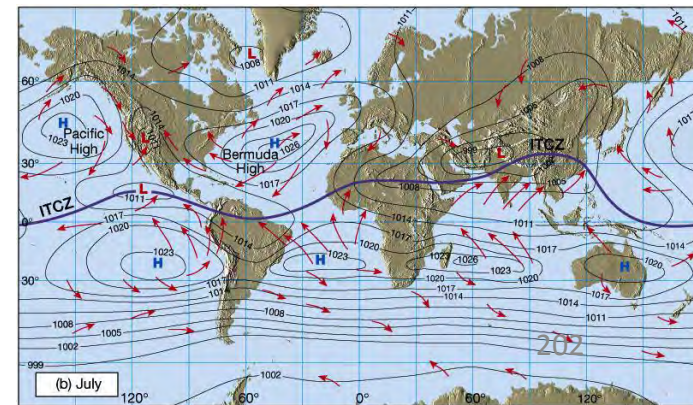
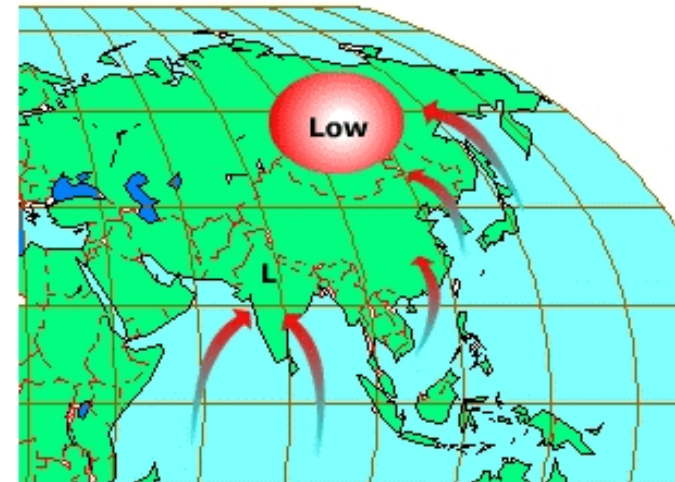
Entonces, la superficie caliente del continente crea una gran área de BP sobre el norte y centro del Asia, y una más pequeña en la India.

Esto hace que el viento cargado de humedad del aire marítimo de los océanos Pacífico e Índico migren hacia la tierra.

A medida que este aire se mueve al largo del continente (más caliente) hasta las montañas del Himalaya, el va ascendiendo y perdiendo agua

aumentando la abundancia de las lluvias de la temporada del monzón húmedo.

En este periodo se observa que la ITCZ se mueve hacia a norte. Establece sobre la Asia un aire húmedo, inestable que induce a la precipitación.



La temporada del monzón seco de invierno

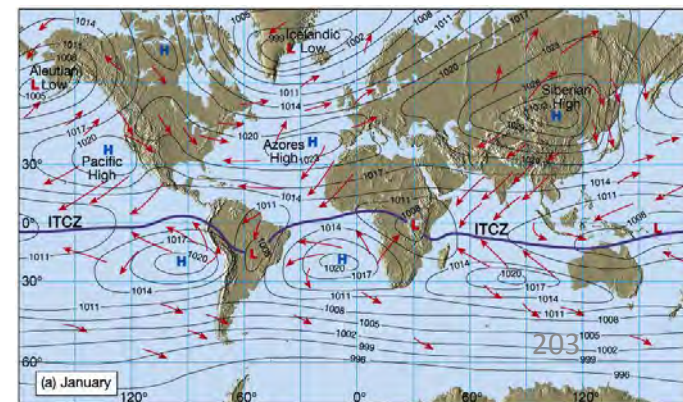
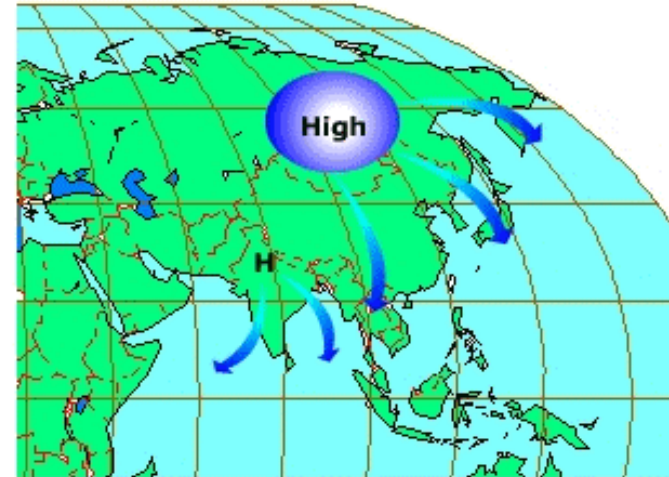
Durante el invierno, el flujo de aire se invierte. El continente se enfría rápidamente formando una amplia zona de alta presión sobre el norte de Asia Central, conocido como el **Alto de Siberia**, y un área más pequeña en la India.

Ahora, más seco y más frío, que el aire del océano del entorno.

Este aire va migrar en dirección a las zonas de BP sobre los océanos

En esta temporada la ITCZ a cabo los cambios atmosféricos se queda más al sur.

O que influyen en la región van ser los movimientos descendente de la **Zona de AP subtropical**, que va inhibir el desarrollo de las precipitaciones.



Las regiones donde se presentan monzones son:

Este y Sur de Asia

Este de México

Sur y Este de los Estados Unidos

Este del Brasil

Este de África

Norte y Este de Australia

Catarina, marzo 2007, costa del Brasil (NASA)

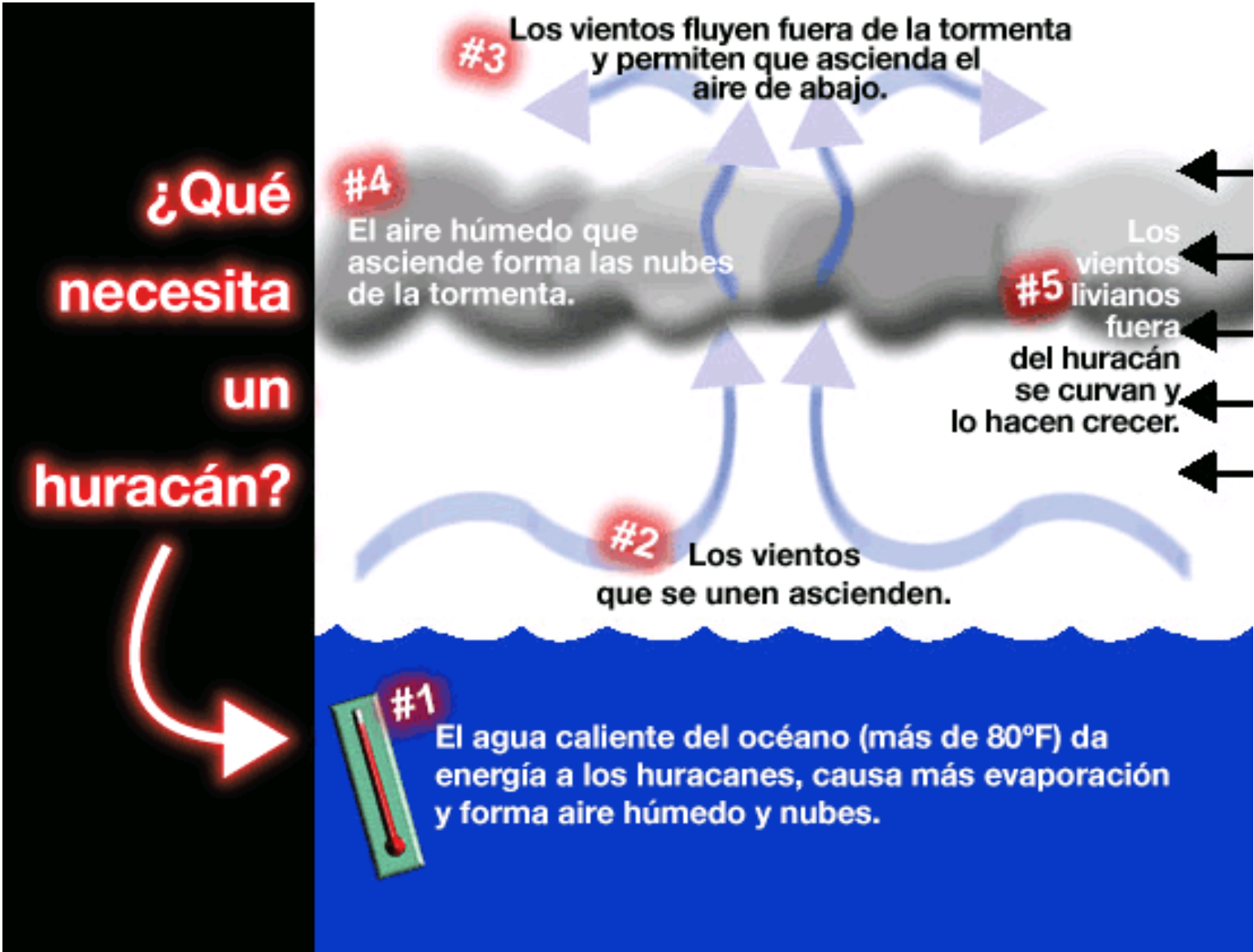
Ciclones Tropicales

Un ciclón tropical es un término meteorológico usado para referirse a un sistema de tormentas caracterizado por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión y que produce fuertes vientos y abundante lluvia.



Catarina, marzo 2007, costa del Brasil (NASA)

Surge como consecuencia de la formación de un centro de muy baja presión, normalmente 950mb, excepcionalmente desciende a 920 mb. Alrededor de este centro los vientos exceden a los 100 km/h y en numerosas ocasiones sobrepasan los 200 km.



Los ciclones tropicales extraen su energía de la **condensación de aire húmedo**, produciendo fuertes vientos.

Se distinguen de otras tormentas ciclónicas, por el mecanismo de calor que las alimenta, que las convierte en sistemas tormentosos de "núcleo cálido".

Dependiendo de su fuerza y localización, un ciclón tropical puede llamarse de:
depresión tropical,
tormenta tropical,
huracán,
tifón o
ciclón.

Se desarrollan sobre extensas superficies de **agua cálida** y pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Esa es una de las razones por la que las zonas costeras son dañadas de forma significativa por los ciclones tropicales.

Las fuertes lluvias pueden producir inundaciones tierra adentro y las marejadas ciclónicas pueden producir inundaciones de consideración a más de 40 km hacia el interior

Los ciclones tropicales pueden **reducir los efectos de una sequía**.

Llevar el calor de los trópicos a latitudes más templadas, lo que hace que sea un importante mecanismo de la circulación atmosférica global que mantiene en equilibrio la troposfera y mantiene relativamente estable y cálida la temperatura terrestre.

Todos los ciclones tropicales son áreas de baja presión atmosférica cerca de la superficie de la Tierra.

Las presiones registradas en el centro de los ciclones tropicales están entre las más bajas registradas en la superficie terrestre al nivel del mar.

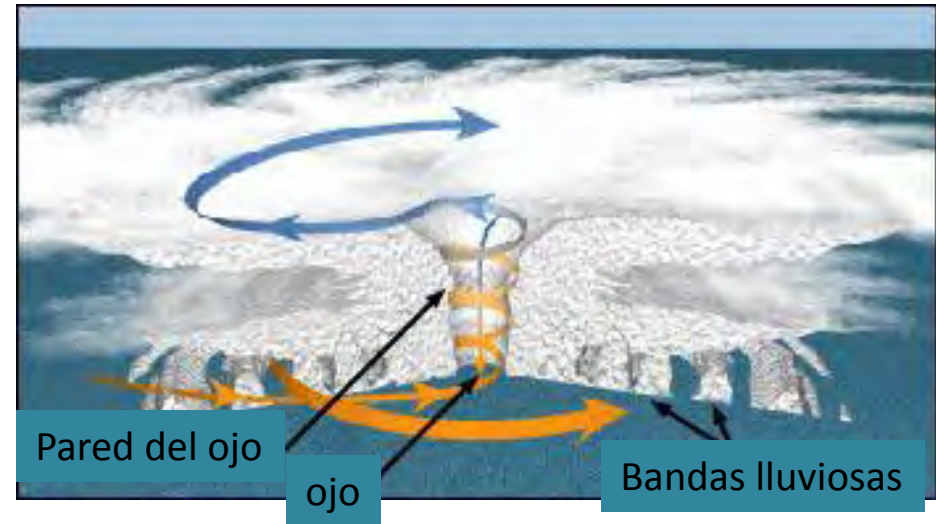
Los ciclones tropicales se caracterizan y funcionan por lo que se conoce como núcleo cálido, que consiste en la expulsión de grandes cantidades de calor latente de vaporización que se eleva, lo que provoca la condensación del vapor de agua. Este calor se distribuye verticalmente alrededor del centro de la tormenta. Por ello, a cualquier altitud (excepto cerca de la superficie) el centro del ciclón siempre es más cálido que su alrededor.

Las principales partes de un ciclón son:

el ojo, la pared del ojo y las bandas lluviosas.

Las bandas lluviosas son bandas de precipitación y tormentas que giran ciclónicamente hacia el centro de la tormenta.

Los vientos en capas altas de un ciclón tropical se alejan del centro de la tormenta con una rotación anticiclónica debido al efecto Coriolis

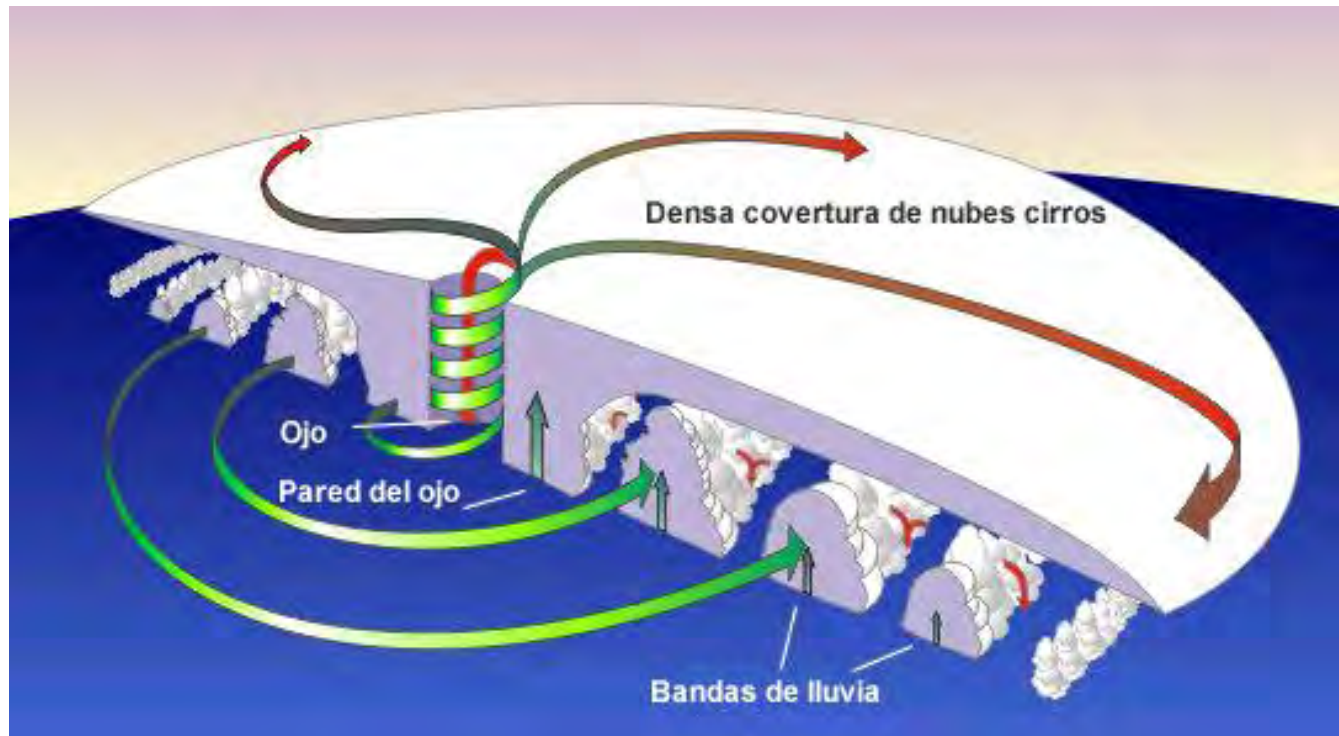


El ojo de un ciclón tropical presenta un área de aire que circula en sentido descendente en el centro del mismo, en este punto la temperatura es cálida y éste se encuentra libre de nubes

Normalmente el ojo es de forma circular y puede variar desde los 3 a los 370 km de diámetro.

El "**efecto estadio**" es cuando se observa en el ojo una curvatura hacia el interior en la parte superior de la pared del ojo

La **pared del ojo** es una banda alrededor del ojo donde los vientos alcanzan las mayores velocidades, las nubes alcanzan la mayor altura y la precipitación es más intensa.



Sección representativa de un huracán que muestra dónde se encuentran ojo, la pared de la tormenta, bandas de lluvia, y nubes cirro sobrepuestas. Las flechas indican la dirección del movimiento de aire dentro de la tormenta. Las espirales de aire dentro de la tormenta van del centro de la tormenta hacia la izquierda en el hemisferio norte y hacia la derecha en el hemisferio sur. En la parte superior de la tormenta, los espirales de aire van en dirección opuesta.

Cortesía del Servicio Nacional de Estados del Tiempo de NOAA

Poseen 3 tipos de movimientos

Movimiento circular (propiamente el ciclónico)

Movimiento Convectivo ascendente

Movimiento de translación

Se mueven a una velocidad de **16 a 24 Km/h**, se curvan hacia los polos **bordeando los centros subtropicales de AP**

Penetran en la circulación de los vientos de oeste, donde pueden desaparecer o enlazarse a cinturones extratropicales y resurgir como grandes tempestades

Una medida del tamaño de un ciclón tropical se obtiene midiendo la distancia desde su centro de circulación hasta su isobara externa más cercana, también conocida como su *ROCI*.

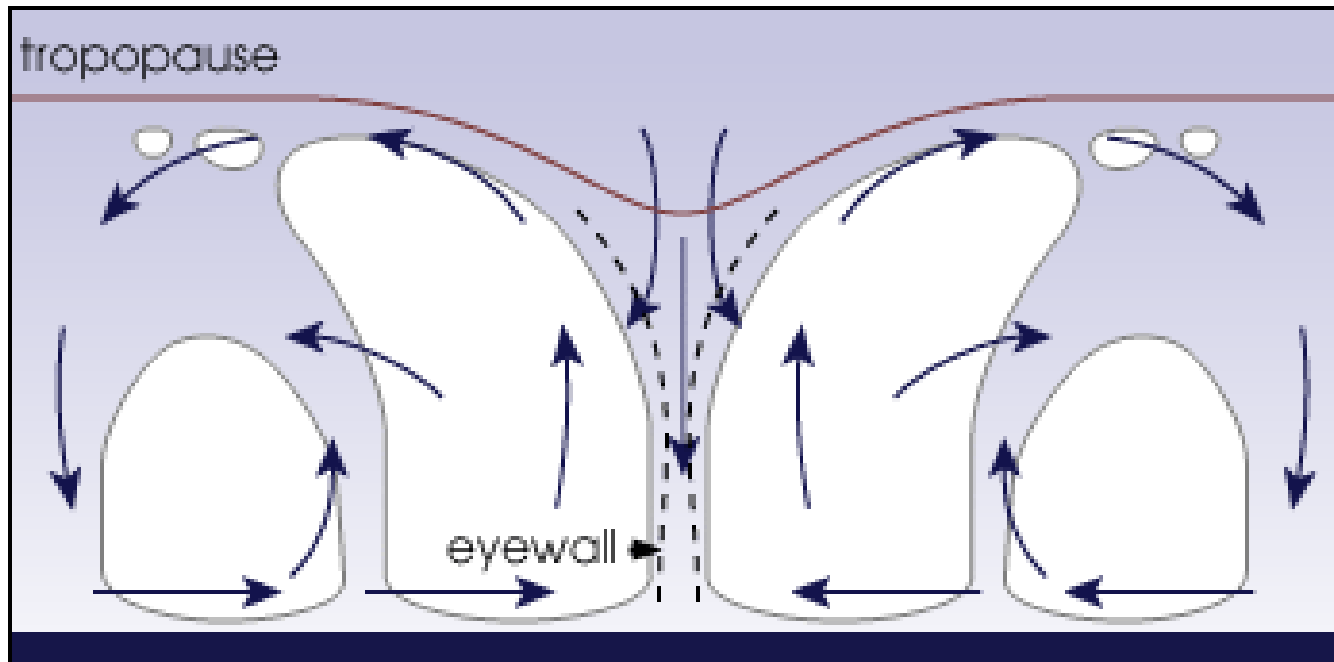
Tamaños de ciclones tropicales

ROCI	Tipo
Menos de 2 grados de latitud	Muy pequeño/enano
De 2 a 3 grados de latitud	Pequeño
De 3 a 6 grados de latitud	Mediano/Medio
De 6 a 8 grados de latitud	Grande
Más de 8 grados de latitud	Muy grande

Estructuralmente, un **ciclón tropical** es un gran sistema de nubes en rotación, viento y tormentas.

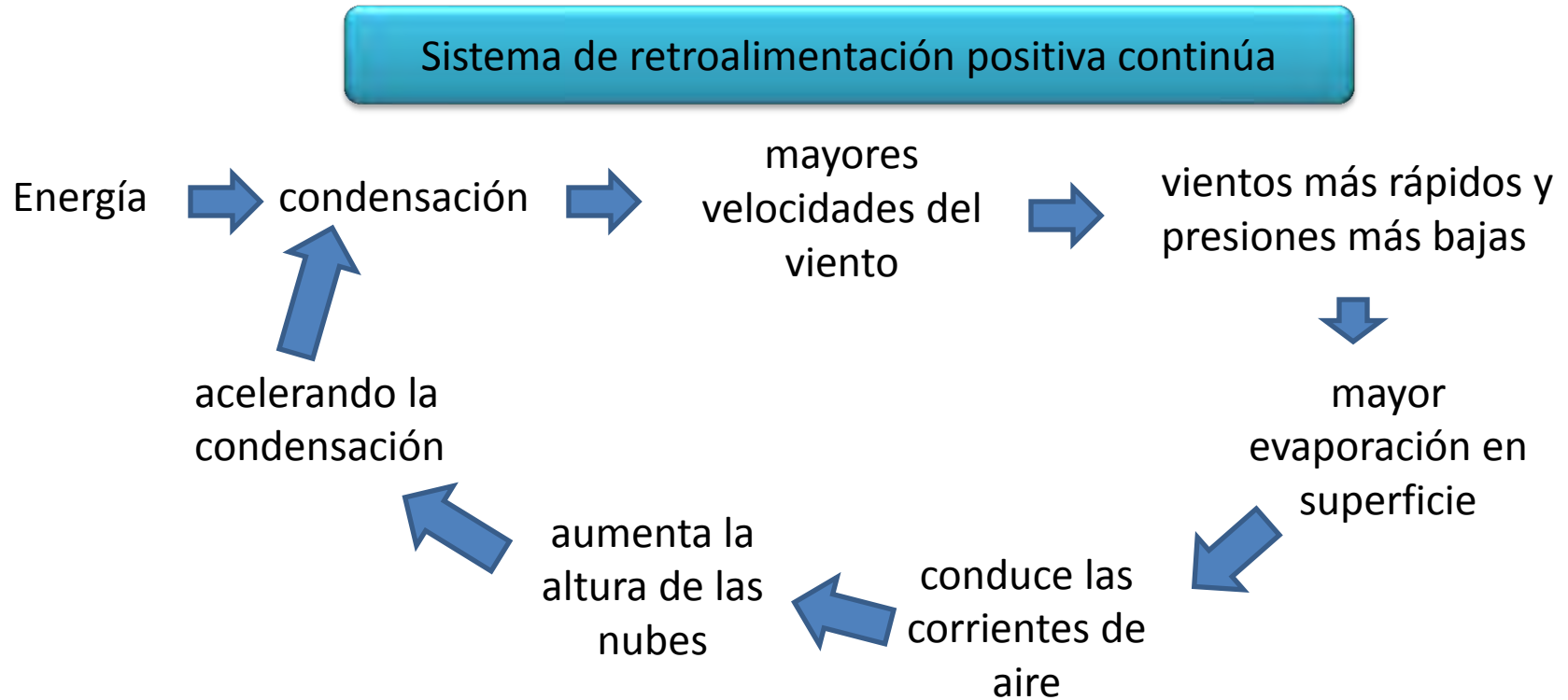
Su fuente primaria de energía es la expulsión de la calor de condensación del vapor de agua que se condensa a grandes altitudes, siendo el calor aportado por el Sol al que inicia el proceso de evaporación.

“un tipo especial de complejo **convectivo de meso-escala**, que continua desarrollándose a partir de una vasta fuente de humedad y calor.



Graphic by Robert Simmon, NASA GSFC).

http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Hurricanes/Images/hurricane_section.gif



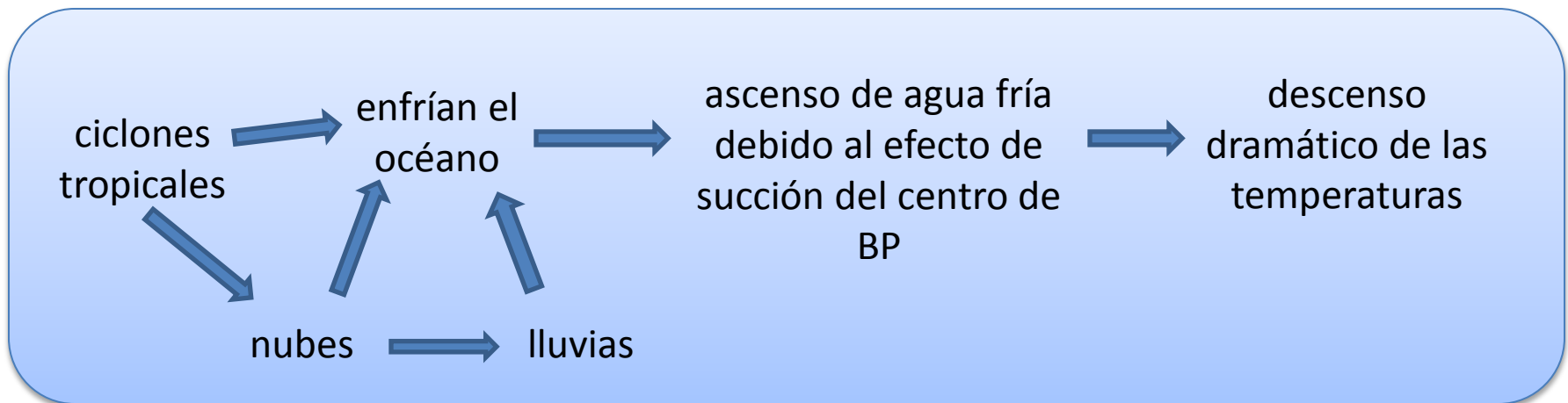
La rotación de la Tierra causa que el sistema gire, efecto conocido como el **efecto Coriolis**, dando una **característica ciclónica** y afectando a la trayectoria de la tormenta

El ciclón tropical se alimenta de la energía de **condensación el agua**, entonces el debe permanecer sobre agua cálida, que provee la humedad atmosférica que necesita para su mantenimiento.

Por contra, cuando un ciclón tropical pasa sobre tierra su fuerza disminuye rápidamente.

Los ciclones de media latitud obtienen su energía de los gradientes **horizontales de temperatura** preexistentes en la atmósfera

Un ciclón tropical sobre el océano puede causar que las capas superficiales del mismo se enfríen de forma sustancial, lo que puede influir en el desarrollo del ciclón.



Seis factores generales son “necesarios” para hacer posible la formación de ciclones tropicales

Temperatura del agua de al menos 26,5 °C hasta una profundidad de al menos 50 m.

Las aguas a esta temperatura provocan que la atmósfera sea lo suficientemente inestable como para sostener convección y tormentas eléctricas.

Enfriamiento rápido con la altura.

Esto permite la expulsión de calor latente, que es la fuente de energía en un ciclón tropical.

Alta humedad, especialmente en las alturas baja a media de la troposfera

Cuando hay mucha humedad en la atmósfera, las condiciones son más favorables para que se desarrollen perturbaciones

es la diferencia en la vel. del viento o su dirección entre dos puntos en la atmósfera

Baja cizalladora vertical.

Cuando la cizalladura vertical es alta, la convección del ciclón o perturbación se rompe, deshaciendo el sistema.

Distancia al ecuador terrestre.

Permite que la fuerza de **Coriolis** desvíe los vientos hacia el centro de BP, causando una circulación.

La distancia aproximada es 500 km o 10 grados.

Un sistema de perturbación atmosférica preexistente

El sistema debe tener algún tipo de circulación como **centro de bajas presiones**.

La ocurrencia de los ciclones tropicales están restringidas a ciertas estaciones del año y varia de acuerdo al lugar.

los huracanes atlántico norte se presentan de **mayo a noviembre**, con máximos en finales del verano y principios del otoño

En general, los ciclones tropicales del Hemisferio norte ocurren en la estación en la cual la **zona ICTZ** (centro de convergencia intertropical) se ha movido hacia al norte y en el hemisferio sur cuando se ha movido hacia al sur

Las zonas que son afectadas por los ciclones tropicales son casi las mismas que afectan el monzón:

- (1) El Caribe, las Antillas, Este y Sur de los EUA, Este y Oeste de México
- (2) Este y Sur de Asia
- (3) Este de África
- (4) Este de Australia

En hemisferio sur en las partes correspondientes al Atlántico y al Este del Pacifico no se presentan debido a que la ICTZ no emigrar hacia el sur del Ecuador (efecto de **Coriolis**)

Efectos que producen los ciclones tropicales

- (1) Lluvias que pueden dar lugar a inundaciones
- (2) Vientos de alta velocidad que pueden ser destructivos
- (3) Ras de mar que consiste en la penetración a la tierra de grandes olas (10 – 21 m) que produce el viento

Los huracanes a su vez se dividen en 5 categorías según la velocidad de sus vientos, como se observa en la tabla.

Categoría	Velocidad de los vientos	Altura de ola (m)
Depresión tropical	< 60 Km/h	
Tormenta tropical	60-120 km/h	
Cat. 1	118 a 153 km/h	1.3 -1.6
Cat. 2	154 a 177 km/h	1.6 - 2.6
Cat. 3	178 a 209 km/h	3.0 – 4.0
Cat. 4	210 a 249 km/h	4.3 – 6.0
Cat. 5	250 km/h	>6.0

Adaptado de Fundamentos de climatología y del site <http://jmarcano.topcities.com>



Durante un huracán, la marejada de tormenta empuja agua del océano hacia la costa

Cortesía del Servicio Nacional de Estados del tiempo y de la Marina Norteamericana

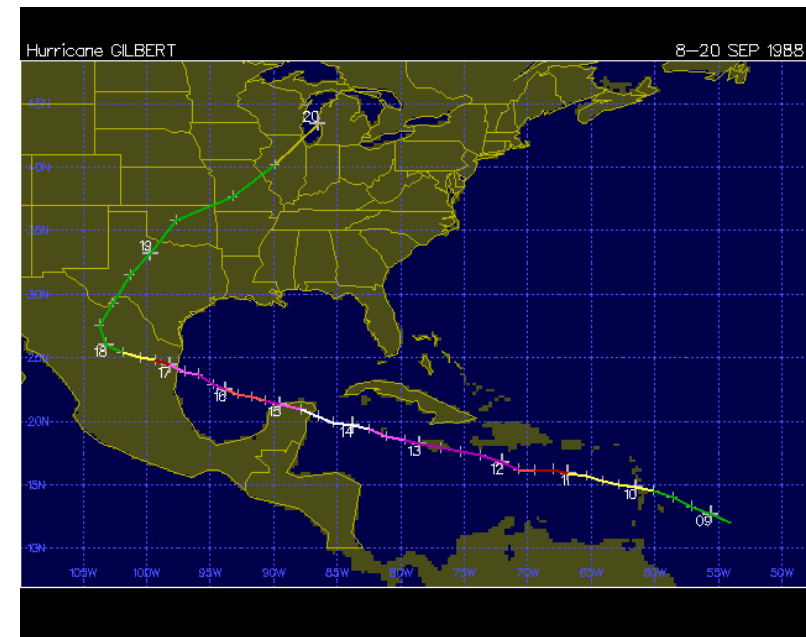
La fuente de este material es *Windows to the Universe (Ventanas al Universo)*, en <http://www.windows.ucar.edu/> de University Corporation for Atmospheric Research (UCAR). ©1995-1999, 2000. Los Regentes de la Universidad de Michigan; ©2000-05 University Corporation for Atmospheric Research.

Los Peores Huracanes en México

El huracán **Wilma** fue una de los más destructivos que hayan tocado a las costas mexicanas en el mes de octubre del 2005. Wilma tocó tierra en varias ocasiones, dejando huella de sus efectos en la península de Yucatán. El ojo pasó por la isla de Cozumel para hacer contacto en playa del Carmen en Campeche. Las pérdidas fueron incuantificables al afectar el turismo, la agricultura, y las actividades económicas en general, se estima, sus daños se cuantifican en 7.5 billones de dólares.



huracán **Gilberto** llegó a tierra el 14 de septiembre de 1988, en la península de Yucatán registrado como un huracán categoría 5, provocó inundaciones en la parte noreste del país y su consecuencia fueron 202 muertes. El ojo del huracán alcanzó 15 Km de diámetro y la zona de su influencia fue de 250 Km, atacando a Cuba al mismo tiempo. Siguió su camino en dirección del Golfo afectando a Campeche desapareciendo en Monterrey, provocando el desbordamiento del río Santa Catarina, el cual atraviesa la capital noeleonesa.



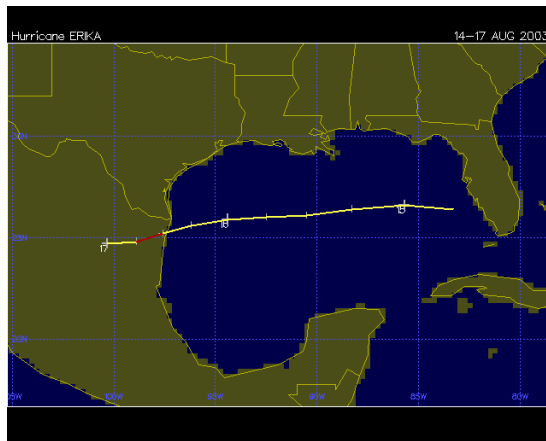
Huracán Paulina que se presentó por el Pacífico en octubre de 1997. Alcanzo la categoría 4 y tocó tierra en Puerto Escondido para después internarse y devastar el popular puerto de Acapulco. Más de 300,000 personas se quedaron sin casa, las pérdidas económicas fueron cerca de 7.5 billones de dólares de esa época, y las muertes se calculan entre 300 y 400 en México.



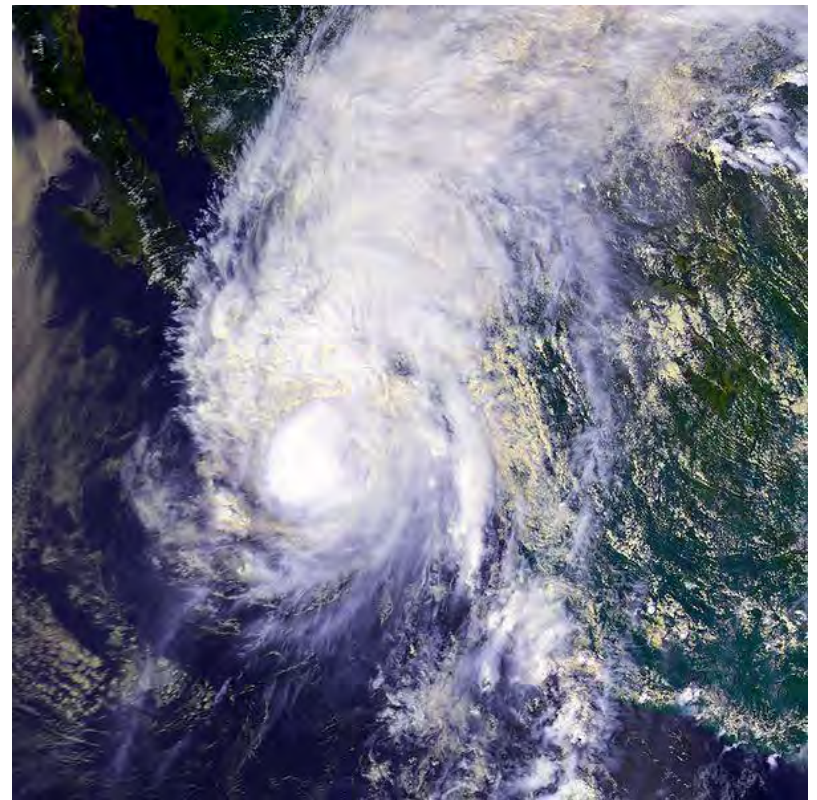
5. La atmosfera

Propiedades – Circulación Global

El huracán **Erika** impactó de forma desastrosa el noreste de México en el 2003. En consecuencia fueron evacuadas las 51 plataformas petroleras, lo que significó una pérdida de 8,708 barriles de petróleo por día y 173,140 millones de pies cúbicos de gas natural diariamente. Nuevo León y Tamaulipas fueron los principales centros donde Erika dejó devastación.



En el año de 2005 hace su aparición el huracán **Ismael**. Produjo olas de 9 metros en las costas mexicanas, causando la destrucción de 52 botes con daños graves, falleciendo 57 pescadores. En su camino a través del noroeste mexicano, las fuertes lluvias dejadas por el huracán alcanzaron los 197 mm en el estado de Sinaloa lo que causó la inundación de 4 municipios, la destrucción de 373 casas y daños a 4790 y 54 personas perdieron la vida. En los Mochis los vientos destruyeron casas y postes telefónicos, en Sonora Ismael dejó 276 mm de agua, afectando gravemente a Huatabampo y afectando a 24,111 personas que se ubicaban en 8 municipios, destruyó 4728 casas, 107 escuelas más dos hospitales. Destrozó las líneas de alta tensión afectando 3481 Km cuadrados. Los daños en Sonora se calcularon en 8.6 millones de dólares.



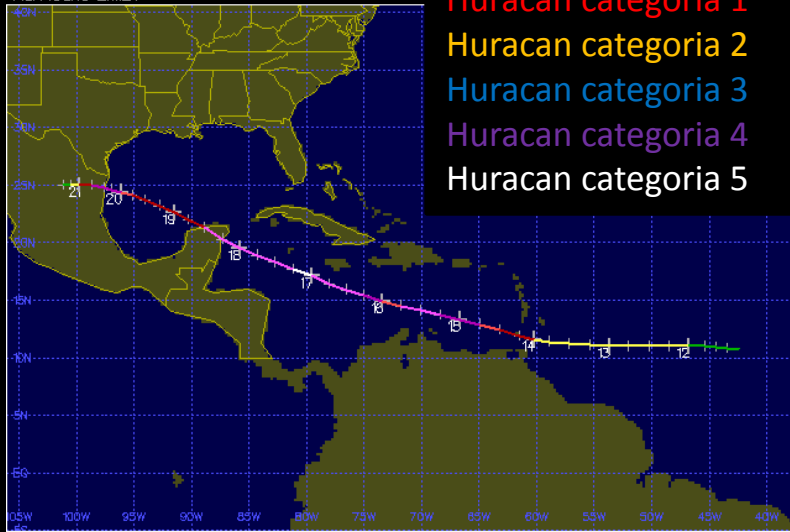
5. La atmosfera Propiedades – Circulación Global

El huracán **Stan** se presenta en el 2005 desbordando el río Tapachula en Chiapas, provocando que arrasara con 2500 casas, la mayor parte de los habitantes de la Sierra de los Tuxtles tuvieron que evacuarse. Cuando su paso se incrementaba en dirección de la Sierra Madre del Sur, los estados de Oaxaca y Chiapas fueron afectados significativamente.

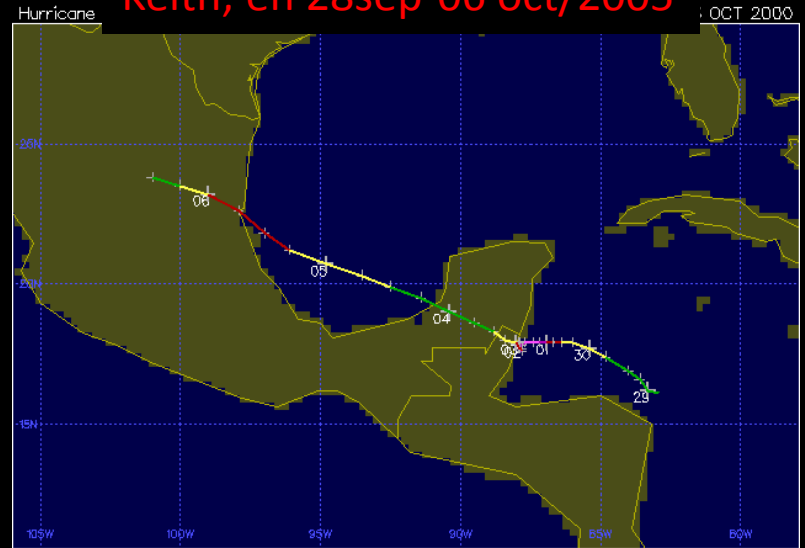


Emily en 11-21 jul/2005

- Depresion Tropical
- Tormenta Tropical
- Huracan categoria 1
- Huracan categoria 2
- Huracan categoria 3
- Huracan categoria 4
- Huracan categoria 5



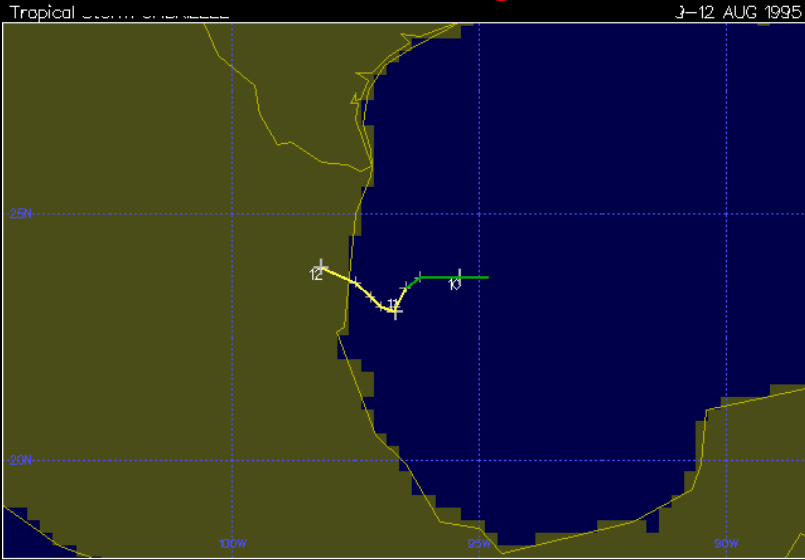
Keith; en 28sep-06 oct/2005



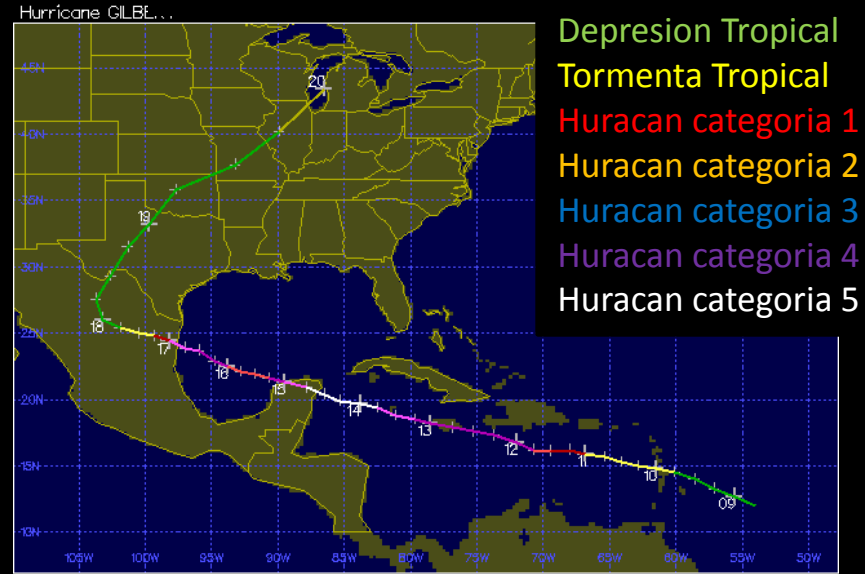
Beryl en 13-15 ago/2000



Gabrielle en 09-12 ago/1995

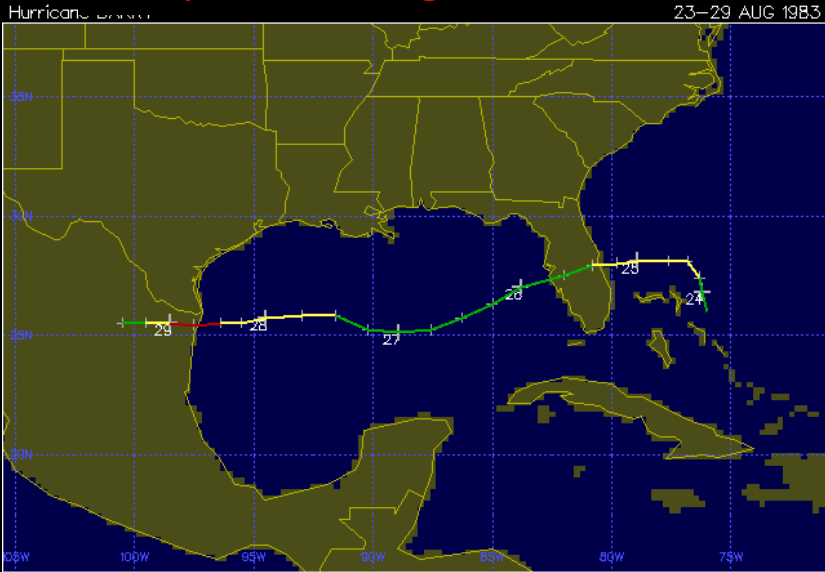


Gilbert en 08-20 sep/1988

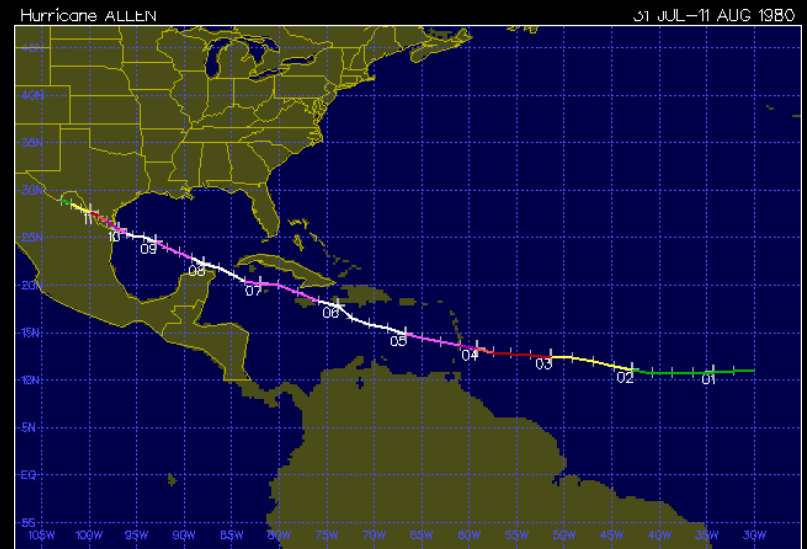


- Depresion Tropical
- Tormenta Tropical
- Huracan categoria 1
- Huracan categoria 2
- Huracan categoria 3
- Huracan categoria 4
- Huracan categoria 5

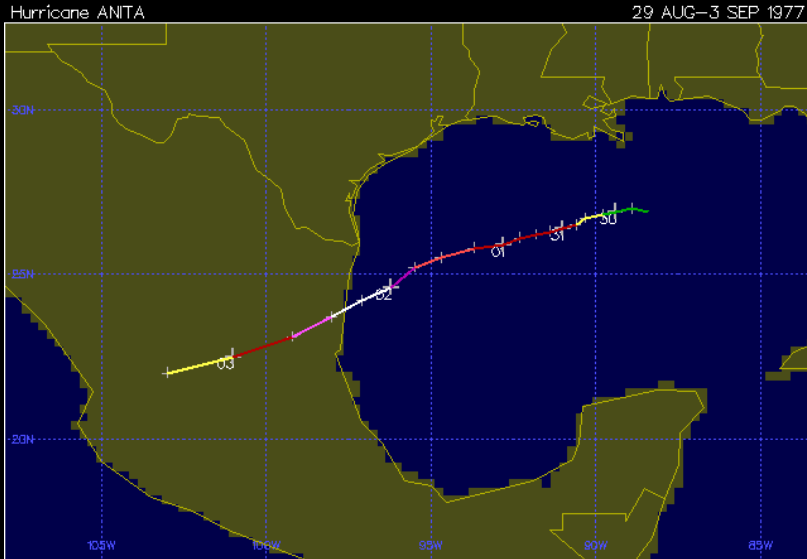
Barry en 23-29 ago/1983



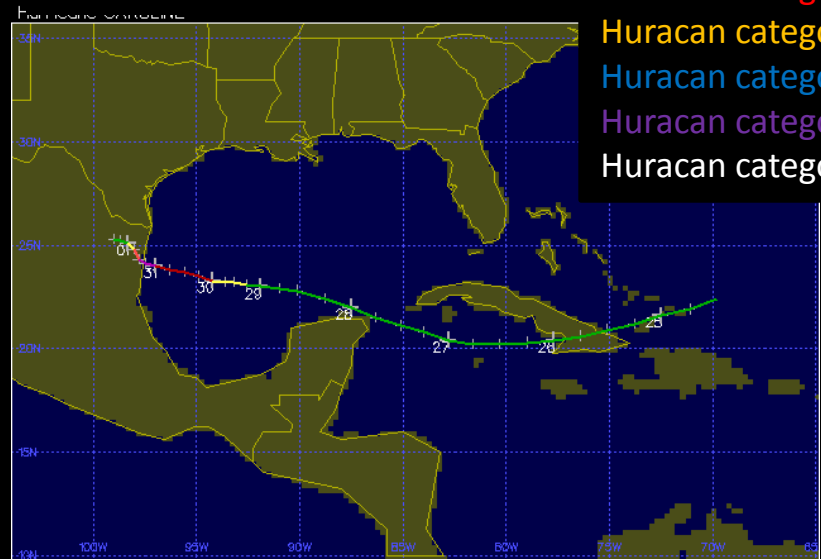
Allen en 31 jul-11 ago/1980



Anita en 29 ago-03 sep/1970

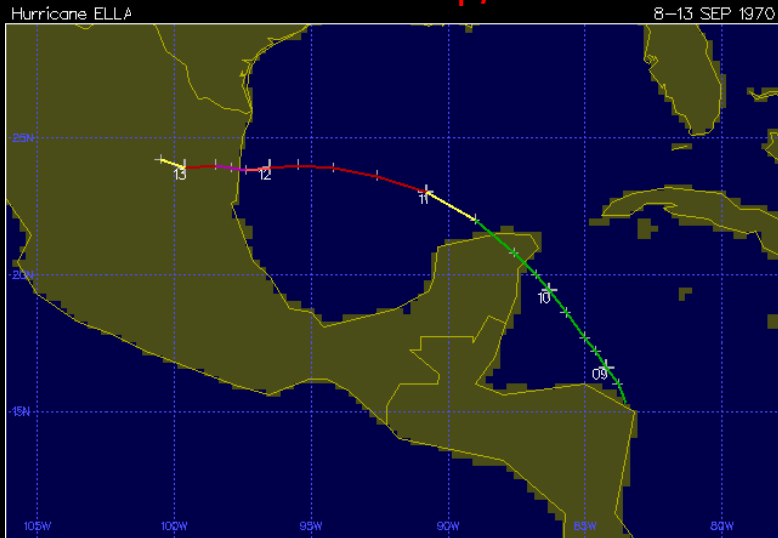


Caroline en 24 ago-01 sep/1975

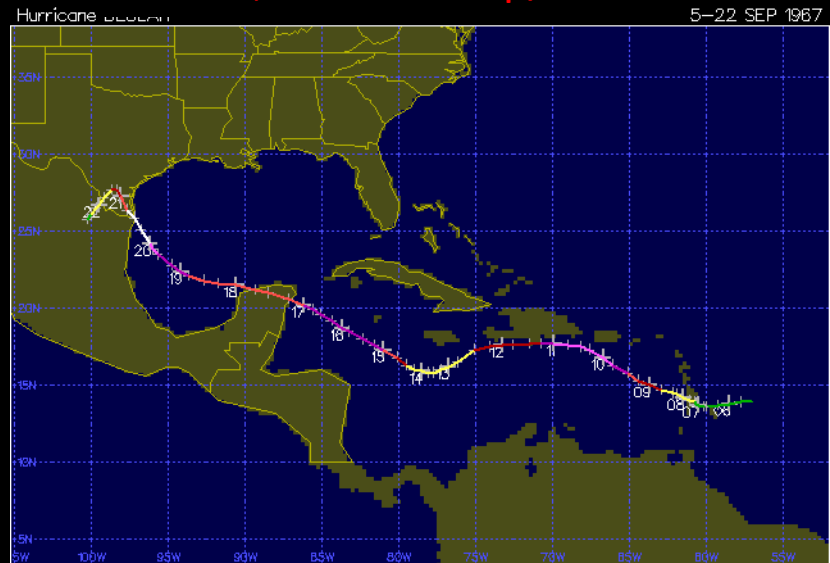


- Depresion Tropical
- Tormenta Tropical
- Huracan categoria 1
- Huracan categoria 2
- Huracan categoria 3
- Huracan categoria 4
- Huracan categoria 5

Ella en 08-13 sep/1970

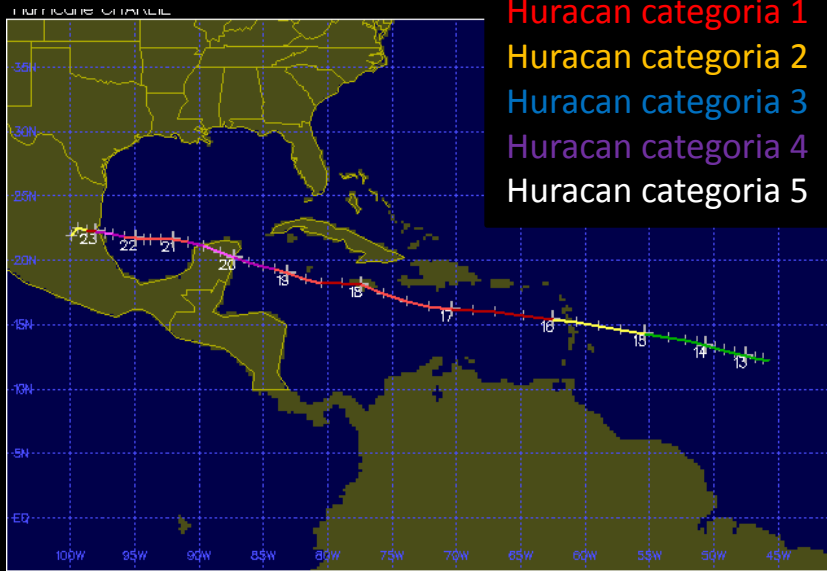


Beulah, en 05-22 sep/1967



Charle en 12-23 ago/195:

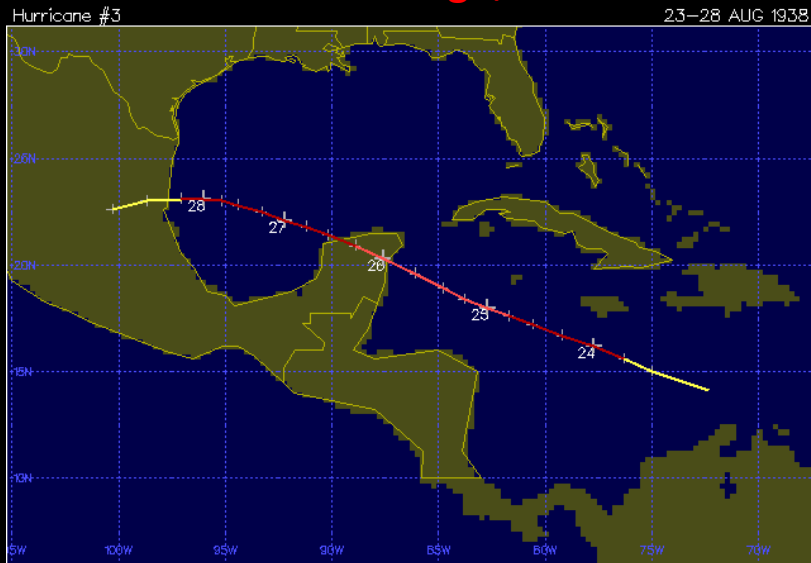
- Depresion Tropical
- Tormenta Tropical
- Huracan categoria 1
- Huracan categoria 2
- Huracan categoria 3
- Huracan categoria 4
- Huracan categoria 5



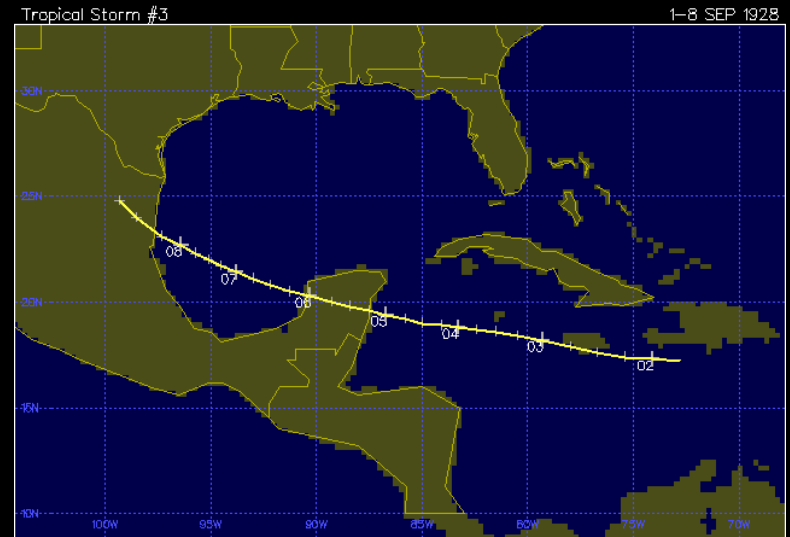
#2 en 09-15 ago/1947



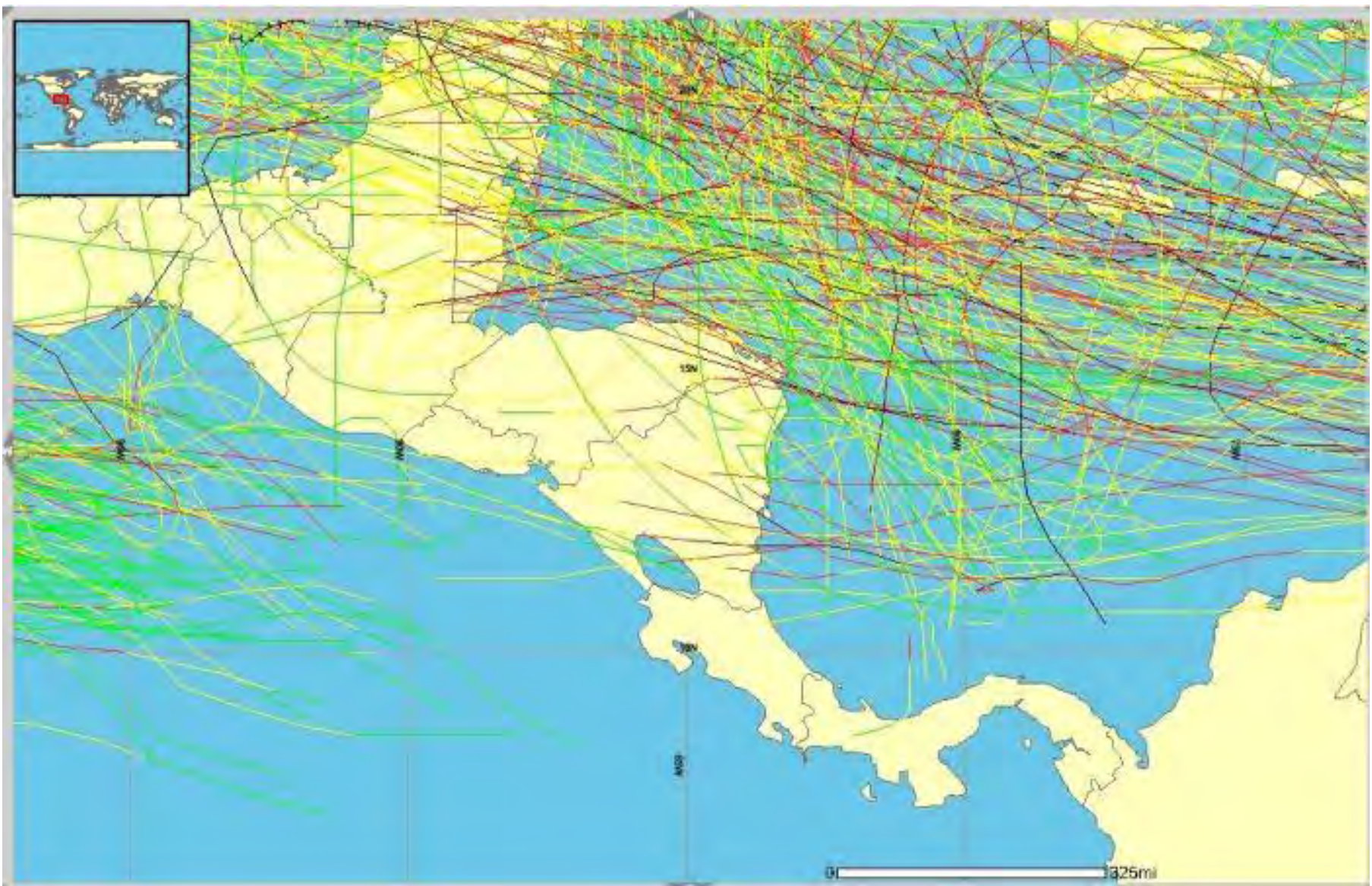
#3 en 23-28 ago/1938



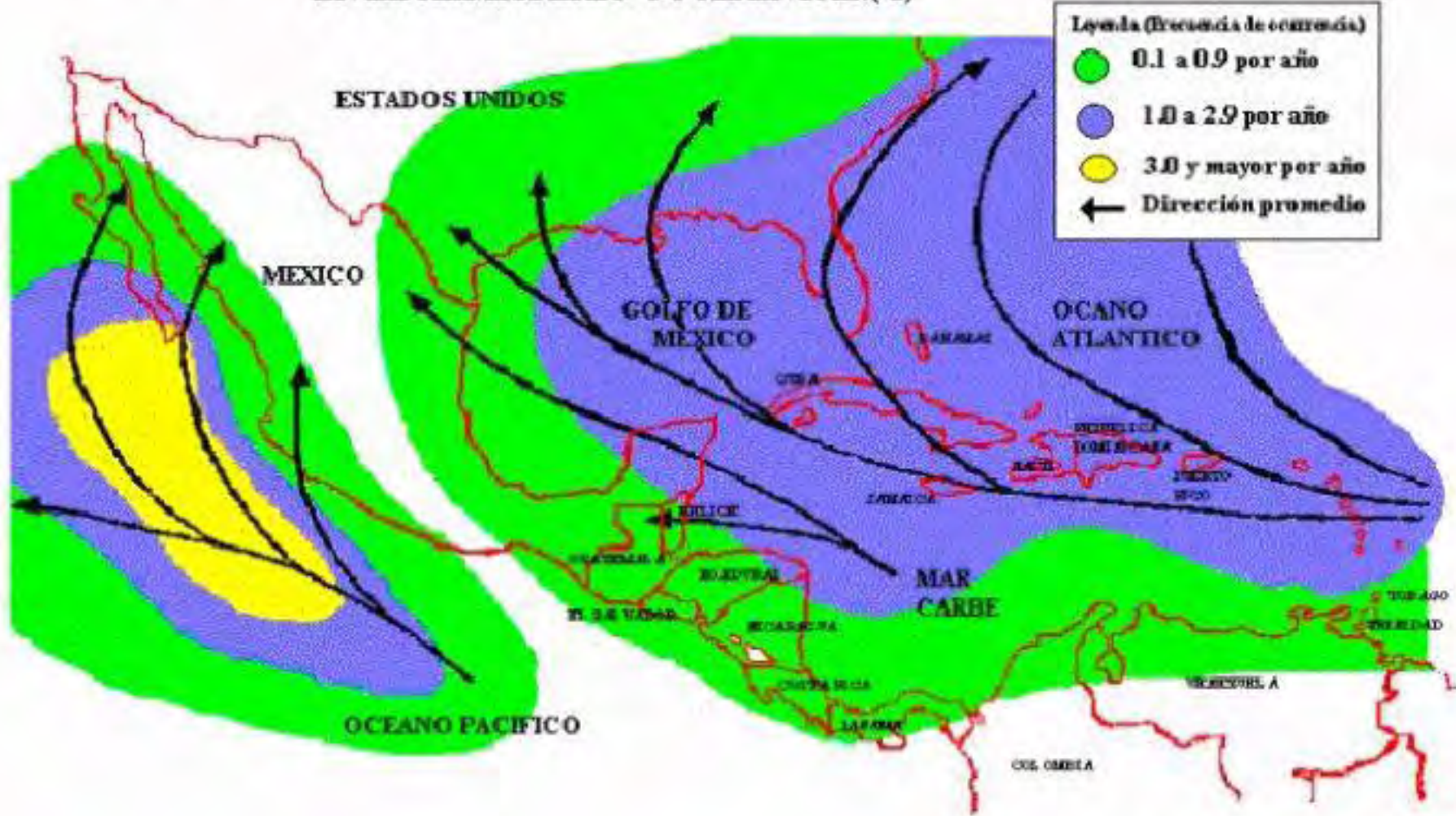
#3, en 01-08 sep/1928



5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Global



OCURRENCIA PROMEDIO DE TORMENTAS TROPICALES Y CICLONES EN EL HEMISFERIO OCCIDENTAL.(1)



<http://atlas.snet.gob.sv/atlas/files/ciclones/HuracanesCentroAmerica.html>

Tareas sobre Circulación Global (huracanes y monzones)

1. Describa los monzones?
2. Diferencie los monzones de invierno y de verano?
3. Que regiones del mundo ocurre los monzones? Ensene en utilizando un mapa
4. Como se forma un huracán?
5. Porque los huracanes si forman sobre las aguas y pierden fuerza al acercarse de los continente?
6. Cual son las regiones del planeta mas atingido por huracanes? Utiliza un mapa para ilustrar
7. Diferencie las partes de un huracán?
8. Cuales son los factores necesarios para que se forme un huracán? En que cada uno de estos influencia?
9. En que época del año México es mas atingido por las tormentas tropicales? Cual áreas son mas atingidas?

Referencias

www.dkimages.com y [commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds CL4.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg)

Wilhelm KOEPPEN. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.

T. Ayllon, Elementos de Climatología

Ciclones Tropicales



Un tornado es una violenta, peligrosa y destructiva columna rotativa de aire en movimiento la cual se encuentra en contacto tanto con la superficie de la tierra como con una nube de cumulonimbo o, raramente, la base de una nube grande.



Un tornado no es necesariamente visible;
La intensidad de la zona de BP crea vientos de muy grand velocidad (por el principio de Bernoulli) de movimientos circulares, que llavan a la formacion condensation de vapores de agua en el aire se tornando visible como un funil (funil de condensacion).
Cuanod el funil se extiende de la nube al sol, es considerado un tornado.

La rotacion sigue la accion de la fuerza de Coriolis es decir normalmente ciclonico (en la direcion de los puntero del reloj) en el henmisferio norte y anticiclonico en el hemisferio Sur (direcion opuestas de los agujas del reloj)



Los torandos que se forman en una supercelda de tempestad son las mas comunes, y tambien las mas peligrosas.

Una **SUPERCELDA** posee un tiempo de vida de cerca de 1 hora, es altamente organizada ,que se alimenta de una corriente de aire ascendente y de moviemtno circular.

El vortice posee de hasta 10 kilómetros de diámetro y hasta 50.000 pies de altura; se formando hasta unos 20 a 60 minutos antes de que se forma un tornado. Este es o que los cientistas llamam de **MESOCICLONE**, cuando es detectado por el radar doppler. El tornado es solo una pequena extension de este ciclon

Cuando los tornados son mas intensos y violentos ellos se forman en SUPERCELDAS



F5 tornado Elie Manitoba 2007.jpg



La mayor parte de los tornados tienen velocidades de viento entre 64 kilómetros/h y 177 kilómetros/h, miden aproximadamente 75 m y se desplazan durante varios kilómetros antes de disiparse. Algunos logran velocidades de viento de más de 480 kilómetros/h, se extienden a través de más de 1.6 kilómetros, y permanecen en tierra durante más de 100 kilómetros



El Reno, Oklahoma tornado of 30 April 1978.
<http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/torscans.htm>

Los tornados arrastran todo lo que encuentran a su paso, desde polvo hasta desperdicios como árboles, chapas de metal, cristales, vigas e incluso vagones

El efecto de destrucción de un tornado es mayor en el área afectada que el de un huracán, debido a que la energía por liberar se concentra en un área más pequeña; así, el efecto de la velocidad del viento y la baja presión.



This is a photograph of the Roanoke, Illinois Tornado of 13 July 2004 by Scott Smith who released it the NOAA/NWS. This tornado is an F2-F3.
<http://www.crh.noaa.gov/ilx/events/jul132004/tornado34.jpg>

Se crea en zonas, donde se juntan corrientes de aire

A estos torbellinos les suelen acompañar precipitaciones violentas de lluvia o granizo, relámpagos, rayos y la oscuridad propia de las nubes que lo sustentan.

La aparición de tornados está casi exclusivamente sujeta a las latitudes intermedias entre las masas de aire polar y tropical; es decir, entre los 20º y los 50º de latitud, en las franjas situadas tanto al norte como al sur del Ecuador. En latitudes superiores e inferiores, como el aire no alcanza a calentarse tanto o se calienta demasiado sin enfriarse, no se llega a lograr un contraste térmico que favorezca su aparición.

La rápida ascensión del aire caliente a través del embudo del tornado crea repentina diferencia de presión que se produce entre su interior y exterior al pasar el ojo o centro del tornado por encima de éstos.



Image of a 2004 Illinois tornado courtesy of tilndenbaum via Flickr



<http://www.nssl.noaa.gov/headlines/dszpics.html>

El tornado Dszpics1.jpg uno de los muchos tornados observados por el grupo de investigadores de VORTEX-99, en 3 de maio de 1999, en Oklahoma. Observe el cono de condensacion , en su base vientos de polvo rotando

5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Global

70% se producen en los Estados Unidos.

Asimismo, se producen comúnmente en el sur de Canadá; en Sudamérica en el centro, norte y este de Argentina, Uruguay y el sur de Brasil; centro, sur y este de Asia; el sur de África; en el oeste y el sureste de Australia, en Nueva Zelanda y el noroeste y el centro de Europa, especialmente en Italia.



From the website of the National Climatic Data Center, Asheville, North Carolina, <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/severeweather/tornadoes.html>

Génesis de una supercelda de

Una corriente de aire ascendente en rotación es la clave para el desarrollo de una supercelda, y eventualmente de un tornado.

Una columna de aire puede empezar a girar (creando una **cizalladora de viento**), cuando se forman vientos (sobre un mismo punto) de velocidades o direcciones diferentes.

P.ej., a nivel del suelo, los vientos son frenado por la fricción → **sudoeste** a 5 m/h. un poco mas arriba (5000m), donde la ficción disminuye → soplan desde **el sureste, a 25 km/h!**

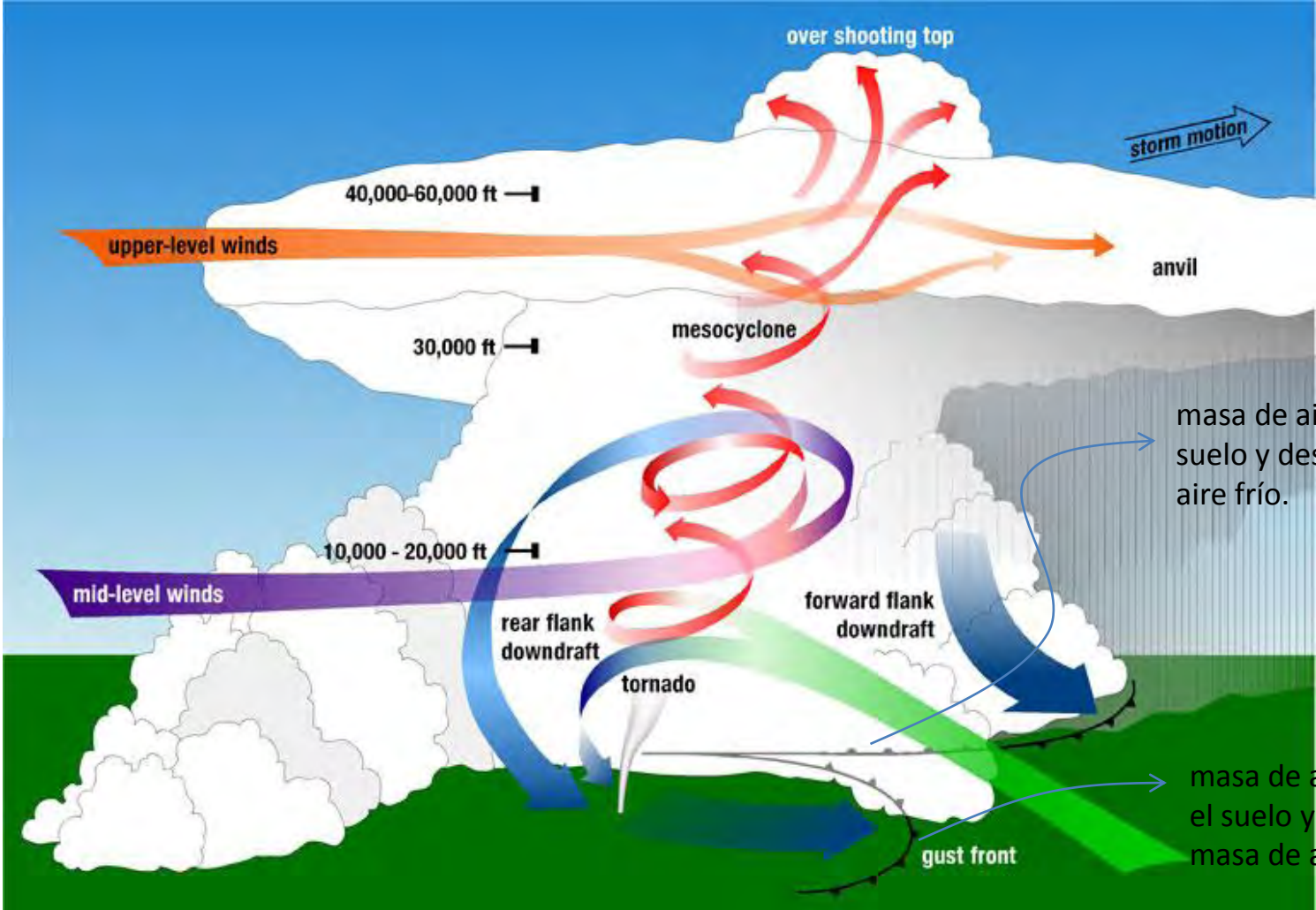
Se puede se formar un **"tubo" invisible** de aire, que comienza a girar horizontalmente.

Esta dirección puede cambiar **de una rotación de horizontal a vertical**

Una vez que la corriente ascendente está girando y siendo alimentados por aire caliente y húmedo que entra a nivel del suelo, un tornado se puede formar.

5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Global

www.nssl.noaa.gov/.../tor_formation_lg.jpg



masa de aire cálido que toca el suelo y desplaza una masa de aire frío.

masa de aire frío que toca el suelo y desplaza una masa de aire caliente.

VORTEX SOUND GENERATION

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/programs/infrasound/isnet/>
NOAA Earth System Research Laboratory



Escala Fujita

<i>Clasificación</i>	Velocidade dos ventos (km/h)	Longitud da trilha (metros)	Comprimento da trilha (km)	Danos provocados
F0	65-115	3-20	0-2	Leves
F1	115-180	10-100	1-5	Moderados
F2	180-250	50-500	2-20	Fortes
F3	250-330	500-1000	5-60	Severos
F4	330-420	1000-2000	10-150	Devastadores
F5	420-530	2000-5000	10-500	Increíble

Para la determinación de la intensidad de los tornados, la escala Fujita es una de las más afectadas, siendo utilizada desde 1971.

Os tornados e suas classes

Tornado de múltiplos vórtices

Es cuando dos ou mas columnas de aire giram ao redor de un centro comum. Estruturas de múltiplos vórtices podem ocorrer em quase qualquer circulação, mas é mais freqüentemente observada em tornados intensos.



Normalmente crean
areas de intenso
desastre

Tornado satélite

Es un tornado más fraco que se forma muy cerca de un tornado más fuerte (en el centro del mesociclone).

El tornado satélite puede presentar como orbitando el tornado mayor (e daí el nombre), dando origen al sugiermento de un tornado grande de múltiples vortices

No entanto, el tornado satélite posee un funil distinto, mucho más chico que el principal.



Tromba de água

Es un tornado sobre el agua. Si embargo, se diferencian dos tipos:

Trombas de água de tempo razoáve

Son menos severos, y mas comunes
Son similares cuanto a la dinámica a los landsprouts (redemoilinos de polvo).
Se forman en la base de *nubens cumulus congestus* en las aguas tropicales o subtropicales.
Sus viendo son relativamente débiles, sus paredes de flujo laminar son estables y lisos, con poca variación.

Waterspouts on the beach of Kijkduin near The Hague , the Netherlands on 2006 August 27



Trombas de água tornádicas literalmente se forman sobre el agua

Estos poden se formar sobre el agua como en un sistema mesociclonico o se formar cuando el tornado empieza a se mover sobre la tierra .

Debido a su origen (de una severa tempestad) y por ser mas intensos, rápidos e de mas longa duración do que as trombas de água de "tempo razonable son considerados **mas peligrosos** .

Waterspout o tromba de agua



Picture of waterspout off the Florida Keys photographed from an aircraft coming from NOAA. **Image ID:** wea00308, Historic NWS Collection.
Location: Florida Keys, Florida



Four of five waterspouts seen South of Summerland Key at 6:37PM on June 5, 2009.

Landspout

Um **landspout** es un termo no-oficial utilizado para designar tornados **que no se originaram de mesociclones.**

Os landspouts presentan las mismas características de las trombas de agua de tempo razonable, es decir:

son de corta duración

**con vientos mas débiles
do que en el sistema
de tornado.**



Landsprout

Con nubes de polvo cruzando un campo,
la base el cono tiene 45 metros, y
muestra la violencia del vortex



i.telegraph.co.uk/.../01518/tornado_1518021i.jpg
www.telegraph.co.uk/science/picture-galleries

i.telegraph.co.uk/.../01518/tornado_118021i.jpg

Hay tornados que no se forman en las superceldas, por ejemplo el GUSTNADO y el LANDSPOUT

GUSTINADO → Un torbillon de polvo o de escombros en/o cerca del suelo, sin condensación o formación de embudo. Se forma a lo largo del frente de ráfagas de una tormenta.



LANDSPOUT → es un tornado como una seta, forma embudo de condensación. Se forma cuando la nube de tormenta sigue creciendo y no hay ninguna corriente de aire ascendente de rotación; el movimiento de rotación se origina cerca del suelo.



Un Landpout formad cerca de Watkins, Colorado .

Estos pequenos tornados muy comunes en el colorado poseen un grande poder destructivo. En el landpout la rotacion del viento es impectuoso desde el suelo

Copyright for this gallery photo belongs solely to Brooks Martner.
Photography Websites by BetterPhoto.com

© **Brooks Martner**

Dust devil

Es una fuerte y bien formado **redemolino de polvo**, puede tener una vida relativamente larga .

Hay redemolinos que van desde pequeños (la mitad de un metro de ancho y unos cuantos metros de altura) a las grandes (más de 10 metros de ancho y más de 1000 metros de altura).

El movimiento vertical principal es hacia arriba.

El Dust Evil son generalmente inofensivos, pero los raros puede crecer lo suficiente como para amenazar a personas y bienes



JEFF T. ALU

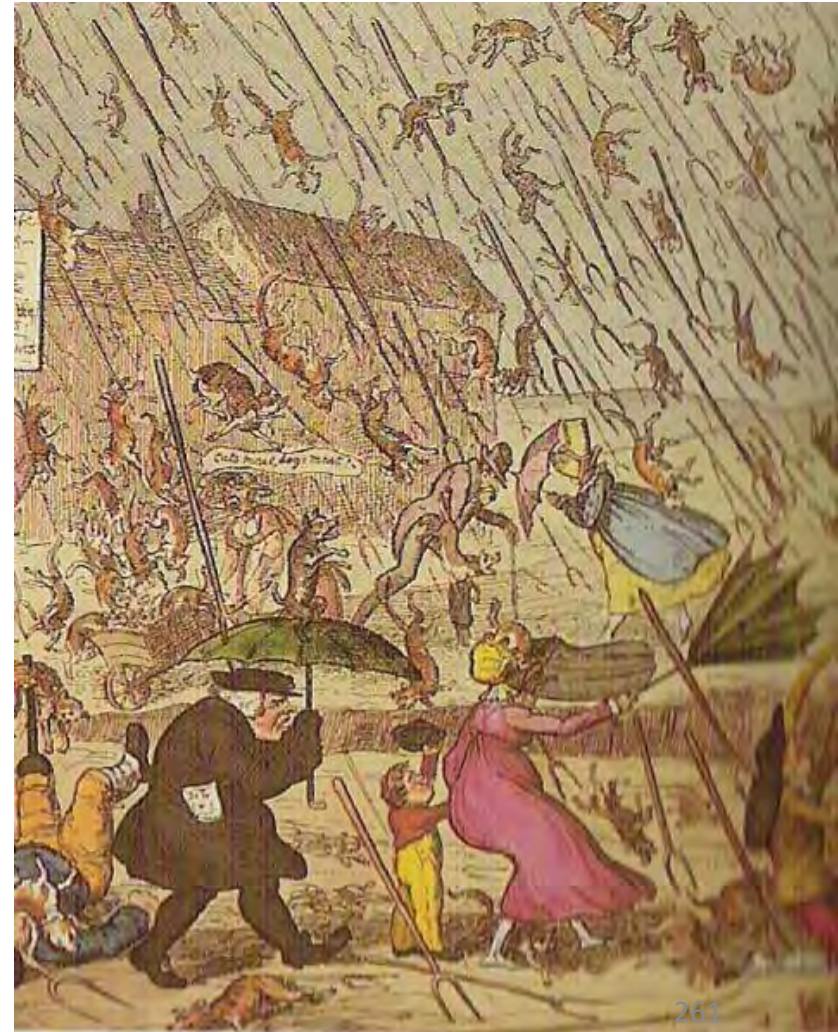
(Dust Devil, El Mirage Dry Lake, Mojave Desert This Image was taken by [http://www.animalu.com/pics/photos.htm Jeff T. Alu] at El Mirage Dry Lake. AnimAlu 00:55, 21 Mar 2005 (UTC) {{GFDL}})

lluvia de animales

Es un fenómeno natural asociado a la formación de tornados .

En las lluvias de animales es común encontrar pequeños peses , ranas e pájaros, que caen con la lluvia .

Este fenómeno se puede explicar por los tornados al pasaren jalen este pequeños animales para el interior de la tempestad, y posteriormente en regiones cercanas cuando precipitar , estos caen con las lluvias.



5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Global

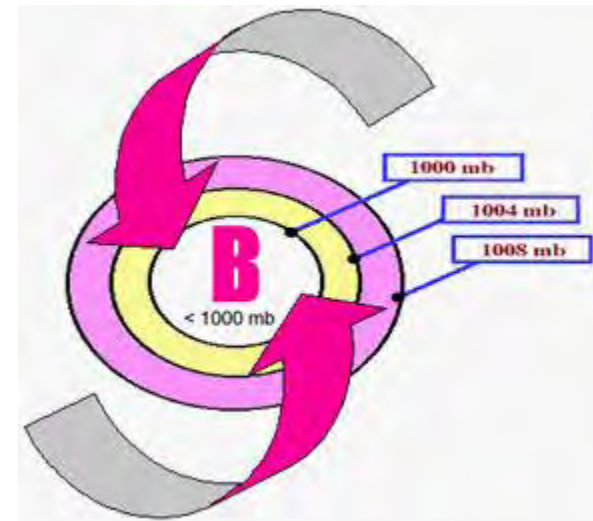


June 9 in the town of Nakanoto located about 15 kilometers from Nanao , Japon

¿QUÉ ES UN CICLÓN?

Un ciclón o depresión atmosférica se refiere a un área de baja presión (B) o mínimo de presión, constituida por isobaras cerradas (líneas de igual presión atmosférica) en la que la presión aumenta desde el centro hacia la periferia; es decir, lo contrario de un anticiclón o área de alta presión. Los ciclones o depresiones son centros de convergencia de los vientos, siendo éstos más fuertes cuanto mayor es el gradiente o pendiente barométrica, lo que se manifiesta visualmente en un mapa meteorológico porque las isolíneas que delimitan el ciclón están más próximas unas de otras.

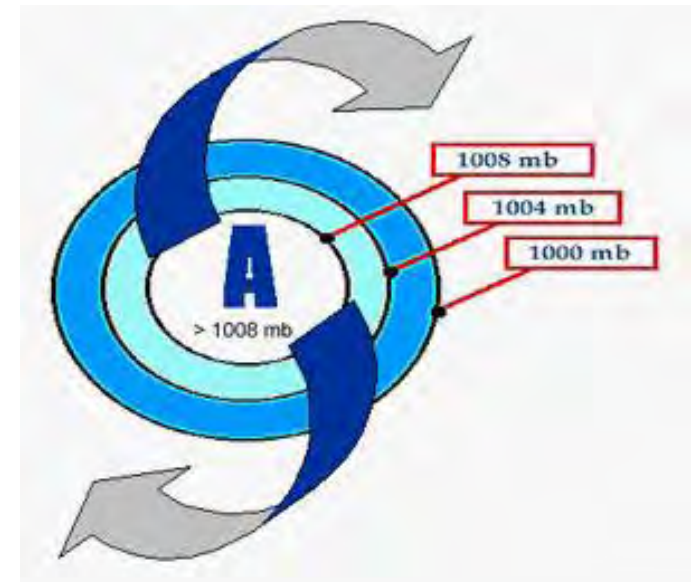
Debido a la rotación de la tierra, el viento que entra en un ciclón se mueve en la dirección contraria a las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido opuesto en el hemisferio sur.



¿QUÉ ES UN ANTICICLÓN?

Por oposición a los ciclones, un anticiclón es una región de la atmósfera en donde la presión es más elevada que la de sus alrededores. Las isobaras que lo forman por lo general presentan un espacio amplio, mostrando la presencia de vientos suaves que llegan a desaparecer en las proximidades del centro. El aire se mueve en la dirección a las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido opuesto en el hemisferio sur.

En un anticiclón, la subsidencia de más de 10.000 m, es condición significativa para que el aire que desciende se seque y se caliente adiabáticamente; es decir, sin intercambio de calor con los alrededores, por lo que trae consigo estabilidad y buen tiempo con escasa o nula probabilidad de lluvia. En invierno, por otro lado, el aire que desciende puede generar nieblas y atrapar elementos contaminantes con o sin inversión térmica.

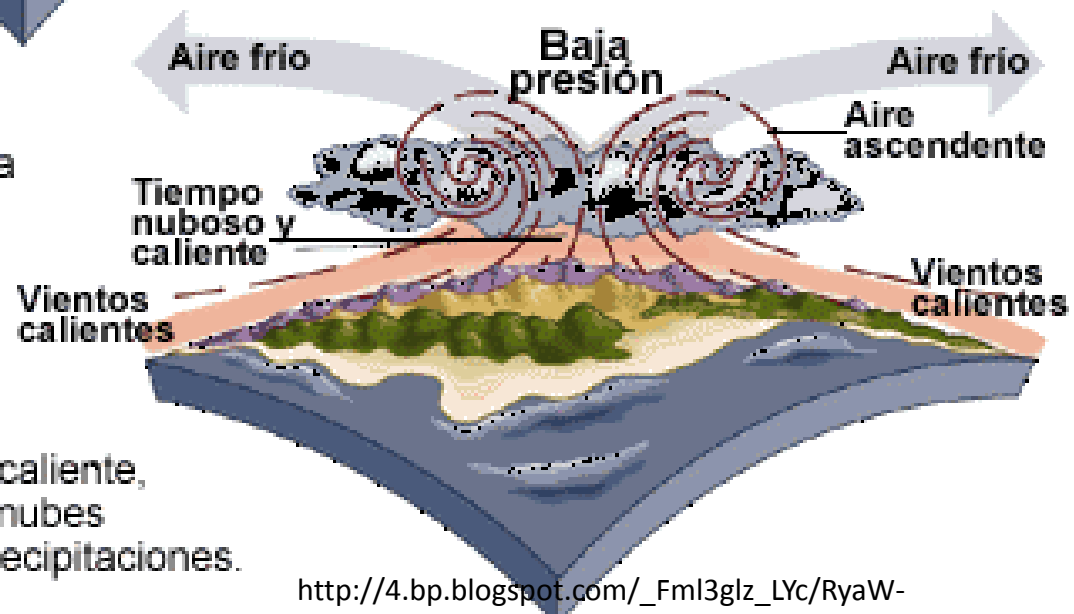


Ciclones y anticiclones



En un anticiclón, que es el área de alta presión, las corrientes de aire descienden en el centro y normalmente produce un tiempo fresco y claro.

Este esquema muestra un ciclón, donde hay un área central de baja presión hacia la cual soplan los vientos. En el centro se eleva el aire más húmedo y caliente, el que al subir origina nubes con probabilidad de precipitaciones.



¿QUÉ ES UN HURACÁN?

En términos simples, un huracán es un sistema de baja presión que se caracteriza por un remolino de vientos fuertes originado en el mar, el cual se desplaza sobre la superficie marítima con una fuerte componente de este a oeste, proceso durante el cual, normalmente gana energía al incorporar vapor de agua hacia su interior. El sentido de rotación de la espiral del viento es en contra de las manecillas del reloj (en el hemisferio norte), concentrando grandes cantidades de humedad. Este fenómeno meteorológico es conocido de muy diferentes maneras en todo el mundo: “Ciclón” en la India, “Baguio” en las Filipinas, “Tifón” en el Pacífico Occidental y “Willy-willy” en Australia, por mencionar algunos.

<http://www.sma.df.gob.mx/meteorologia/index.php?op=faq#07>



Tareas sobre Circulación Global (tornados, ciclones y anticiclones)

1. Que es un tornado?
2. Defina supercelda?
3. Que es un mesociclón?
4. O que influencia la formación de los mesociclones?
5. Compare la formación de una tormenta tropical con un tornado.
6. Cual son las regiones del planeta son mas atingidos por los tornados? Utilie un mapa para ilustrar.
7. Haga una tabla con las características de los tornados según sus clases?
8. Diferencie: landsprout, watersprout y dust evil?
9. Explique en que situaciones se puede llover animales?
10. Diferencie el ciclón del anticiclón.

Referencias

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

Wilhelm KOEPPEN. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.

T. Ayllon, Elementos de Climatología

El fenómeno del Niño y de la Niña

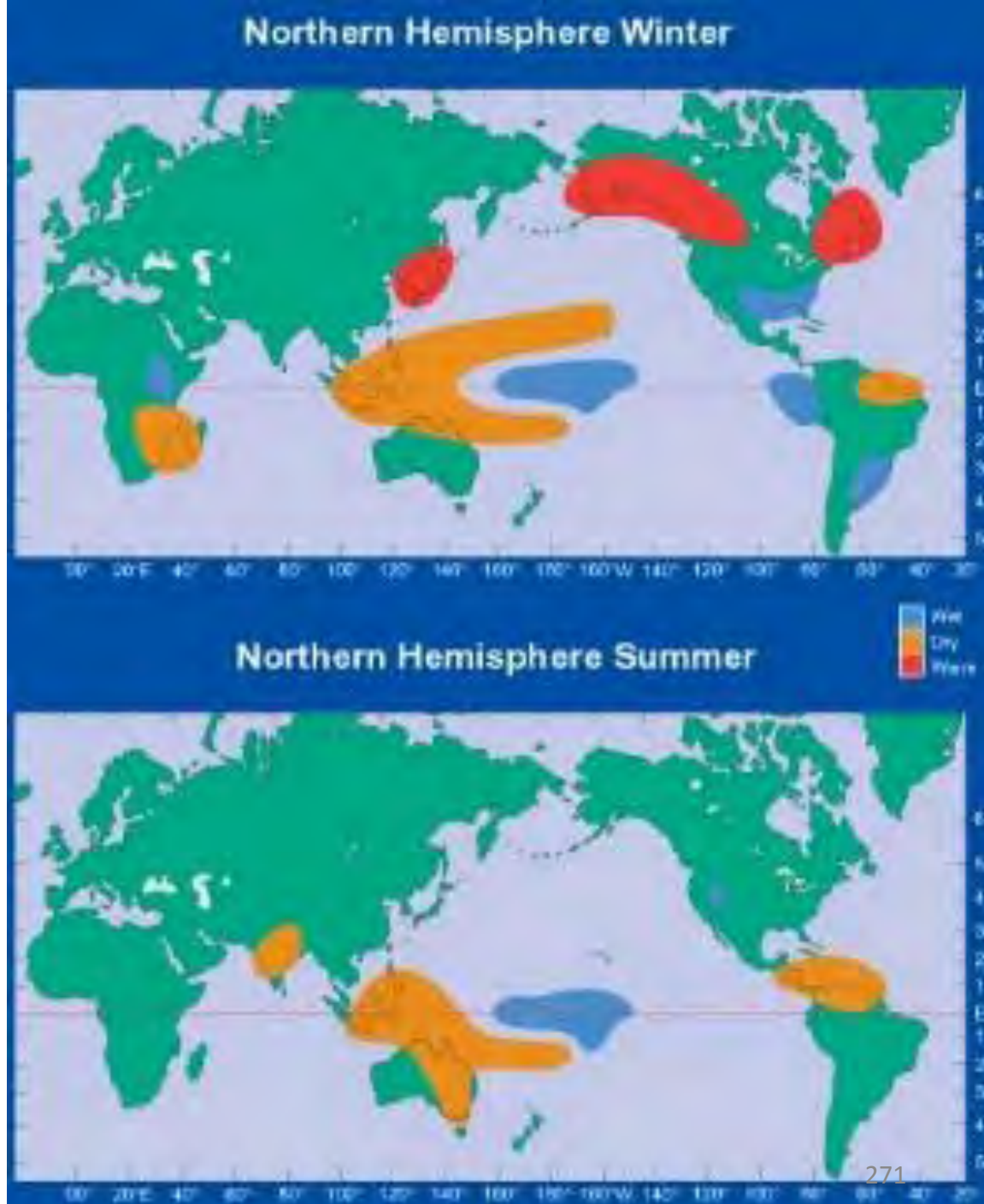


<http://www.csa.com/discoveryguides/prednino/images/path.gif>

El Niño es el resultado de una gran anomalía en la temperatura del agua en el Océano Pacífico cerca del ecuador, al oeste de Sudamérica. El fenómeno se observó por primera vez por los pescadores peruanos ya que afecta a gran cantidad y variedad de peces. Los científicos han demostrado que El Niño afecta a la meteorología en numerosos continentes. El Niño causa lluvias torrenciales en el suroeste de Sudamérica y lluvias menos fuertes en el Norte de Brasil. Es también responsable de la sequía en Australia e Indonesia y de los inviernos suaves en Norteamérica.

Cambios debidos a El Niño:
Regiones coloreadas de naranja son las que sufren la sequía y, aquellas en azul, en las que se dan más lluvias. Las coloreadas en rojo son en las que se dan mayores temperaturas.

Fuente: NOAA.



Históricamente las actividades relacionadas con la pesca en las costas del Perú y Ecuador resultan afectadas con el aumento de la temperatura de la superficie del mar, lo que implica el alejamiento de los peces hacia aguas mas frías, esto sucede alrededor de las fiestas navideñas por lo que se le dio este singular nombre de EL NIÑO, relacionando con el nacimiento de Jesús.



El origen del nombre “El Niño”, hace referencia a la llegada del niño Dios, ya que los pescadores peruanos descubrieron en la época de Navidad, a finales de 1800, una corriente anormalmente cálida, que se desplazaba de norte a sur, paralela a la costa de Sudamérica, provocando alteraciones en la fauna marina tan importantes, como para afectar a la producción pesquera.

Al patrón de calentamiento anormal de las aguas superficiales del océano Pacífico en su región ecuatorial y costas del Ecuador, Perú y Chile se llama El Niño.

Cada episodio tiene características típicas, pero cada uno es único en lo que respecta al inicio, ritmo de evolución, intensidad y fin.

El **calentamiento local** es una manifestación de los cambios que ocurre en **las capas superiores del océano** y está vinculado a procesos que se producen en el **Océano Pacífico ecuatorial**.

El Niño afecta a otros lugares además del litoral Pacífico de Sudamérica.

“El Niño” produce el **aumento de la temperatura de la superficie oceánica del Pacífico Tropical**. → ES LA FASE CÁLIDA.

Consiste, por un lado, en la influencia de la **atmósfera en el océano**, a través de **los vientos alisios** que impulsan las corrientes oceánicas superficiales y, por otro, la influencia del **océano en la atmósfera**, a través del calor de la **superficie del mismo**.

Este fenómeno consta de dos partes, la oceánica (“El Niño”) y la atmosférica (la “Oscilación del Sur”).

Y llega “La Niña”, lo opuesto al anterior, es decir, **produce la disminución de la temperatura de la superficie oceánica del Pacífico Tropical**. → ES LA FASE FRÍA.

5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Global





Efeitos do El Niño no clima

Figura retirada do site do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) no endereço <http://www.cptec.inpe.br/enos/>

LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

Una característica de El Niño es la **instauración** y persistencia de **anomalías positivas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)** durante varios meses en las regiones central y oriental del Océano Pacífico.

La Temperatura Superficial de Mar (TSM), varia dentro de rangos aceptables pero los criterios exigen que la media de **cinco meses** de las anomalías de temperatura **rebasen el valor de 0.4 grados centígrados para declarar un Niño.**

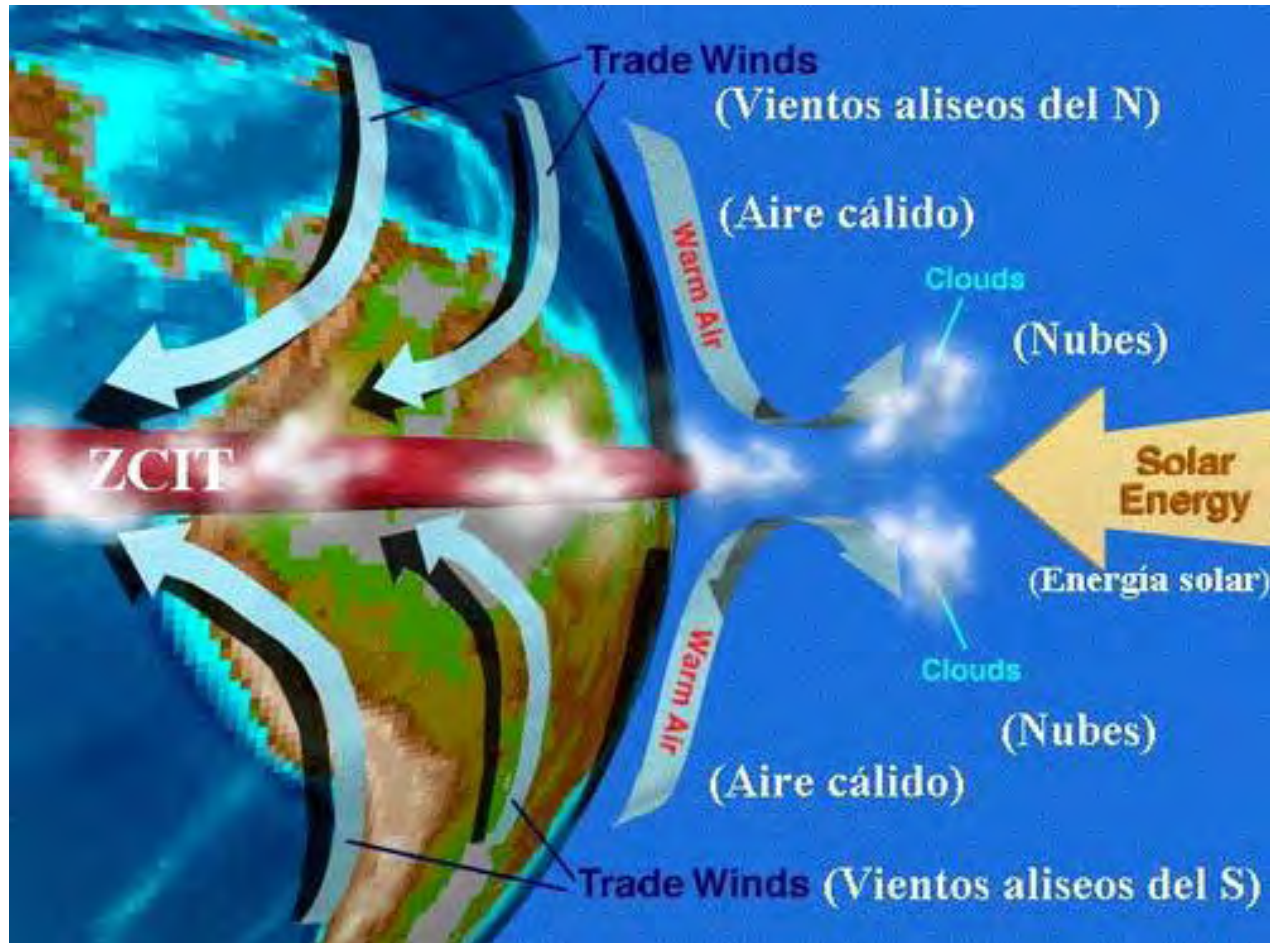
El máximo de la temperatura superficial del mar (TSM) se alcanza normalmente a finales del verano en el hemisferio sur y va seguido de un fuerte enfriamiento durante el otoño y los primeros meses del invierno.

EL ÍNDICE DE OSCILACIÓN DEL SUR (IOS)

El Índice de Oscilación del Sur (IOS), es la diferencia de presión atmosférica superficial entre **Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Australia)**, cuando este valor **es negativo** indica una inversión de los sistemas de presión en el Océano Pacífico, lo que indica la presencia de El Niño.

La **Oscilación del Sur** esta evidenciada en los trabajos de Walker sobre el Monzón Indico en la década del 20, en ellos encuentra Walker que cuando la presión es alta en el océano Pacífico central, la misma tiende a ser baja entre el océano Indico y Australia; estas condiciones están asociadas con lluvias cuya intensidad varia en sentido contrario a la presión . La alternativa entre las anomalías de presión positivas y negativas, entre dichas regiones oceánicas, constituye la esencia de este fenómeno.

Oscilación del Sur: Son las variaciones entre las altas a las bajas presiones atmosféricas del Pacífico tropical suroriental y el Pacífico occidental, esto es, cuando la presión aumenta en el sistema de **altas presiones** de la Isla de Pascua (Chile), desciende en el sistema de **bajas presiones** de Indonesia y del norte de Australia y, viceversa.



En los años 20's el científico inglés Sir Gilbert Walker descubrió una conexión entre lecturas de la presión en estaciones situadas en las porciones este y oeste del Océano Pacífico. Notando que cuando la presión se incrementaba en el este, usualmente disminuía en el oeste, y viceversa. Walker se refirió a este proceso como la "**Oscilación del Sur**"

Cuando el número índice es positivo, significa que se va a producir el fenómeno → “La Niña”,

pero cuando el **número índice es negativo**, indica la llegada de → “El Niño”.



Sir Gilbert Walker

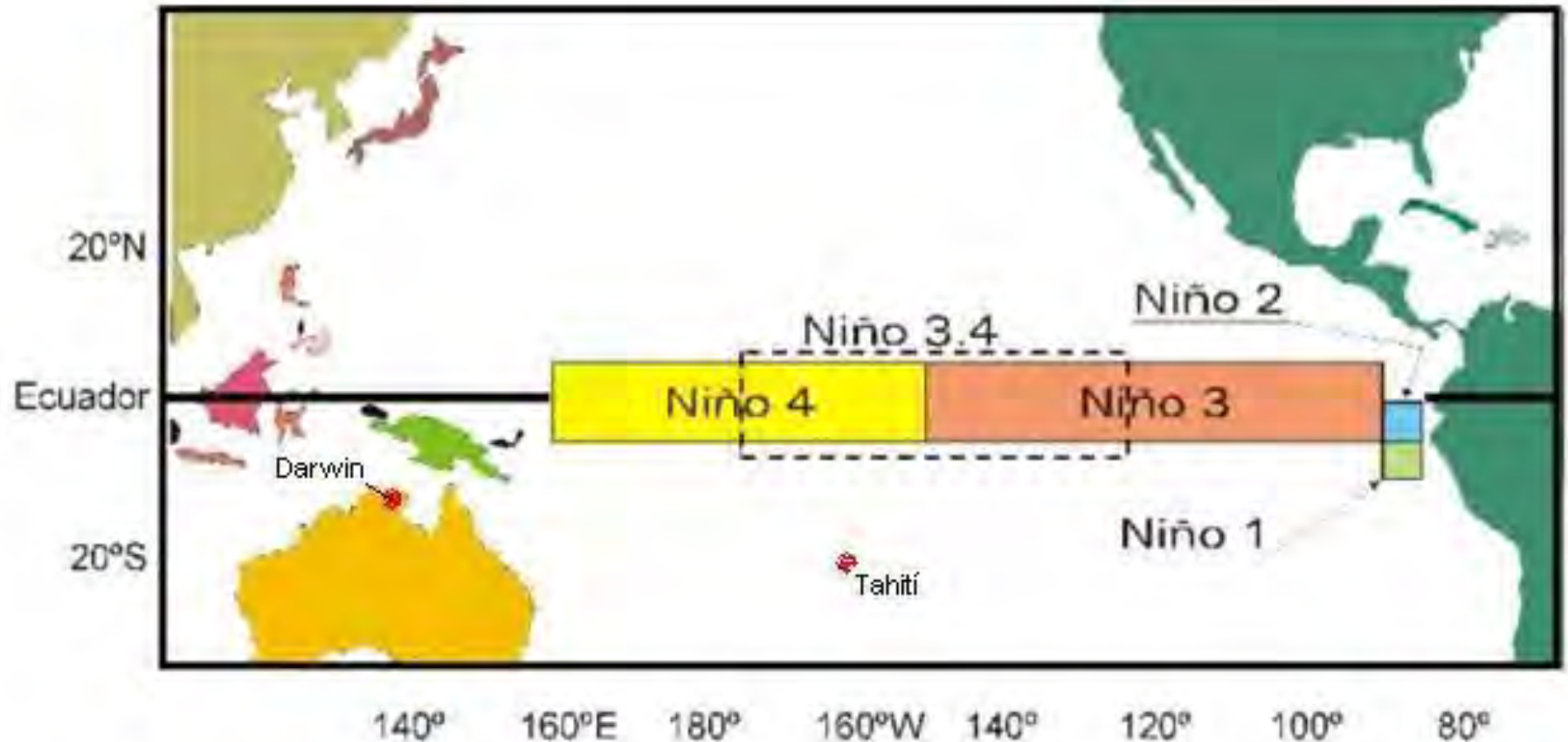
En los años 20's el científico inglés Sir Gilbert Walker descubrió una conexión entre lecturas de la **presión en estaciones situadas en las porciones este y oeste del Océano Pacífico**. Notando que cuando la presión se incrementaba en el este, usualmente disminuía en el oeste, y viceversa. Walker se refirió a este proceso como la "**Oscilación del Sur**".

No fue sino hasta la década de los 60's cuando se estableció la relación entre "El Niño" y la "Oscilación del Sur".

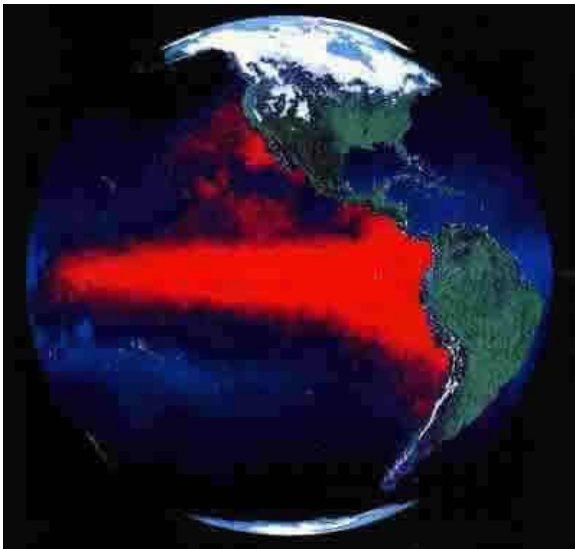
Así, el profesor *Jacob Bjerknes* de la Universidad de California fue el primero en percatarse de la **conexión entre el inusual calentamiento de la superficie del mar, el debilitamiento de los vientos alisios, y lluvias torrenciales que acompañan condiciones de bajo índice en el Pacífico ecuatorial**.

Actualmente, la relación entre la Oscilación de Sur y El Niño a menudo es referida como el **ENSO** (El Niño Southern Oscillation) o **FENOS** (Fenómeno El Niño Oscilación del Sur).

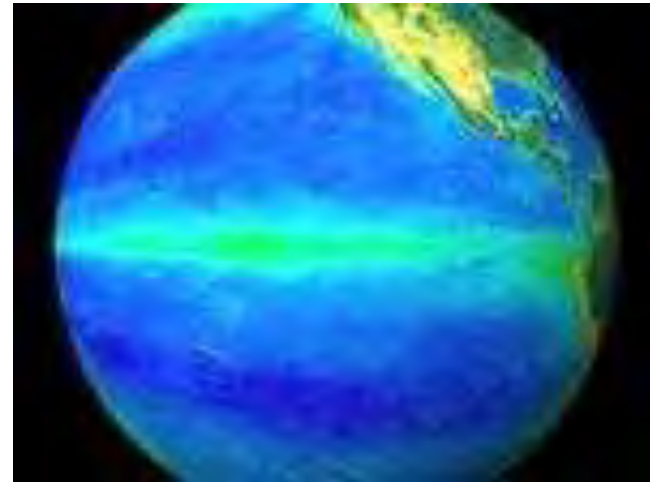
REGIONES EL NIÑO UTILIZADAS PARA VIGILAR LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA DEL MAR Y VIENTOS



El Niño que es el **conjunto de procesos** que se dan en el océano en una de las fases de ENSO, (la fase cálida), tiene su fase opuesta, (la fase fría) conocida como La Niña, en donde la temperatura de la superficie del Pacífico tropical central y oriental es más baja que la media climatológica.



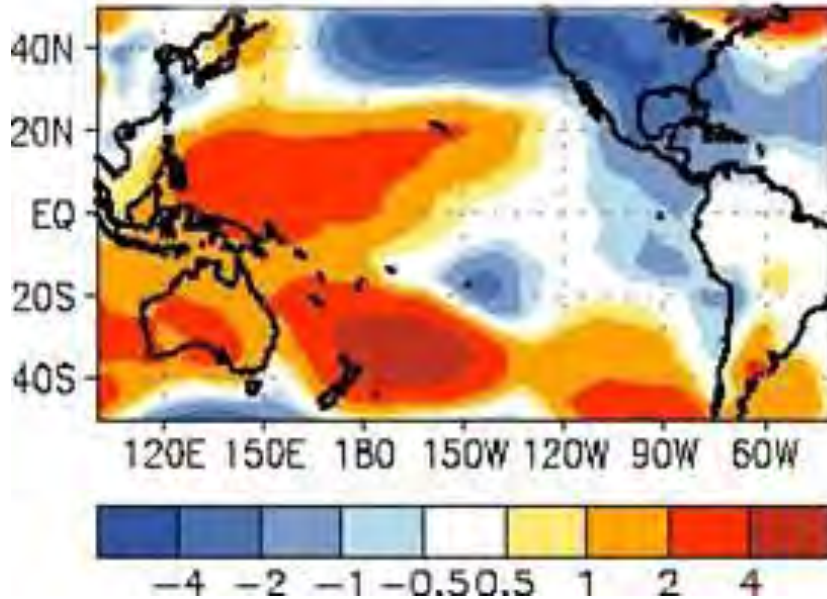
Temperatura de la superficie del mar "El Niño"



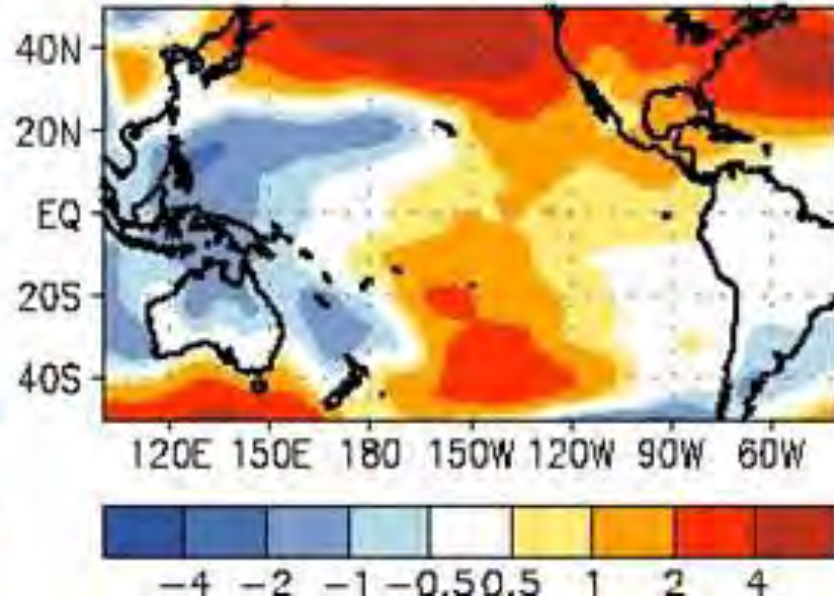
Temperatura de la superficie del mar "La Niña"

ANOMALÍAS DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA A NIVEL DEL MAR (hPA)

EL NIÑO ENERO-MARZO 1998



LA NIÑA ENERO-MARZO 1989



El fenómeno de El Niño coincide generalmente con valores de presión mayores que lo normal -colores rojos- en el sector occidental del Océano Pacífico combinado con valores menores que lo normal -color azul- en el sector oriental. Por el contrario, los valores de presión son mayores que lo normal en el sector central-oriental del Pacífico y más bajos que lo normal en el sector occidental, coincidiendo con La Niña. Las imágenes corresponden a años específicos que, a su vez, son representativos del acople entre el ENOS y los valores de la presión atmosférica. (E: este, W: oeste)

EL FENÓMENO ENOS EL INDICE DE OSCILACIÓN DEL SUR Y LAS TEMPERATURAS DEL MAR -sus interrelaciones-

Cuando relacionamos las series de tiempo (datos) de las anomalías de las temperaturas ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical con el IOS obtenemos una significativa correlación estadística, la cual puede enunciarse de la siguiente manera:

→ cuando las **barras son azules**, es decir, cuando las presiones son mayores en Tahití que en Darwin, por lo general está activo el fenómeno de **La Niña** (aguas más frías que lo normal)

→ cuando las barras **son rojas**, es decir, cuando las presiones son menores en Tahití que en Darwin, por lo general está activo el fenómeno de **El Niño** (aguas más cálidas que lo normal)

La **figura** resume lo dicho anteriormente, ya que la imagen superior es una muestra de las temperaturas de la región NIÑO 3.4 y la imagen inferior es una gráfica del IOS.

cuando las **barras son azules**, es decir, cuando las presiones son mayores en Tahití que en Darwin, por lo general está activo el fenómeno de La Niña (aguas más frías que lo normal)

cuando las barras **son rojas**, es decir, cuando las presiones son menores en Tahití que en Darwin, por lo general está activo el fenómeno de El Niño (aguas más cálidas que lo normal)

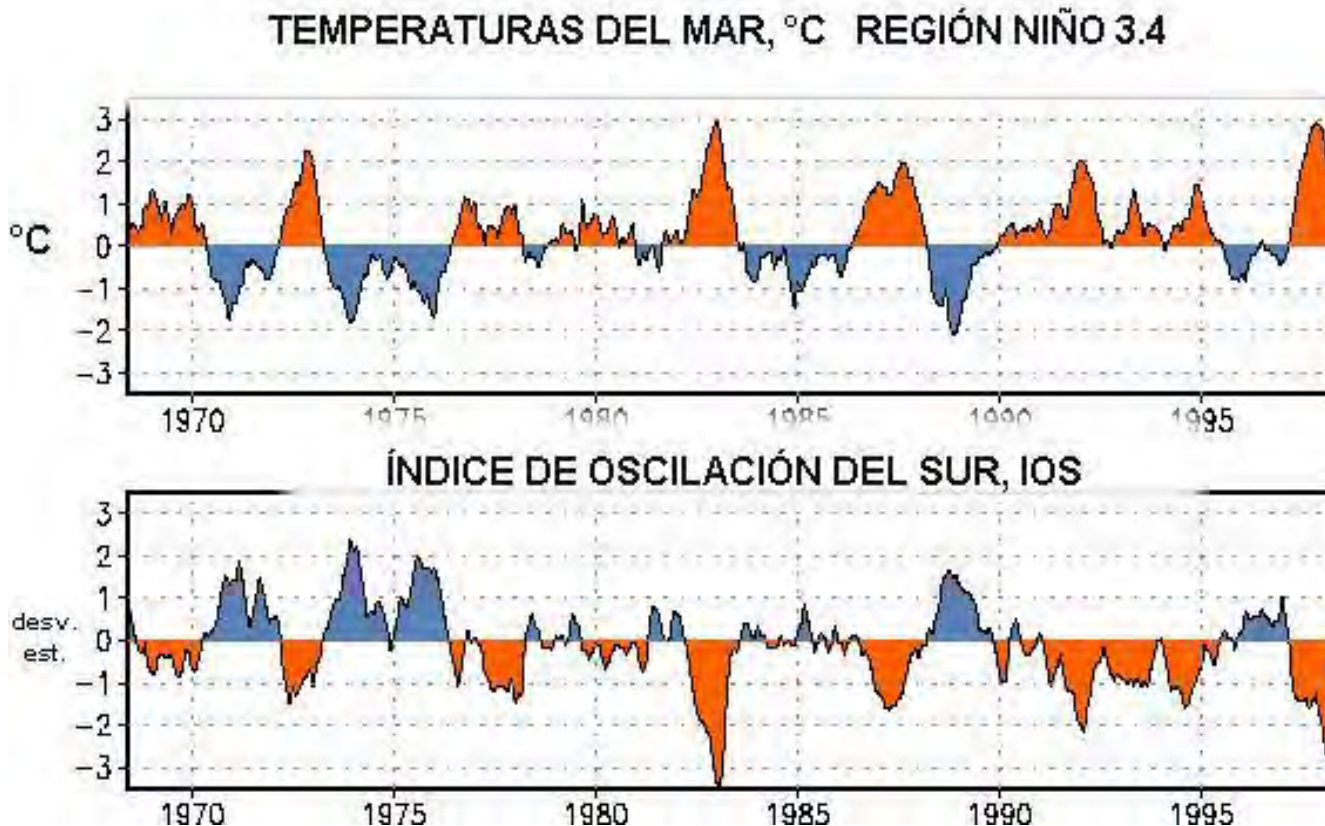
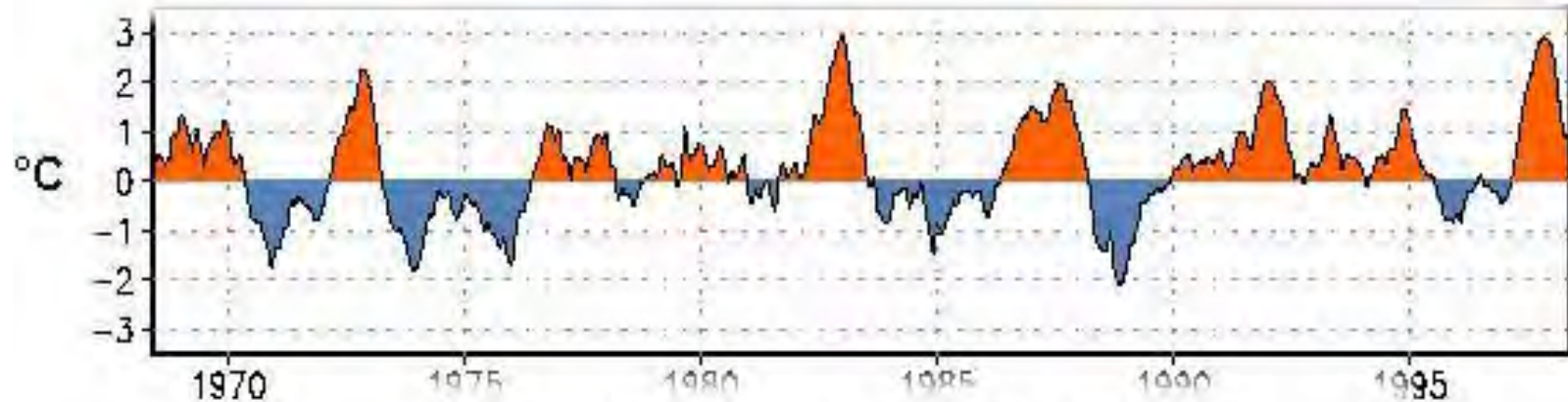


imagen superior es una muestra de las temperaturas de la región NIÑO 3.4 y

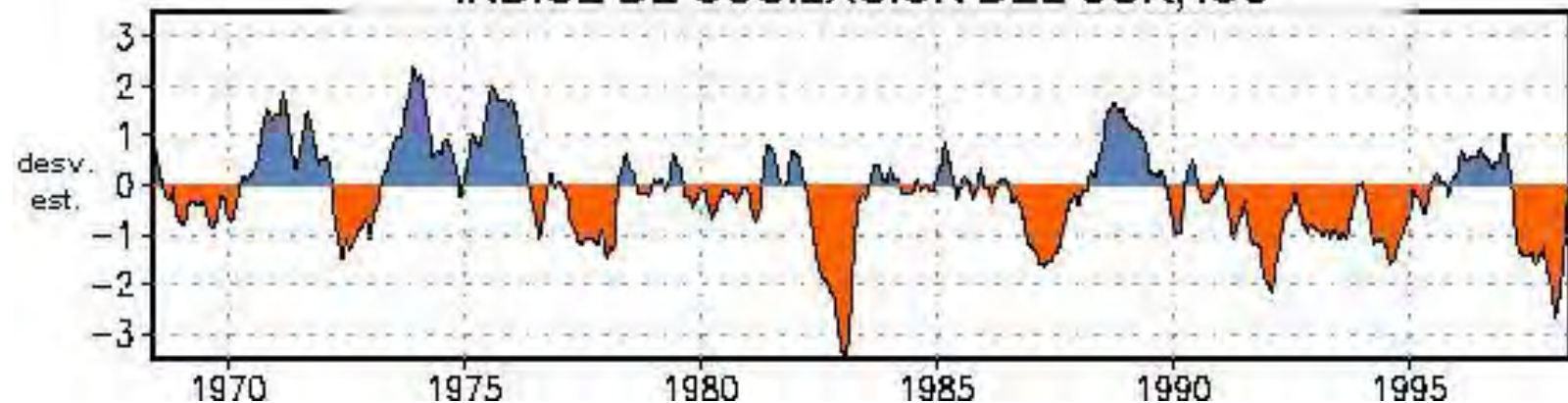
la imagen inferior es una gráfica del IOS.

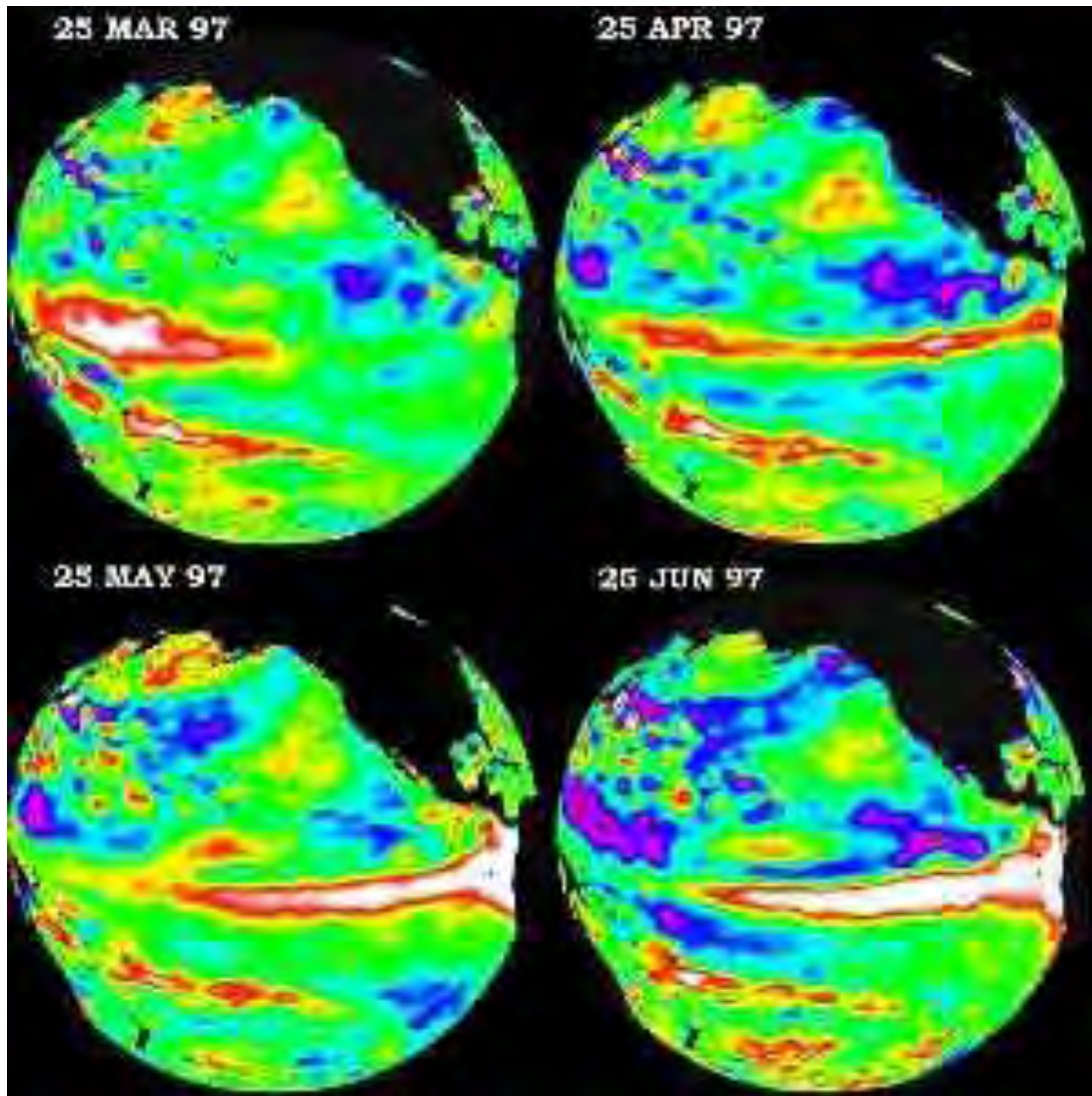
en 1982 -1983, cuando las anomalías de temperatura fueron positivas, el IOS fue negativo. Notar que en la década de los noventa y en años recientes prevalecieron las anomalías cálidas (El Niño). Por otro lado, alrededor de 1975, podemos observar que cuando las anomalías de temperaturas fueron negativas (La Niña), el IOS fue positivo.

TEMPERATURAS DEL MAR, °C REGIÓN NIÑO 3.4



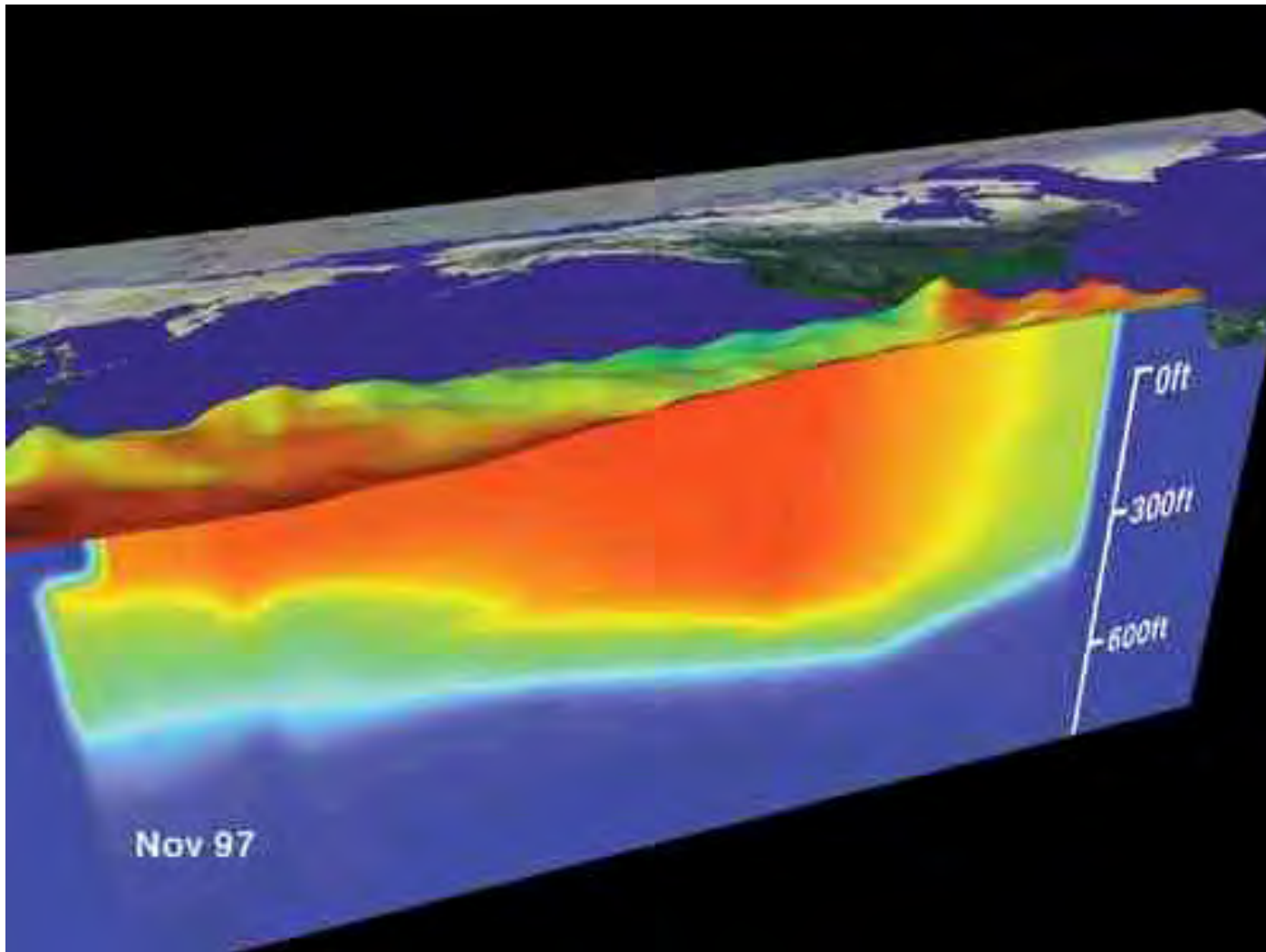
ÍNDICE DE OSCILACIÓN DEL SUR, IOS





Imágenes del satélite UARS de la NASA y el Topex/Poseidón.

Permiten observar como la corriente de agua caliente se desplaza desde costas sudamericanas hacia el centro del Océano Pacífico, al nivel del ecuador, La corriente de agua caliente se ha extendido incluso hasta cubrir las costas del Pacífico Mexicano, pero sin las agravantes que presenta en Perú y otros países de Sudamérica.



Evento "El Niño" durante 1997-98. Se observa la temperatura del agua y topografía del mar y la superficie en el Océano Pacífico ecuatorial - Noviembre de 1997.

Para obtener información sobre el comportamiento de este fenómeno puede visitar la pagina del Servicio Meteorológico Nacional, o el sitio del CPC (*Climate Prediction Center*, Centro de Predicción Climática de la NOAA) que mantiene información sobre El Niño con medidas y predicciones actualizadas constantemente del desarrollo del fenómeno, así como mapas mundiales de las probables influencias en el clima. También el BMRC (Bureau of Meteorology Research Centre, Centro de Investigación del Servicio Meteorológico Australiano) mantiene una página en Internet con medidas y predicciones

Fuentes:

<http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/el-nino-story.html>

<http://smn.cna.gob.mx>

http://www-leland.stanford.edu/~ekassoy/el_nino.html

<http://nic.fb4.noaa.gov>

<http://www.usgcrp.gov/usgcrp/images/ocp2003/ocpfy2003-fig3-1.htm>

Tareas sobre Circulación Global (el fenómeno el Nino y la Nina)

1. Explique el fenómeno del Nino?
2. Explique el fenómeno de la Nina?
3. Donde ocurre el fenómeno del Nino y de la Nina?
4. O que influencia estos fenómenos en el clima mundial?
5. Hay una periodicidad de los fenómenos del Nino y de la Nina? Justifique su respuesta.
6. Compare los mapas de las paginas 271 y 272, comparando o que masa en los meses de dec/ene/ feb y en los meses de jun/jul/ago.
7. Defina y explique o que es IOS?
8. Defina y explique o que es TSM?
9. Explique las anomalías en el TSM durante el niño y la niña?
10. Explique las anomalías en el OS durante el niño y la niña.
11. Defina y explique que es el ENSO (FENSO).
12. Explique las figuras de las paginas 282 y 283, en respecto la relación entre las temperaturas de las aguas y la oscilación sur.

Circulación local

Vientos de Montaña y de Valle

Las irregularidades del terreno, dan lugar a que durante el día las laderas de las montañas sufran un mayor calentamiento que en el valle y como resultado se establece un flujo de aire que va del valle hacia la montaña, conocido como viento ANABATICO

Durante la noche el proceso se invierte, las laderas de las montañas se resfrían más rápidamente que el fondo de l valle, y el aire frío y denso de la montaña fluye hacia al valle producido la brisa de montaña o VIENTO CATABATICO.

El viento conocido como de gravedad (o catabático) se presenta en algunos lugares del mundo y resulta del drenaje del aire frío. Ej., El Mistral

El adriático → Yugoslavia (Bora)

El Siroco → en mediterráneo

El Pampero → noroeste de la Argentina

El Foehn → en los Alpes europeos

El Chinook → en las montañas rocosas del Estados Unidos

Brisas terrestres y marinas

CIRCULACIONES LOCALES

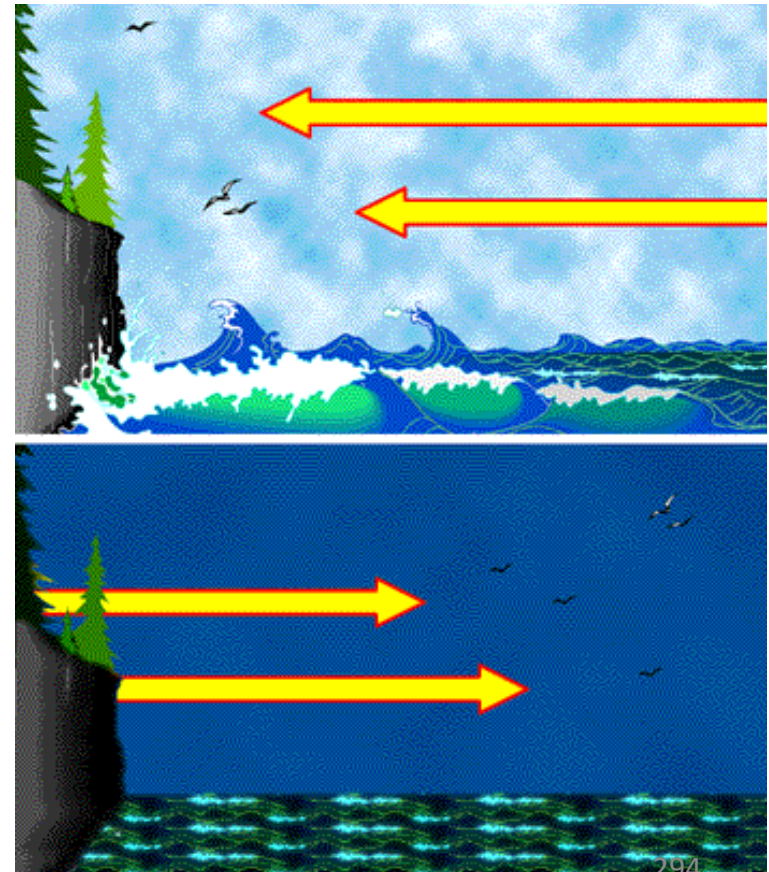
Brisas de mar y Tierra

Semejante a la circulación monzónica (calentamiento diferenciado de las regiones costera con respecto a los océanos)

En al continente americano

Brisas más fuertes → costa leste

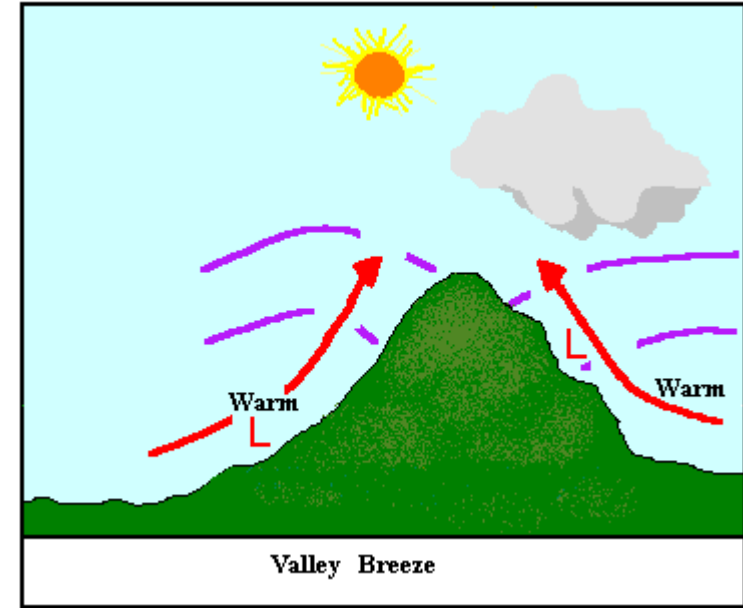
Brisas menos fuerte → costa oeste



Brisas de valle y de montaña

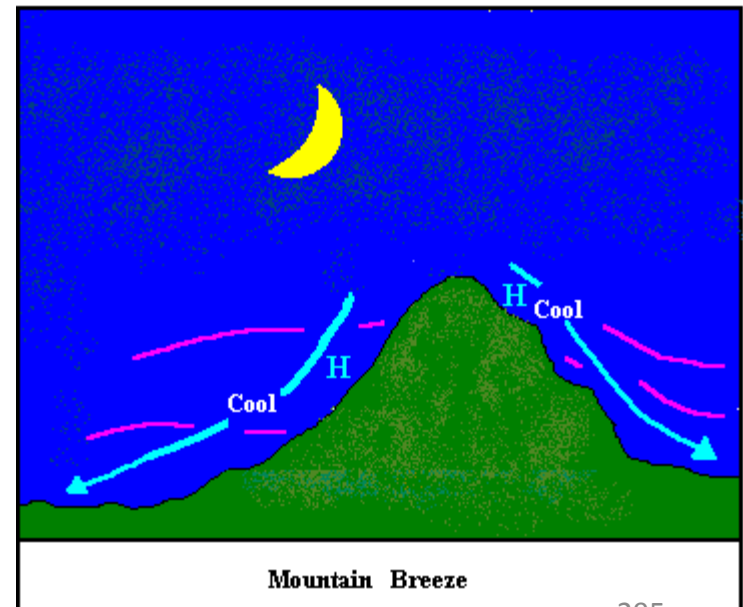
Día

El aire en contacto con las laderas de las montañas se calienta → movimiento ascendente (viento anabático)



Noche

El descenso de la temperatura de las laderas → resfriamiento de las partículas de aire en contacto con ella → aumenta su densidad → vientos Catabáticos



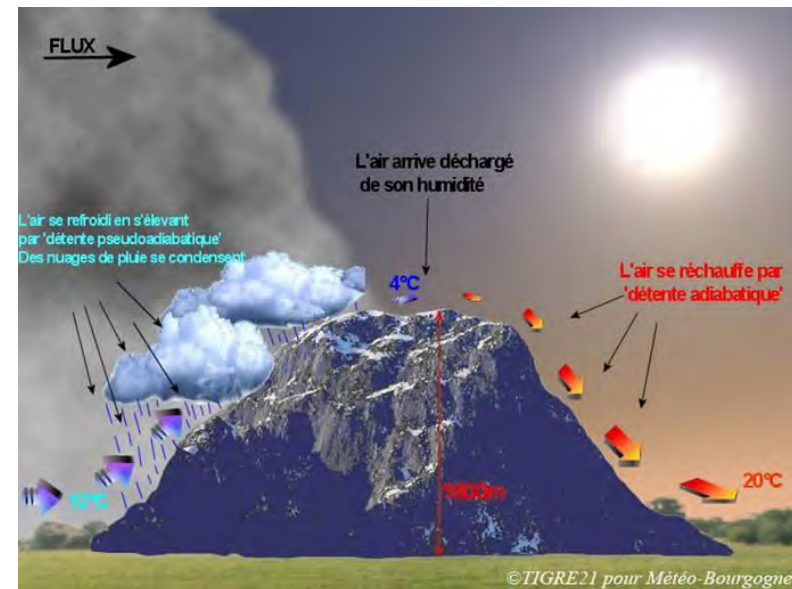
Efecto Foehn

Recibe este nombre al calentamiento que experimenta el aire cuando es obligado a desbordarse cuesta abajo, en el lado sotavento de las montañas. El calentamiento se debe a la compresión que sufre el aire al ir llegando a los niveles de Presión cada vez más mayor. Es mayor a la pendiente de la montaña

Viento Foehn

Es un viento cálido y seco que sopla de los Alpes.

Aire húmedo que viene del mediterráneo encuentra la cadena de los Alpes y se eleva; se estría; el agua se condensa en la ladera barlovento, al pasar la cúspide el viento es seco y frío; desciende sotavento y empieza a calentar y cuando llega a la parte baja es un viento cálido y seco



Pampas argentinas (llamado regionalmente de Zonda, Andes)
Centro de los EUA (llamado Chinook, Montañas Rocosas)
Costa del golfo de México (frente a la Sierra madre occidental)

Viento de Drenaje

Vientos fríos de grande velocidad que fluyen, debido a la gravedad, de regiones más altas hacia las bajas a través de pasos o de cañones

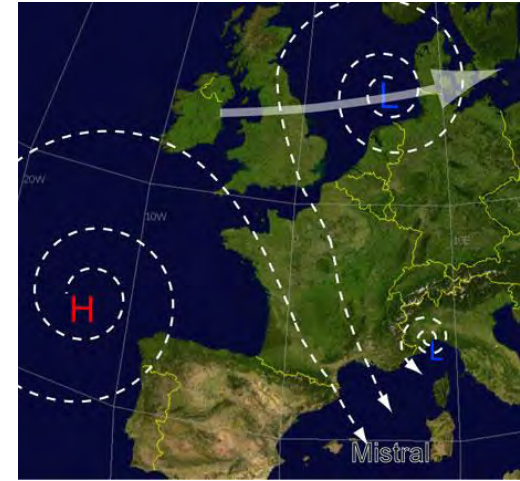
El mistral

Valle del Ródano (Francia)

Se trata de un viento **frío, seco y violento**, que alcanza corrientemente los **100 km/h** y llega a pasar de los 200

El mistral (o **maestral**, también conocido con el nombre de **cierzo** en Aragón), es un viento del noroeste (a veces del norte), que sopla de las costas del Mediterráneo hacia el mar, entre la desembocadura del Ebro y Génova.

Puede ser su causa el enfriamiento nocturno del suelo en las regiones costeras, pero cuando sopla muy fuerte se debe a un alza de la presión atmosférica en el noroeste europeo: el aire polar fluye así hacia las bajas presiones del Mediterráneo y al encontrar los obstáculos opuestos por el relieve (los Pirineos, el Macizo Central francés, los Alpes) pasa por las brechas que existen entre éstos, sufriendo entonces un incremento considerable en su velocidad

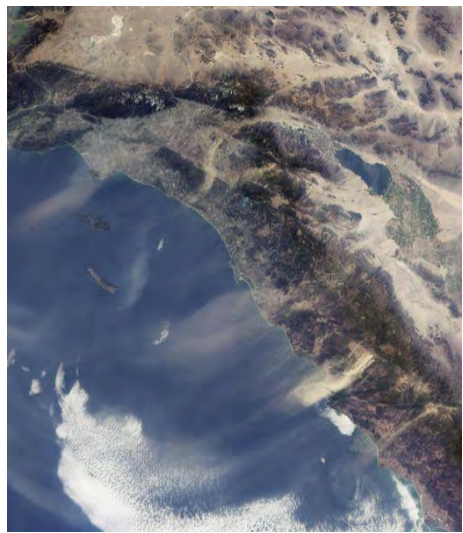


Fuente. Google imagen (es.wikipedia.org)

El Santa Ana

Viento **seco y caliente**, zona desértica de California (EUA).

Atraviesa las montañas costeras por angostos cañones en dirección al Pacifico, alcanza grande velocidad y sopla cargando grande cantidad de polvo



“Powerful Santa Ana winds sweep across Southland” , Dec.01, 2011



<http://www.brucesussman.com/wp-content/uploads/2011/12/santa-ana-winds-temple-city-california.jpg>

http://www.csmonitor.com/var/ezflow_site/storage/images/media/images/12-2-11-santa-ana-wind-damage/11134788-1-eng-US/12-2-11-Santa-Ana-wind-damage_full_600.jpg

Los Angeles Time ;
(http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQBPJz8eMPKP45Yt-apTWiscZmHUOC89BB2iRI8-HtVfrv9Ee_gul62yWpV)

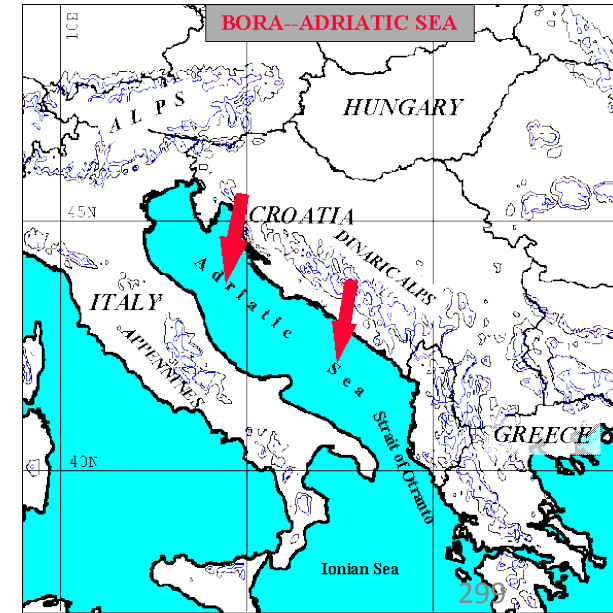
El Bora

Es un viento **muy frío** que afecta al **golfo de Trieste**, a lo largo del mar Adriático, y, en otro punto, a lo largo de la costa del mar Negro.

En su descenso de las montañas costera hacia al mar produce ráfagas de más de **100 km/h**



(www.dantealighieri.com.mx)



(www.nrlmry.navy.mil)



http://ayearinitaly.files.wordpress.com/2011/03/trieste_bora3-500.jpg



<http://www.esteri.it/NR/rdonlyres/BF6615E4-F108-42BC-B176-CC0BCF05ABA3/0/friu2b.jpg>

5. La atmosfera

Propiedades – Circulación Local

Viento	Localización	características
Foehn	Alpes	En sotavento; calido y seco
Bora	Ne del adriático, Mares negro y Egeo	Frío acompañado de heladas y nevadas
Mistral	Valle del Ródano	Tempestuoso, frío y seco
Purga y Burán	N y NE de Asia	Tempestuosos, arrastran gran cantidad de polvo y nieve
Siroco	Mediterráneo oriental	Cálido y seco. Lleva gran cantidad de arena y polvo
Khamsin	Península Arábiga y Egipto	Cálido y seco, con arena y polvo
Simún	Egipto	Muy cálido y seco, con arena y polvo
Blizzard	Oriente de las montañas Rocosas	Frío, acompañado de nevadas

Fuente: T. Ayllón, Elementos de Meteorología y climatología, 2003

Vientos predominantes en la república mexicana

Sur → predominan los vientos alisios

Norte, z. subtropical de AP → vientos del Oeste entre los anticiclones de los Oc. Atlántico y pacífico

Los monzones afectan únicamente las z. costeras

Primavera y verano

Desplazamiento de la zona subtropical de AP hacia al norte → Influencia de los alisios del nordeste, que penetran hasta la sierra Madre Occidental, originando las lluvias de verano y otoño

Desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) hacia al norte → Influencia el extremo sur del país

En fines de veranos los Ciclones y frentes polares → en el golfo de México y en el océano Pacífico → lluvias

5. La atmósfera
Propiedades – Circulación Local

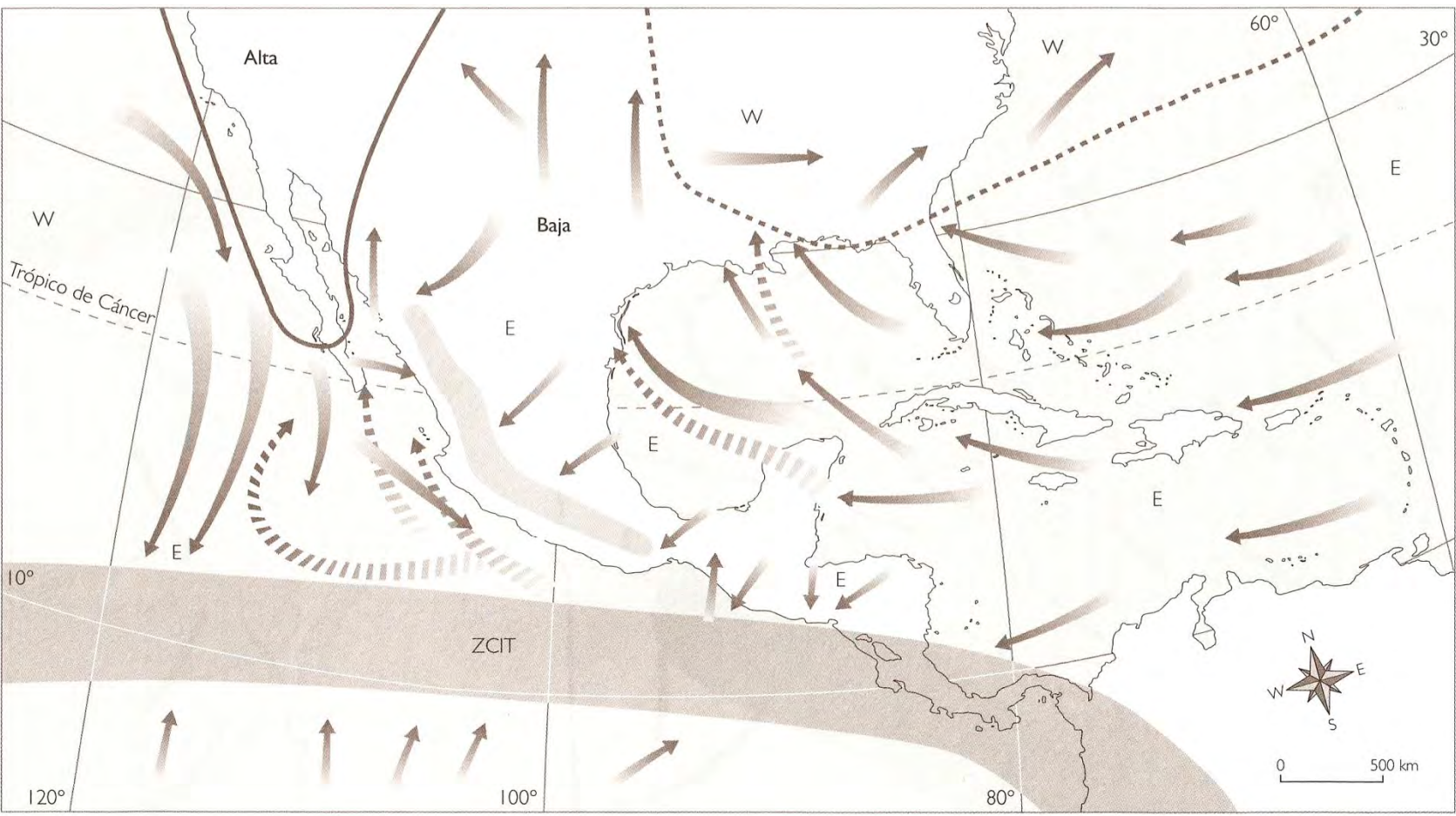


Figura 7.17a. Masas de aire y frentes en verano en la República Mexicana.

Fuente: T. Ayllón, Elementos de Meteorología y climatología, 2003

Otoño y Invierno

Desplazamiento de la zona subtropical de AP y los alisios hacia al sur

En el norte dominan los vientos del oeste

Originan en la z. anticiclónica donde descienden las calmas tropicales;
En invierno son secos y fríos → z. áridas del nordeste y frentes fríos

Masas polares provenientes del Canadá, al pasar por el Golfo de México, producen precipitaciones aisladas

5. La atmosfera
Propiedades – Circulación Local

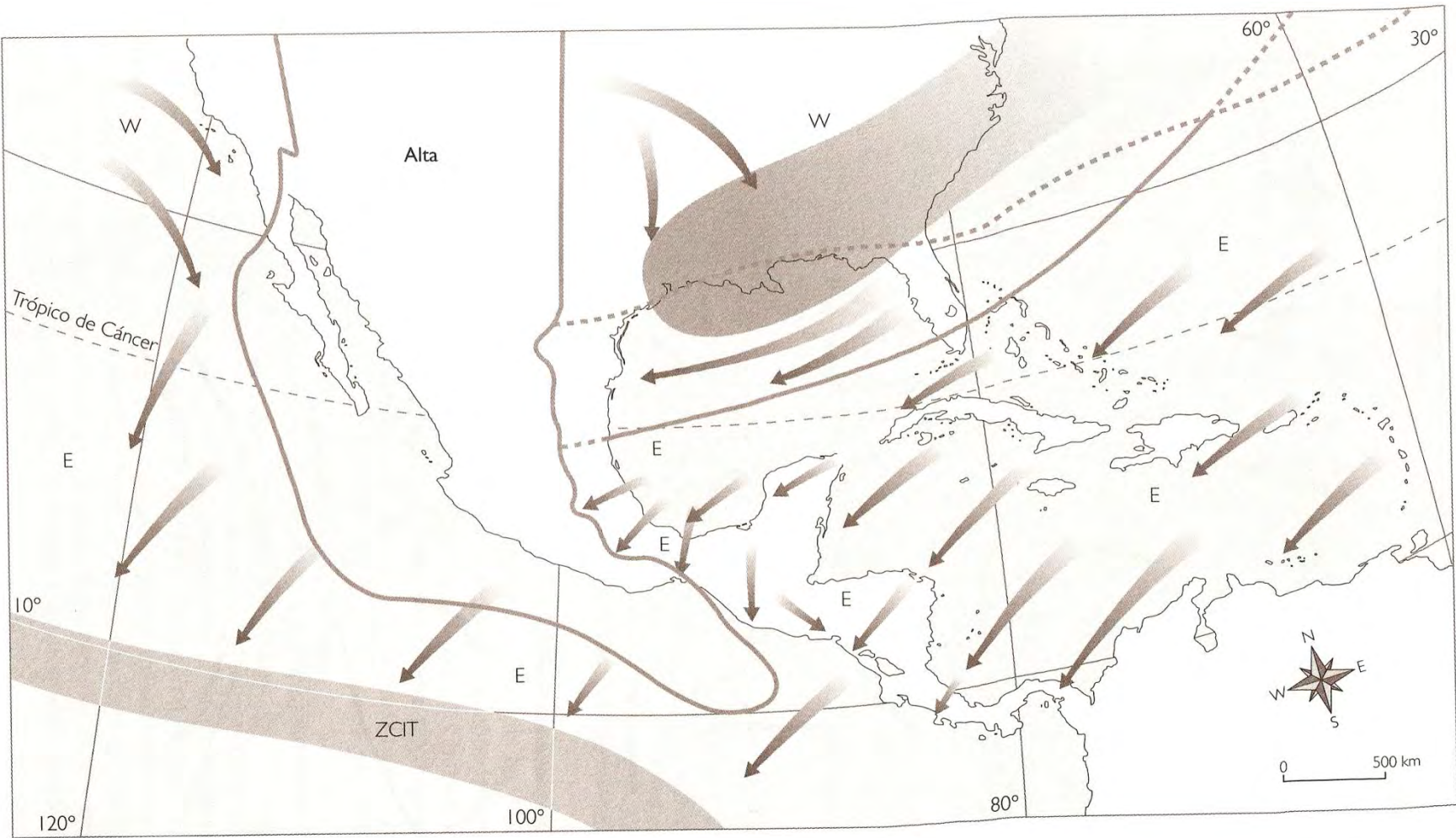


Figura 7.17b. Masas de aire y frentes en invierno en la República Mexicana.

Fuente: T. Ayllón, Elementos de Meteorología y climatología, 2003

Tareas sobre Circulación local

1. Que es viento adiabático a catabatico?
2. Como se forman las brisas?
3. Utilice una ilustración para diferenciar brisas de montana-vale y de mar-tierra
4. Explique el efecto Foehm.
5. A respecto al listado abajo, los describa , donde son encontrados y en que época?
(a) el mistral, (b) el Bora, (c) en Sant ana, (d) el Minuano
6. Haga una tabla listando los vientos predominaste de la republica mexicana, como se caracterizan, donde ocurren y en que época del año.
7. Que son vientos de drenaje?

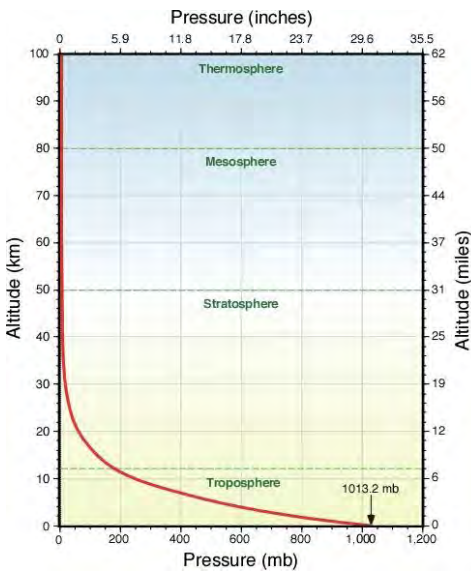
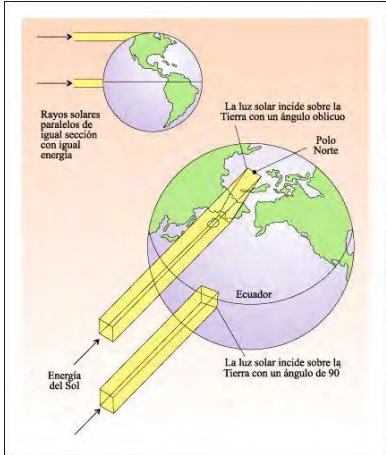
5. La atmosfera
Propiedades

La atmósfera posee propiedades relacionadas con:

presión

movimiento de la atmósfera

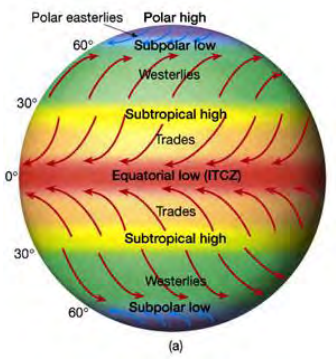
Temperatura



Calor específico de un cuerpo → Es la cantidad de calor necesaria para elevar un gramo del mismo, un grado su temperatura.

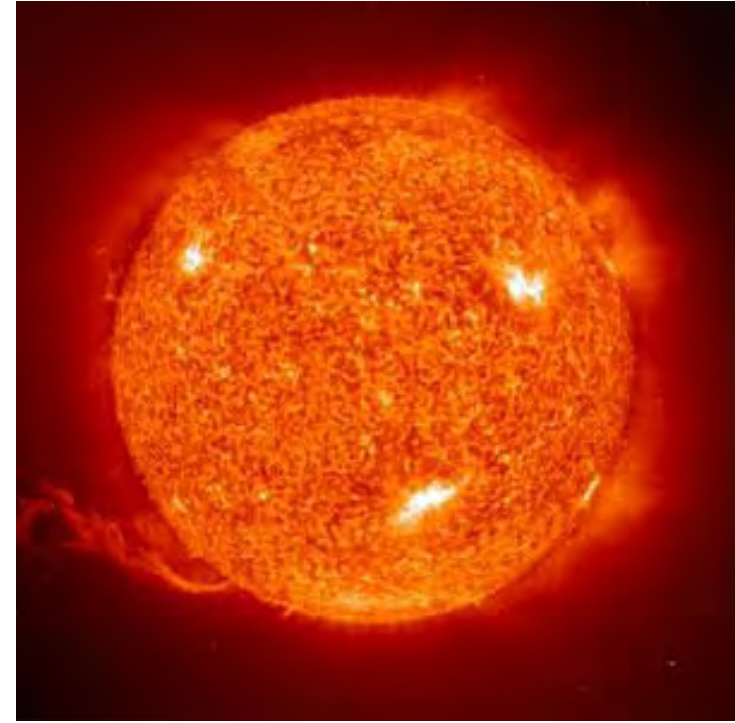
Agua - $C_e = 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$

Aire - $C_e = 0,20 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$



RADIACIÓN SOLAR

El sol es la principal fuente de energía de la Tierra



Se localiza a unos 150.000.000 Km de la Tierra



EL SOL

CARACTERISTICAS BASICAS

Radio Terrestre: 6.378 kms



Separados por
una U.A.
(unos 215 radios solares)

Rayo de 700.000 Km

Radio Solar: 696.000 kms

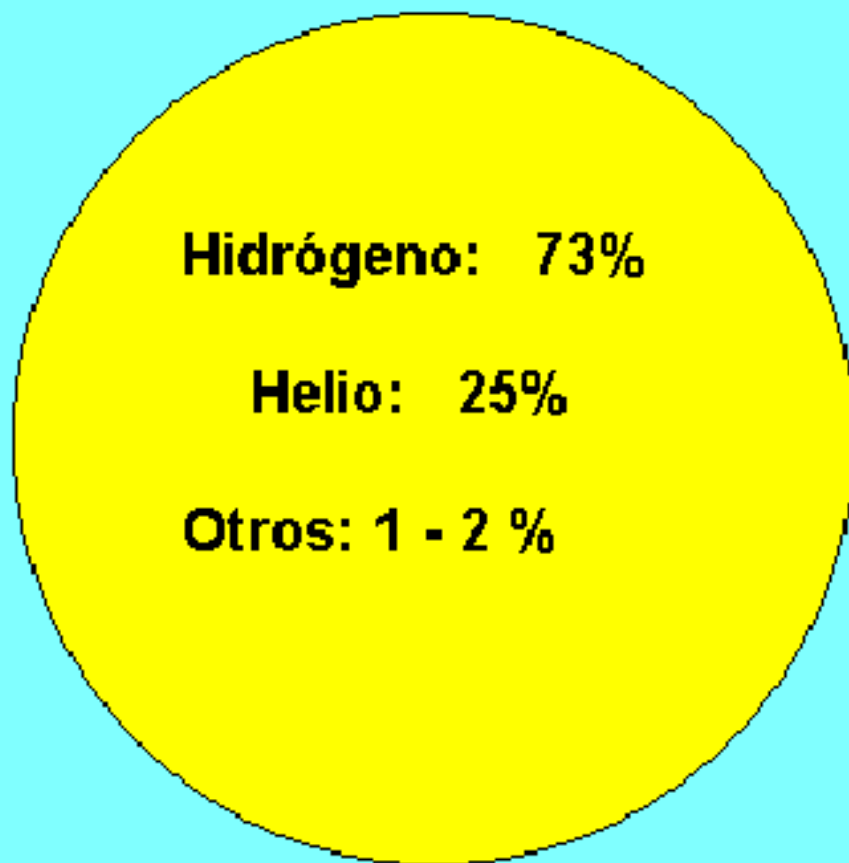
Volumen: $1'41 \cdot 10^{27} \text{ m}^3$

masa: $2 \cdot 10^{30} \text{ Kgs}$

densidad: $1'41 \text{ g/cm}^3$

- Simetria esférica-
- Equilibrio hidrostático.
- Transporte energético por radiación y convección.
- Generación de energía por la fusión nuclear del hidrógeno.
- Homogeneidad: la composición es uniforme en el tiempo

LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SOL

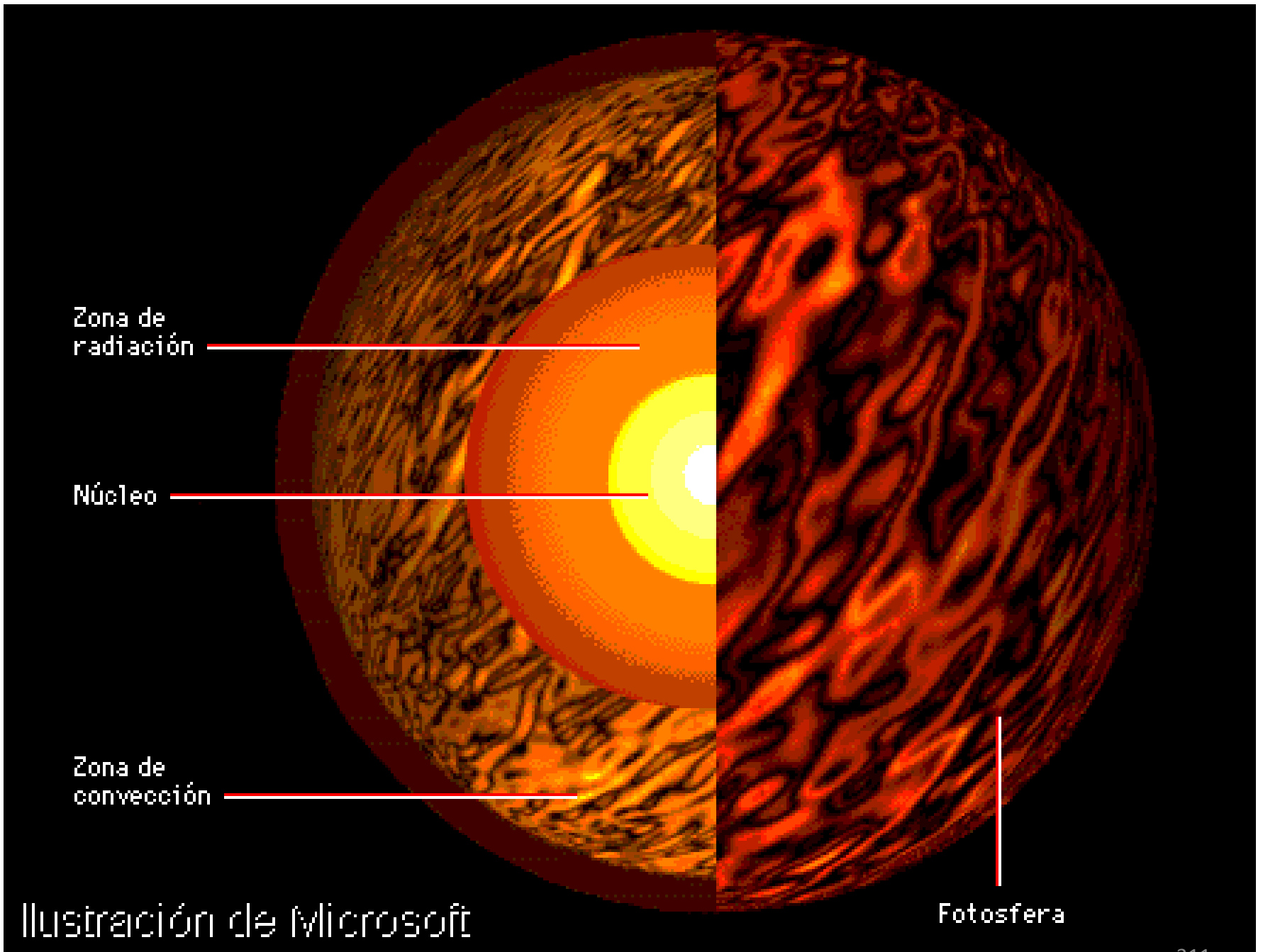


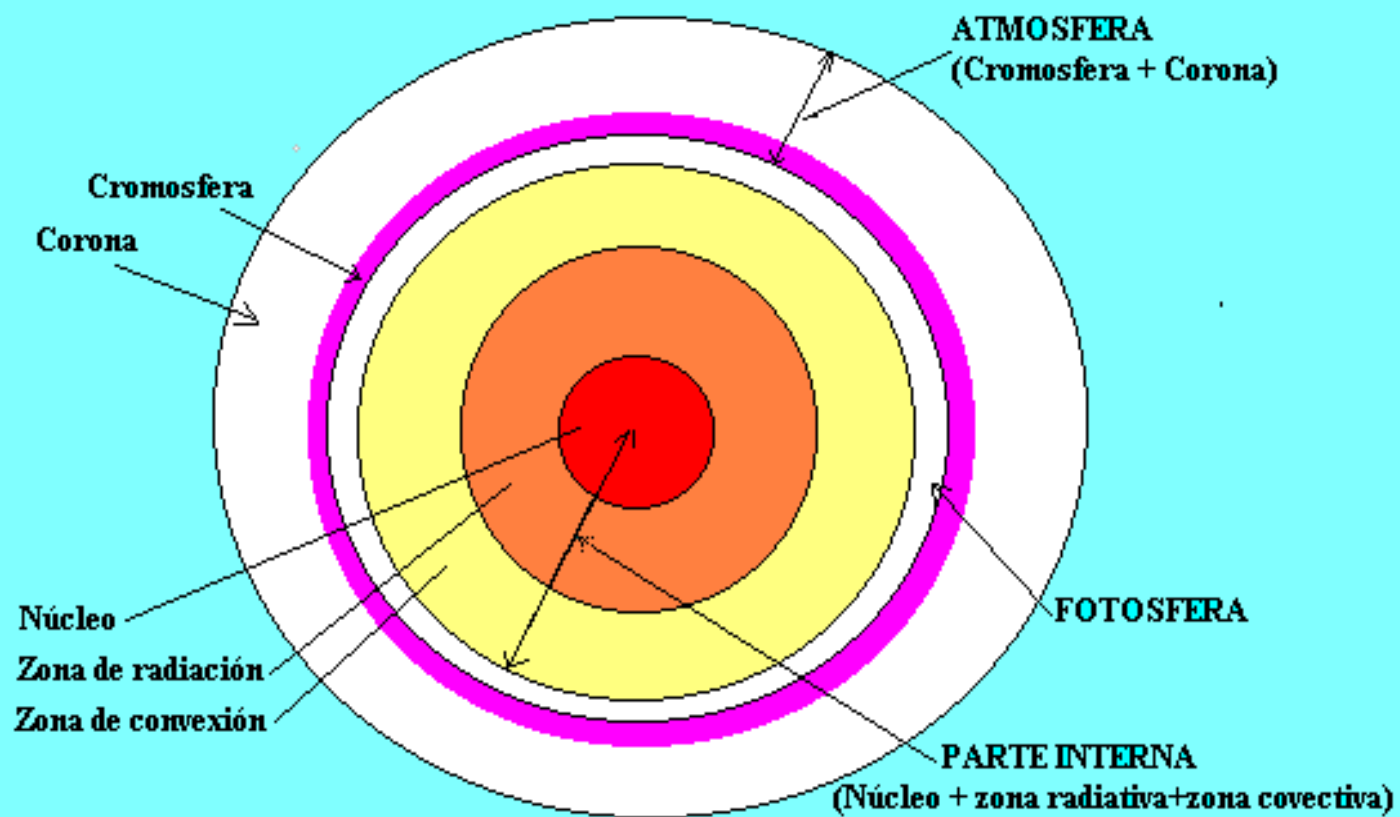
Otros:

Oxígeno	0'073%
Carbono	0'029%
Neón	0'015%
Nitrógeno	0'008%

Además, trazas de:

Silicio, Azufre,
Magnesio, Hierro,
Sodio, Aluminio,
Argón, Calcio, ...





ESTRUCTURA INTERNA DEL SOL

El Sol está formado por:

1) Núcleo

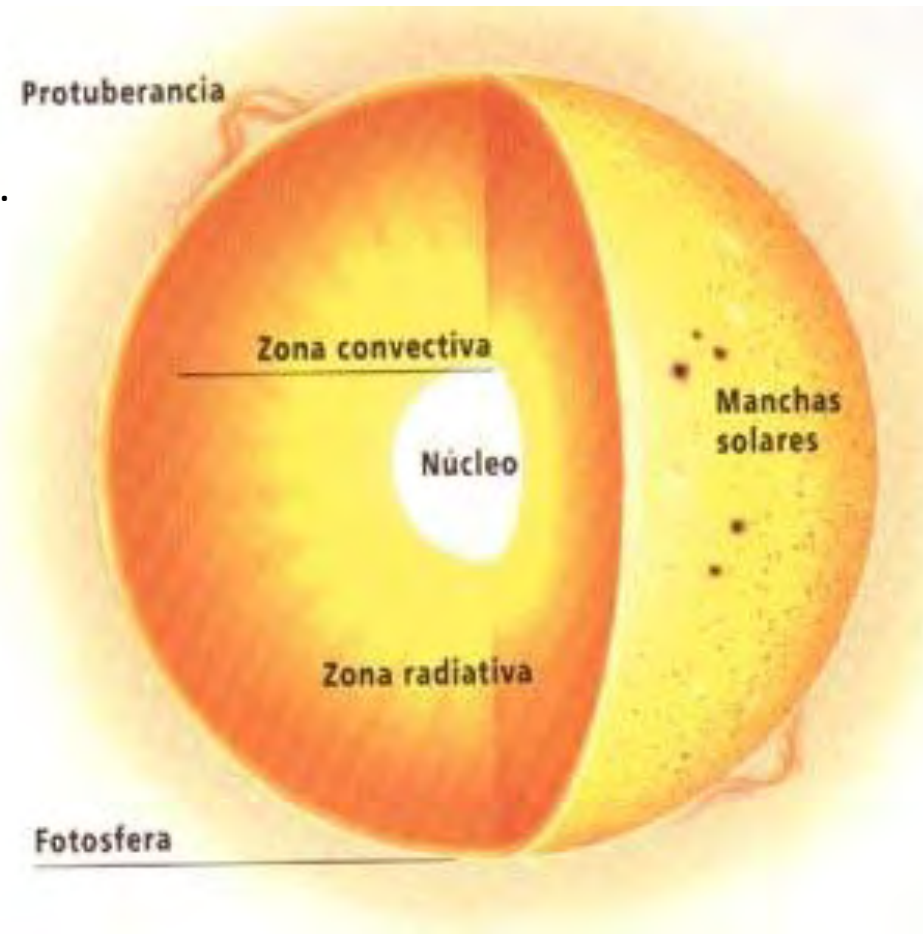
→ reacciones termonucleares → toda la energía que el Sol produce; 49 % H y 49 % He.

En la parte interna del Sol:

- Temperatura → 20.000.000 de kelvin,
- Presiones → 100.000 millones de atmósferas.

En estas condiciones extremas tiene lugar la **fusión del Hidrógeno** en una reacción que se conoce en física como **reacción protón-protón** y que da origen a la:

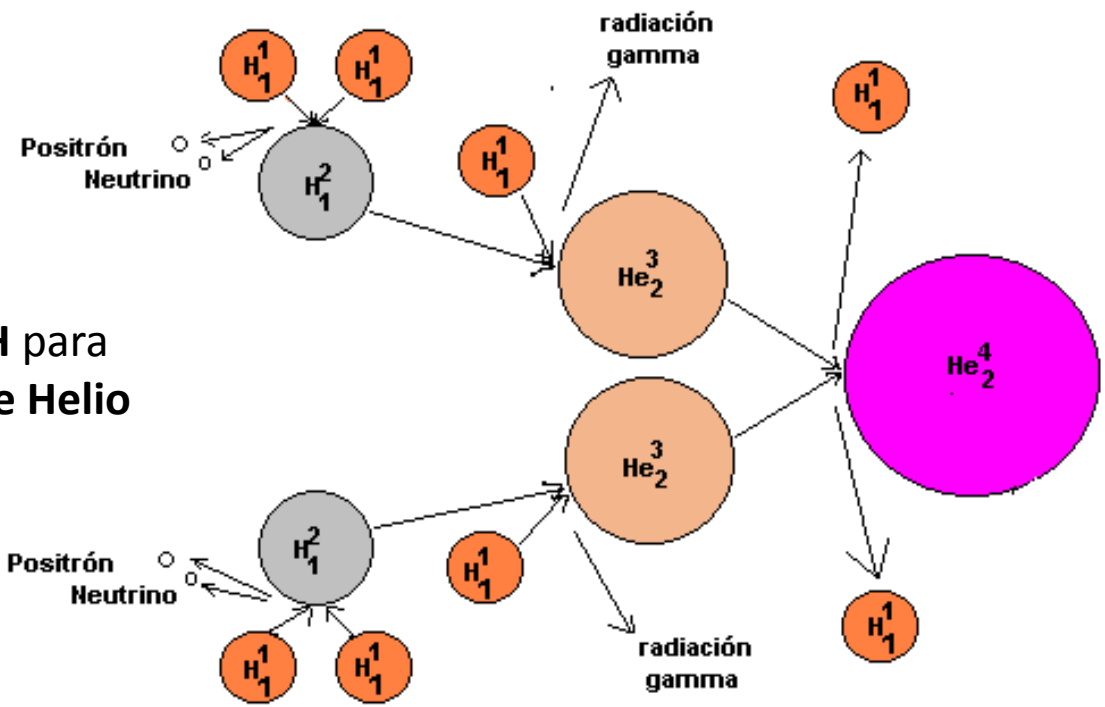
- formación de **helio**
- generación de **radiación gamma**



E Sol está formado por:

1) Núcleo → reacciones termonucleares → toda la energía que el Sol produce; 49 % H y 49 % He.

FUSION NUCLEAR DEL HIDRÓGENO EN EL SOL

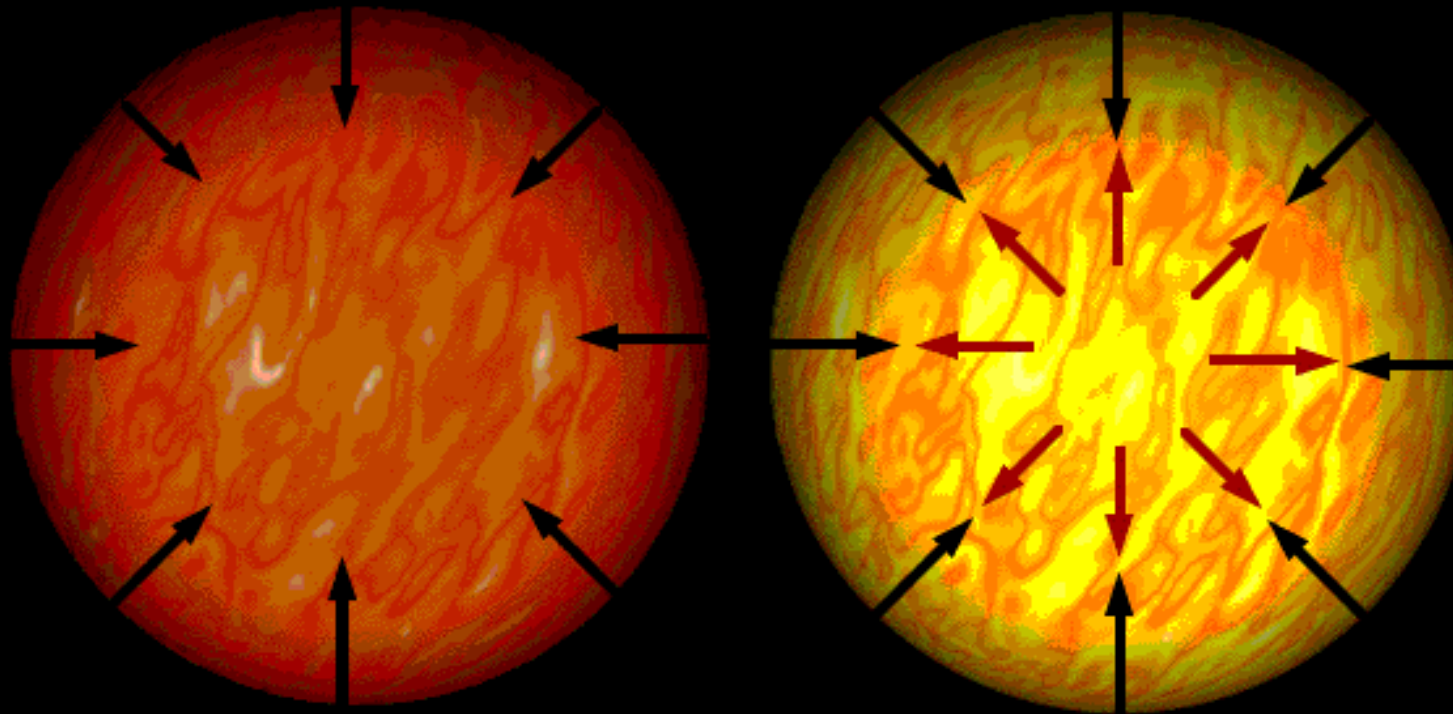


Se combina **4 átomos de H** para convertirlos en **1 átomo de Helio**

PROTÓN (represented by a red circle)
NUCLEO DE DEUTERIO (represented by a grey circle)
ISOTOPO DE HELIO (represented by an orange circle)
HELIO ESTABLE (represented by a pink circle)

La reacción proton-proton en el interior de la estrella

**LAS FUERZAS GRAVITATORIAS ACTUANTES SOBRE LA ESTRELLA HAN DE EQUILIBRARSE CON
LAS FUERZAS HACIA AFUERA QUE PROVOCA LA FUSIÓN NUCLEAR DEL HIDRÓGENO**



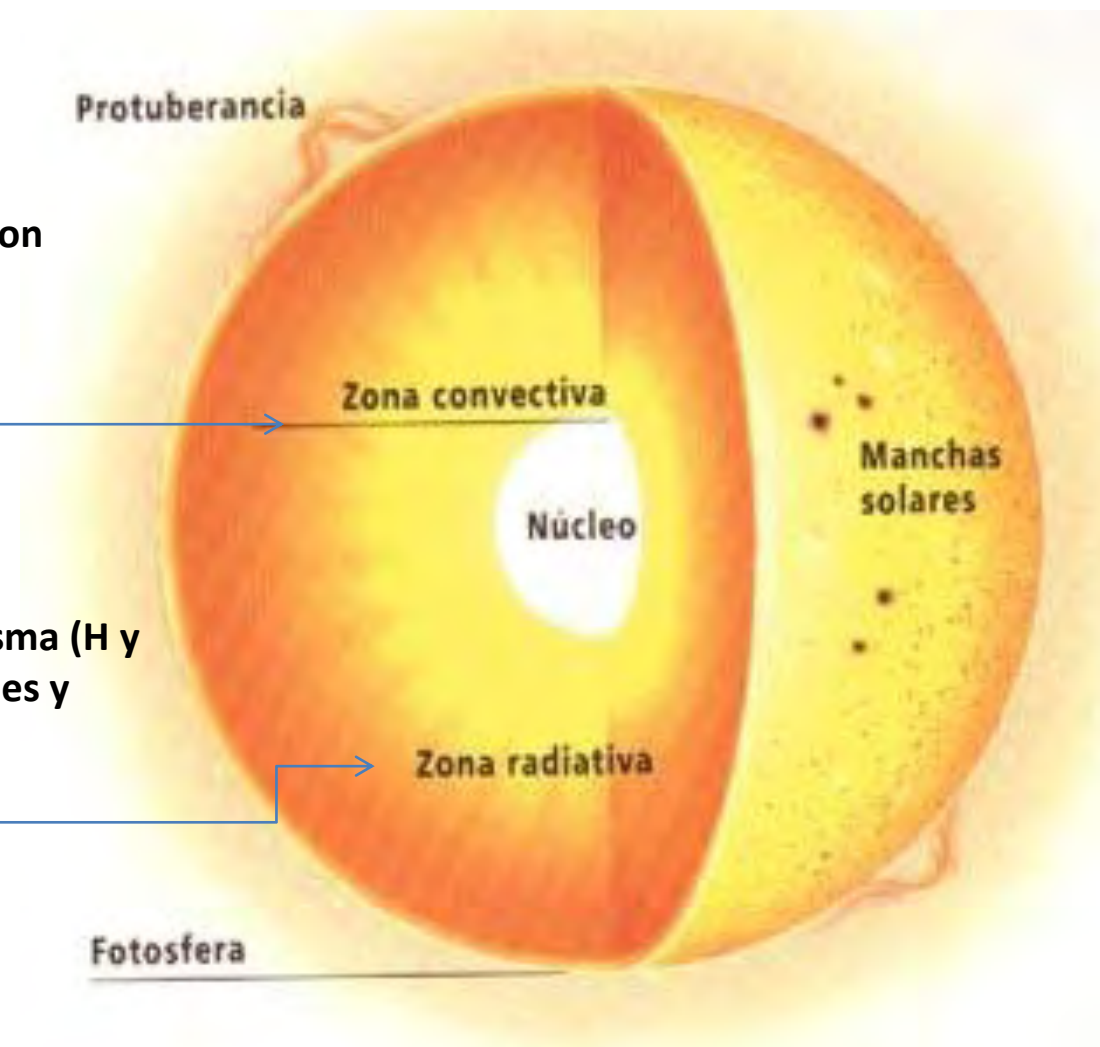
2. La atmósfera

1. Importancia, Composición, Propiedades, Estructura y Contaminación

E Sol está formado por:

(3) los gases solares dejan de estar ionizados y los fotones son absorbidos con facilidad

(2) zona está compuesta de plasma (H y He ionizado; mezcla de electrones y protones)



Las protuberancias, son géysers de gases que brotan de la cromosfera y de la corona. Llegan más de 200.00 Km de altura, van acompañadas de emisiones de ondas de Radio, Rx y partículas electrizadas.

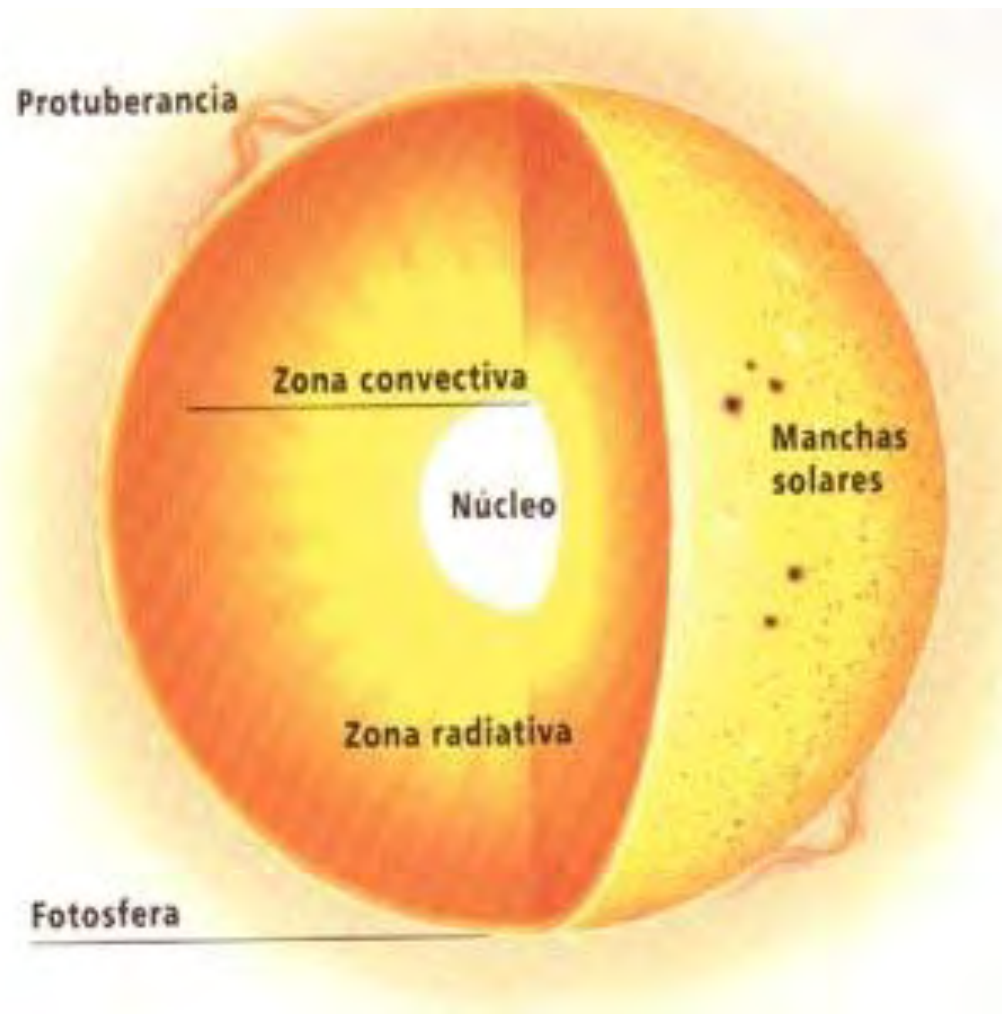
2. La atmosfera

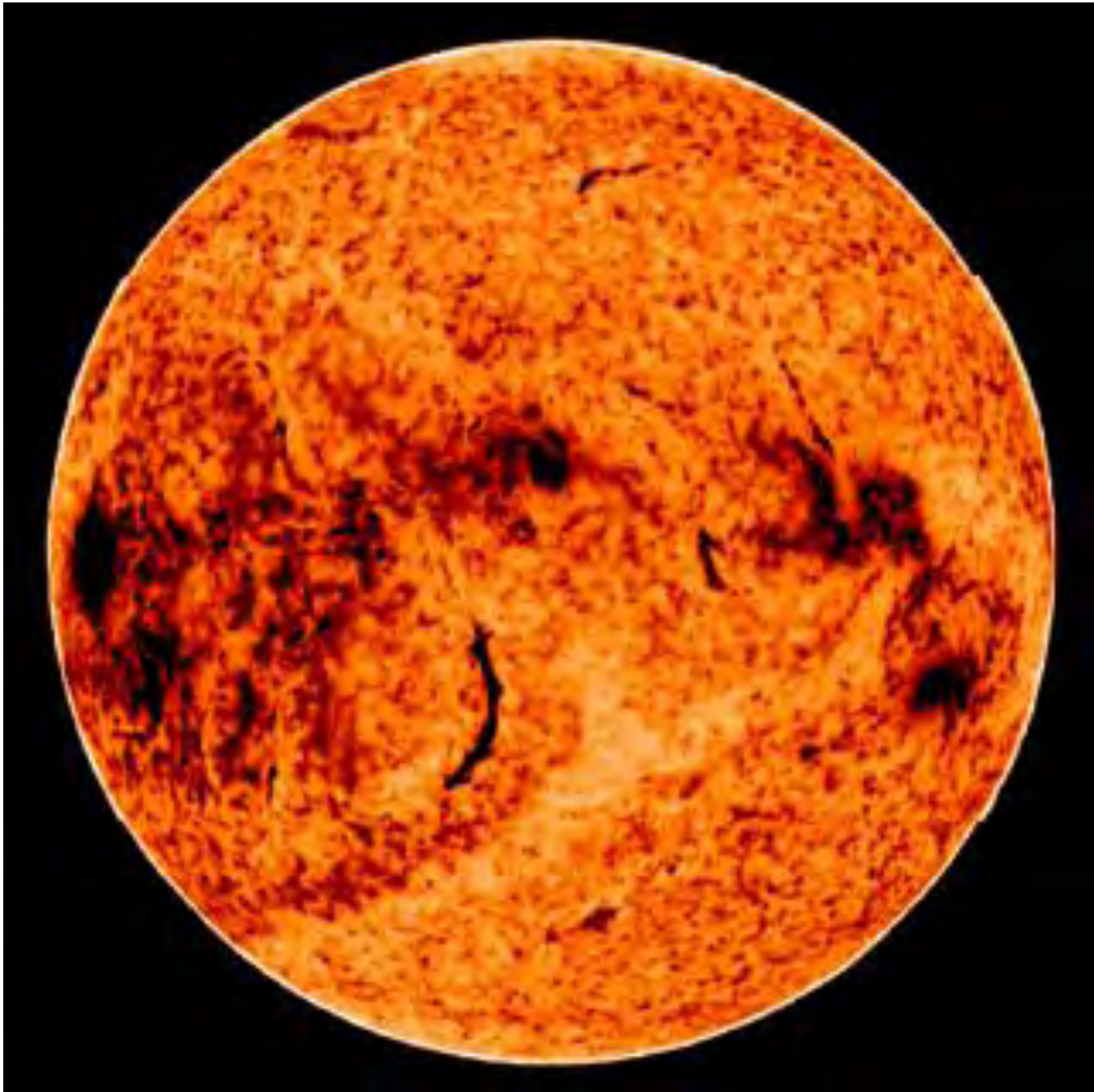
1. Importancia, Composición, Propiedades, Estructura y Contaminación

E Sol está formado por:

Las protuberancias, son géysers de gases que brotan de la **cronosfera y de la corona**. Llegan más de 200.00 Km de altura, van acompañadas de emisiones de ondas de **Radio, Rayos X y partículas electrizadas**

zona desde la que se emite la mayor parte de luz visible del Sol, tiene unos 100 o 200 km de profundidad.

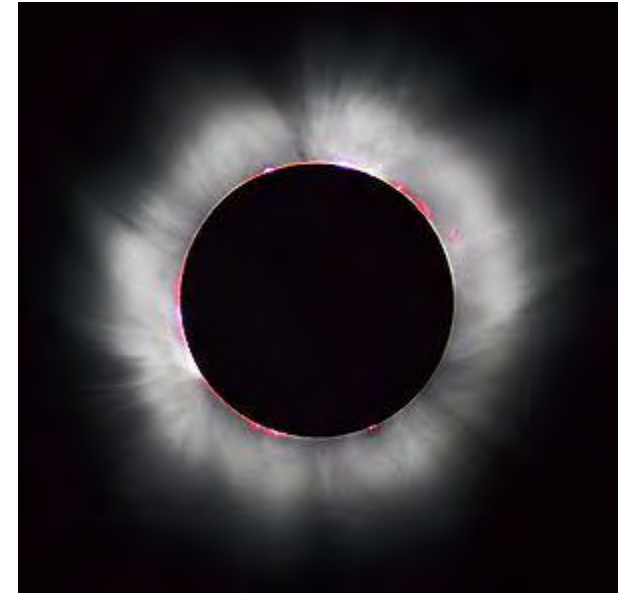




Cromosfera

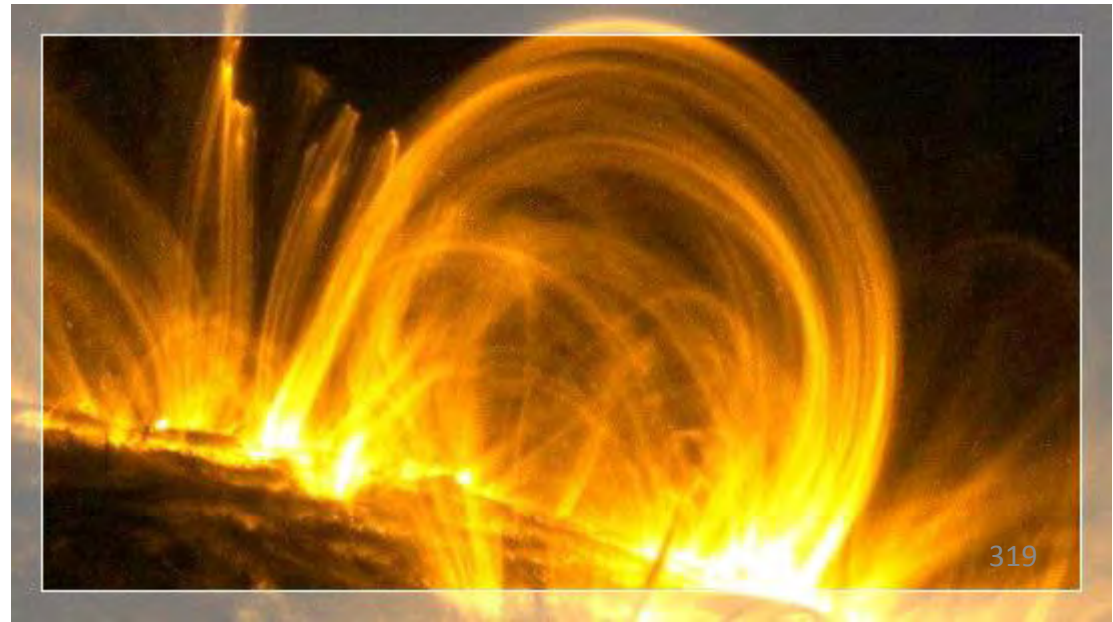
visualmente mucho más transparente, su tamaño es de unos 10 000 km

La cromosfera puede observarse en un eclipse solar; tiene un tono rojizo característico. Las prominencias solares ascienden ocasionalmente desde la fotosfera alcanzando alturas de hasta 150.000 km en erupciones solares espectaculares.

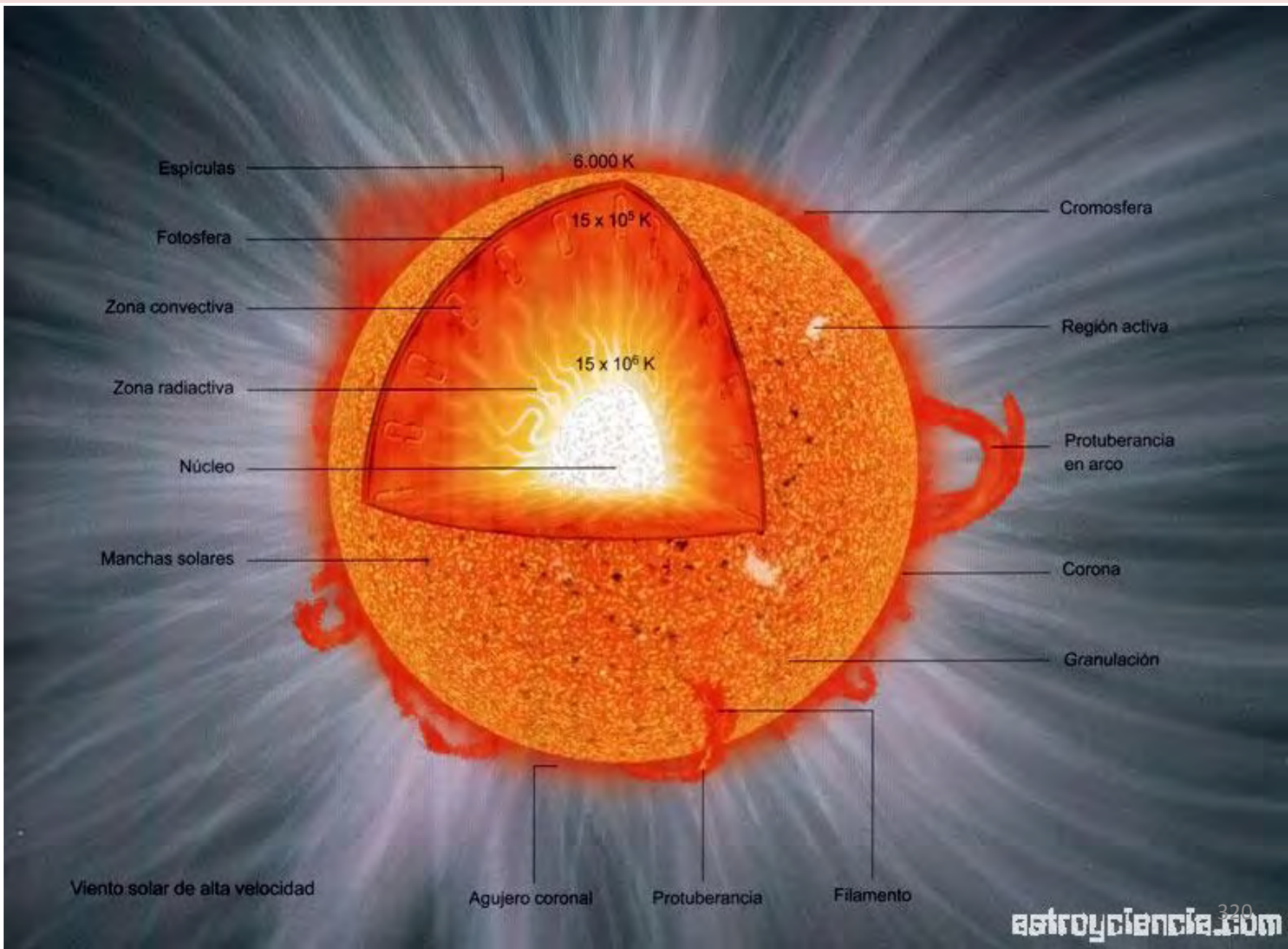


Corona solar

capa más tenue de la atmósfera superior solar. La temperatura alcanza cifras muy superiores a la de la capa que le sigue, la fotosfera.

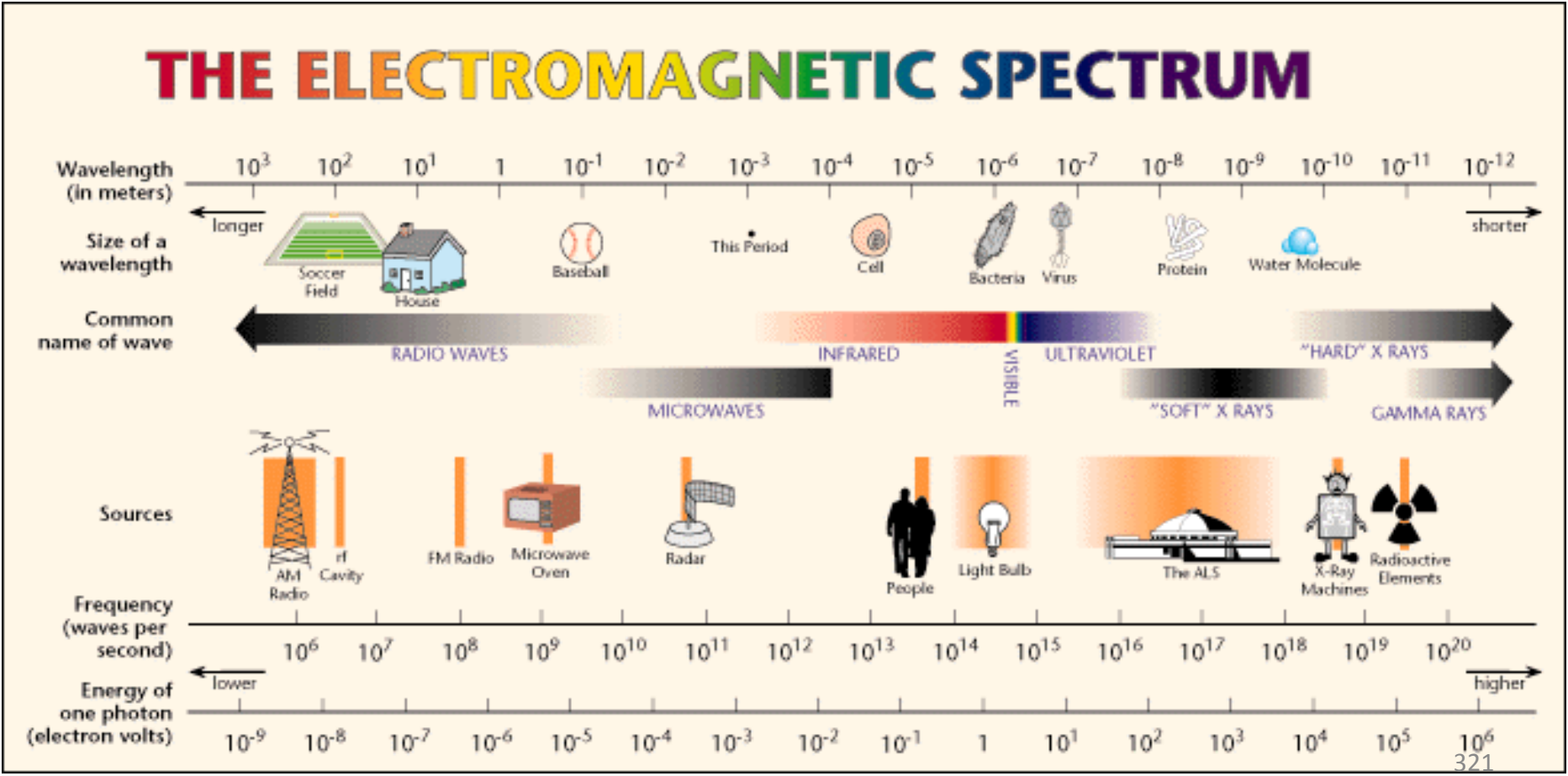


5. La atmósfera
Propiedades – Temperatura y Calor

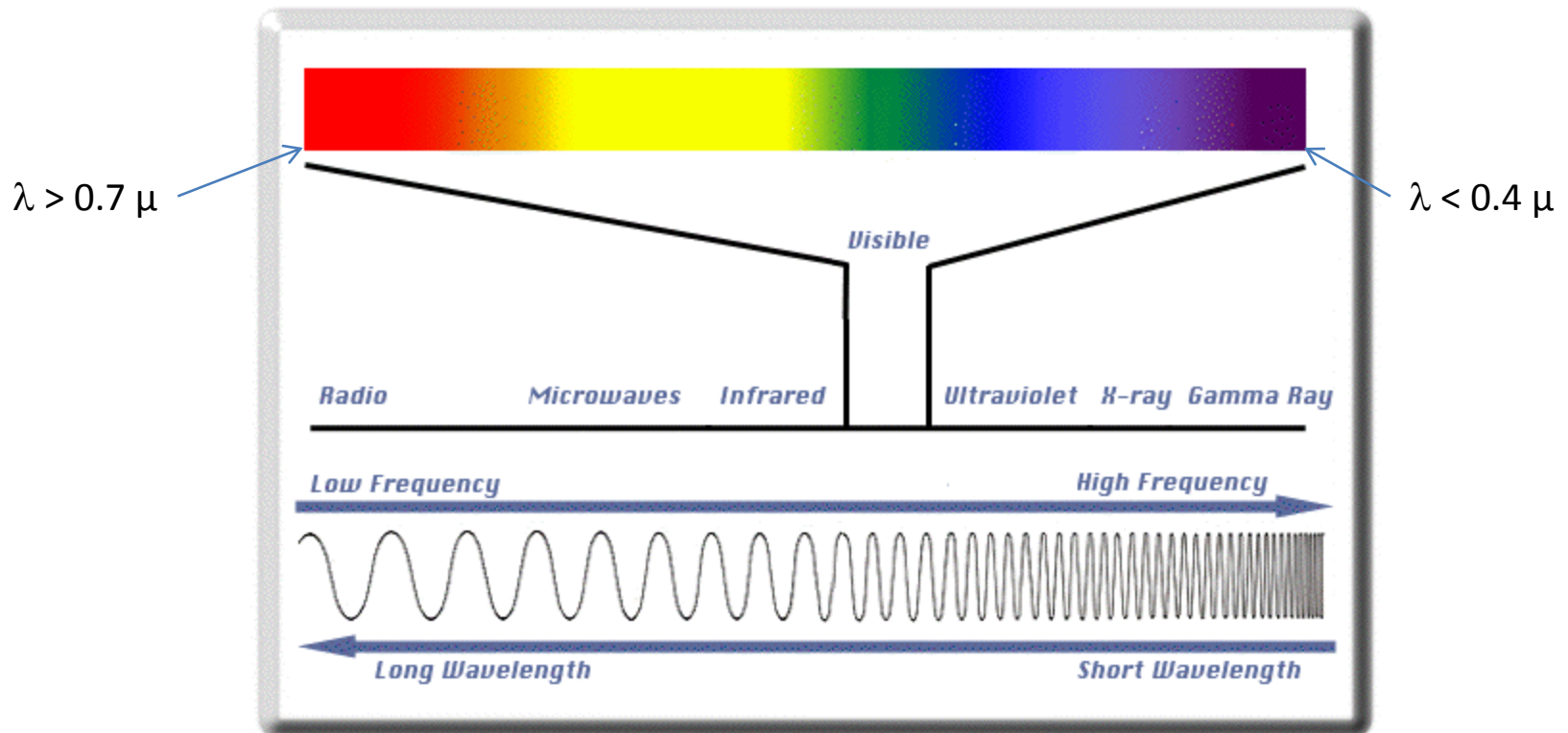


Energía radiante → la energía que los cuerpos emiten arriba del cero absoluto, se propaga por ondas electromagnéticas a una velocidad de 300.300 km/s

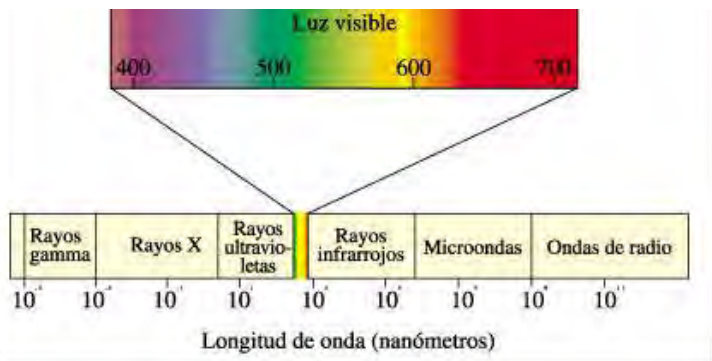
Espectro electromagnético → la descomposición de la energía proveniente del Sol



Espectro del visible



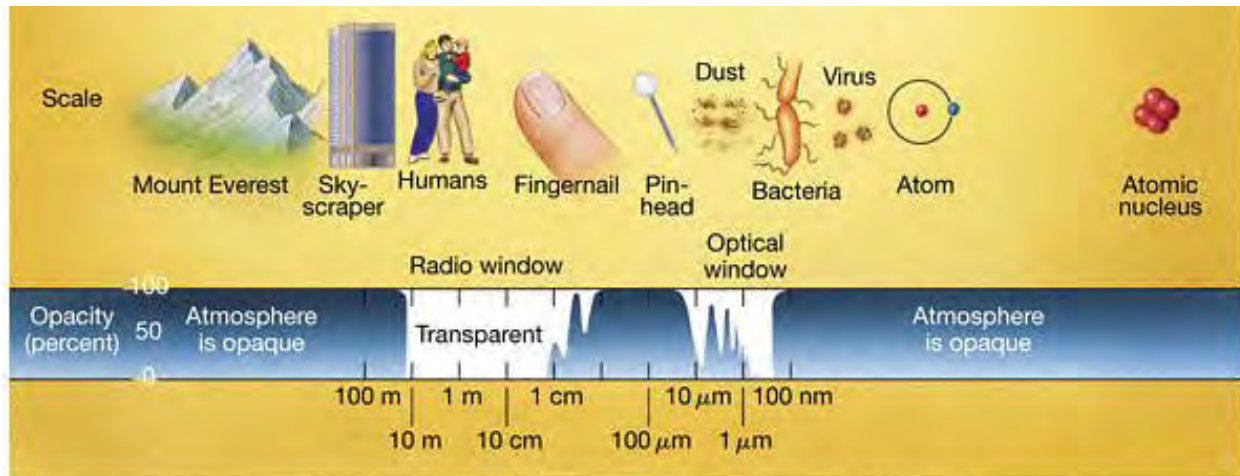
Fuente: Google imagen (earth-oceans.com/Electromagnetic-Radiation.html)



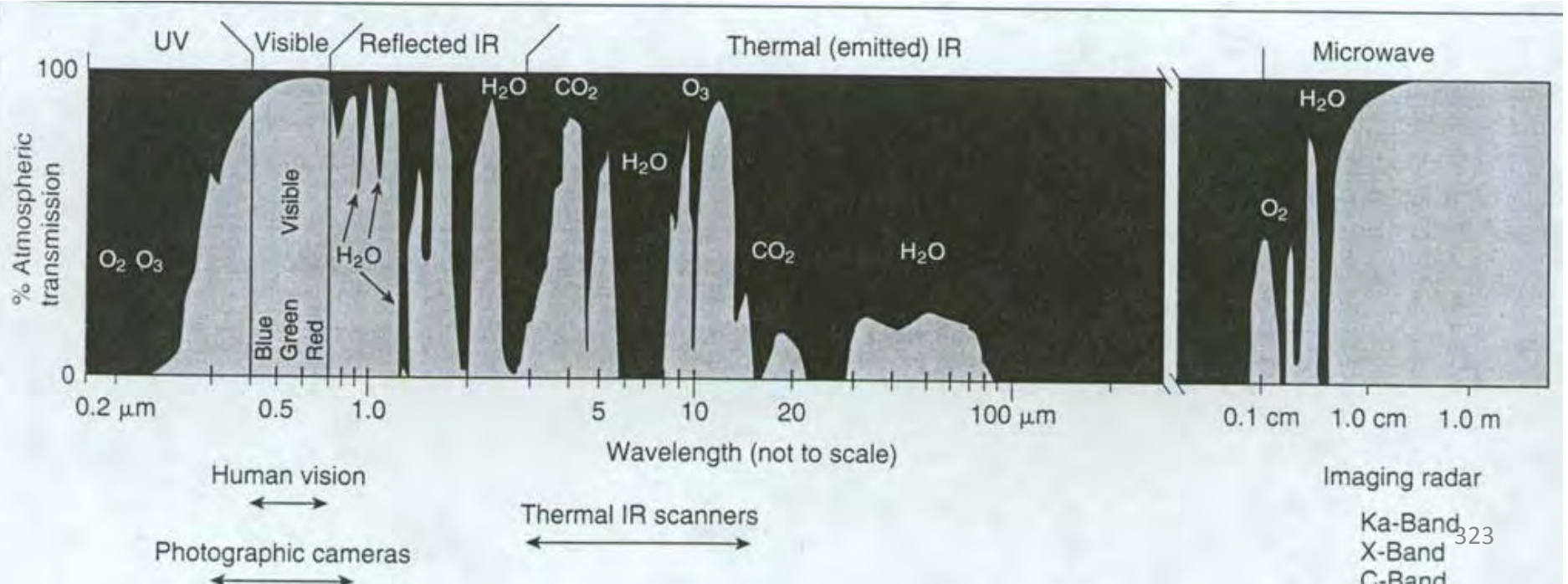
5. La atmosfera
 Propiedades – Temperatura y Calor

La atmosfera es una ventana:
transparente a la luz visible,
Opaco para las radiaciones

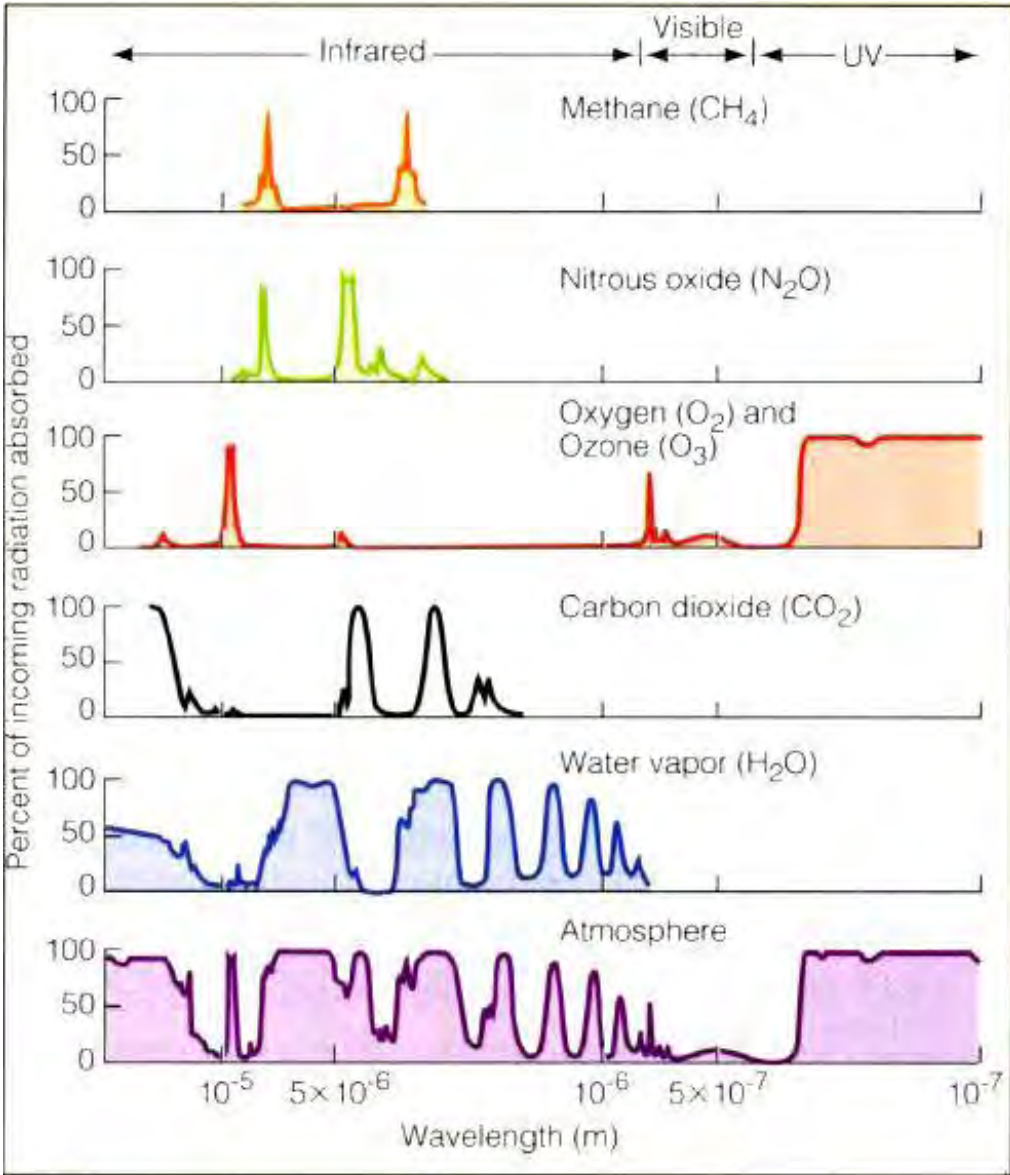
UV → O₃,
 IR → H₂O_v y CO₂)



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



Espectro de absorción de los gases atmosféricos



Balance calorífico



Radiación que no entra de ondas largas que regresan al espacio sin interaccionar con la atmosfera

Radiación de onda corta que llega y atraviesa la atmosfera

Reflejada

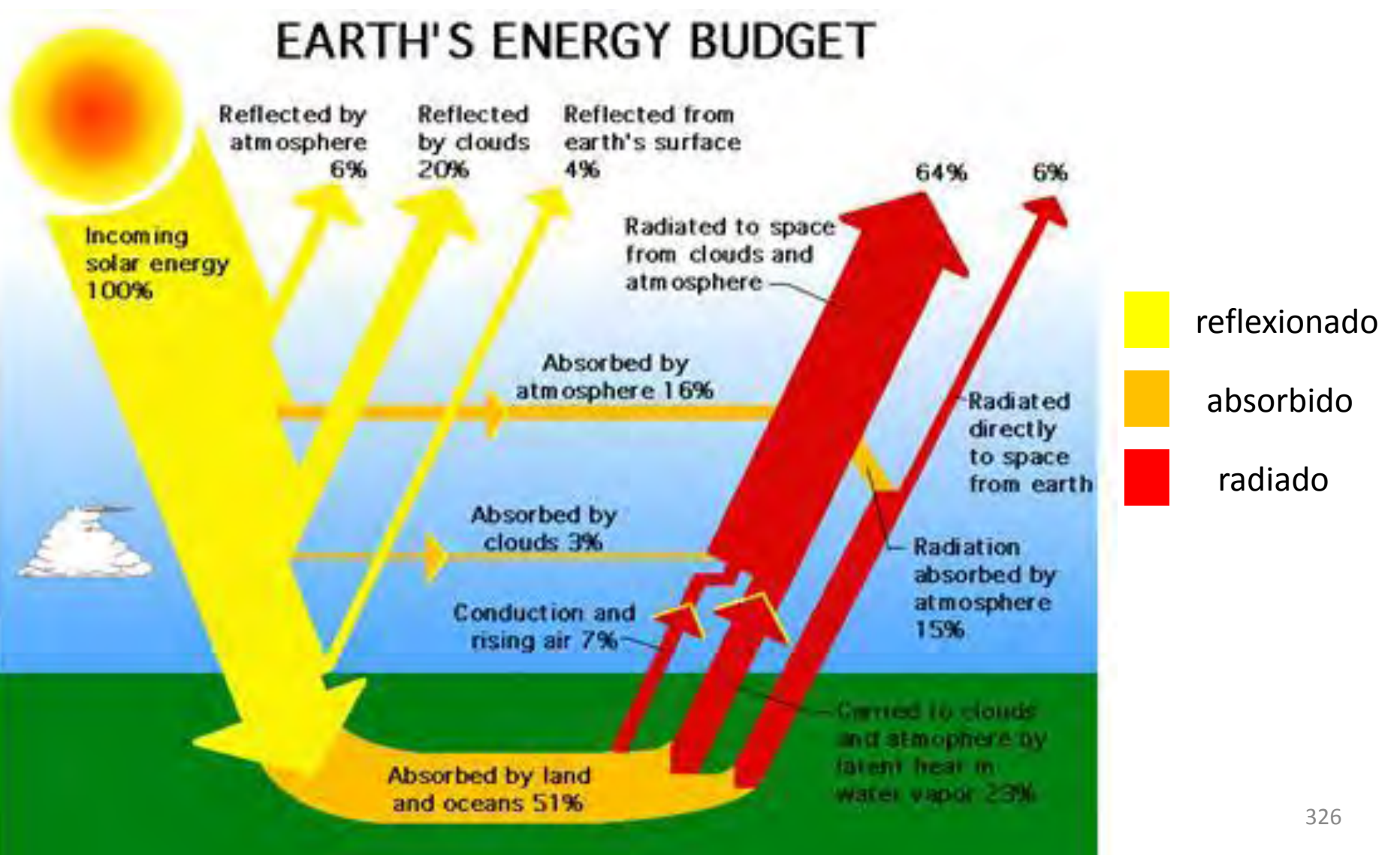
Absorbida

Por las nubes y polvo
Albedo (40%)

Por la atmosfera
Depleción (17%)

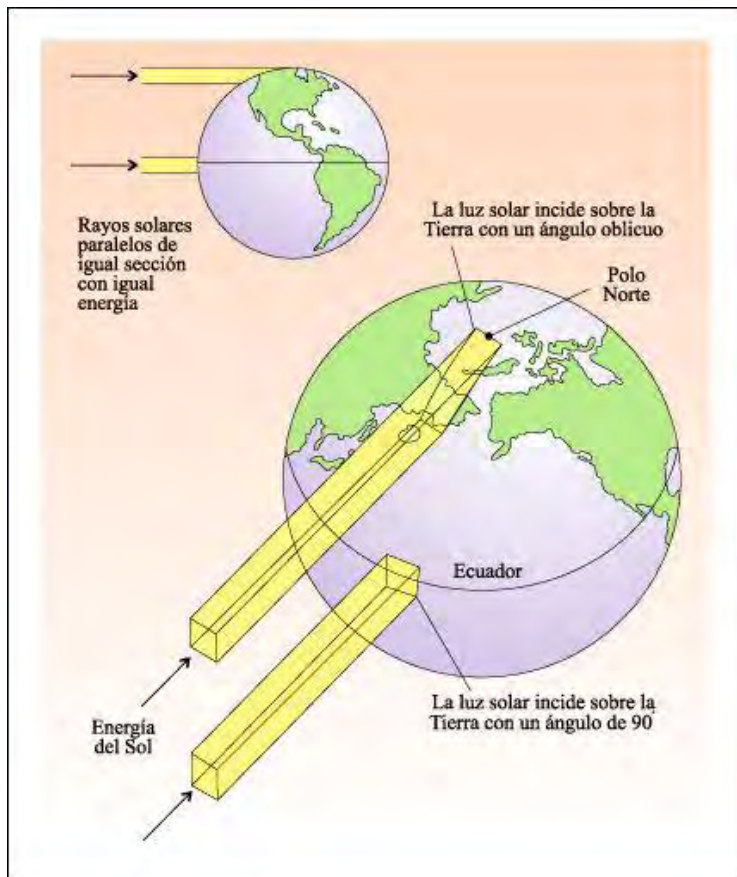
Por la superficie terrestre
Insolación (43%)

5. La atmosfera
Propiedades – Temperatura y Calor



5. La atmósfera

Propiedades – Temperatura y Calor

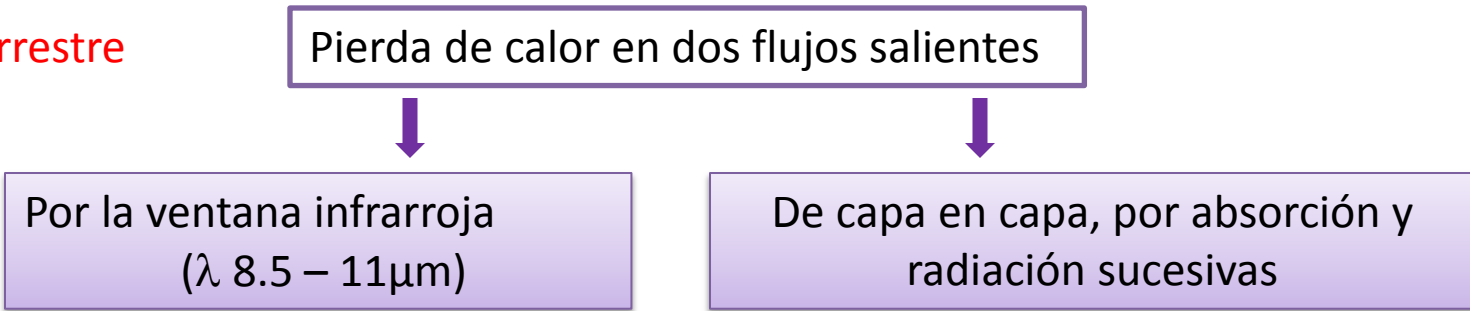


La región ecuatorial recibe más energía de la que puede radiar al espacio, las regiones polares, o contrario

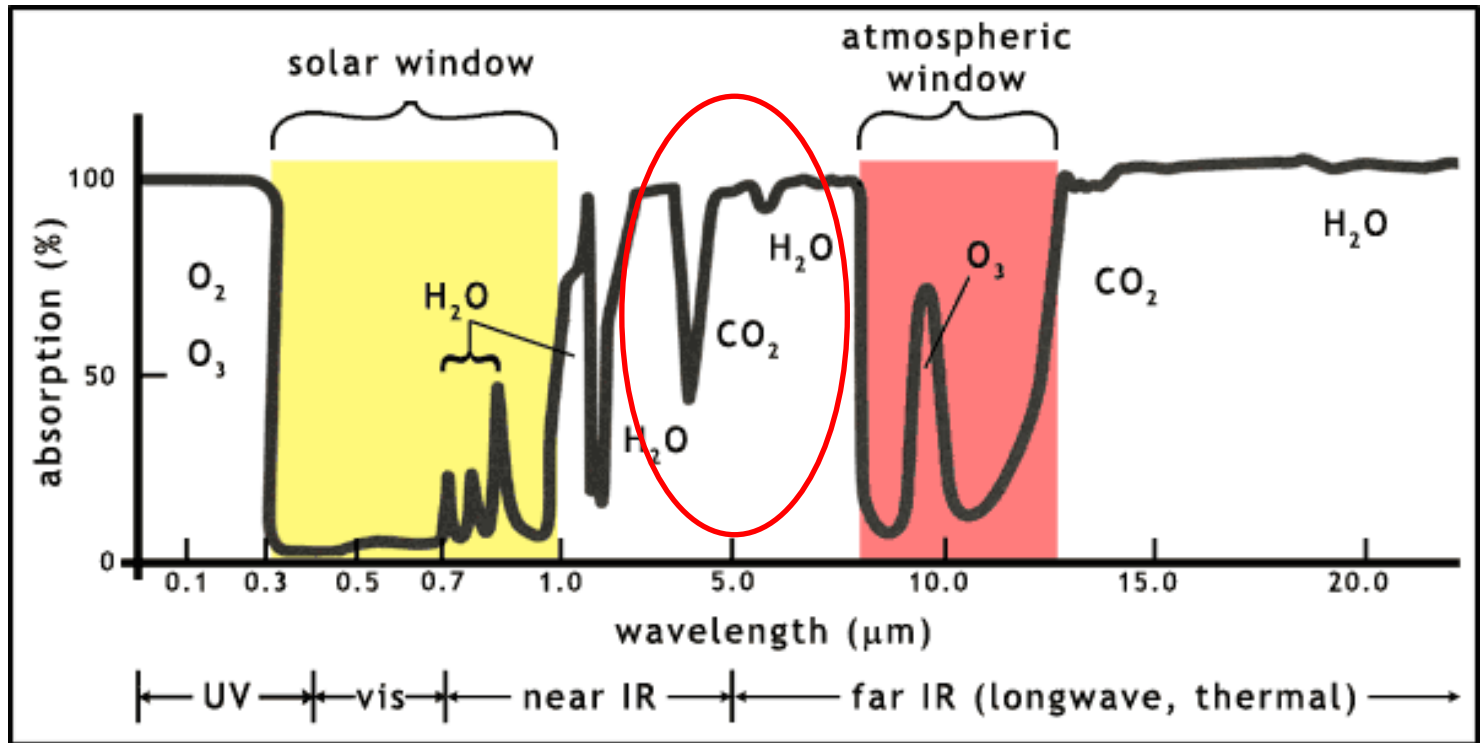


Vientos y corrientes

Radiación terrestre

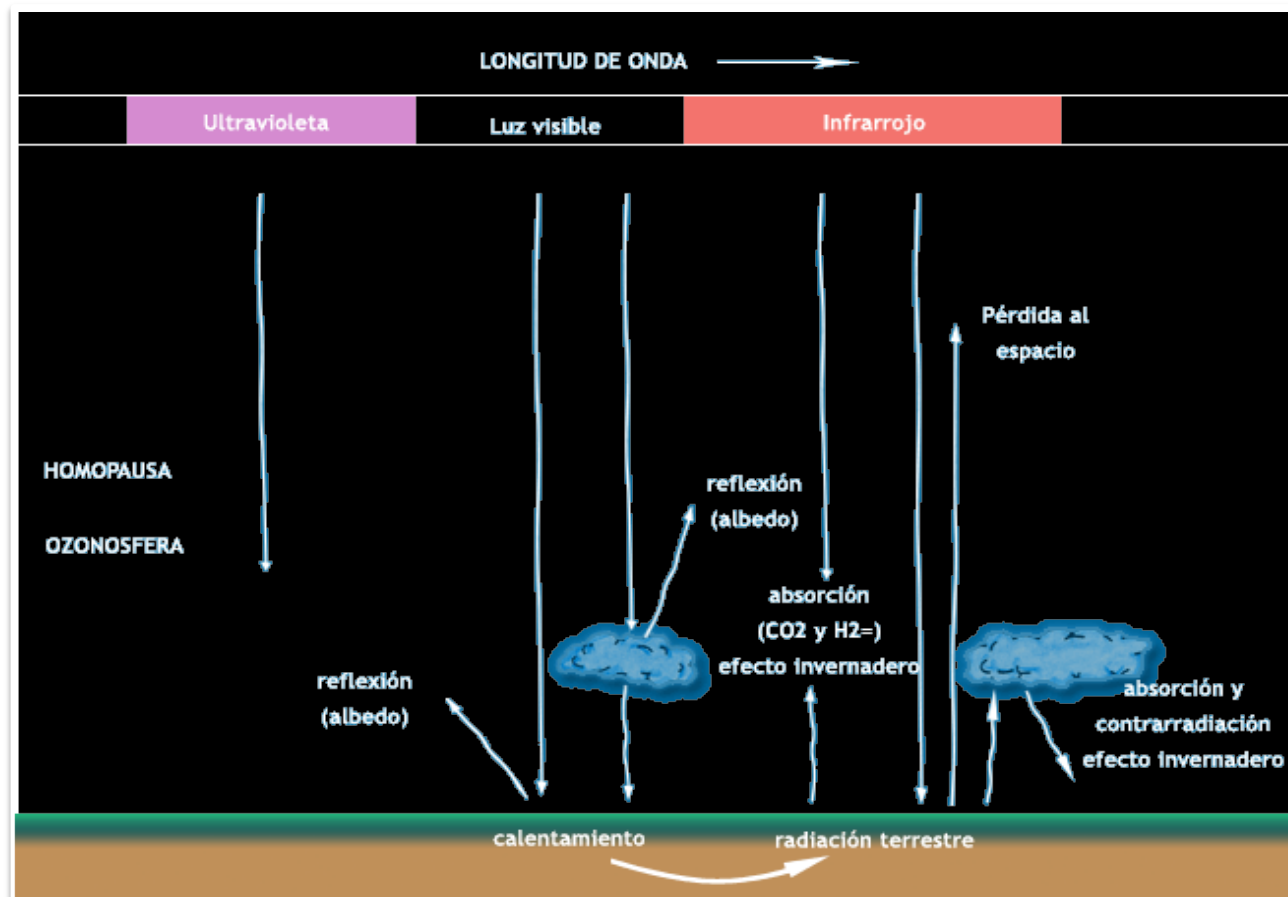


Absorbido por el H₂O_v y CO₂ → T. más caliente



Contra radiación

El calor que irradia de la Tierra es absorbido por la atmósfera (H_2O_v y CO_2). Al calentarse al aire, las capas más bajas de este, irradian hacia al suelo.

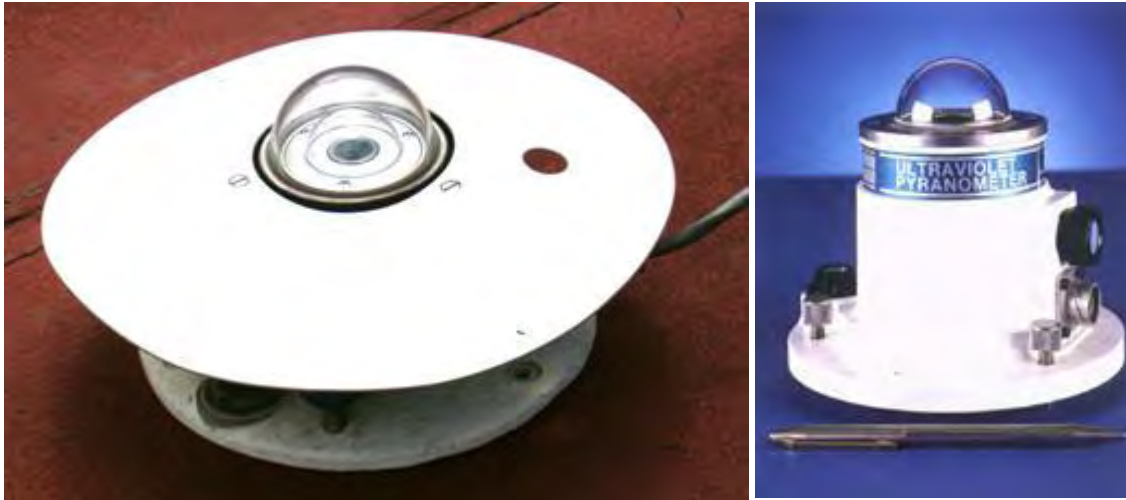


Fuente. Google Imagen (www.fiaelyelmo.com/fact_ambiente/atmosfera.htm)

INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LA RADIACIÓN SOLAR

Para medir la radiación solar se utilizan radiómetros solares como los piranómetros o solarímetros y los pirheliómetros. Según sus características pueden servir para medir la radiación solar global (directa más difusa), la directa (procedente del rayo solar), la difusa, la neta y el brillo solar.

Tipo de Instrumento	Parámetro de Medida
Piranómetro	i) Radiación Global, ii) Radiación directa, iii) Radiación difusa
Piranómetro Espectral	Radiación Global en intervalos espectrales de banda ancha
Pirheliómetro Absoluto	Radiación Directa (usado como patrón nacional)
Pirheliómetro de incidencia normal	Radiación Directa (usado como patrón secundario)
Pirheliómetro (con filtros)	Radiación Directa en bandas espectrales anchas
Actinógrafo	Radiación Global
Heliógrafo	Brillo Solar



Piranómetro, usado para medir radiación global

Piranómetro

Es el instrumento más usado en la medición de la radiación solar .

Mide la **radiación directa y difusa (global)** sobre una superficie horizontal, obtenida a través de la diferencia de calentamiento de dos sectores pintados alternativamente de blanco y negro en un pequeño disco plano. Además, tiene instalado una cúpula de vidrio óptico transparente para filtrar la radiación entre las longitudes de onda que oscilan aproximadamente entre 280 y 2.800 nm.



Pirheliómetro de cavidad Absoluta, serie PMO-6.

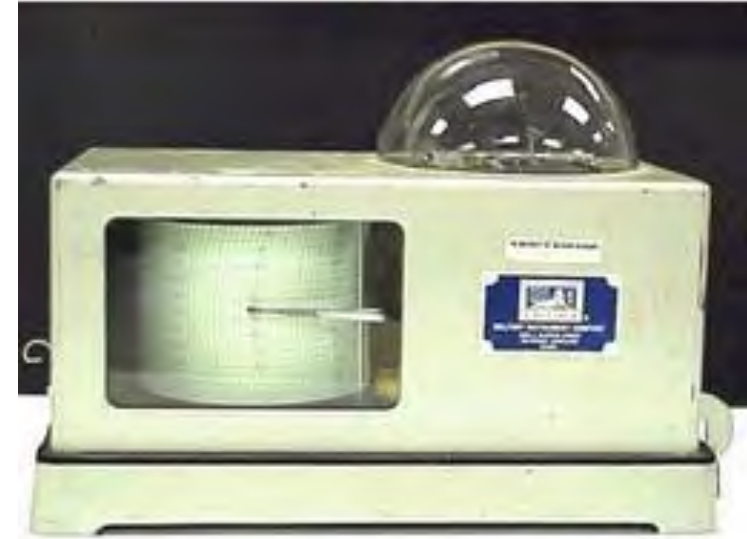
Pirheliómetros

Son instrumentos para la medición de **la radiación solar directa**.

Esto se consigue colocando el sensor normalmente en el foco solar, bien manualmente o bien sobre un montaje ecuatorial.

Pirheliógrafo

Se utiliza para medir la **radiación solar directa**, donde se registra la radiación que proviene de un ángulo sólido pequeño y que incide en una superficie plana normal al eje de este ángulo.



Actinógrafo

Funciona mediante un sensor termomecánico, protegido por una cúpula en vidrio. Esta conformado por un arreglo bimetalico de dos superficies, una pintada de color negro y la otra de blanco, que registra mediante el trazo de una gráfica colocada en un tambor de reloj los valores de la radiación solar global

Heliógrafo

Es un instrumento registrador que proporciona las horas de sol efectivo en el día (**insolación o brillo solar**). En este equipo el sol quema una cartulina graduada en horas, la cual está ubicada concéntricamente debajo de la esfera de vidrio.



Fuente: www.ideam.gov.co/files/atlas/radiacion.htm

TEMPERATURA DEL AIRE

Calor latente o **calor de cambio de estado**, es la energía absorbida por las sustancias al cambiar de estado, de sólido a líquido (calor latente de fusión) o de líquido a gaseoso (calor latente de vaporización).

Durante el cambio de estado la temperatura no se cambia

Calor latente de e fusión del agua : 334 J/g (80 cal/g);

Calor latente de vaporización del agua : 2272 J/g (540 cal/g).

Sublimación del hielo se produce cuando partículas de hielo, expuestas al ambiente frío y seco, son absorbidas por moléculas del Nitrógeno y Oxígeno del aire y forman vapor de agua.

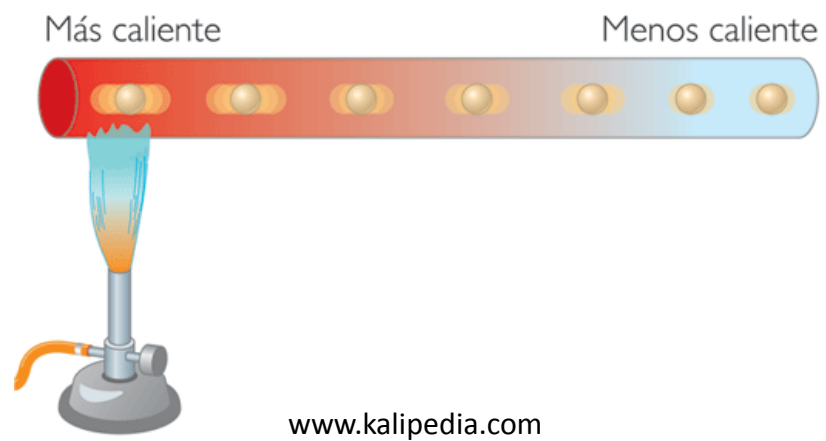
Formas de transmisión del calor

- Conducción
- Convección
- Turbulencia
- Radiación

Medio	Forma
Continentes	Conducción
Océanos	Conducción, Convección, Turbulencia
Atmósfera	Conducción, Convección, Turbulencia Radiación

Conducción

Mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia.



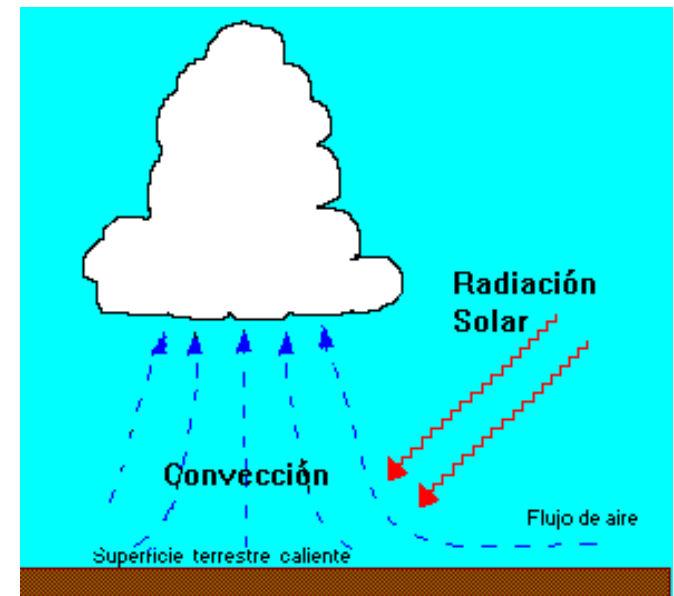
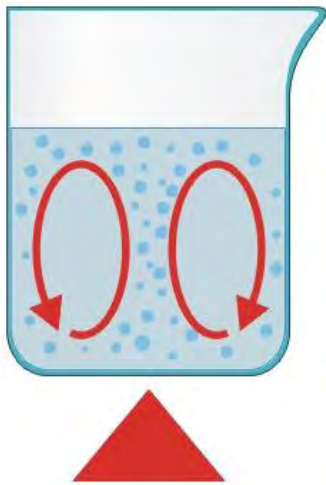
www.spitzer.caltech.edu

Convección

Se produce únicamente por medio de materiales fluidos

El transporte de calor por medio de las corrientes ascendente y descendente del fluido

Los fluidos al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, disminuyen su densidad y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior y que está a menor temperatura.

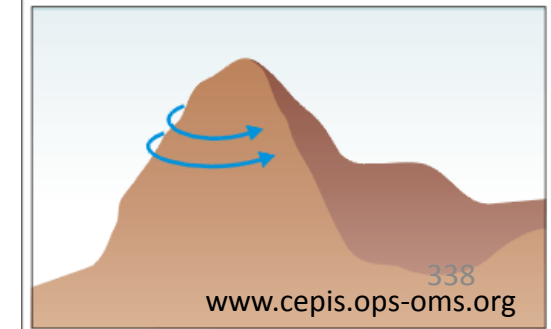
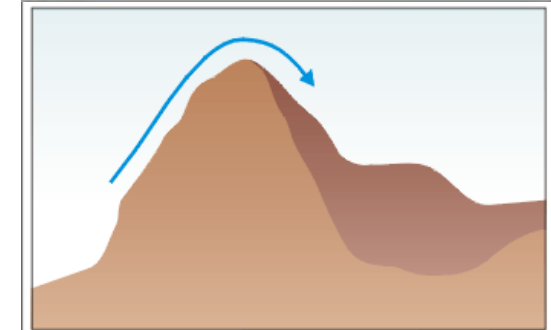
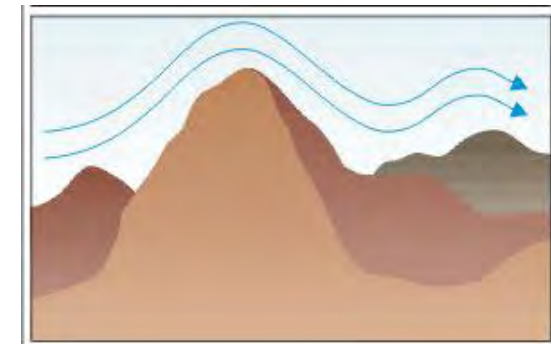
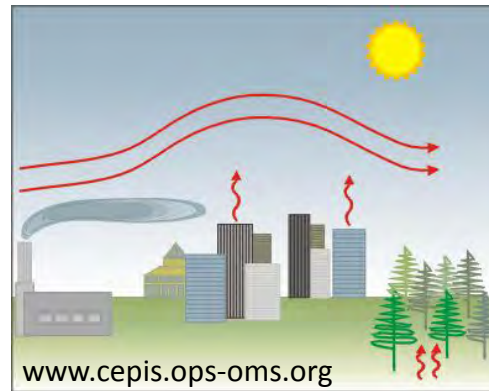
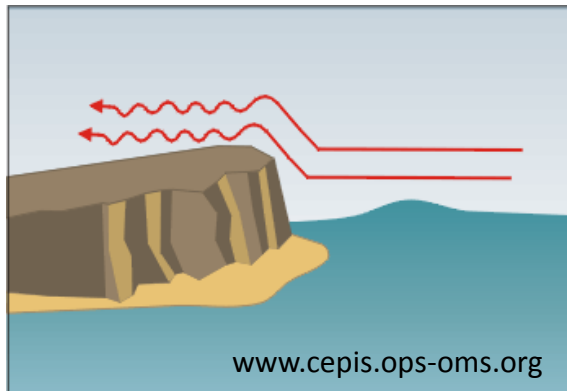


2. La atmosfera

1. Importancia, Composición, Propiedades, Estructura y Contaminación

Turbulencia

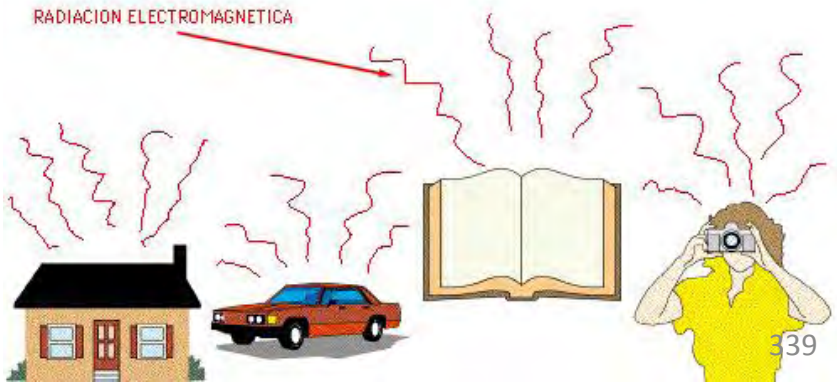
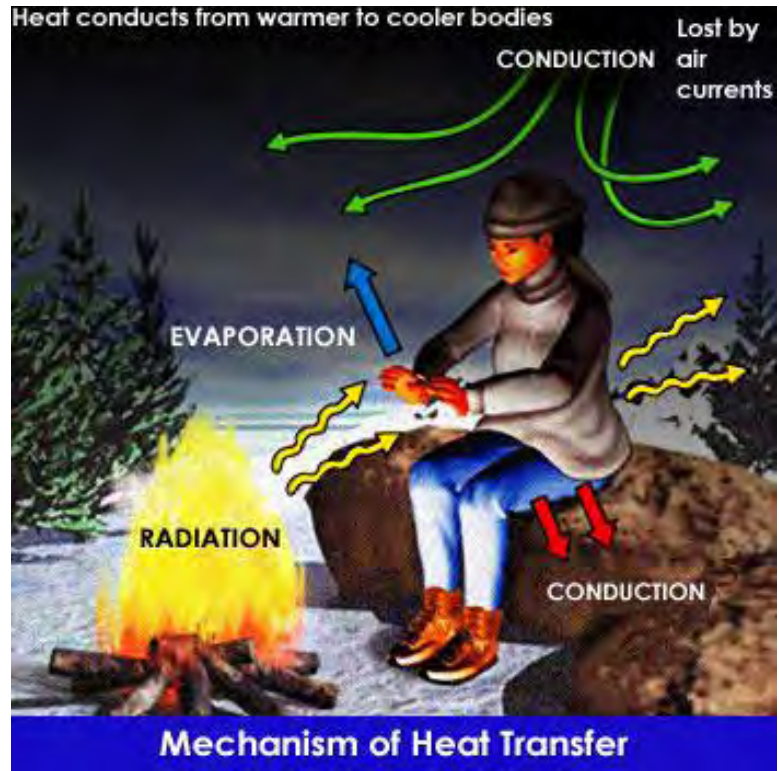
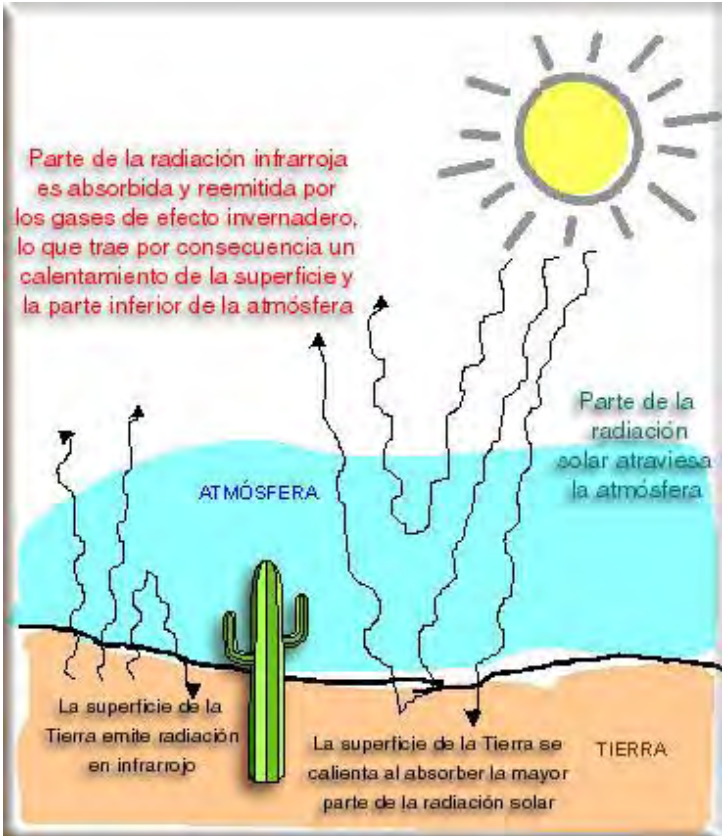
Movimiento desordenado de las partículas del aire, de origen mecánico (por fricción) que da lugar a que las partículas frías ocupen el lugar de las caldeadas y viceversa, se formando pequeños redemolinos de área limitada



5. La atmosfera
Propiedades – Temperatura y Calor

Radiación

Consiste en la transferencia de calor de un cuerpo a otro, sin que exista contacto entre ellos



Tareas sobre Radiación y calor

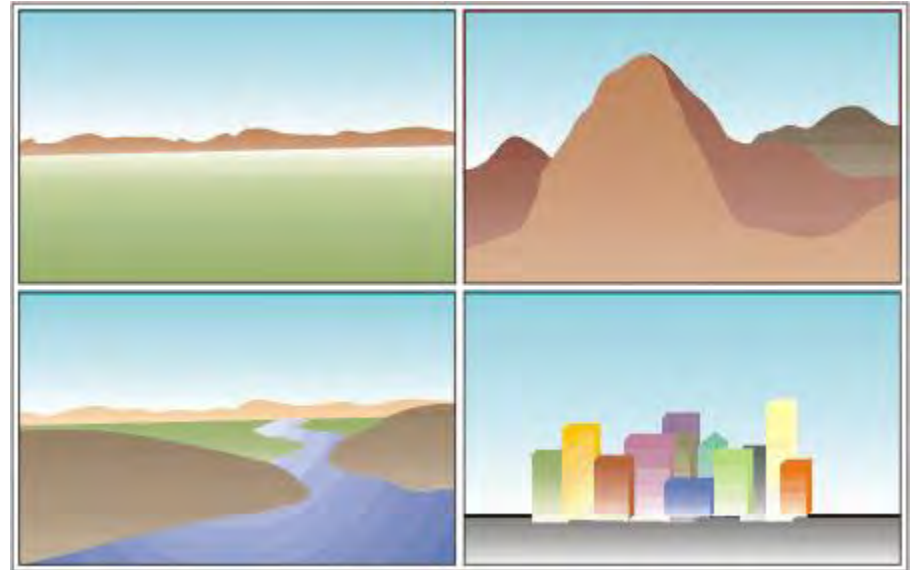
1. ¿Qué es energía radiante?
2. Defina: Temperatura y calor.
3. Explique “las ventanas de la atmosfera”?
4. Explique las figuras de las paginas 261-262, y 266?
5. Explique el balance calorífico entre la energía entrante y saliente
6. Defina albedo
7. ¿Qué es la contra radiación.
8. ¿Qué es calor latente?
9. De qué formas el calor puede ser transmitido? Explique cada una de ellas.

Factores que influyen en la temperatura

Tierra y mares
Latitud
Altitud

Tierra y Mares

Influencias topográficas



Los rasgos topográficos no sólo influyen **en el calentamiento** de la Tierra y del aire que la rodea sino también en **el flujo** del aire. Los rasgos del terreno, como se podría esperar, afectan sobre todo el flujo del aire **relativamente cercano** a la superficie terrestre.

Estos rasgos se pueden agrupar en cuatro categorías:

- plano,
- montaña/valle,
- tierra/agua y
- áreas urbanas

Terreno plano

Si bien una pequeña parte de la superficie terrestre es completamente plana. En esta categoría están incluidos los océanos, aunque tienen una textura de superficie, y los rasgos ligeramente ondulantes del terreno.



La turbulencia del viento sobre un terreno plano está limitada a la cantidad de accidentes de la superficie, ya sean naturales o hechos por el hombre.

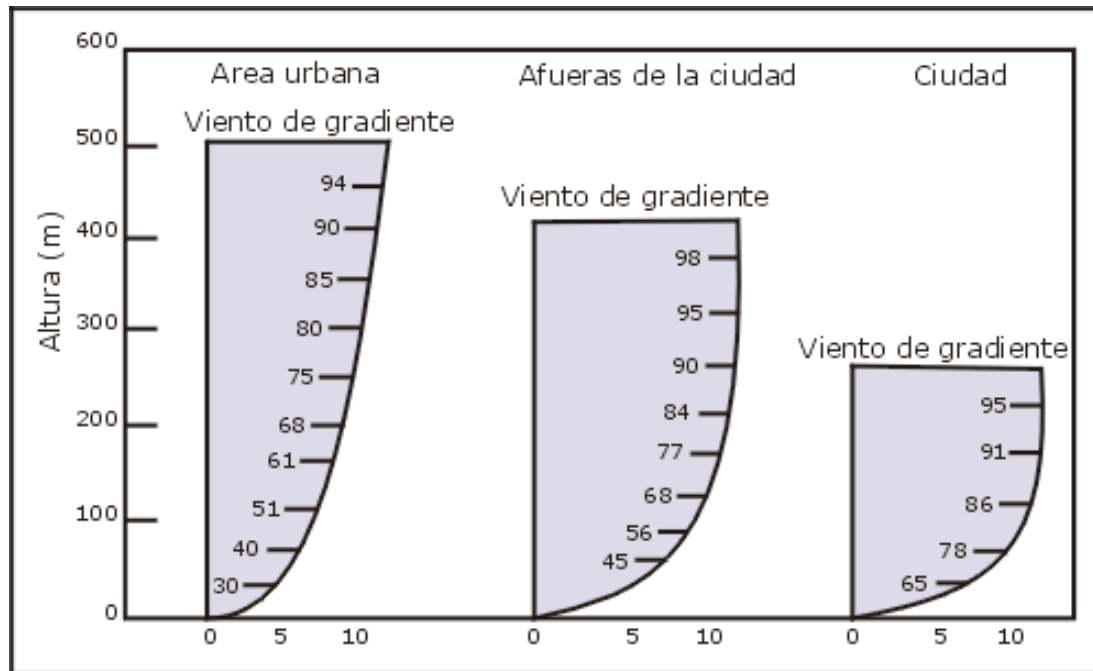
Elementos superficiales, desde los rasgos de superficies lisas con poca influencia friccional hasta los rasgos accidentados con amplia influencia friccional.

Llanura arcillosa, hielo
Mar en calma
Arena
Planicie, cubierta de nieve
Césped cortado
Césped bajo, estepa
Terreno plano y en barbecho
Césped alto
Bosques con árboles bajos
Bosques con árboles altos
Afueras de la ciudad
Ciudad

5. La atmosfera

Propiedades – Temperatura y Calor

La superficie de los terrenos inducen un **efecto friccional** en la velocidad del viento y producen el conocido **PERFIL DEL VIENTO CON ALTURA**.



Fuente: Turner, 1970.

La velocidad del viento aumenta con la altitud en cada uno de los tres tipos de terrenos representados.

Áreas con construcciones densas y edificios altos ejercen una fuerza friccional grande sobre el viento haciendo que **disminuya, cambie de dirección y se haga más turbulento.**

Por consiguiente, los vientos de gradiente (esto es, los que no se ven afectados por la fricción) alcanzan mayores altitudes cuando se producen sobre áreas urbanas que cuando lo hacen sobre el nivel del suelo.



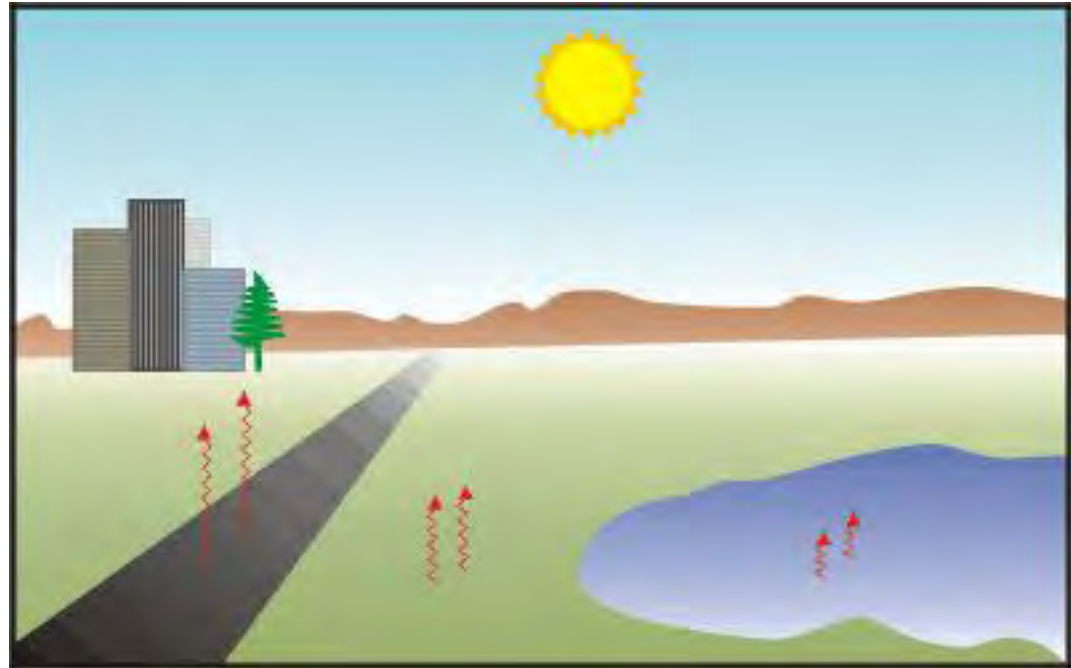
Google image: <http://www.travel-earth.com/brazil/sao-paulo.jpg>

TERRENO PLANO

La turbulencia térmica sobre un terreno plano se debe a rasgos naturales o producidos por el hombre.

El agua no se calienta tan rápidamente durante el día pero el concreto lo hace excepcionalmente bien.

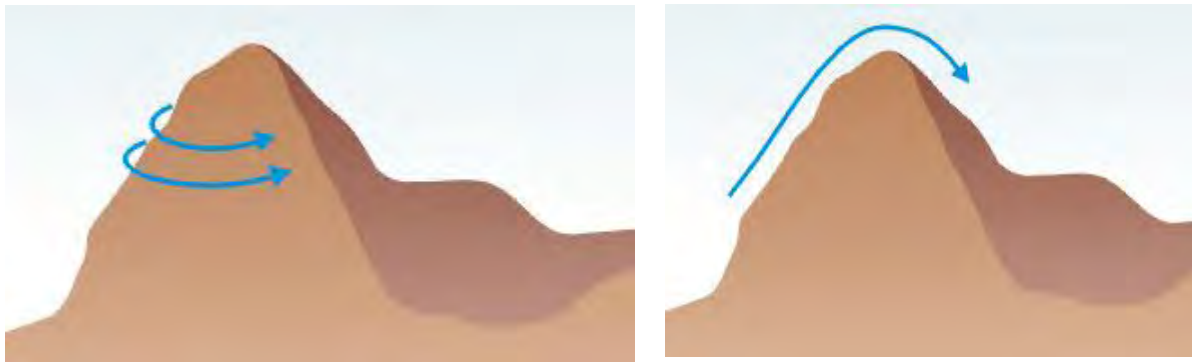
Durante la noche, el concreto libera grandes cantidades de calor al aire, el agua no. El aire se eleva sobre los objetos calentados en cantidades variables (convección).



TERRENO COMPLEJO → Montaña/valle

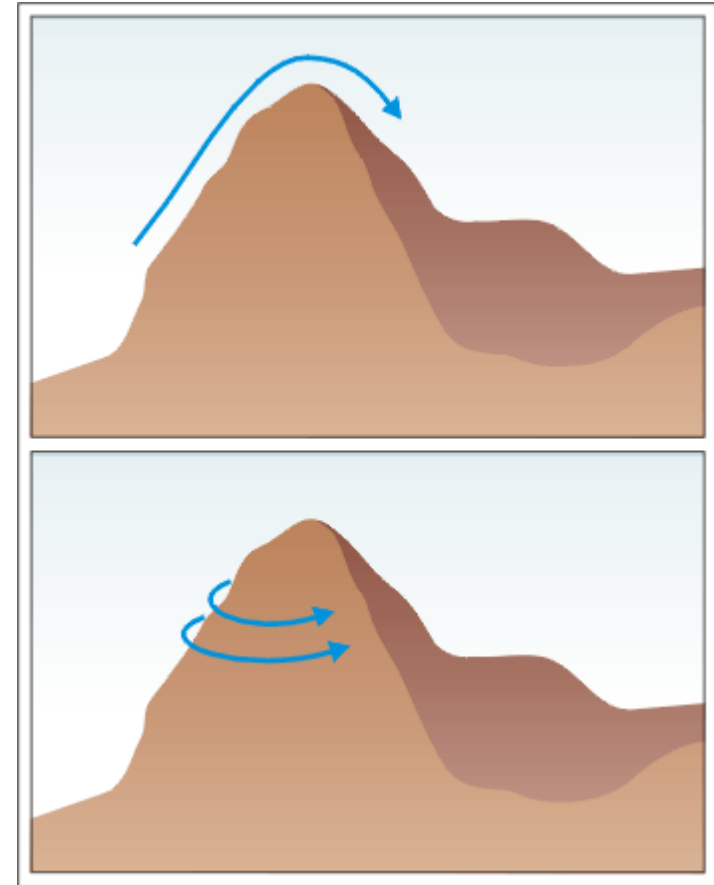
La turbulencia mecánica en terrenos con montañas y valles depende del tamaño, la forma y la orientación de los rasgos.

una sola montaña sobre un terreno plano,
un valle profundo entre montañas,
un valle en terreno plano o
una cordillera.



El aire tiende a elevarse sobre un obstáculo que se presenta en su camino y una parte trata de abrirse paso por los diferentes lados. Si una inversión de temperatura elevada (aire cálido sobre aire frío) cubre la mayor elevación, entonces el aire tratará de encontrar su camino por los costados de la montaña. Cuando el flujo de aire es bloqueado, se produce un entrampamiento o recirculación del aire.

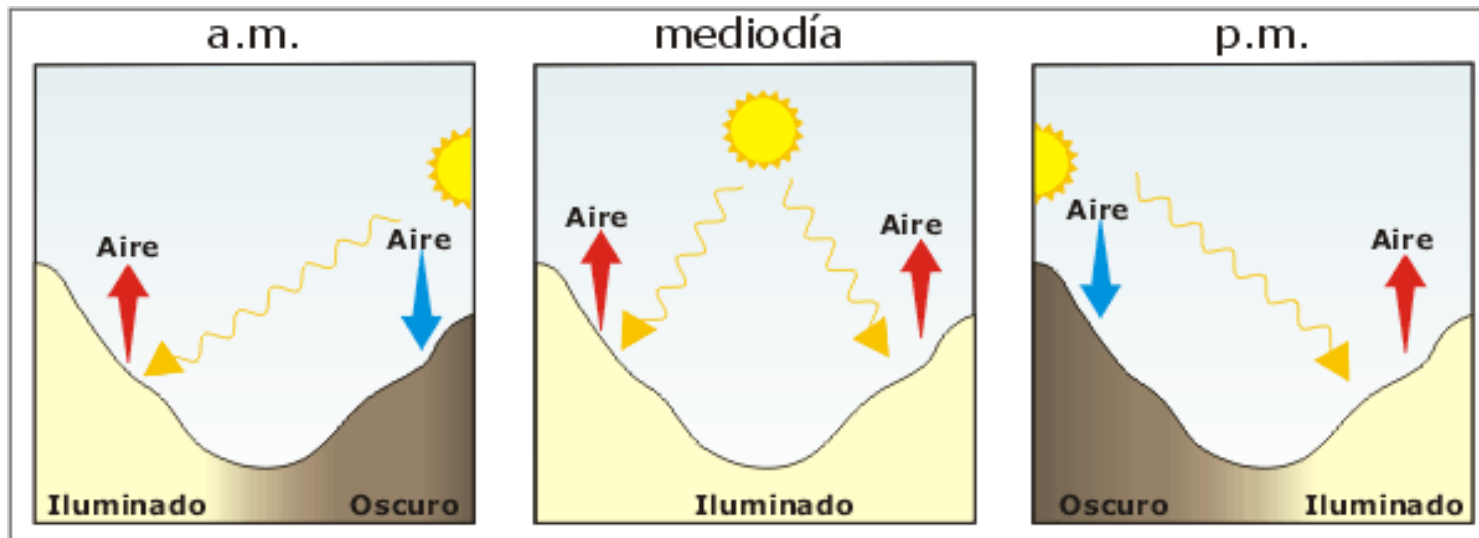
Durante **la noche**, los cerros y las montañas producen flujos de **vientos descendientes** porque el aire es más frío en grandes elevaciones. Por lo general, los vientos descendientes son ligeros. Sin embargo, bajo condiciones correctas, se pueden producir vientos más rápidos.



La turbulencia térmica en un terreno con montañas y valles también guarda relación con el tamaño, la forma y la orientación de los rasgos.

Las montañas y los valles se calientan de manera desigual debido al movimiento del sol en el cielo.

Por la mañana, el sol calienta e ilumina un lado de una montaña o valle. El otro lado todavía está oscuro y frío. El aire se eleva sobre el lado iluminado y desciende sobre el oscuro. Al mediodía, "cae" sobre ambos lados y los calienta. Al final de la tarde, la situación es similar a la de la mañana. Después de la oscuridad, a medida que el aire se enfría debido al enfriamiento radial, el aire desciende al valle desde las colinas más altas.

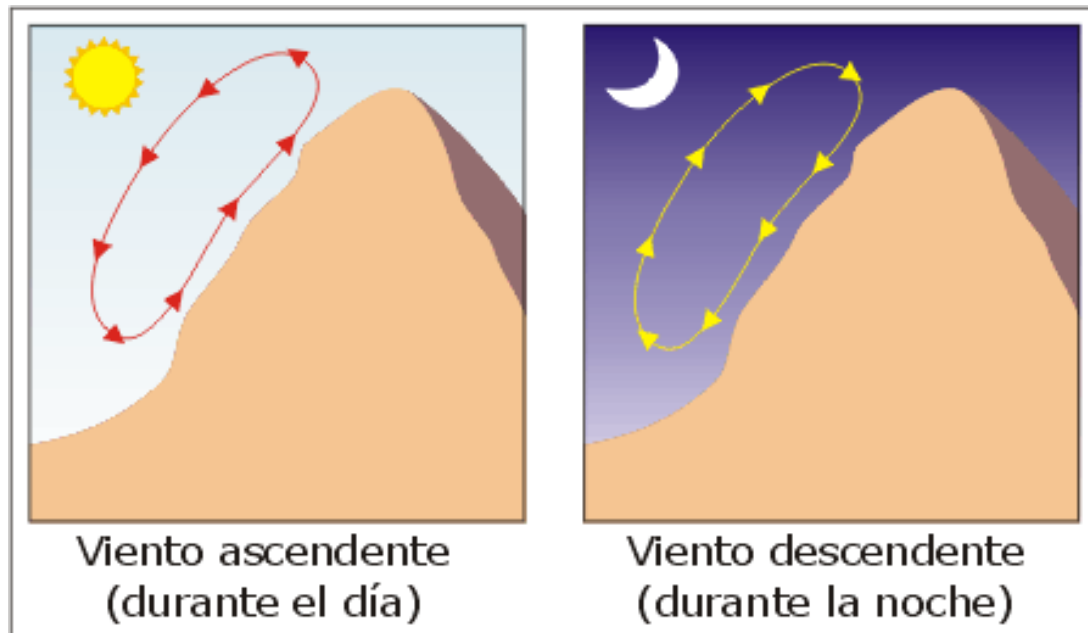


Turbulencia térmica en el valle (el aire se eleva cuando la Tierra se ilumina)

Vientos descendentes y ascendentes que se producen durante el día y la noche.

En un valle, los vientos descendentes se pueden producir en las pendientes opuestas del valle, lo que determina que el aire frío y denso se acumule o deposite en el suelo. Este aire frío se puede descender hacia el valle y causar el movimiento del aire debido al drenaje de aire frío. Además, como el aire frío desciende al suelo del valle, el aire en altura se vuelve más cálido.

Esto da lugar a una inversión de temperatura que restringe el transporte vertical de los contaminantes del aire.



El otro efecto del calentamiento se debe a las características del suelo

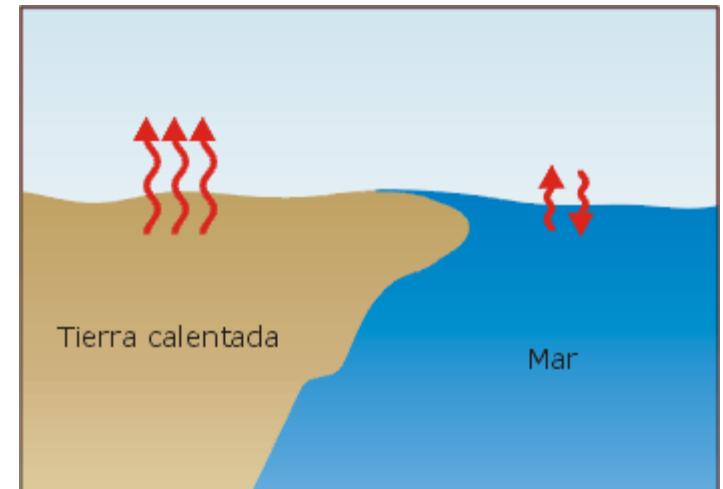
Las áreas cubiertas por árboles se calentarán menos que las pendientes rocosas o los terrenos llanos.

Interfaz de Tierra/agua

La tierra y el agua no sólo presentan superficies con accidentes de diferentes características, sino también distintas propiedades de calentamiento.

La tierra y los objetos que se encuentran sobre ella se calentarán y enfriarán rápidamente; el agua lo hace lentamente.

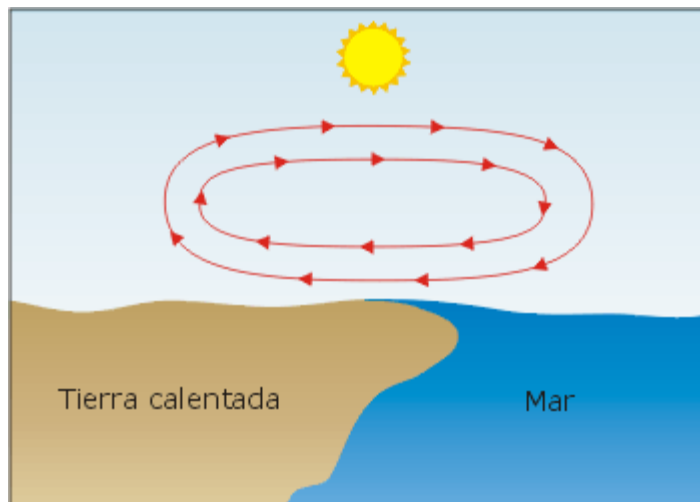
Las temperaturas del agua no varían mucho de un día a otro o de una semana a otra. Experimentan cambios estacionales, con un retraso máximo de 60 días.



Mientras el sol brilla sobre la interfaz Tierra/agua, la radiación solar penetra varios pies a través del agua. Por otro lado, la radiación solar que cae sobre la Tierra sólo calentará las primeras pulgadas. Además, mientras el sol brilla sobre la superficie acuática, se produce la evaporación y cierto calentamiento. La capa delgada del agua cercana al aire se enfría debido a la evaporación y se mezcla con la pequeña capa superficial calentada. Esta mezcla mantiene la temperatura del agua relativamente constante.

Debido a estas diferencias en el calentamiento entre el mar y los continentes se forman las brisas (presión diferencial sobre la tierra y el agua).

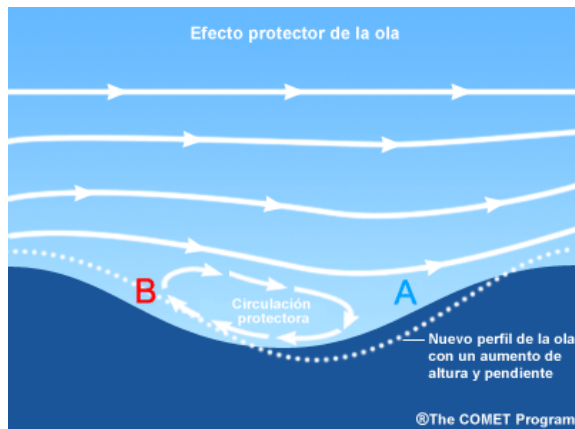
Las velocidades del viento en una brisa terrestre son ligeras; mientras que las velocidades del viento en el mar pueden ser muy aceleradas.



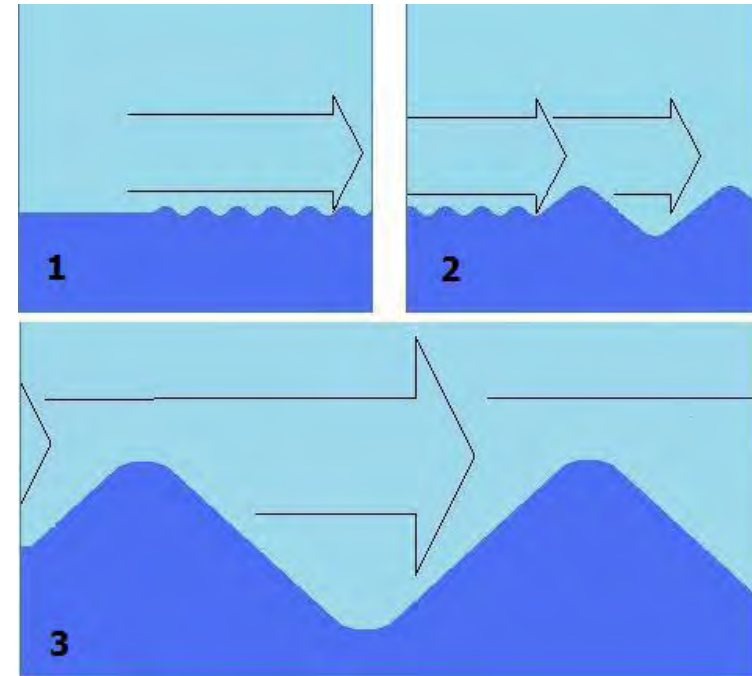
5. La atmosfera

Propiedades – Temperatura y Calor

La superficie del agua es bastante sensible al flujo del aire. A medida que aumenta la velocidad del viento, la superficie del agua se altera y se forman olas. Cuando los vientos fuertes causan olas, la superficie del agua deja de ser tan calma como cuando había viento ligero. Debido a este cambio, el flujo del aire cambia de dirección con la creciente influencia friccional (mayor turbulencia). La magnitud del cambio de dirección depende de la del contraste de accidentes en la superficie.



www.meted.ucar.edu



(1) El viento fricciona con la superficie del agua y provoca micro-olas (2) El viento que continua soplando en la misma dirección hace mas altas las olas lo que a la vez hace que tengan más superficie para que el viento las siga haciendo crecer. (3) Las olas seguirán creciendo mientras se mantenga el viento en la misma dirección.

(fuente: www.sitiosolar.com)

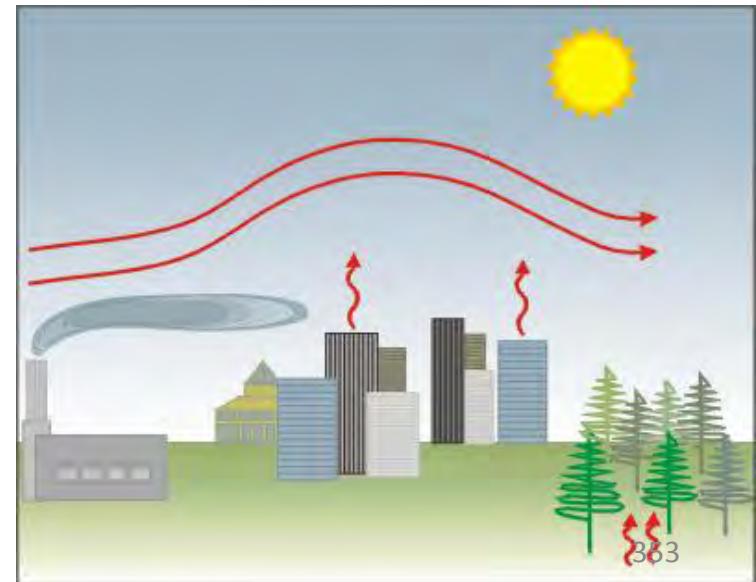
Áreas urbanas

En las áreas urbanas la influencia térmica domina la de los componentes friccionales.

Materiales de construcción como el ladrillo y el concreto absorben y retienen el calor de manera más eficiente que el suelo y la vegetación de las áreas rurales. Cuando el sol se pone, el área urbana continúa irradiando calor desde los edificios, las superficies pavimentadas, etc. El aire que este complejo urbano calienta, asciende y crea un domo sobre la ciudad. Este fenómeno se llama **efecto de la isla calórica**.

La ciudad emite calor durante toda la noche, cuando el área urbana empieza a enfriarse, sale el sol y empieza a calentar el complejo urbano nuevamente.

La turbulencia mecánica sobre las áreas urbanas es muy parecida a la que se produce en un terreno complejo. Los edificios, separados y en conjunto, alteran el flujo del aire: mientras más altos sean, más aire se distribuye. Además, las áreas públicas canalizan y dirigen el flujo de maneras intrincadas.



Influencia de la Altitud

La temperatura del aire se debe principalmente a la radiación calorífica del suelo. La compresión o expansión que sufre el aire también influye en la variación de la temperatura

Si comprimes el gas, el trabajo mecánico de la compresión se convierte en calor y produce aumento de la temperatura

Si el aire asciende va disminuyendo su presión y, por lo tanto, se expande y se enfría

El valor del gradiente térmico de estas variaciones con la altura depende de varias circunstancias:

- temperatura del suelo,
- liberación del calor latente por condensación del vapor de agua
- velocidad que se mueve el aire

5. La atmosfera
 Propiedades – Temperatura y Calor

Influencia de la Latitud

La cantidad de calor que llega a la tierra varía con la latitud, por que depende de la altura del Sol en el horizonte y de la diferente inclinación con que los rayos inciden en la superficie terrestre.

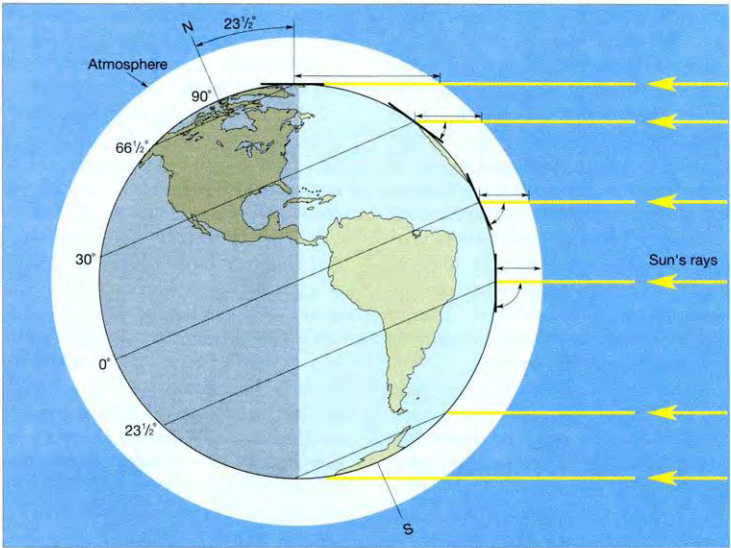
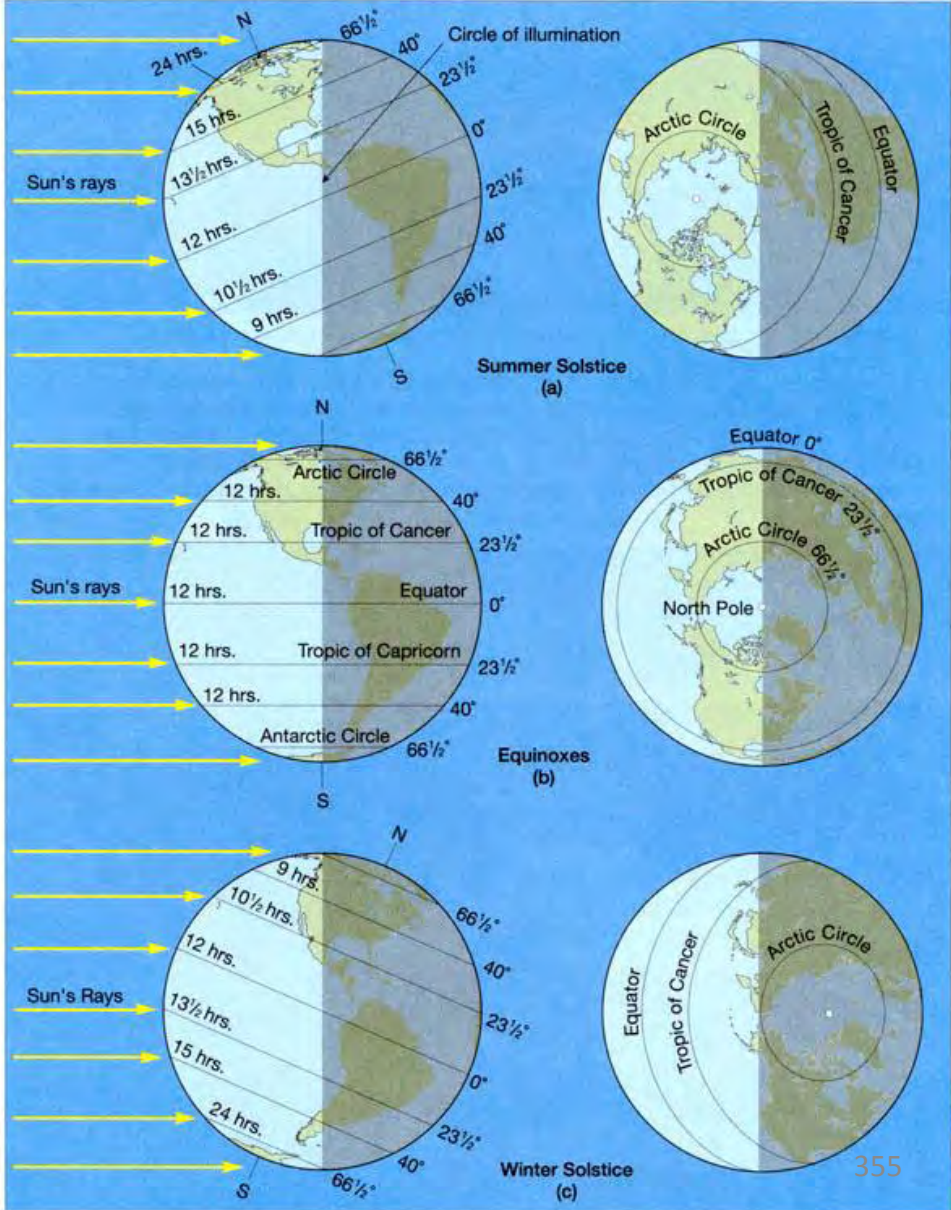


Figure 2•2 Rays striking the earth at a low angle must traverse more of the atmosphere than rays striking at a high angle and thus are subject to greater depletion by reflection and absorption.

Figure 2•5 Characteristics of the solstices and equinoxes.



5. La atmosfera

Propiedades – Temperatura y Calor

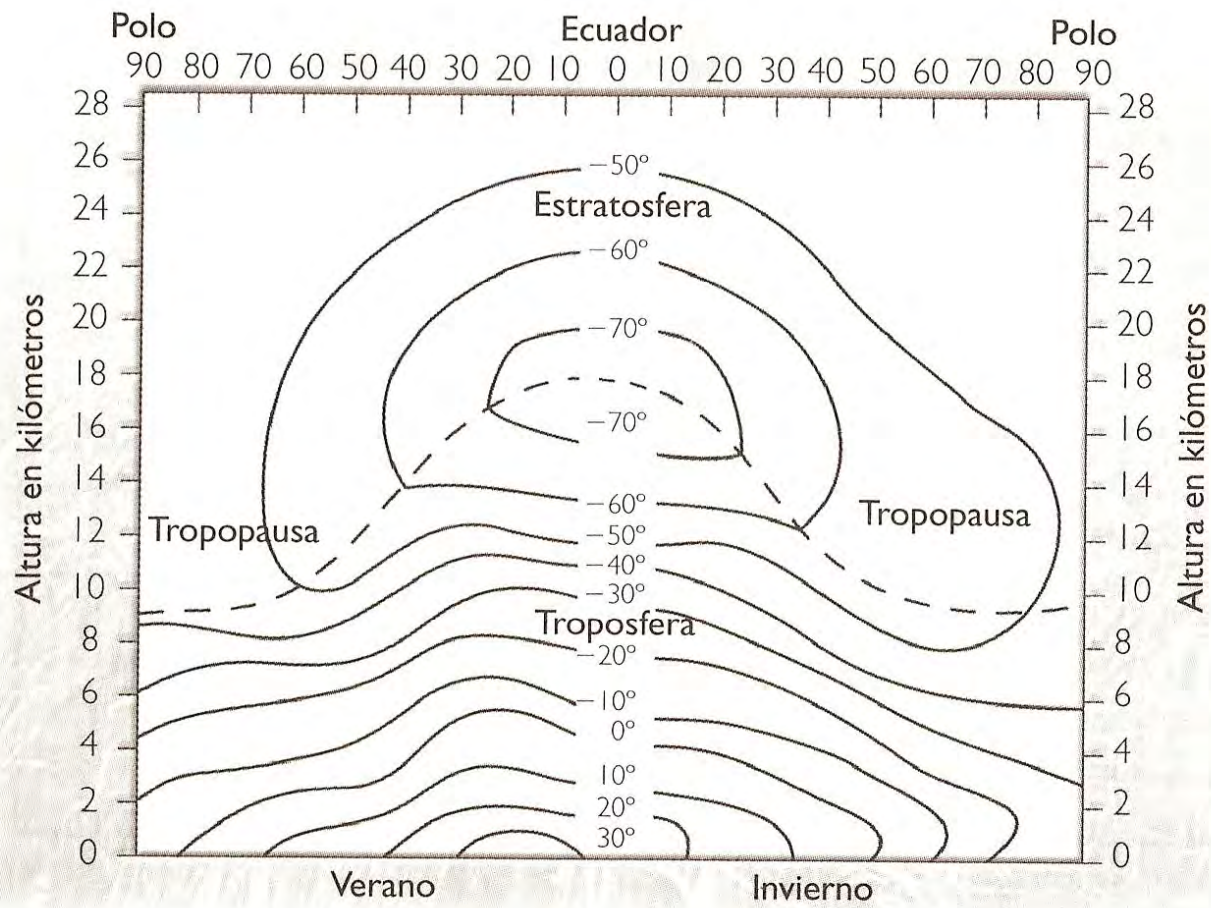
A medida que la incidencia es más vertical (ecuador) es mayor la cantidad de energía recibida por cm^2 , pero cuando la incidencia es oblicua (polos), los rayos se distribuyen en una menor superficie y corresponde a menor cantidad de calor por cm^2 .



En la zona ecuatorial la radiación incidente de onda corta es superior a la saliente → esto se compensa con el calor transportados por los vientos y corrientes marinas



5. La atmosfera
Propiedades – Temperatura y Calor



Distribución de la temperatura con la altura y la latitud, según Lorente.
El Hemisferio Norte es más cálido que el hemisferio Sur. Los océanos y las costas orientales son más templadas que las occidentales; esto se debe a las corrientes marinas y a los vientos (fuente: Ayrlon, 2003)

5. La atmosfera

Propiedades – Temperatura y Calor

En las latitudes medianas y altas es importante el calor transportados por los ciclones y anticiclones

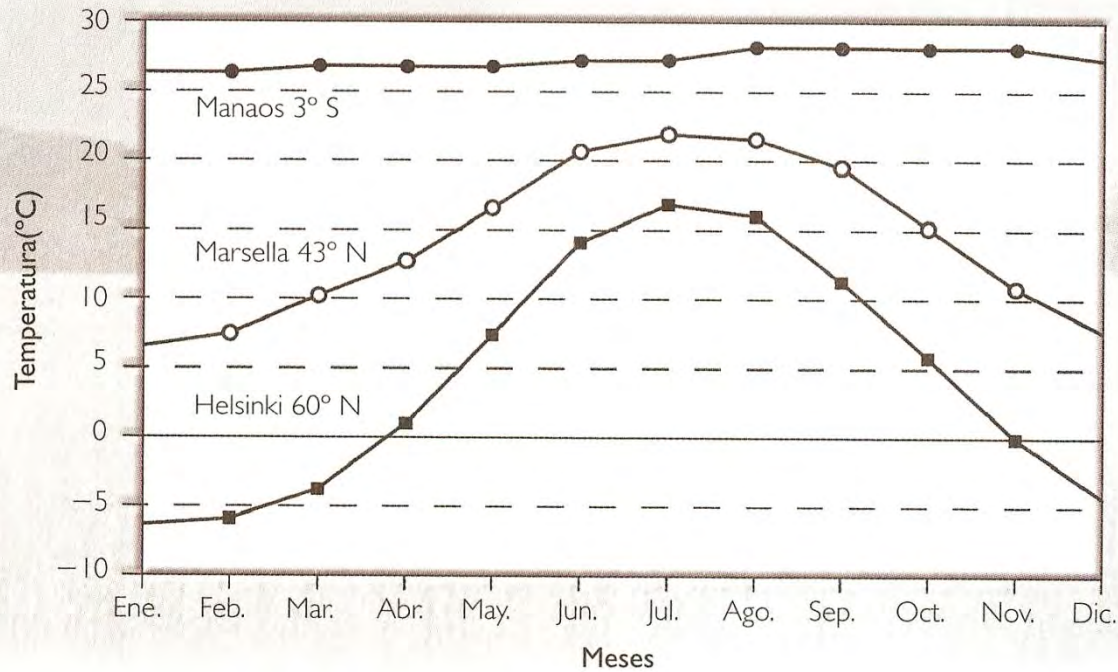


Figura 4.2. Variación de la temperatura con la latitud. Gráfica de temperatura de ciudades de alta y baja latitud.

Helsinki (Filandia);
Manaus (Brasil) y
Marseille (Francia)

Oscilación térmica anual

Debido a la translación de la Tierra, en el transcurso del año varia la posición del sol en respecto del planeta.



Oscilación térmica anual

Durante los meses cálidos, el número de horas de insolación es mayor, por lo tanto la cantidad de calor recibido es mayor que la perdida por irradiación al espacio y aumenta la temperatura a medida que transcurre el verano.

Durante los meses de invierno se reciben menos insolación, por que los rayos solares inciden con mayor inclinación, la perdida de calor es mayor que la recibida y se acentúa el resfriamiento invernal

5. La atmosfera
Propiedades – Temperatura y Calor

En la bajas latitudes son mínimas la oscilación anual y máxima en las zona polares

Oscilación térmica diaria

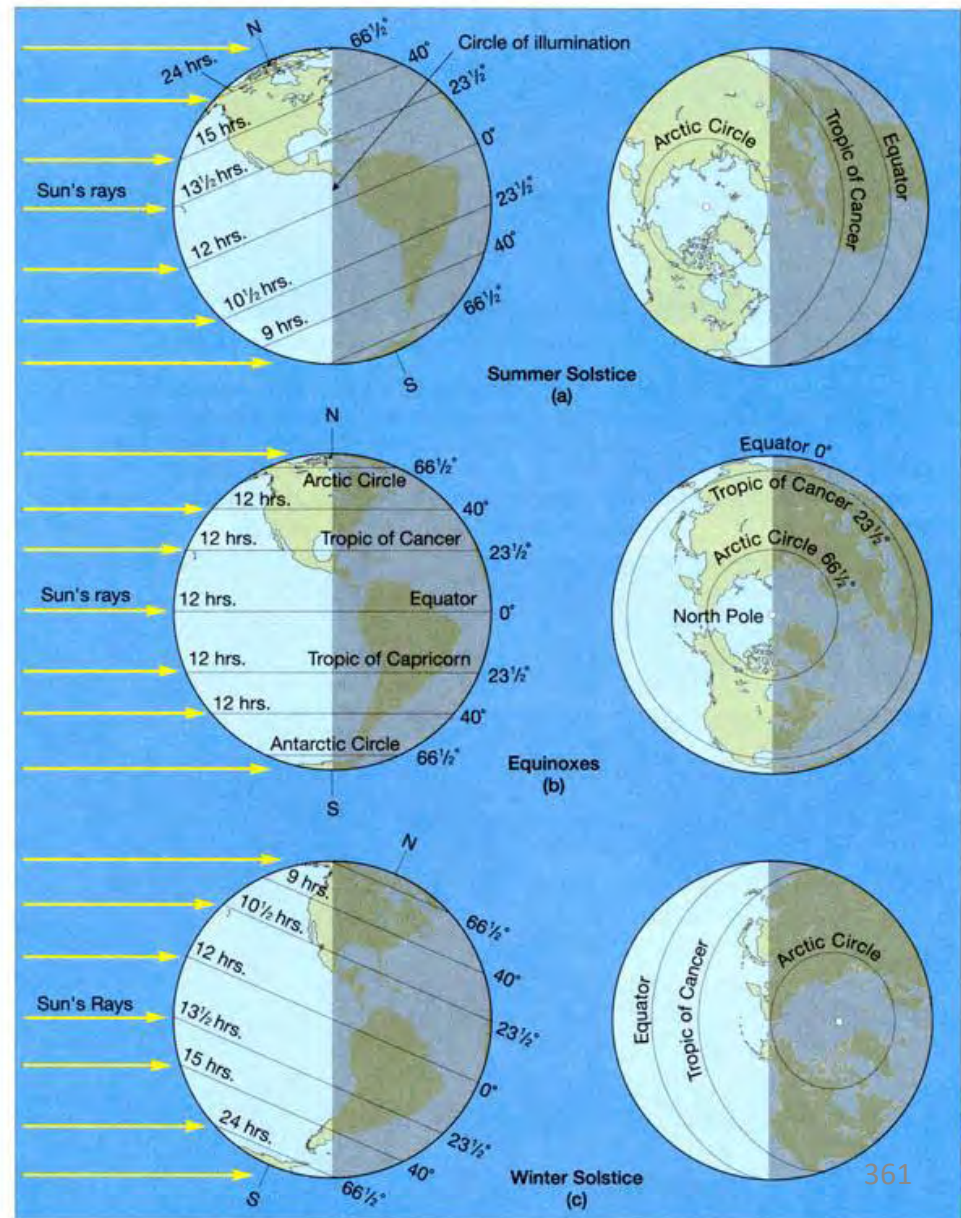
Seria la diferencia entre la temperatura máximas e mínimas durante el día

Causas:

(a) Latitud geográfica

En la región ecuatorial la duración del día e de la noche tienen casi la misma duración

Figure 2•5 Characteristics of the solstices and equinoxes.



En las cercanías de los polos , durante el verano el sol no se oculta, el calentamiento es casi constante, por lo tanto la oscilación diaria es casi 1°C .

En las latitudes medianas la oscilación es en media de $10 -15^{\circ}\text{C}$, y es mayor en el verano



Fuente: ase.tufts.edu

(b) Influencia de los continentes y océanos

El calor que llega en el suelo se propaga por conducción, como la tierra es mala conductora de calor, el efecto no es perceptible más allá que unos pocos metros de profundidad, por lo tanto se calienta más rápido y se resfría más rápido

En los océanos la radiación penetra unos 300 m de profundidad, su calentamiento y resfriamiento es lento

El agua tiene mayor calor específico que la tierra, por lo que su temperatura calienta y resfría lentamente, y varía muy poco, en relación a la superficie

La presencia de **humedad en el aire marítimo** y la **sequedad del ambiente terrestre** contribuyen para que la diferencia entre los dos sea más notable.

La zonas costeras poseen climas más regulares, menor oscilaciones, por los vientos húmedos y templados de origen oceánicas

(c) Altitud

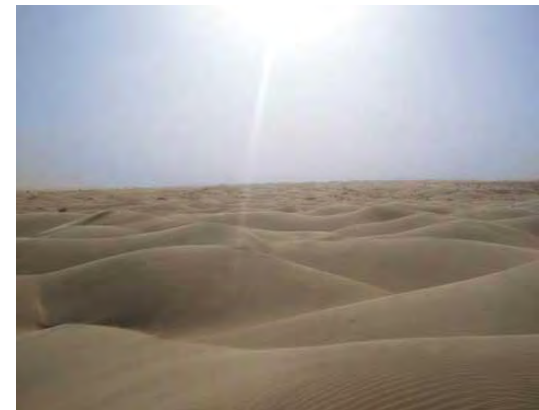
La oscilación térmica diurna disminuye con la altura por que la radiación del calor del suelo es menor, *pero solo en regiones de montañas.*

En **mesetas y altiplanos** el suelo ejerce grande influencia en la temperatura, **fuerte oscilación térmica diaria**

(d) nubosidad

Al interceptar la radiación solar, **la nubosidad hace disminuir la oscilación diaria**

En los desiertos sin nubosidad o partículas que absorban la radiación, la oscilación térmica diaria es grande



(e) Particularidades locales

La naturaleza del suelo,
condiciones topográfica,
Vegetación, etc.



Modifican al calentamiento influyen en la
magnitud de la oscilación diaria

(f) Estaciones del año

Zonas polares, la oscilación diurna es poco apreciable en todas las estaciones del año

5. La atmosfera
Propiedades – Temperatura y Calor

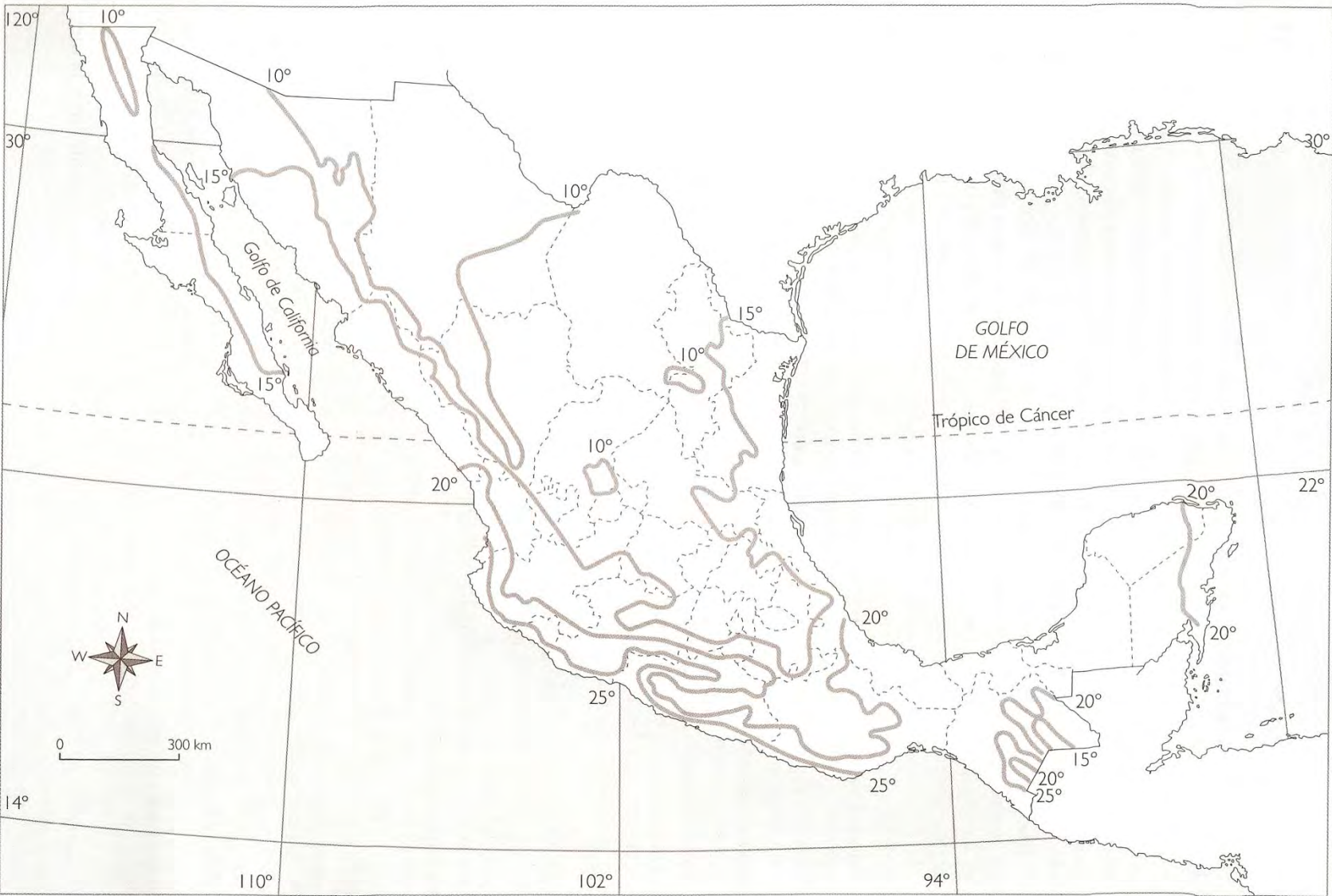


Figura 4.5a. Mapa de isotermas de invierno (enero) en la República Mexicana.

5. La atmosfera
Propiedades – Temperatura y Calor

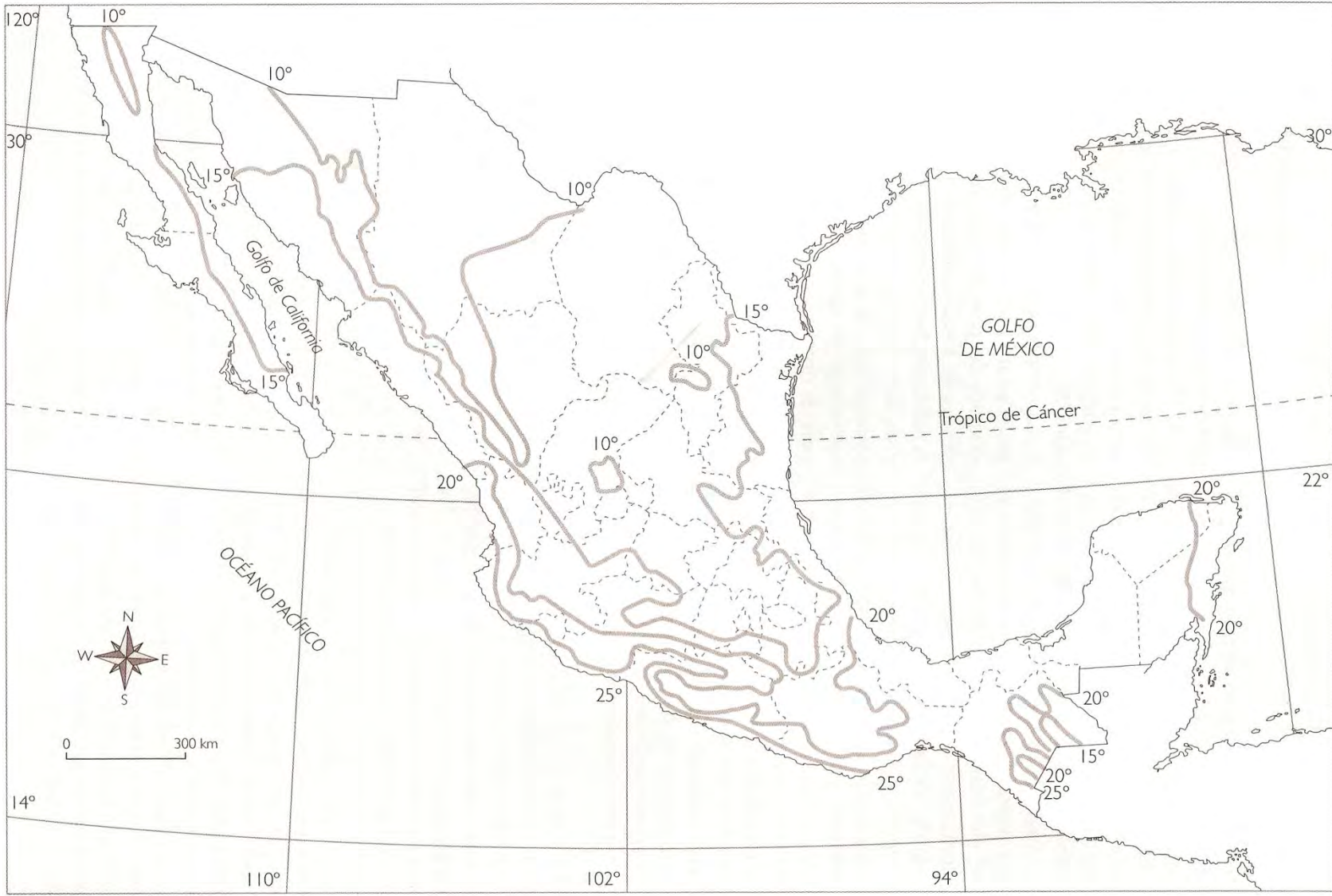


Figura 4.5a. Mapa de isotermas de invierno (enero) en la República Mexicana.

5. La atmósfera
Propiedades – Temperatura y Calor

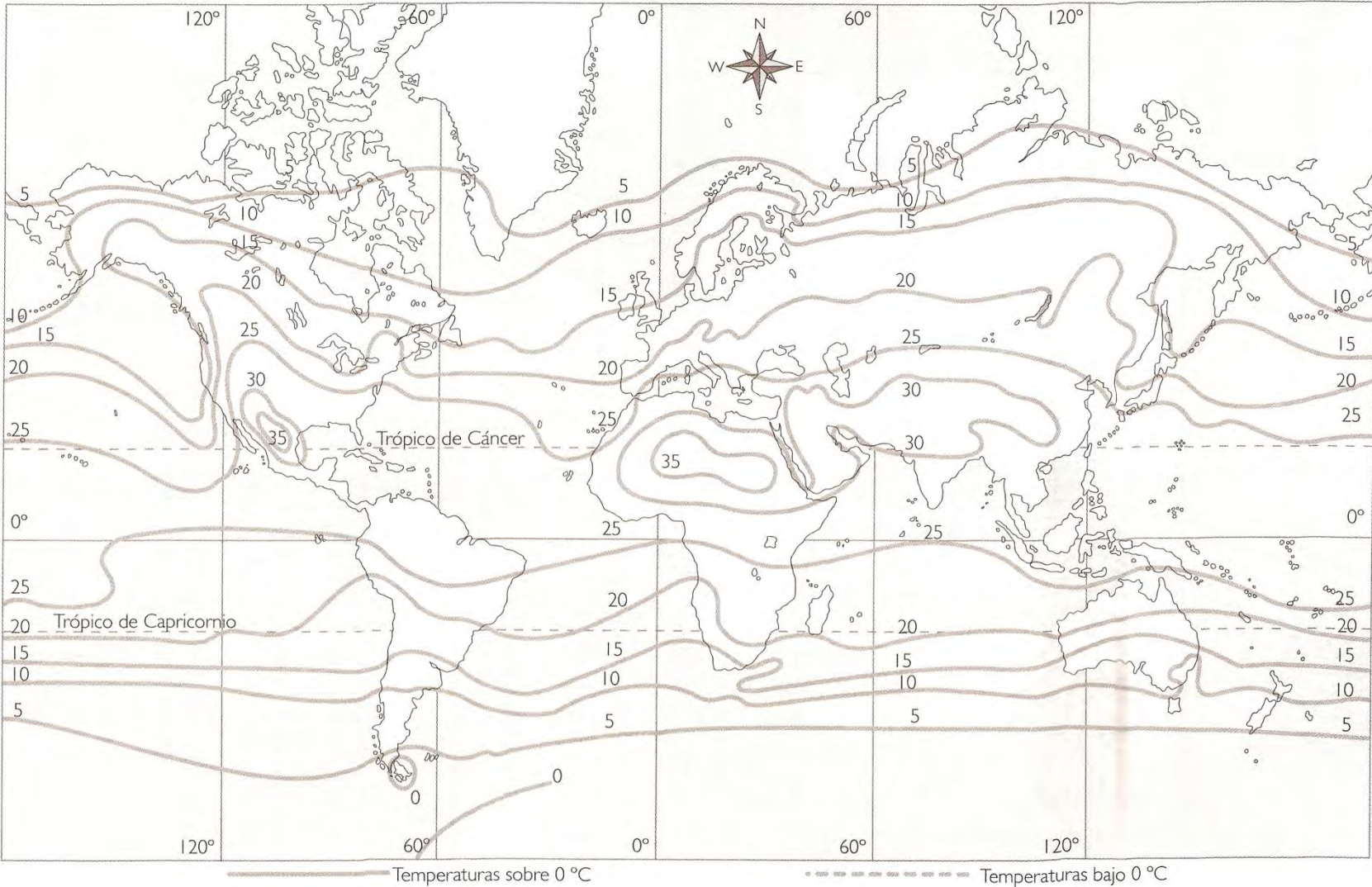


Figura 4.4b. Isotermas de verano (julio).

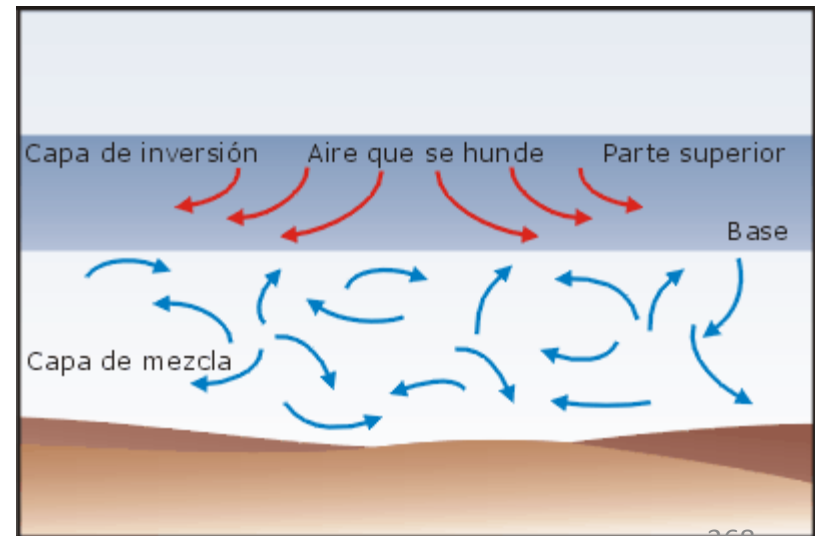
Inversiones de temperatura

Inversión de irradiación

En la troposfera la temperatura disminuye con la altitud, si embargo es común observar una capa de aire cercano al suelo, antes de la salida del sol, con la temperatura aumentando hacia arriba. Esta inversión se origina por la irradiación nocturna de la superficie terrestre, en el cual el calor va se propagando hacia arriba con el consecuente resfriamiento de la capa de aire más prójimo al suelo.

Inversión de Subsidencia

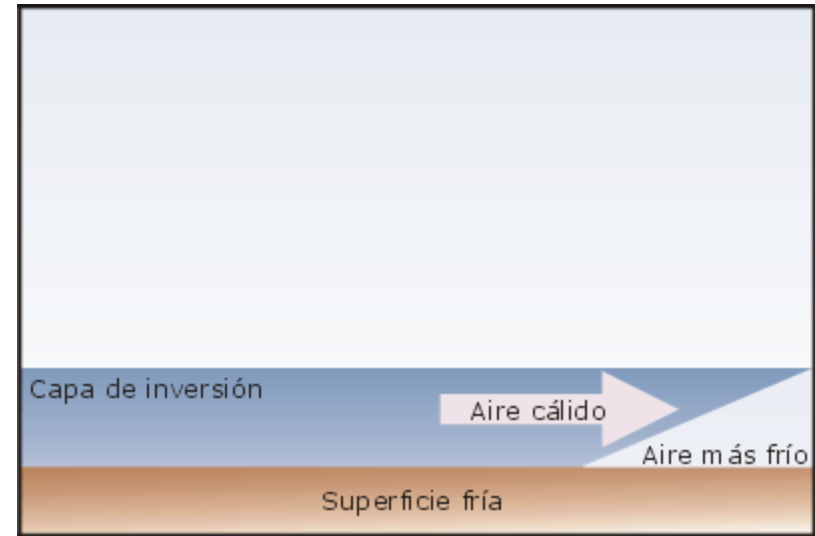
Cuando en áreas de AP (anticiclónica) algunas capas de aire experimentan un aplastamiento motivado por movimientos descendentes. Al bajar el aire aumenta la presión del mismo y se calienta y resulta un estrato de aire con mayor temperatura que los inmediatamente debajo de él.



Inversión por advección de flujo de aire cálido horizontal

Cuando el aire cálido se mueve horizontalmente sobre una superficie fría, los procesos de conducción y convección enfrían el aire más cercano a la superficie y conducen a una inversión basada en la superficie.

Este tipo de inversión es más común durante el invierno, cuando el aire cálido pasa sobre una superficie cubierta de nieve o extremadamente fría.

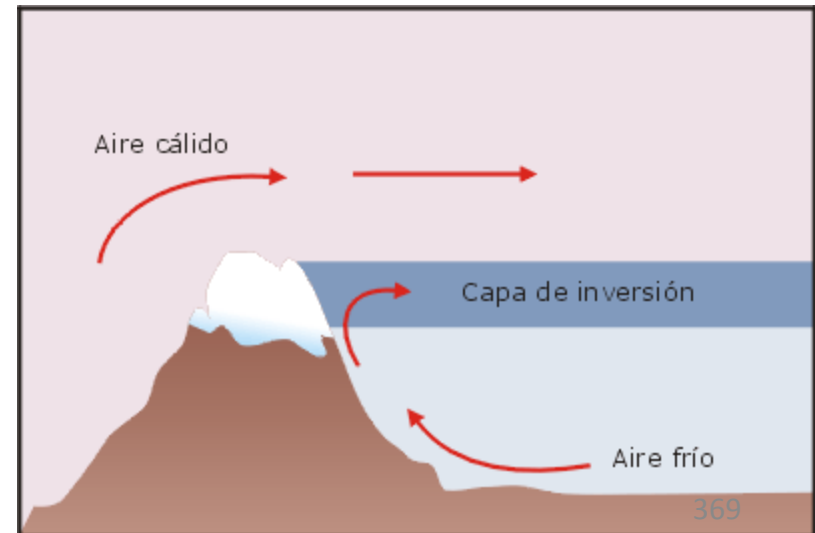


Inversión Advención de montañas

Se produce cuando el aire cálido es impulsado sobre la parte superior de una capa de aire frío.

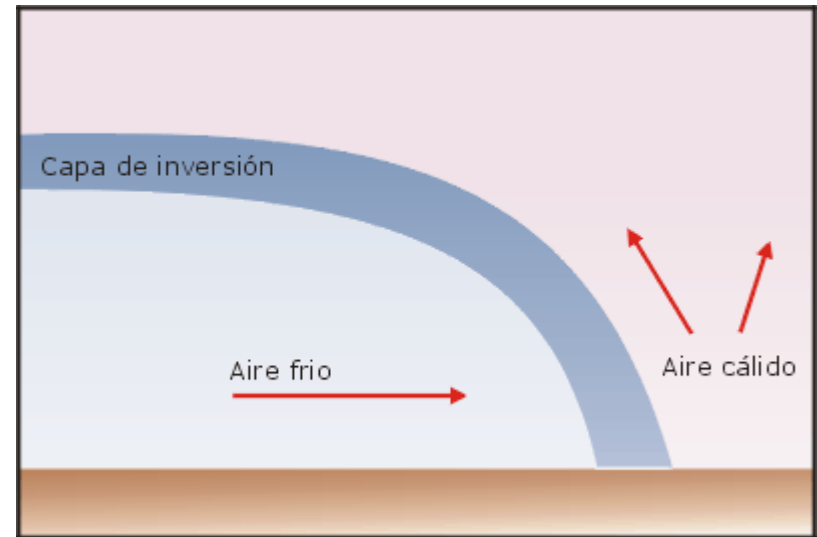
Este tipo de inversión es común en las pendientes del este de las cordilleras, donde el aire cálido del oeste desplaza al aire frío del este.

Estos tipos de inversiones son verticalmente estables pero pueden presentar vientos fuertes bajo la capa de inversión.



Inversión Frontal

Al chocar dos masas de aire de diferentes temperaturas, la caliente, se desplacia hacia Arriba de las más fría



Cuando se produce una inversión térmica a bajo nivel y la capa en contacto con el suelo está alrededor de 0°C , se produce n las heladas

Simbología utilizada para representar las frentes



Frente fría



Frente cálida



Frente ocluida



Frente estacionaria

Líneas indicadoras de temperaturas en cartas geográfica

Isotermas → unen los puntos que corresponden **la misma temperatura**

Isolatermas → unen puntos de **igual variación térmicas**, entre la temperatura del momento de la observación y la registrada tres horas antes. Indican la variación de la temperatura del aire en el transcurso del tiempo.

Isanómalas → unen los puntos de **igual anomalía térmica**, es decir, la diferencia entre el valor normal para la misma época del año.

Promedios de la temperatura

La magnitud depende de la latitud, altitud, y época del año.

La temperatura media diaria, es el promedio de las temperaturas obtenidas a cada hora en el transcurso e 24h. Se puede indicar también las máximas y las mínimas observadas, y las medias mensuales.

temperaturas medianas normales, son promedio de varios años (>10). Esto es útil para definir el clima local

El calor es la cantidad absoluta de energía absorbida por un cuerpo; y
La temperatura es la unidad de medida de esta cantidad de energía

Conversión de temperatura

Para convertir de una escala en Celsius:

$$C = K - 273$$

$$C = (F - 32) * (5/9)$$

Para convertir de una escala en Kelvin :

$$K = C + 273$$

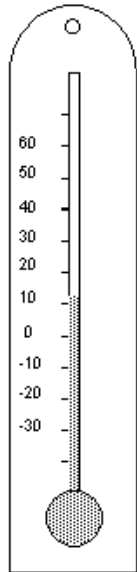
$$K = (F + 459.67) * (5/9)$$

Para convertir de una escala en Fahrenheit

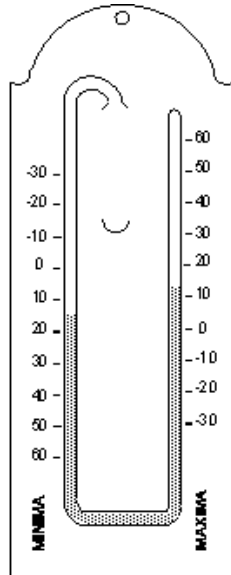
$$F = (^\circ C \times 9/5) + 32$$

Las observaciones meteorológicas de la temperatura

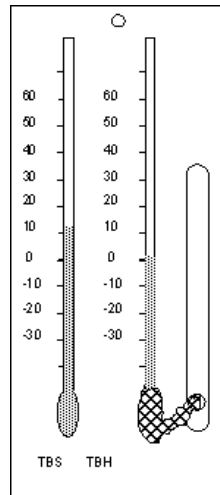
El Termómetro y el termógrafo



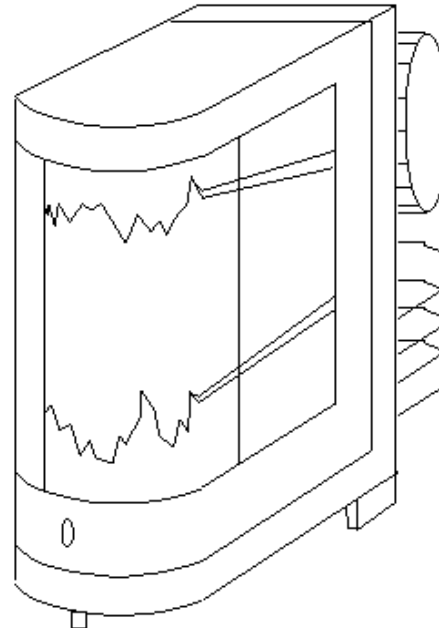
TERMOMETRO
CONVENCIONAL



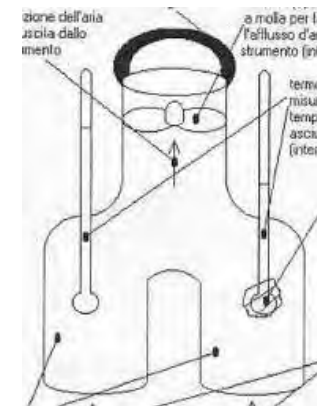
TERMOMETRO DE
MAXIMA Y MINIMA



HIGROMETRO



TERMOHIGROGRAFO



El psicrometro de Assmann, es en forma de "Y" de inox (para reducir el cambio térmico) con un ventilador para facilitar la entrada del aire

HUMEDAD DEL AIRE

Se entiende por humedad la cantidad de vapor presente en el aire

Humedad absoluta → Es la cantidad de gramos de vapor del agua existente en un **metro cúbico de aire**. Constituye la densidad de vapor de agua existente en el aire

Humedad específica → Es la cantidad de gramos de vapor del agua contenidos en un **kilogramo de aire húmedo**. Es una mezcla de aire seco y vapor de agua.

Humedad relativa → Es la relación, expresada en porcentaje, **entre la cantidad de vapor del agua realmente existente en la atmósfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura**. Esta relación se obtiene a partir de la tensión máxima de saturación

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{Tensión real de vapor}}{\text{Tensión de saturación a la temperatura del aire}} \times 100$$

Como la **capacidad de contención de vapor del aire aumenta si la temperatura se eleva**, resulta que la humedad relativa varia de acuerdo con la temperatura, sin que esas variaciones signifiquen necesariamente que ha variado la cantidad real de vapor de agua existente en el aire

El concepto de humedad relativa tiene importancia en la climatología porque es un factor en la determinación de los tipos de clima

Para cada temperatura hay un límite de cantidad de vapor de agua que el aire puede contener en estado gaseoso; pasado dicho límite se dice que el aire se encuentra saturado.

Temperatura °C	-20	-10	0	10	20	30
Gramos de vapor de agua /m ³	0.9	2.3	4.9	9.4	17.2	30.1
Tensión máx de v. agua en mm Hg	0.8	2.0	4.6	9.1	17.4	31.5

Tensión del Vapor de Agua

Es la parte de la presión atmosférica que **corresponde al vapor de agua existente en el aire** en un momento dado.

Si mide como presión total en mmHg.

Cuando el vapor de agua llega a su tensión máxima (saturación del aire) de acuerdo con la temperatura existente se inicia la condensación del vapor excedente

Si aumenta la cantidad de vapor de agua el excedente se condensa (nubes, niebla, rocío)

La tensión de vapor depende de la temperatura:
Mayor temperatura → mayor tensión de vapor

Variaciones de la Humedad

Aumento de la temperatura → aumenta la capacidad del aire contener vapor



En las horas y mese más soleadas es cuando la vaporización es más intensa



cantidad de vapor y tensión de vapor son mayores

Temperatura de punto de Rocío

Es la temperatura a cual es necesario enfriar el aire para lograr su **saturación constante**.

La temperatura de rocío **siempre es menor que la ambiente** y solo podrán ser iguales cuando el aire está saturado.

En el aire que asciende, la temperatura de rocío va disminuyendo aproximadamente 0.17°C por cada 100 metros

El ciclo del agua en la atmosfera

El agua se evapora mediante absorción de calor y se condensa liberando calor; el hielo para a estado liquido liberando calor, cuando sublima del vapor para solido libera calor

Por cada 1 gramo de agua que se evapora, se absorbe cerca de 600 calorías

Por cada g de agua que se congela, liberan 680 calorías

5. La atmosfera
Propiedades – Ciclo del agua



Evaporación

Factores que favorecen la rapidez de la **evaporación**:

Las elevadas temperaturas
El aire muy seco
Los movimientos fuertes

Calor latente de vaporización

Es la cantidad **de calor necesario para que vaporice un gramo** de masa de **agua pura**

Saturación

Es la cantidad máxima de vapor de agua que se puede estar contenida en un volumen de aire a cierta temperatura

Procesos que conducen a saturación del aire

Enfriamiento —————> Radiación nocturna, expansión y contacto con superficies frías

Agregación de vapor de agua —————> { Evaporación de superficies acuosas;
Evaporación de precipitaciones
Mezcla con aire más húmedo

Proceso de Enfriamiento

Por radiación nocturna

Proceso lento que afecta los primeros niveles de la atmosfera. Al disminuir la insolación la superficie comienza a enfriarse

Puede dar lugar a la inversión térmica → impide movimientos verticales

Cuanto la temperatura del aire se iguala a del **punto de Rocío** , con la humedad concentrada en las capas más bajas se produce la condensación y se forman las nieblas

Temp. necesario p/
enfriar el aire para
lograr su **saturación**.



www.librodearena.com

Proceso de Enfriamiento

Por radiación contacto con superficies frías

Se produce cuando el aire se mueve hacia regiones de menor temperatura que la suya. Si el aire es suficientemente húmedo, al enfriarse puede llegar a punto de rocío y se logra saturarse y, posteriormente la formación de nieblas.



Condensación

Acumulación de moléculas de vapor de agua en forma de pequeñas gotitas de agua, que forman nubes, niebla o rocío

Cuando el aire se enfría abajo del punto de rocío, las gotitas de agua se condensan sobre **núcleos de condensación** contenido en el aire.

Núcleos de condensación son partículas de sustancias higroscópicas (partículas de sal, cenizas volcánicas y hollín; con diámetro alrededor de 1 μm)

Cuando la temperatura del aire a que la esta producido la condensación es muy baja, el vapor se sublima directamente en cristales de hielo

Tensión del Vapor de Agua

Cuando el vapor de agua llega a su tensión máxima (saturación del aire) de acuerdo con la temperatura existente se inicia la condensación del vapor excedente

Las observaciones meteorológicas de la humedad

El Termómetro con bulbo seco y húmedo; Psicrómetro

$$f = f' - 0.00066 H(t-t')$$

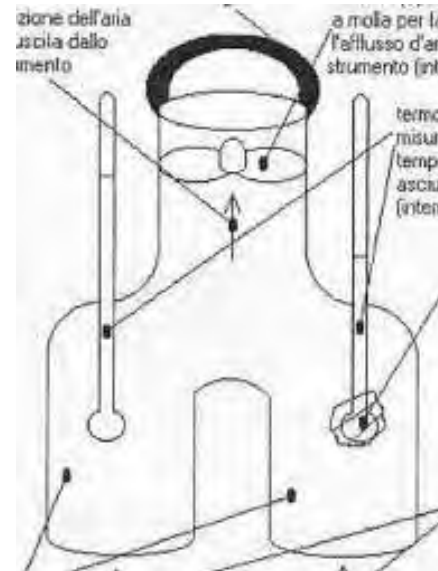
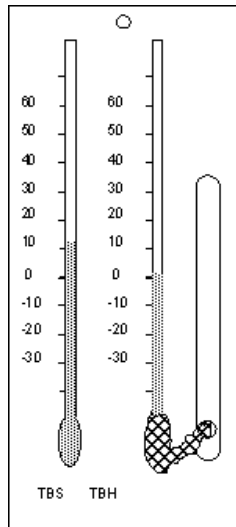
f = tensión de vapor que se busca

f' = tensión de saturación a t'

t = temperatura del termómetro seco

t' = temperatura del termómetro húmedo

H = presión media del lugar



El psicrómetro de Assmann, es en forma de "Y" de inox (para reducir el cambio térmico) con un ventilador para facilitar la entrada del aire

Nubosidad

La formas de condensación del vapor son: nubes, nieblas y rocío

Nubes

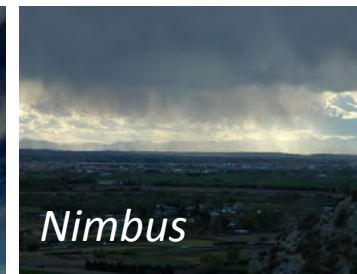
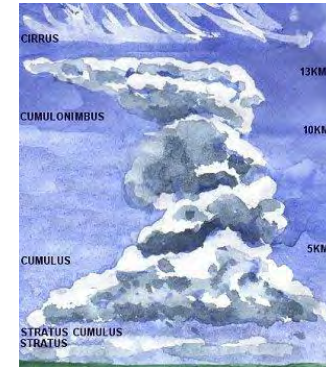
Son conjuntos de pequeñas gotas de agua o de partículas diminutas de hielo suspendidas en la atmosfera. Estas gotitas tiene diámetros e 20 a 30 μm y pueden permanecer en la forma liquida a una temperatura -10°C (*subenfriada*), bajo esta temperatura se forma cristales de hielo.

Cirrus : Nube fibrosa

Stratus: Nube en capa

Cumulus: Nube abultada, en glóbulos

Nimbus: Nube de lluvia



10 tipos fundamentales y subdivisiones

- Radiatus* → Radial ✓
- Lenticulares* → Lenteja, plato ✓
- Calvus* → Sin estructuras cirrosas ✓
- Capillatus* → Con estructuras cirrosas ✓
- Castellatus* → Almenado ✓
- Congestus* → Congestionado, con protuberancias ✓
- Humilis* → Aplastado, pequeño ✓
- Fractus* → Roto, desgarrado ✓
- Spessatus* → Espeso, compacto
- Translucidus* → Delgado, transparente ✓
- Uncinus* → Ganchudo ✓
- Mammatus* → En forma de ubre

Tareas sobre variaciones de la temperatura de la atmosfera

1. Como influencia los rasgos topográficos en el calentamiento en la temperatura de la atmosfera?
2. Explique el fenómeno de isla calórica.
3. Explique la física involucrada en el calentamiento de la atmosfera en función del altitud.
4. Explique el calentamiento de la atmosfera en función del latitud.
5. Explique el grafico de las paginas 353. (relación entre la temperatura de la atmosfera y la latitud)
6. Como varia la oscilación termina anual? Y la diaria? Que factores actúan en dichas variaciones (como y porque).?
7. Que son isolineas?
8. Defina: Isoterma, isolatermas y isonomalas.
9. Haga una tabla explicando los diferentes tipos de inversiones térmicas: por irradiación, subsidencia, de flujo de aire horizontal, de adveccion de montanas, y el frontal
10. Defina Humedad absoluta, humedad especifica y humedad relativa
11. O que se entiende por tensión de vapor? Que pasa cuando aumenta la tención de vapor?
12. O que se entiende como temperatura de rocío?
13. Explique el proceso de enfriamiento por: radiación nocturna; por contacto con superficies frías
14. Que son núcleo de condensación?

Tormentas

Se producen en *cumulonimbus* → capas de aire de grande inestabilidad

En las latitudes medias y altas, estas nubes llegan a grandes alturas, donde la temperatura es inferior a la de congelación (parte superior constituida de cristales de hielo y mezcla de cristales de hielo con pequeñas gotas de agua)

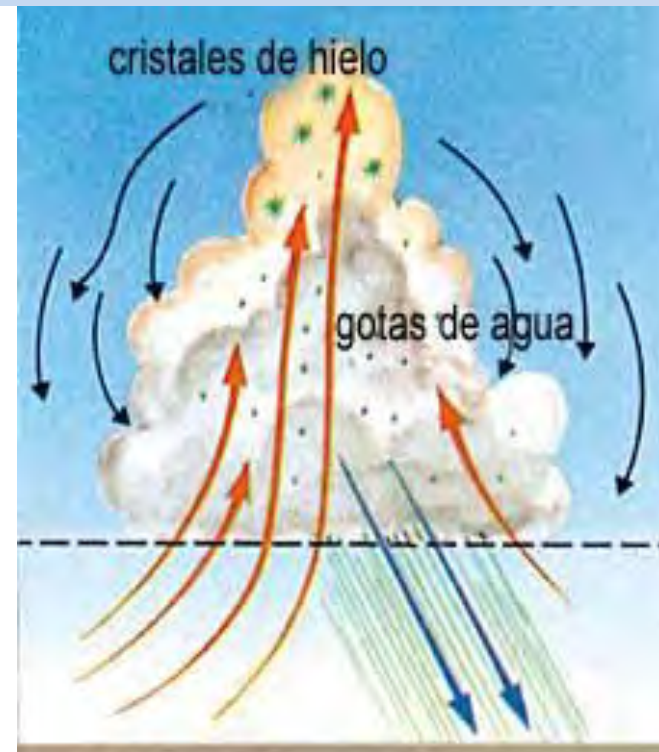


En una nube de tormenta las corrientes ascendentes son tan fuertes que las gotas se mueven hacia arriba y hacia abajo; la velocidad de las corrientes verticales son tan irregulares que eso puede se pasar varias veces :
Las gotas puede subir o caer, crecer o desintegrar

Fase de crecimiento → en toda la nube existe fuertes corrientes ascendentes que impiden que las gotas de nieve o lluvia llegue al suelo, se quedando suspendidas dentro de la nube

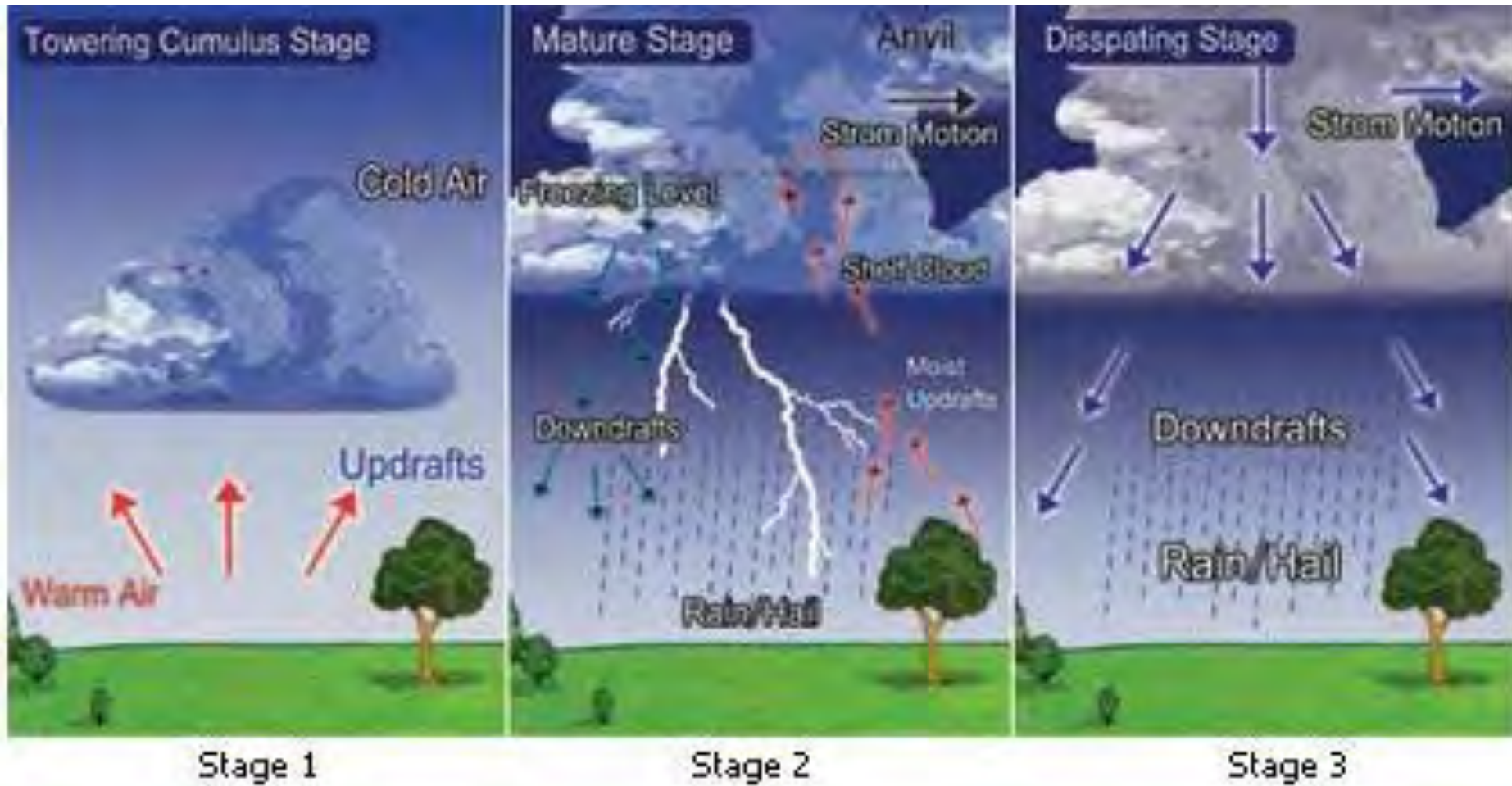
Fase de madurez → las gotas y partículas de hielo de la base de la nube se precipita hacia al suelo → las corrientes ascendentes no poden sostenerlas

Fase final → la corriente ascendente desaparece y cesa por completo la condensación. Las corrientes descendentes abarcan toda la nube y produce lluvia y granizo, hasta que la temperatura del interior si iguale al del aire que lo rodea, y se inicia la disipación de la nube.



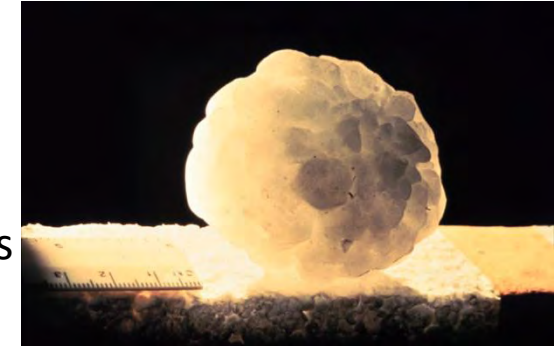
Weather and Climate [Tiempo y Clima], Bodin, p. 123)

2. La atmosfera
1. Nubosidad



granizadas

Cuando hay granizos significa que las corrientes ascendentes llevan gotas de lluvia más allá del nivel de congelación. Las piedras de granizo están formadas por sucesivas capas concéntricas de hielo y nieve, indicando que el pasó varias veces de la región de gotas líquidas hacia la región de congelación.



Electrometeoros

Manifestación visible o audible de la electricidad

Se produce debido a que la superficie exterior de las pequeñas tienen cargas eléctricas negativas y, debajo de ellas existe una capa de carga positiva.

La desintegración de las gotas por rozamiento o choque separa las cargas.

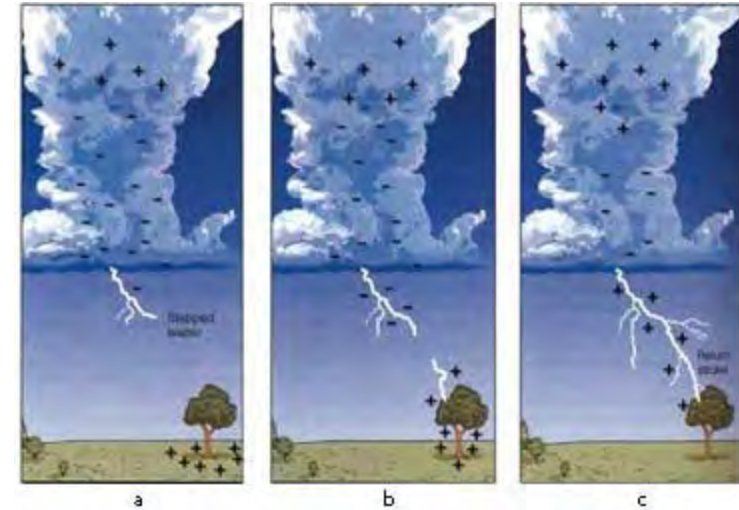
El aire ascendente arrastra las cargas positivas, y el que desciende, las negativas, se quedando acumulada cargas eléctricas capaces de producir electrometeoros

El rayo

Es una potente descarga entre dos centros de distinta carga eléctrica:

- dos regiones de la misma nube
- entre dos nubes
- entre una nube y el suelo

Para que se produzca una descarga eléctrica es necesario que el gradiente eléctrico entre dos centros exceda el valor de $10\ 000\ \text{V/cm}$



La presencia de cristales de hielo origina grandes diferenciales de potencial eléctrico:

El hielo → carga eléctrica negativa

El agua → carga eléctrica positiva

En una cumulonimbos la distribución de las gotas de agua y de partículas de hielo corresponde a las zonas de diferentes cargas eléctricas.

El trueno se debe a que el rayo expande con violencia explosiva al aire que se encuentra en su trayectoria, se propaga una onda sonora de grande intensidad

Los tornados y trombas marinas

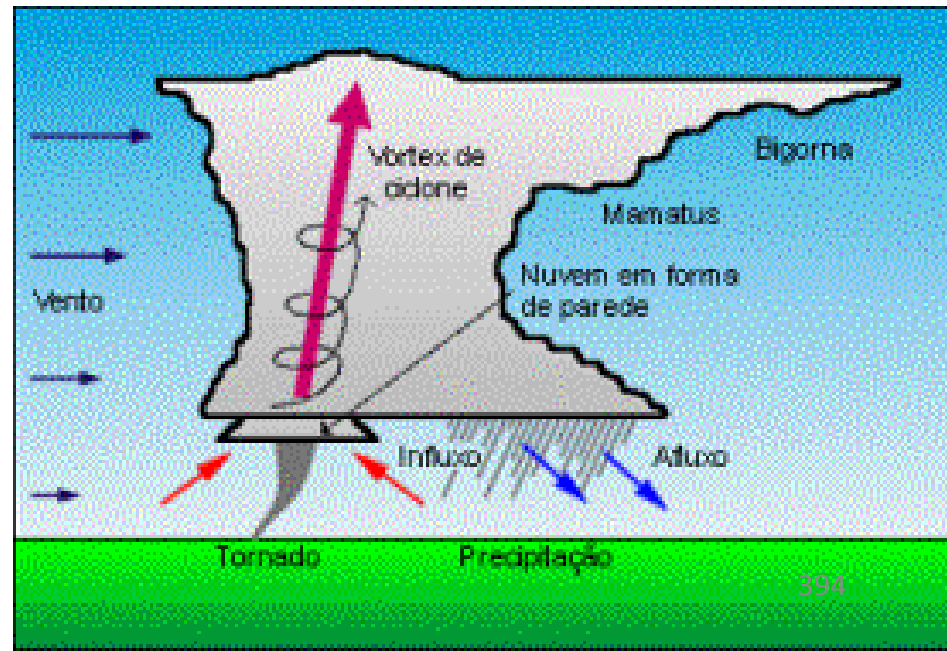
Es un redemolino de pequeña extensión horizontal y de gran intensidad, que se extiende hacia abajo desde una nube de tormenta.

Se renera cuando ocurre una colisión de masas de aire : aire fio y seco sobre de aire húmedo y caliente, creando un desequilibrio que origina la ascensión del aire cálido, con velocidades hasta 300Km/h.

El aire que entra produce un giro a la corriente ascendente (como un ciclón), el vértice empieza a girar



www.fpcolumbofilia.pt/meteo/escola12.htm



La nieve

Así como la lluvia cae en gotas más o menos gruesas, la nieve baja en copos más o menos grandes que, examinados al microscopio, presentan una estructura cristalina de variadas formas, aunque lo más corriente es que adopten forma de estrella de seis puntas.

La nieve se forma cuando la **temperatura es tan baja que el agua adquiere estado sólido**. Los copos nacen cuando las gotas, al caer, atraviesan una capa de aire frío, por debajo de cero grados, y cerca del suelo.

Al igual que la lluvia, la nieve también puede formarse a partir de los cristales de hielo que integren una nube. Tan pronto como los cristales comienzan a caer a través de la nube, chocan con las gotitas de nube y con otros cristales de distintos tamaños, uniéndose y formando pequeños núcleos congelados.

<http://www.mailxmail.com/curso-fenomenos-meteorologicos/nieve>

En invierno, cuando la temperatura al nivel del suelo es inferior a la de fusión, el conglomerado de cristales de hielo alcanza la superficie terrestre en forma de nieve.

Cuando la temperatura es superior a 0° C., la nieve se funde y se convierte en lluvia. A veces ocurre que hay una capa de aire caliente inmediatamente sobre el suelo, a pesar de que la temperatura de éste se halla por debajo del punto de fusión.



Por ejemplo, la temperatura de la superficie terrestre y del aire en contacto con la misma puede ser de menos 2°C ., mientras que a 1.200 metros de altitud puede haber una temperatura de 3°C . En este caso, cuando los copos de nieve atraviesan la capa donde la temperatura es superior a 0° , se funden y se transforman en gotas de lluvia. Luego, a medida que éstas continúan cayendo, atravesando la capa más fría, se congelan nuevamente en parte o por entero, para alcanzar el suelo en forma **de aguanieve**.



Si la capa de aire frío cercana al suelo no tiene suficiente espesor o no es lo bastante glacial como para que las gotas se congelen, éstas llegan a la superficie terrestre como **agua sobre enfriada**. Al entrar en contacto con los objetos terrestres, mucho más fríos, el agua se solidifica rápidamente, recubriéndolo todo con una capa de hielo de caprichosas y exóticas formas. Esto se conoce **como lluvia congelada o helada**.



http://2.bp.blogspot.com/_dXXgbNY2qto/SUeE3xKZb1l/AAAAAAAAAKE/q7jUA7Cmgy4/s400/Helada+16-12-2008+027.jpg

Tareas sobre nubosidad

1. Como se forma una nube?
2. Como se forma una tormenta (desde el interior de una nube).
3. Que son granizadas? Que condiciones meteorológicas se dan?.
4. Que son los electrometeoros?.
5. Explique que son y como se producen los rayos?
6. Cual la diferencia entre nieve, agua nieve, helada y lluvia?



- Contaminación - - Atmosfera -



2 . Contaminación atmosférica

1. Escalas de los problemas ambientales

2. Fuentes naturales y antrópicas de:

1. los gases atmosféricos y

2. partículas atmosféricas

3. Contaminación atmosférica

1. Escala local y mundial

4. Principales procesos químicos

5. Smog fotoquímico

6. Factores de control de la composición química de la lluvia en diversas regiones del planeta

7. Efectos de la lluvia ácida

8. Distribución de las partículas (tamaño, origen y composición)

9. Efectos de la contaminación del aire (CO, NO_x, SO₂ y oxidantes fotoquímicos) y partículas

10. Índices de calidad del aire

11. Efecto invernadero

12. Buraco de O₃

Contaminación atmosférica

Introducción

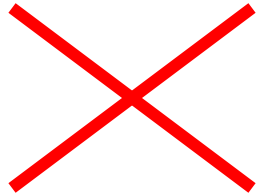
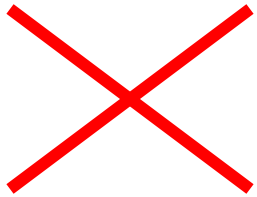
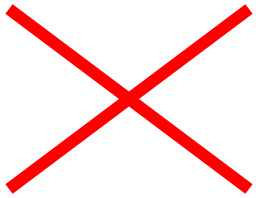
escala Medio físico	mundial	Continental	Regional/local
Aire	Efecto Invernadero Hoyo en la capa de O ₃	Lluvia ácida polvo atmosférico	Contaminación urbana Proc. Industriales Fuentes móviles
Agua			Desechos Orgánicos y inorgánicos, metales pesados,
Suelos			Plaguicidas y insecticidas; Compuestos químicos y radioactivos; basura

Diagram annotations: A blue line connects 'Lluvia ácida' and 'polvo atmosférico' to 'Desechos Orgánicos y inorgánicos, metales pesados,'. A red double-headed arrow connects 'Desechos Orgánicos y inorgánicos, metales pesados,' and 'Plaguicidas y insecticidas; Compuestos químicos y radioactivos; basura'.

Todo agente que **DETERIORA** el ambiente.

www.femica.org/diccionario/index2.php

La contaminación es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía con potencial para **PROVOCAR DAÑOS**, irreversibles o no, en el medio inicial.

es.wikipedia.org/wiki/Contaminante

Sustancia ajena, presente en un sistema natural en una concentración más elevada de lo normal por causa de **ACTIVIDAD ANTRÓPICA** directa o indirecta.

www.crdi.ca/un_focus_piest/ev-84460-201-1-DO_TOPIC.html

Material o residuo que se sabe o sospecha que es **AGENTE DE RIESGO**.

Sustancia o compuesto que afecta negativamente al ambiente.

www.ambientum.com/diccionario/c2.asp

Contaminación atmosférica

Introducción

Dispersión (fenómenos que influyen: la difusión y la mezcla).

Concentración

Transporte y transferencia

Transformación → transformarse en otra sustancia mucho más peligrosa que el contaminante original.

Biotransformación

Bioconcentración → se debe a que los seres vivos pueden concentrar en su cuerpo los contaminantes

Bioacumulación → ocurre cuando el contaminante se va acumulando a medida que se va pasando de un ser vivo a otro en la cadena alimenticia.

Biomagnificación

Contaminación Atmosférica

La atmosfera es un sistema complejo y dinámico esencial para sustentar la vida en el planeta Tierra.

Es la introducción en la atmósfera de productos químicos, partículas o los materiales biológicos, que causan daño al medio ambiente (y a los seres vivos).

Los contaminantes principales de la atmosfera son los productos de los procesos de combustión (actividades de transporte, de las industrias, generación de energía eléctrica y calefacción doméstica), la evaporación de disolventes orgánicos y las emisiones de ozono y freones.



Contaminación Hídrica



Se refiere a la presencia de contaminantes en el agua (ríos, mares y aguas subterráneas).

Los contaminantes principales son los vertidos de desechos industriales (presencia de metales y evacuación de aguas a elevada temperatura) y de aguas servidas (saneamiento de poblaciones).



Contaminación del Suelo

Es la presencia de compuestos químicos hechos por el hombre u otra alteración al ambiente natural de suelo.



Esta contaminación generalmente aparece al producirse una ruptura de tanques de almacenamiento subterráneo, aplicación de pesticidas, productos industriales etc.

Los químicos más comunes incluyen hidrocarburos de petróleo, solventes, pesticidas y metales pesados.

Su riesgo es primariamente de salud, de forma directa y al entrar en contacto con fuentes de agua potable. La delimitación de las zonas contaminadas y la resultante limpieza de esta son tareas que consumen mucho tiempo y dinero.



Contaminación acústica



Contaminación acústica

Se llama contaminación acústica al exceso de sonido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas.



Los contaminantes pueden clasificarse como primarias o secundarias.

Primaria → las sustancias contaminantes emitidos directamente de un proceso, como cenizas de una erupción volcánica, los gases de monóxido de carbono de un vehículo de motor o escape de dióxido de azufre liberado de las fábricas.

Secundarios → se forman en el aire cuando los contaminantes primarios reaccionar o interactuar. Un ejemplo importante de un contaminante secundario es el ozono troposférico.

Algunos contaminantes pueden ser tanto primarias como secundarias.

Principales **contaminantes primarios**

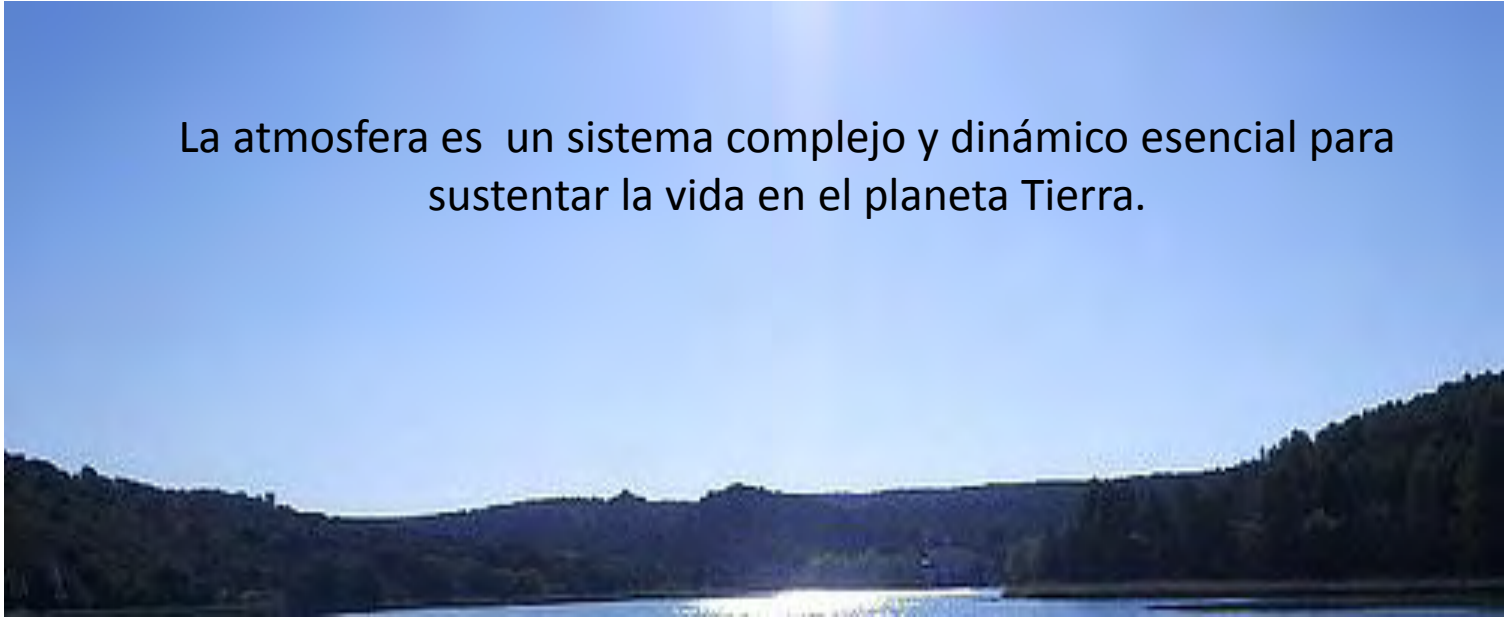
- * **Óxidos de azufre (SO_x)** → Se emiten a partir de la quema de carbón y petróleo.
- * **Los óxidos de nitrógeno (NO_x)** → Son emitidos de alta temperatura de combustión. Puede verse como la bruma marrón cúpula por encima o por abajo del penacho de las ciudades.
- * **El monóxido de carbono** → es incoloro, inodoro, no irritante, pero muy venenoso. Se trata de un producto de la combustión incompleta de combustibles como el gas natural, carbón o madera. De escape de vehículos es una fuente importante de monóxido de carbono.
- * **El dióxido de carbono (CO₂)** → Es un gas de efecto invernadero emitidos por la combustión.
- * **Compuestos orgánicos volátiles (COV)** → Son los vapores de combustible de hidrocarburos y solventes.

- * **El material particulado (PM)** → es medido como el humo y el polvo.
El PM10 es la fracción de partículas en suspensión entre 2.5 hasta 10 μm de diámetro (que entra hasta la cavidad nasal)
El PM2.5 son las partículas menores que 2,5 μm de diámetro ; en la respiración entra hasta los bronquios.
- * **Metales tóxicos**, como el plomo, el cadmio y el cobre.
- * **Los clorofluorocarbonos (CFC)** → son perjudiciales para la capa de ozono.
- * **El amoníaco (NH₃)** → emitido por los procesos agrícolas.
- * **Olores**, como de basura, **alcantarillado**, y los **procesos industriales**
- * **Contaminantes radiactivos** producidos por las explosiones nucleares, la guerra explosivos, y de los procesos naturales, como la desintegración radiactiva de radón.

Contaminantes secundarios

- * Las partículas formadas a partir de los contaminantes primarios y sus compuestos. Ej., en la niebla fotoquímica, el dióxido de nitrógeno.
- * Ozono troposférico (O_3) formados a partir de NO_x y COV.
- * Peroxyacetyl nitrato (PAN) también forman a partir de NO_x y COV.

La atmosfera es un sistema complejo y dinámico esencial para sustentar la vida en el planeta Tierra.



Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica es la introducción humana en la atmósfera de productos químicos, partículas o los materiales biológicos, que causan daño al medio ambiente (y a los seres vivos).

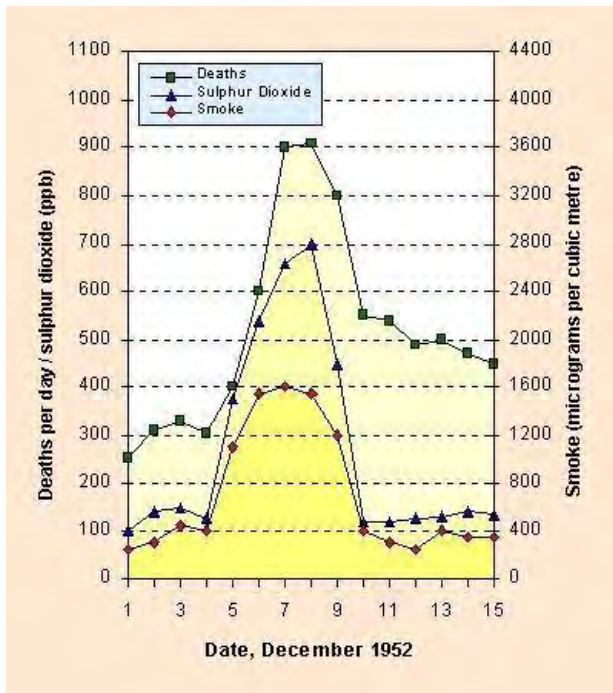
La contaminación atmosférica puede causar muertes y además de las enfermedades respiratorias.



Contaminación Atmosférica

Problemas de escala local/regional

Salud
Visibilidad
Corrosión
sujera



1952

→ 4000 muertes inmediatas

→ 8000 muertes tardías

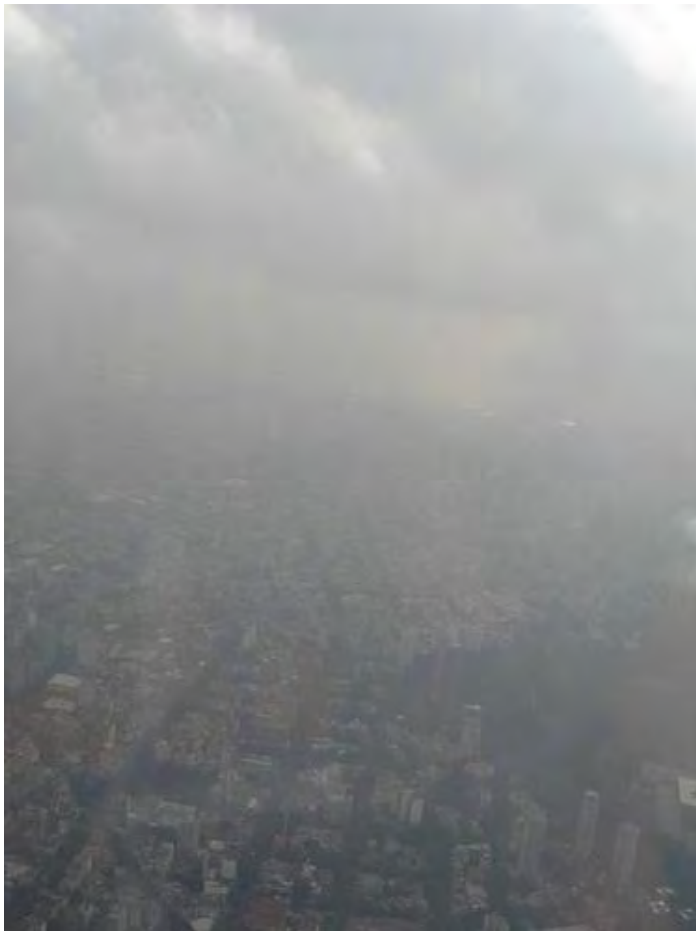
Since London was known for its fog, there was no great panic at the time. In the weeks that followed, the medical services compiled statistics and found that the fog had killed 4,000 people—most of whom were very young or elderly, or had pre-existing respiratory problems. Another 8,000 died in the weeks and months that followed.

Contaminación atmosférica

Introducción

Escala local/regional

Salud
Visibilidad
Corrosión
sujera



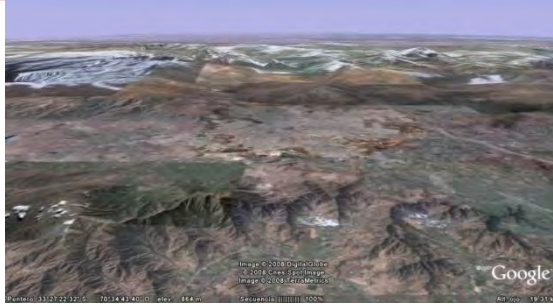
Escala local/regional

Corrosión



Contaminación atmosférica

Introducción



Santiago del Chile; <http://www.proz.com/conference/46>

Dispersión del material en el aire

Barreras geográficas

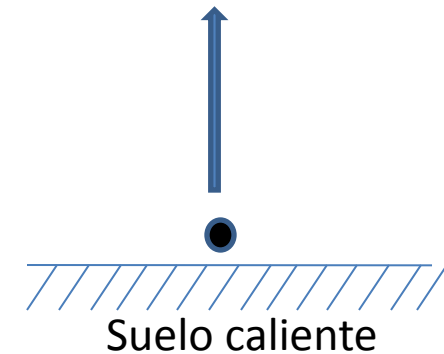
Valles, montañas , cordilleras



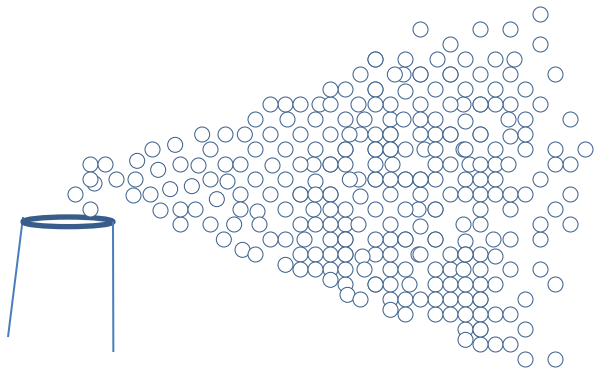
Los Ángeles. <http://www.fotosearch.com/>

www.fotosearch.com/photos-images/environmental

Dispersión



El suelo caliente crea una corriente de convección, el aire caliente sube (con las partículas atmosféricas).
El aire caliente, la atmosfera es más inestable y la partícula permanecerá en suspensión más tiempo.



Mucha inestabilidad se dispersa mucho el material particulado (en todas las direcciones)



Aire estable → inversión térmica
(retención de la nube de MP en capas más bajas)

Santiago del Chile, Una de las ciudades con las peores condiciones atmosféricas (las más contaminadas) del mundo

Está ubicada en un valle que limita el viento y con pocas lluvias, que limita la dispersión de emisiones del tráfico y de la industria.



La resurgencia
sobre los
océanos



Aire marino es
más frío



calmarías

Ar estable sin
corrientes

La contaminación atmosférica en Santiago es resultado de fuentes fijas y móviles, contribuidas por las condiciones topográficas, climáticas, y meteorológicas.

Causas:

Crecimiento poblacional → " la población de Santiago ha pasado de 1.4 millones en 1960 a aproximadamente 4.8 millones actualmente, representando el 37 por ciento de la población del país.

La contaminación industrial → principalmente del sector de minería y operaciones de fundición , centrales eléctricas termales (emisiones de CO₂).

Efectos sobre la salud humana, incluyendo la muerte prematura, **fallecimientos**, problemas respiratorios como la bronquitis crónica, la pulmonía, y el asma, y otras (tos, ronquidos).

" Las medidas de la emergencia incluyen la restricción de la operación industrial y limitación vehicular.

**Numero de días
con medidas de
emergencia en
Santiago del Chile**

Ano	Alerta	Efectivo
1990	11	2
1991	9	2
1992	14	2
1993	8	0

Comparación entre la cualidad del aire en diferentes grandes ciudades del mundo

Ciudad	Particulas en suspension	SO ₂
Calcutta	393	54
Beijing	370	115
Tehran	261	165
Ciudad de Mexico	100-500	80-200
Bangkok	220	34
Santiago	210	38
Manila	120-250	20-50
Athens	178	34
Bombay	140	23
Sao Paulo	50-85	35-62
Los Angeles	46-115	0-10
New York	61	60
Tokyo	51	20
WHO Recommendations	60-90	40-60

Fuente: WHO/UNEP (1992), World Bank (1992), other World Bank reports.

Fuentes de contaminación del aire

Las fuentes antropogénicas
(actividad humana),



la mayoría relacionados con la quema de
diferentes tipos de combustible

- * **"Fuentes fijas" de humo** → chimeneas de centrales eléctricas, instalaciones de fabricación, las incineradoras de residuos municipales.
- * **"Fuentes móviles"** → los vehículos de motor, aeronaves, etc
- * **Marina** buques → los contenedores o buques cruceros, el puerto y las formas conexas de la contaminación del aire.
- * **Grabación** de madera, chimeneas, estufas y hornos incineradores.
- * **Refino de petróleo**, y la **actividad industrial** en general.
- * Sustancias y **Preparados Químicos**, el polvo y las prácticas de quema controlada en la agricultura y la gestión forestal, (véase el Dust Bowl).
- * Los **humos** de la pintura, spray de pelo, barnices, aerosoles y otros solventes.
- * Deposición de **residuos** en los vertederos, **que generan metano**.
- * Militares → las **armas nucleares**, **gases tóxicos**, germen de la guerra y misiles.

Fuentes Naturales

- * El polvo de fuentes naturales, por lo general grandes extensiones de tierra con poca o ninguna vegetación.
- * El **metano**, emitido por la digestión de los alimentos de animales, por ejemplo el ganado.
- * Gas radón de desintegración radiactiva dentro de la **corteza terrestre**.
- * El humo y el CO de los **incendios forestales**.
- * La **actividad volcánica**, que producen azufre, cloro, partículas y cenizas.

Tareas sobre introducción a la contaminación atmosférica

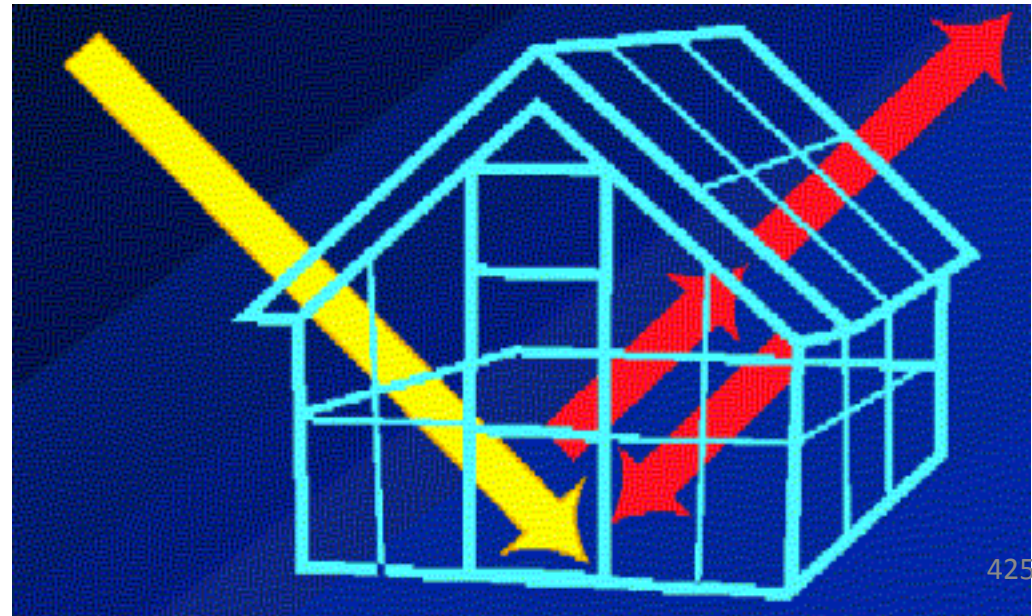
1. Explique como podemos separar los contaminantes en los niveles: local, continental y global?
2. Que tipos de contaminantes se puede tener impacto global? porque?
3. Defina: (a) contaminación; (b) dispersión; (c) concentración y bioconcentración, (d) bioacumulación y biomagnificación;
4. Defina y de ejemplos de contaminación atmosférica, hídrica, marina, de la tierra, y acústica.
5. Cuando un sonido se puede clasificar como un contaminante ?
6. Cual la diferencia entre contaminantes primarios y secundarios? De ejemplos, y apunte como es producido.
7. Cual la relación entre la dispersión de una partícula y la estabilidad del aire.
8. Explique la contaminación de la ciudad de Santiago del Chile.
9. Compare la contaminación atmosférica de la ciudad de México y de la ciudad de Sao Paulo.
10. Cite ejemplos de fuentes de contaminación atmosféricas naturales y antropogénicas. Que contaminantes producen.

Efecto Invernadero



Entrada de energía solar. Los λ visible atraviesan el vidrio y calientan el suelo

El vidrio “atrapa” grande parte de la energía del infrarrojo, haciendo con que el calor sea mantenido dentro de la “greenhouse”

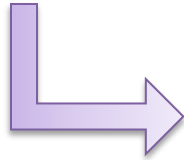


Contaminación atmosférica

Introducción

Principales gases de la atmosfera

N_2 , O_2 y Argon → 99% del volumen total de la atmosfera



Tempo de residencia tan grande que los procesos humanos no lo afectan

Para remover todo el O_2 de la atmosfera son necesarios **80.000** anos de quema de combustibles

Fotosíntesis (Producción) ← Equilibrio → respiración (Consumo)

Los gases más afectados antropicamente son:

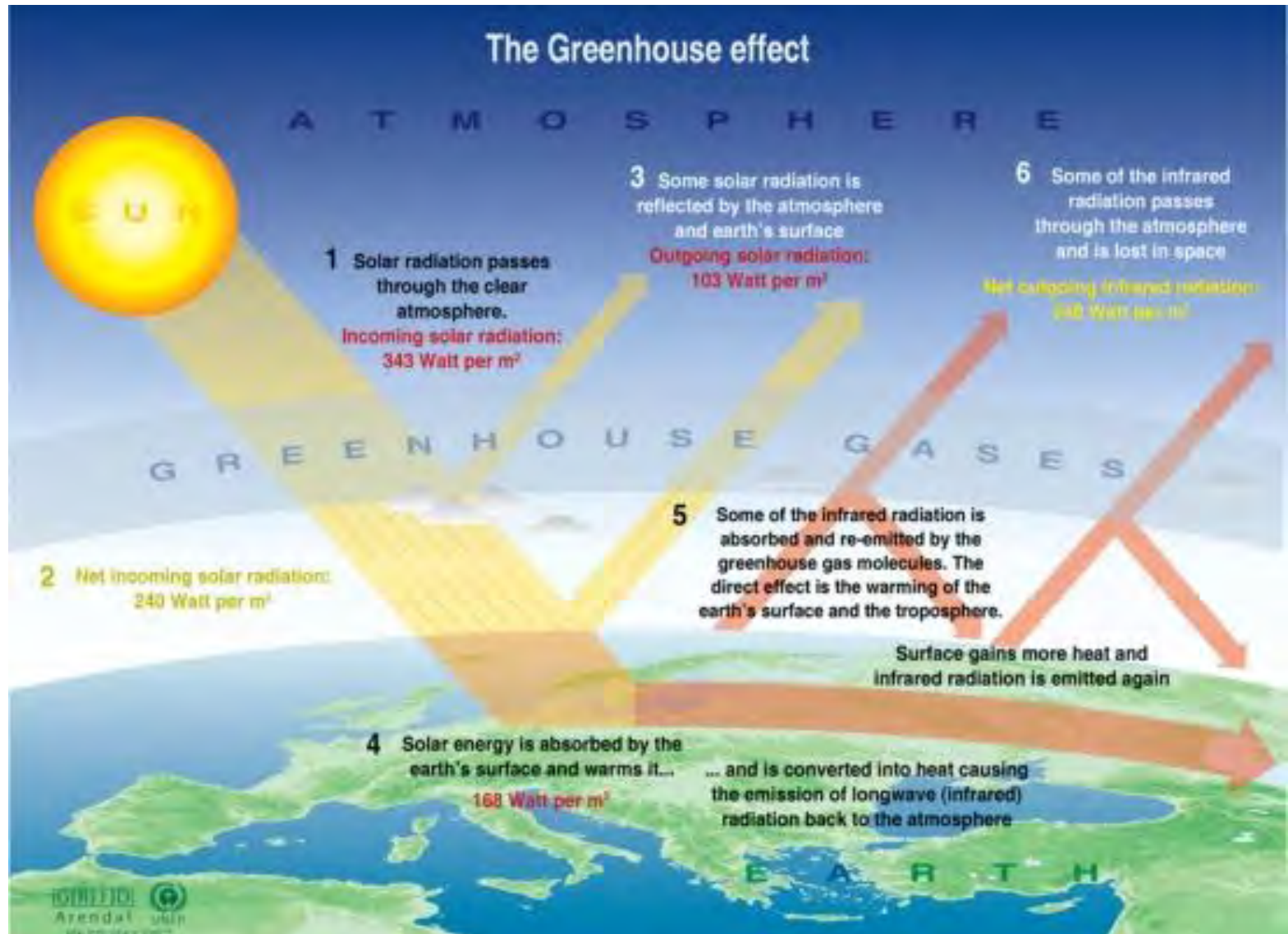
CO_2
 CH_4
 N_2O } Tiempo de residencia de unos anos

NH_3
 O_3
 CO

SO_2
 H_2O
Óxidos de Nitrógeno
($NO_2 + NO \rightarrow NO_x$)

Contaminación atmosférica

Introducción



Climate Forcing

Capacidad de un gas en promover el calentamiento de la atmosfera

Depende de:

La absorbencia de un gas en el λ largo (infrarrojo)

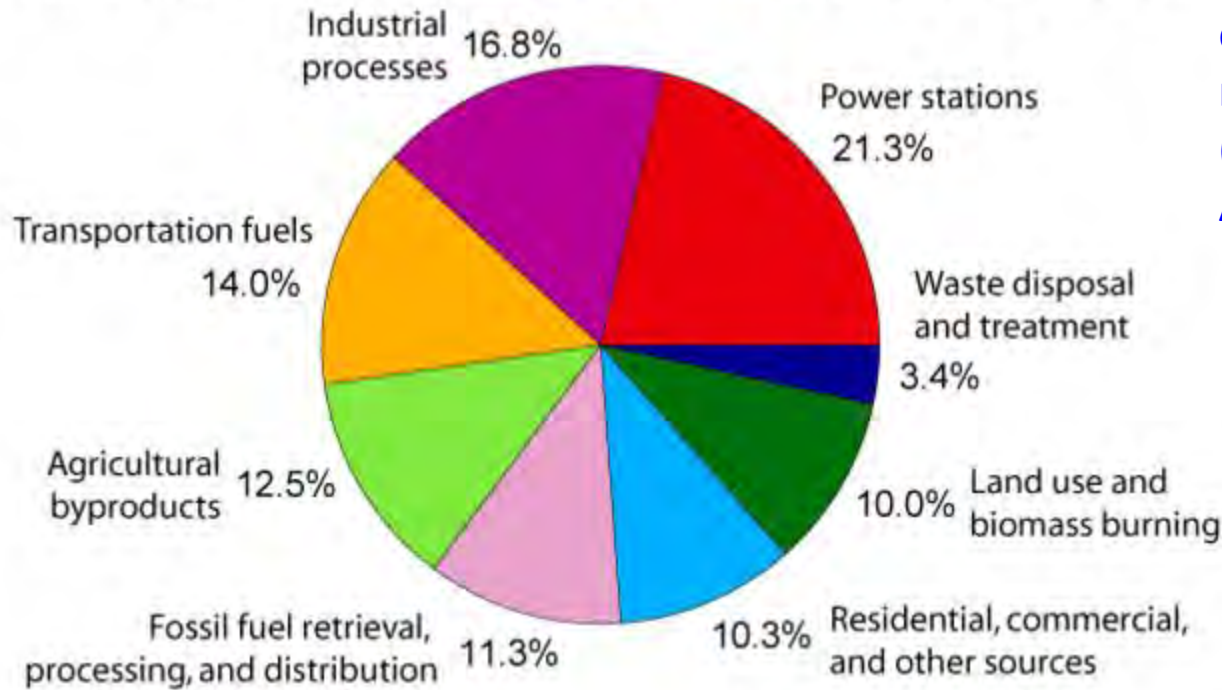
Tempo de permanencia de un gas en la atmosfera

GWP "Global Warming Potentials"	
	Tempo de Vida (anos)
CH ₄	12
NO _x	114
CFC-23	260
CFC-134	14
SF ₆	3200

Gas	Nivel pre-industrial (ppm)	Nivel Actual (ppm)	Aumento desde 1750 (ppm)	Capacidad en absorber energía (W/m ²)
CO ₂	280	384	104	1.46
CH ₄	700	1 745	1 045	0.48
NOx	270	314	44	0.15
CFC-12	0	533	533	0.17

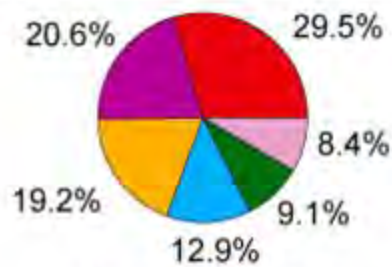
"Chapter 1 Historical Overview of Climate Change Science". Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (2007-02-05). Retrieved on 2008-04-25.

Annual Greenhouse Gas Emissions by Sector

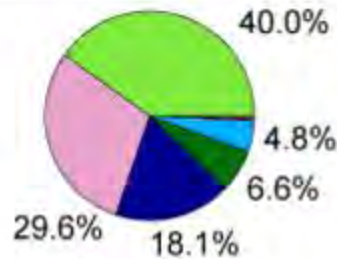


Fracción relativa de la producción de los gases de efecto invernadero, relacionado con su fuente (Emission Database for Global Atmospheric Research)

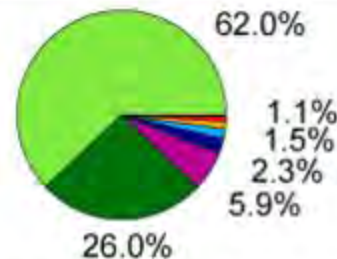
Suma de todo gas de efecto invernadero, relacionado a su capacidad en producir el calentamiento global en los próximos 100 años: 72% CO₂, 18% CH₄, 9% NO_x y 1% otros gases.



Carbon Dioxide
(72% of total)



Methane
(18% of total)



Nitrous Oxide
(9% of total)

Informaciones para cada uno de los principales gases de efecto invernaderos.

Gases invernaderos

Principales gases con capacidad de absorber la radiación infrarrojo

H₂O 36 -70%

CO₂ 9-26%

CH₄ 4-9%

Ozone 3-7%

Fluorocarbons, Oxido nitroso

Gases invernaderos → El CO₂

Es el 4° gas más abundante de la atmosfera → 0,036%

Absorbe fuertemente en los λ largos del infrarrojo →

Importante en la
manutención de la T de
la Tierra

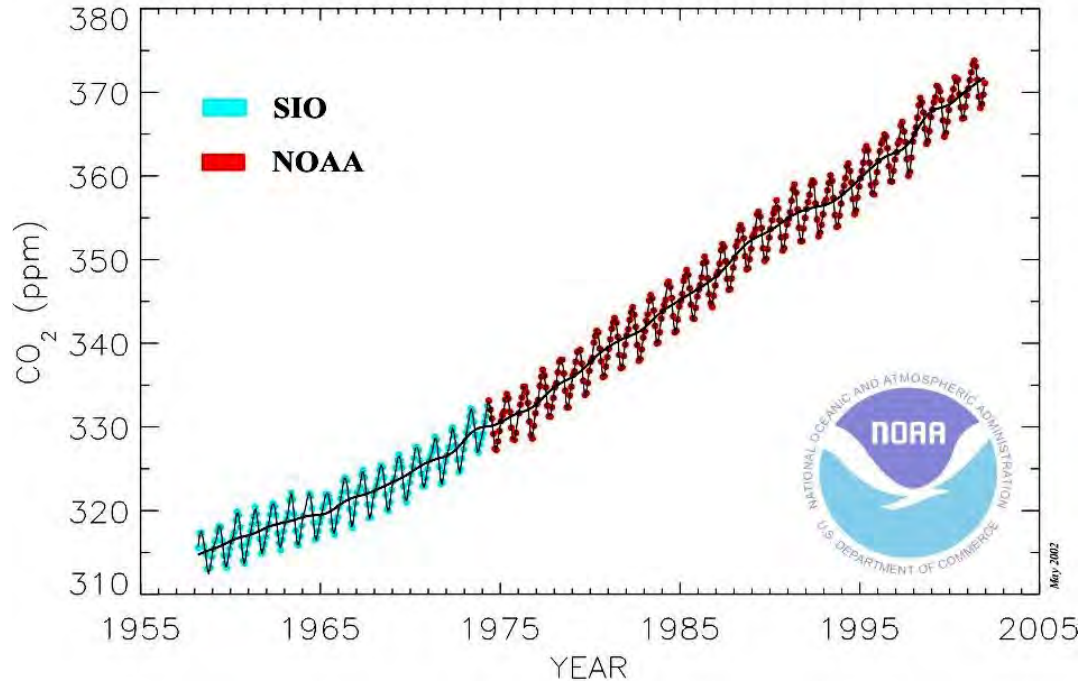
El CO₂ es la principal fuente de C de la tierra →

Ciclogeoquímico y
fotosíntesis

Contaminación atmosférica

Introducción

En 1956, el CO₂ atmosférico fue medido en **Mauna Loa Observatory** (Hawai)
Taja mediana mensual de emisión de CO2.



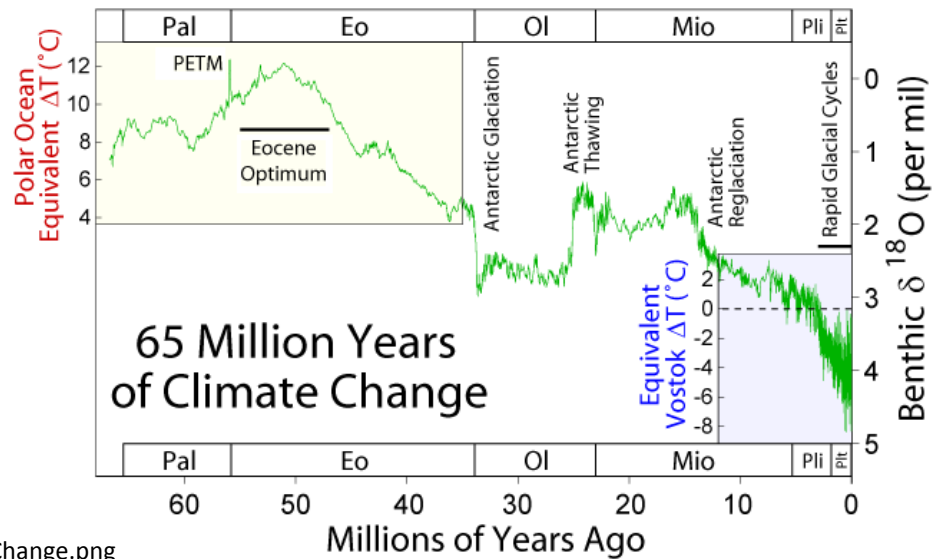
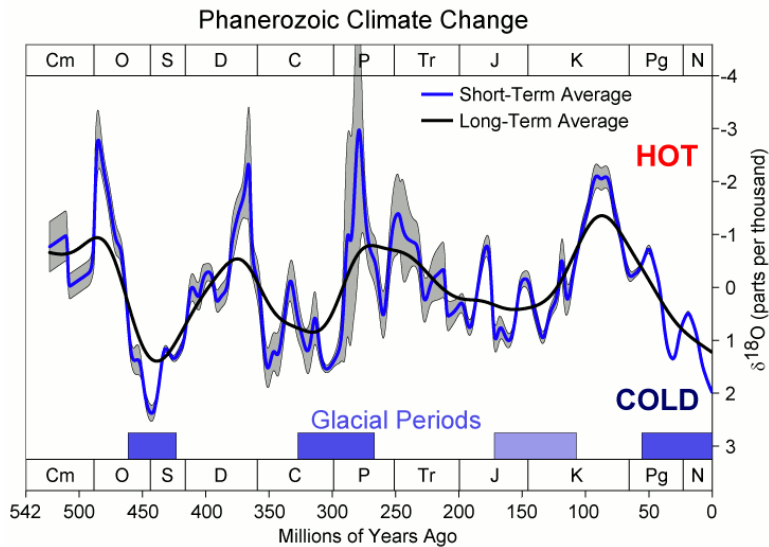
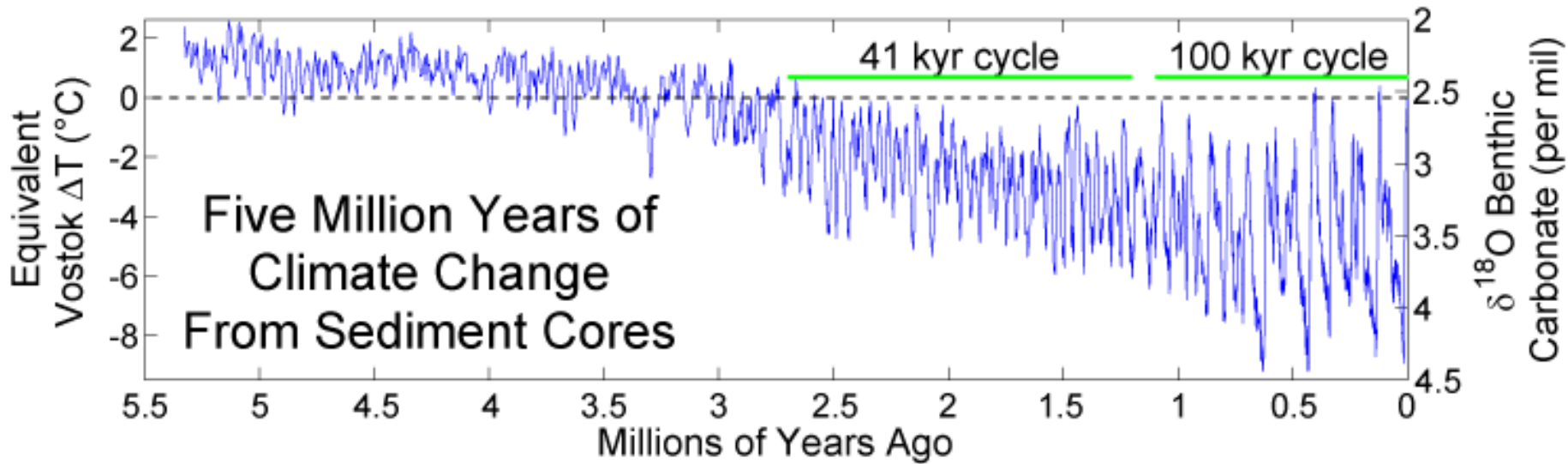
Una oscilación alrededor de 6 ppm
resultante de la actividad biológica
terrestre



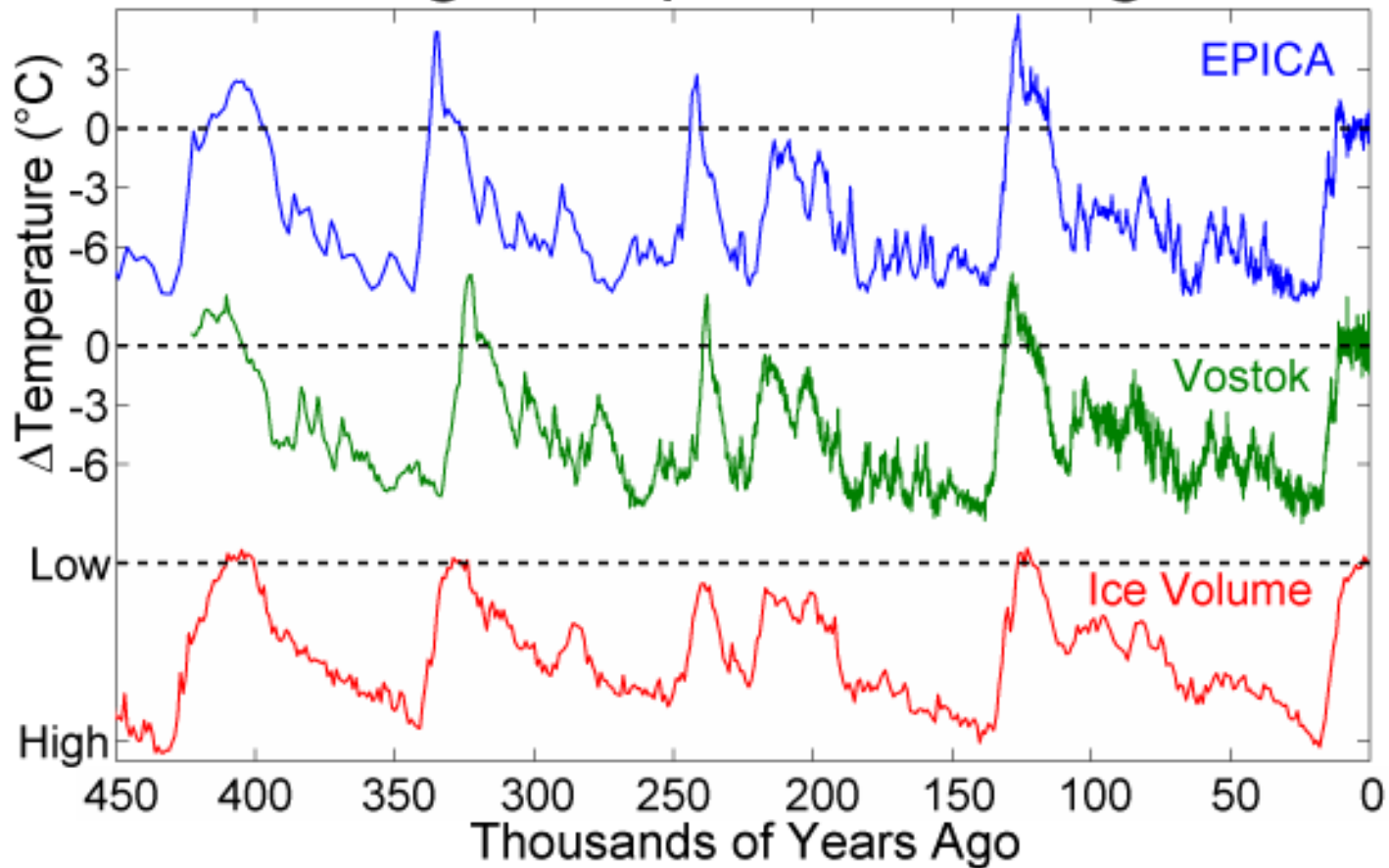
La asimilación del CO₂ en el verano y
primavera es mayor (fotosíntesis) que en
el invierno otoño (respiración)

aumento en el valor absoluto del CO₂:
315 ppm en 1958
357 ppm en 1993

En azul → datos del Instituto Oceanografico de Scripps (SIO), mensurados antes de mayo de 1974; Rojo → datos después de 1974 del NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration). Peter Trans, NOAA CMDL Carbon Cycle Greenhouse Gases, Boulder, Colorado (330)497 6678, ptrans@cmdl.noaa.gov; C.D. Leeling ,SIO, La Jolla California, (606)534 6001, cdkeeling@ucsd.edu.



Ice Age Temperature Changes



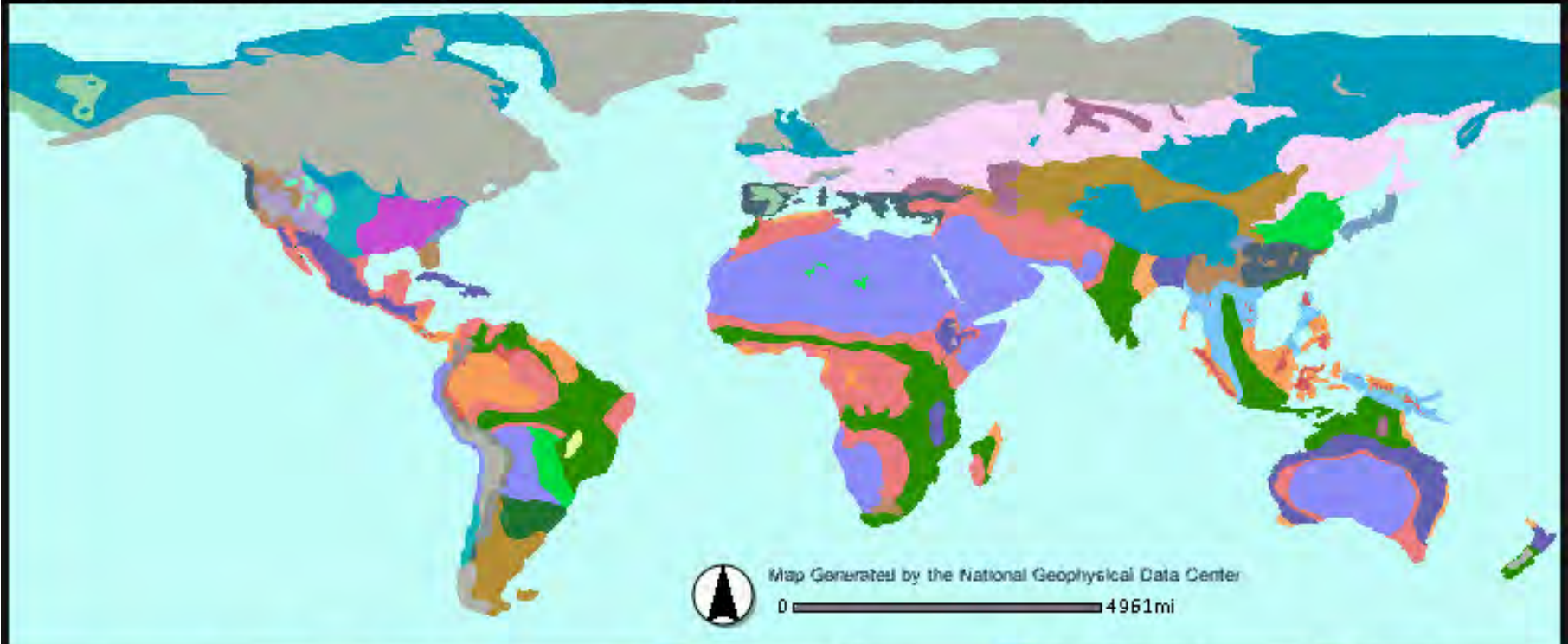
The first two curves show local changes in temperature at two sites in Antarctica as derived from deuterium isotopic measurements (δD) on ice cores (EPICA Community Members 2004, Petit et al. 1999).

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Ice_Age_Temperature.png

Clima	Denominación	Antigüedad	Época
Postglacial	Actual	10.000	Holoceno
Glacial	Glaciación de Würm o Wisconsin	80.000	Pleistoceno
Interglacial	Riss-Würm	140.000	
Glacial	Glaciación de Riss o Illinois	200.000	
Interglacial	Mindel-Riss	390.000	
Glacial	Glaciación de Mindel o Kansas	580.000	
Interglacial	Günz-Mindel	750.000	
Glacial	Glaciación de Günz o Nebraska	1,1 m.a.	
Interglacial	Donau-Günz	1,4 m.a.	
Glacial	Donau	1,8 m.a.	
Interglacial	Biber-Donau	2 m.a.	
Glacial	Biber	2,5 m.a.	
Glacial	Oligoceno	37 m.a.	Cenozoico
Interglacial	Eoceno superior	40 m.a.	
Glacial	Paleógeno	80 m.a.	Mesozoico
Interglacial	Cretácico	144 m.a.	
Glacial	Permocarbonífero	295 m.a.	Paleozoico
Glacial	Carbonífero inferior	350 m.a.	
Glacial	Ordovícico	440 m.a.	
Glacial	Precámbrico	700 m.a.	Precámbrico
Glacial	Primera glaciación	2.000 m.a.	Proterozoico

En la siguiente tabla se lista la sucesión de épocas glaciales e interglaciares:
Glaciales e interglaciares

Mapa de la vegetación mundial durante el último período glacial hace 18.000 años aprox.



Leyenda

Último Máximo Glacial

- | | | | |
|-------------------------|----------------------|------------------------|----------|
| Capa de hielo | Desierto templado | Desierto tropical | Lacustre |
| Desierto polar y alpino | Semiárido templado | Semiárido tropical | |
| Tundra | Estepa seca | Pradera tropical | |
| Tundra alpina | Montaña | Sabana | |
| Estepa-tundra | Arbustivo templado | Arbustivo tropical | |
| Taiga | Bosque estepario | Vegetación perenne | |
| Bosque de coníferas | Zona verde subalpina | Bosque tropical | |
| | Pradera templada | Selva seca o monsonica | |
| | | Selva de montaña | |
| | | Selva tropical | |

Gases invernaderos → CO₂

A que se debe el aumento del CO₂?

→ **Quema de combustible fósil (carbón y petróleo)**

❖ Aumento de 2,5% al año en los últimos 100 años

❖ Dependiente del consumo de las poblaciones

1990 → se estimaba una taja 6 ± 5 Gt C/a

2100 → se estimaba una taja 4,5 - 35.8 Gt C/a

Crecimiento poblacional

Crecimiento económico

Gases invernaderos → CO₂

A que se debe el aumento del CO₂?

→ Deforestación

❖ quema del estoque de C estocado en las plantas

En 1959 pensaba que en 1990 habría 135 Gt C en la atmosfera ;
→ 1990 tenia 81 Gt, es decir, 60% del C que había sido estimado.

Reservorios de C

{ **Océanos** → Los 1^{os} 75m – bien mezclados con la atm.
Biosfera + suelo ↙ carbonato/bicarbonatos → CO₂ + CO₃ + H₂O → 2 HCO₃⁻

Debido a la solubilidad del CO₂ y de la grande cantidad de C estocado en los océanos, el aumento del CO₂ atm en el ultimo siglo fue acompañado por un aumento de 2% de CO₃ en los océanos.

→ *Biosfera (bomba biológica)*

El CO₂ es capturado de las aguas por procesos fotosíntesis → MO fitoplanctónica.

Cuando el fitoplancton muere, este es acumulado en los sedimentos profundos



Reservorios de C

Florestas y biosfera terrestre → 550 Gt C

Detritus → 1.500 Gt C

Muy poco retorna al ciclo
geoquímico/biológico

- Efecto de la fertilización de CO₂ (Bazzaz, 1990)



Sospecha de ↑ de la biosfera debido el ↑ del CO₂ atmosférico



↑ Estoque del CO₂

- deforestación → ↑ del CO₂ atm → 1.8 – 4,5 Gt/a (Schlesinger, 1991)



Pierda del CO₂

International Panel on Climate Change (IPCC) estima que la deforestación es responsable por una entrada del CO₂ en la atmosfera de 6,6 – 2.5 Gt/a
(Siegenthater & Sarmiento, 1993)

→ **Burbujas de aire en hielo de Antártica**

→ Durante el 1° milenio antes de la revolución industrial la [] de CO₂ atm era relativamente constante → 280 ± 10 ppm

↳ A lo menos durante unos 1.000años el hombre no fue responsable por los cambios climáticos

↳ Entre 1800 y 1900 → hubo un continuo aumento de CO₂ atmosférico (270 → 295 ppm)

↳ En el siglo 19 cerca de 25 ppm del CO₂ atm → deforestación

En largos periodos geológico la [] del CO₂ atm pode ter sido mucho grande

↳ Durante los últimos 1500 a → la [] de CO₂ atm vario de 180 – 280 ppm

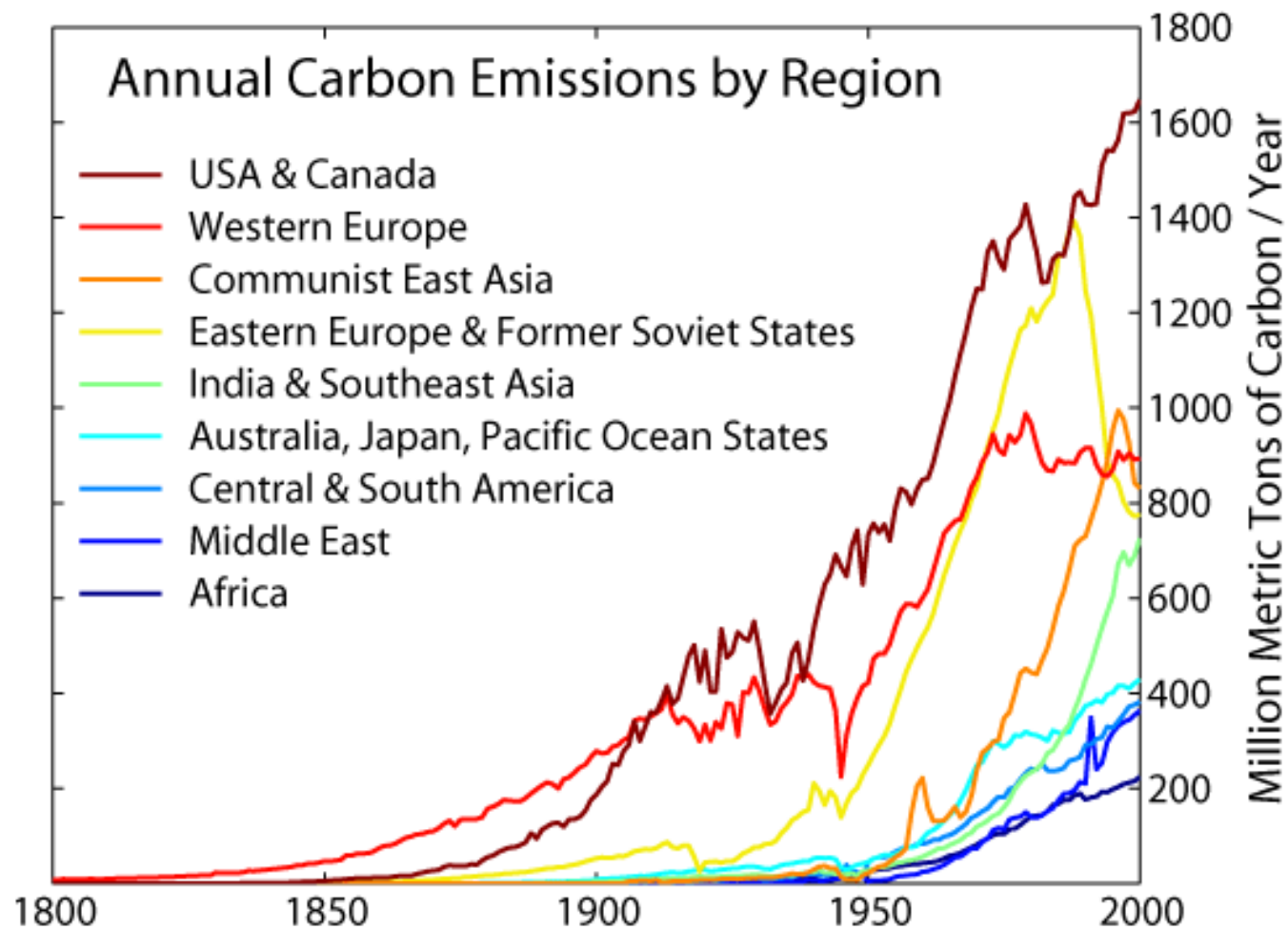
Rápido ↑ en al [] de CO₂ atm → cambios climáticos (p.ej., la ultima era del hielo fue a cerca de 1.800 anos atrás) cuando la [] de CO₂ estaba 200ppm

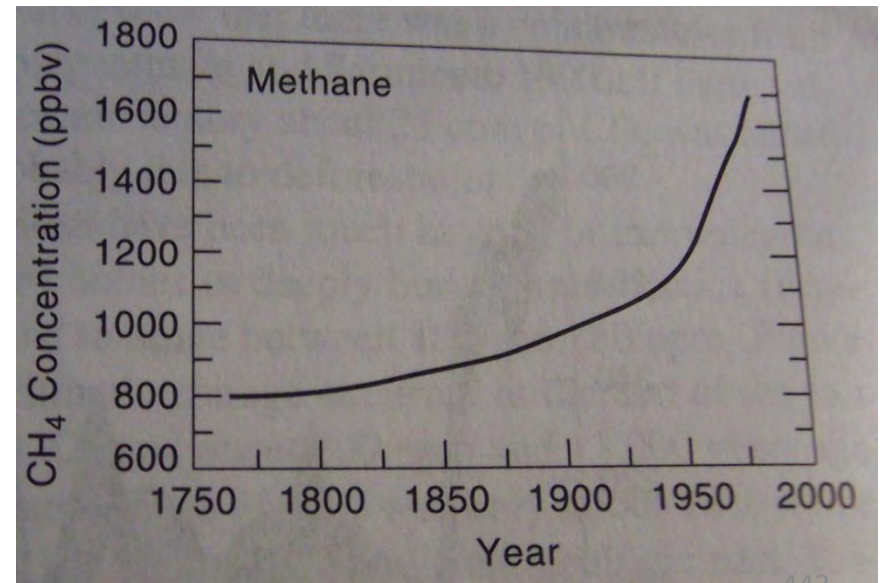
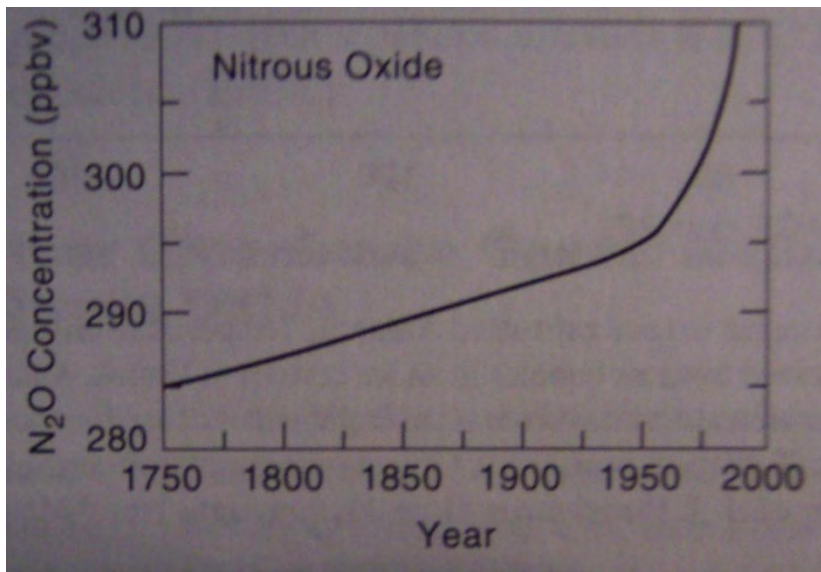
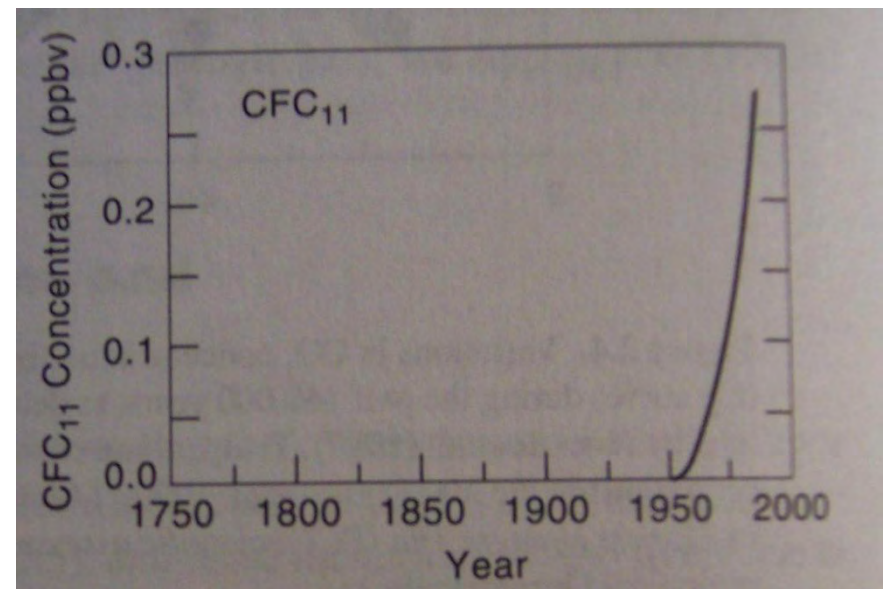
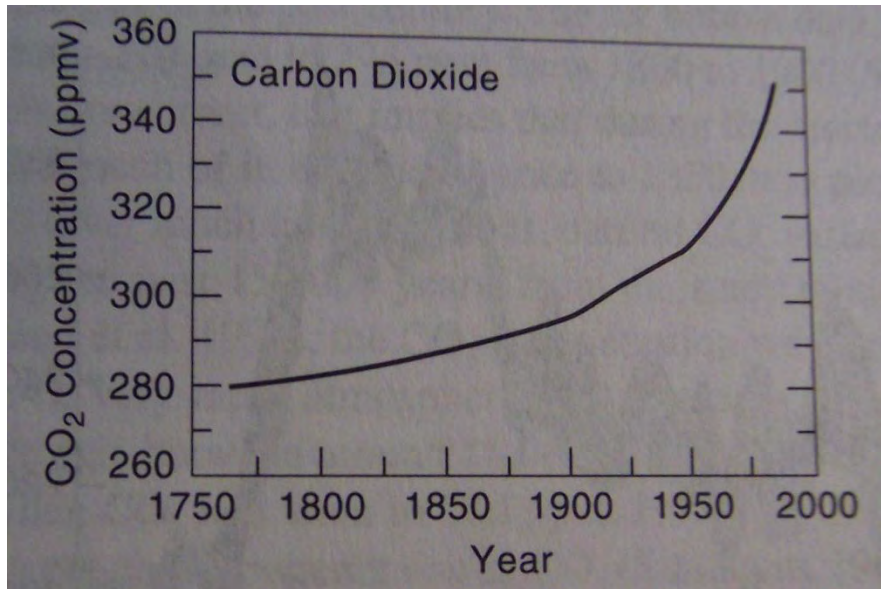
11.000 a atrás el CO₂ estaba 280ppm

Este aumento fue apenas 10% comparando con el input antropogenico actual

A centenas de anos atrás → la [] de CO₂ atm estaba 10X mayor que la conc. actual

Problema a nivel global → problema político





Otros Gases Invernaderos

Estos compuestos son excelentes gases invernaderos porque absorben λ en el infrarrojo incluso **más eficientemente que el CO_2**

Después del CO_2 el gas invernadero más importante es el **METANO**

El CH_4 → contribuye con 20% del trapeamiento de la energía calorífica para la atmósfera

- [] atm cerca de 2 ppm → aumentando cerca de 1% al año
- La [] duplicó en apenas 150 años

Fuentes Metano atmosférico (Tg CH₄ por año)

Natural

wetlands	86
termitas	15
océanos	7.5
lagos	4
hidratos de CH ₄	4

Antropogénico

flatulencia/emanación (ganado)	60
quema de biomasa	45
desechos	23
carbón, industria de petróleo y gas	75
desecho animal	19
tratamiento de desecho doméstico	19

Sumideros de Metano atmosférico (Tg CH₄ por año)

Remoción natural

(troposfera y estratosfera) 353

Oxidación atmosférica por el HO[•]

Suelos (Oxidación por la MO del suelo) 24

La Tundra



Input atm debido a la fermentación microbiológica

→ 42 ± 26 Tg C/a

Sumidero del CH_4 vía oxidación del suelo



Permafrosts



Cristales de CH_4 hidratado
mantenido a elevadas
presiones y bajas temperaturas
localizado a centenas metros
de profundidad



Otros Gases Invernaderos

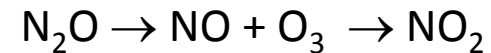
Oxido Nitroso N_2O \longrightarrow Reacciona con el O_3 estratosférico

Fuentes

- Nitrificación de los suelos
- Combustión
- Quema de biomasa
- Procesos industriales

Sumidero

- Fotólisis química



Contaminación atmosférica

Introducción

Fuentes Oxido Nitroso atmosférico (Tg N₂O-N por año)

Natural

Océanos	1.4 – 2.6
Suelos tropicales	
floresta húmeda	2.2 -3.7
Savanas	0.5 – 2.0
Suelos templados	
florestas	0.05 – 2.0

Antropogénico

fertilizantes	0.03 – 3.0
quema de biomasa	0.2 – 1.0
combustión	0.3 – 0.9
Fuente industrial	0.5 – 0.9

Sumideros de Oxido nitroso Atmosférico (Tg N₂O-N por año)

Remoción natural

por los suelos	7 - 13
Fotólisis en la estratosfera	3 – 4.5

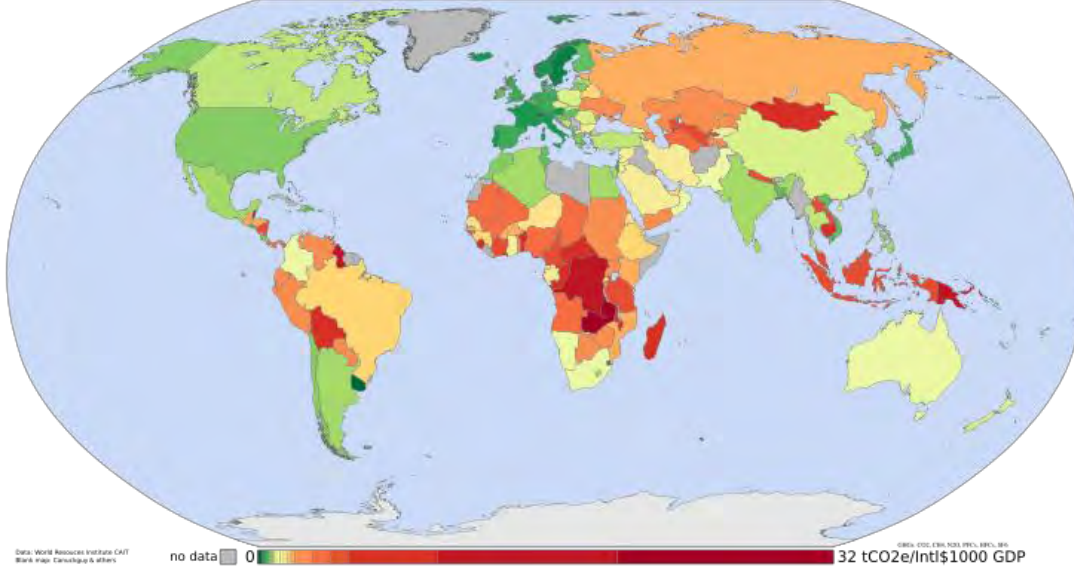
Efectos del aumento de los gases invernaderos en la atmosfera

- El aumento del H₂O v en la atmosfera, el cual absorbe energía infrarrojo más fuertemente que el CO₂, poderla ampliar todavía más la inducción al calentamiento global en una tasa de 1.6 (IPCC, 1990).
- El aumento de la temperatura superficial →reducción del hielo en las altas latitudes → reducción del albedo → > reflexión de la luz solar
- Calentamiento del suelo → > actividad microbiana → > [] CO₂ atm
- Nivel de los océanos → aumentar
- Aumentar la sequia → disminuir la productividad agricola

Contaminación atmosférica

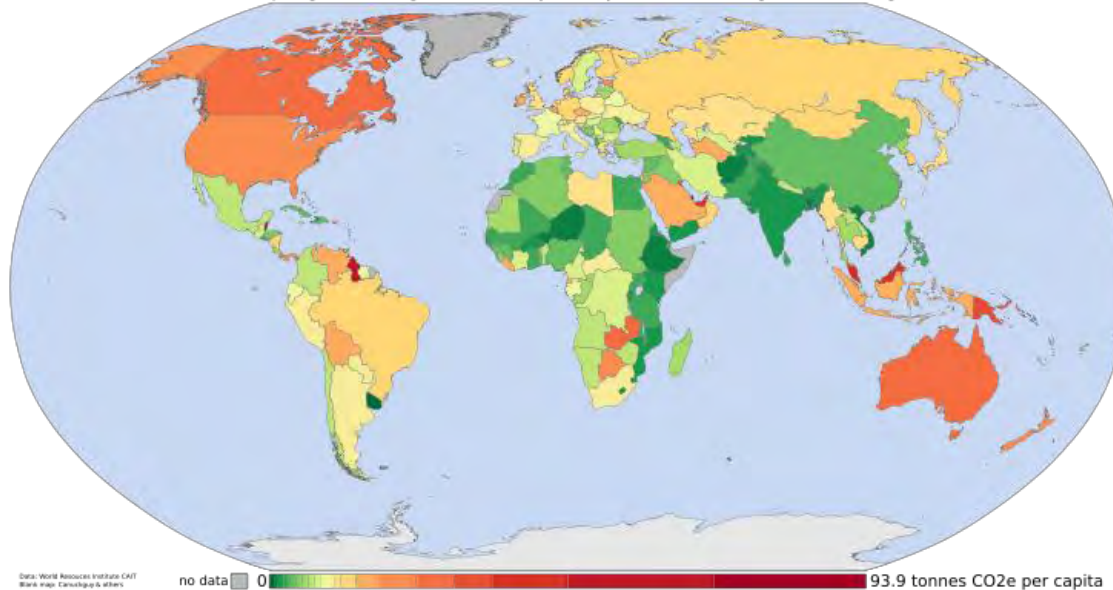
Introducción

Greenhouse gas intensity of national economies in 2000 (including land-use change)



Greenhouse gas intensity in 2000 including land-use change

Per capita greenhouse gas emissions by country in 2000 (including land-use change)



Per capita anthropogenic greenhouse gas emissions by country for the year 2000 including land-use change.

Tareas sobre efecto invernadero

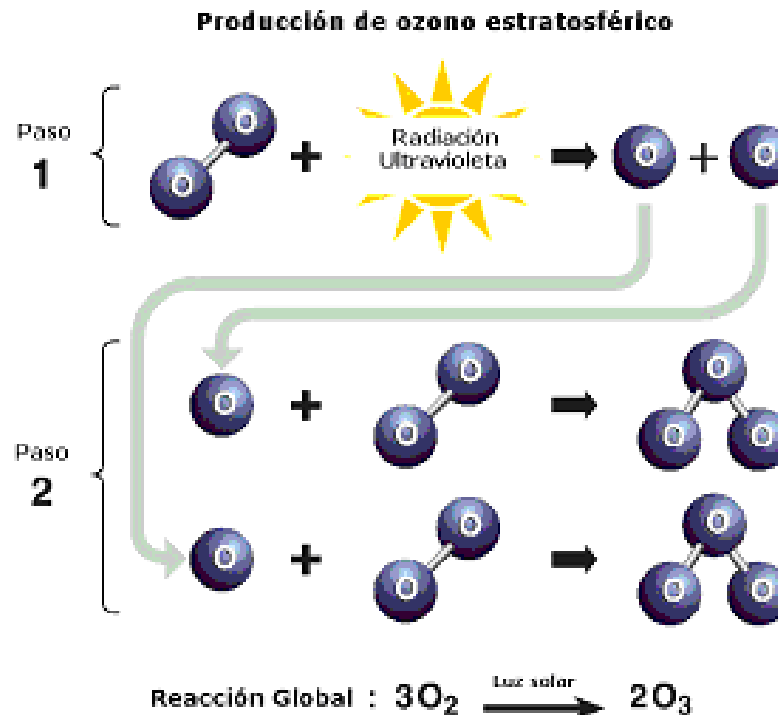
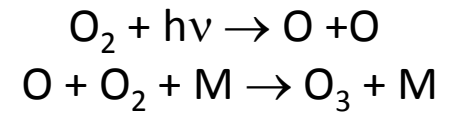
1. ¿Qué es el “*forcing climate*”?
2. ¿Cuáles son los principales gases de efecto invernadero? ¿Y por qué?
3. Relacione la capacidad de estos en absorber radiación infrarroja y el efecto invernadero
4. ¿Cuáles las ventajas y desventajas del efecto invernadero?
5. De ejemplos de fuentes y sumidero antropogénicas y naturales de: CO₂, CH₄, CFCs, NO_x, .
6. ¿Cuál la diferencia entre el cambio climático que el hombre está causando para los cambios climáticos de la historia geológica del planeta?
7. Relacione: contaminación atmosférica, permafrost y glaciares y los hidratos de carbón.
8. Explique la relación entre el aumento del CO₂ atmosférico, y el aumento de las formaciones calcáreas oceánicas.
9. ¿Qué sugiere para disminuir las emisiones de los gases capaces de causar el efecto invernadero

El Ozono y el Hoyo de Ozono

Ozono estratosférico

Es producido principalmente a partir de la descomposición del O_2

M es una molécula inerte como el N_2 o O_2



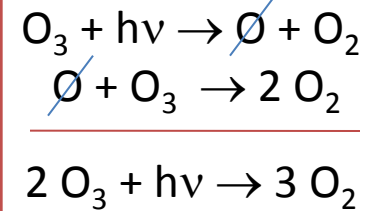
<http://www.ideam.gov.co/sectores/ozono/images/ozono31.gif>

El Ozono y el Hoyo de Ozono

Ozono estratosférico

Es destruido por inúmeras reacciones .

La fotodegradación estratosférica es natural, y es la reacción responsable por la filtración de la radiación u.v. del sol.



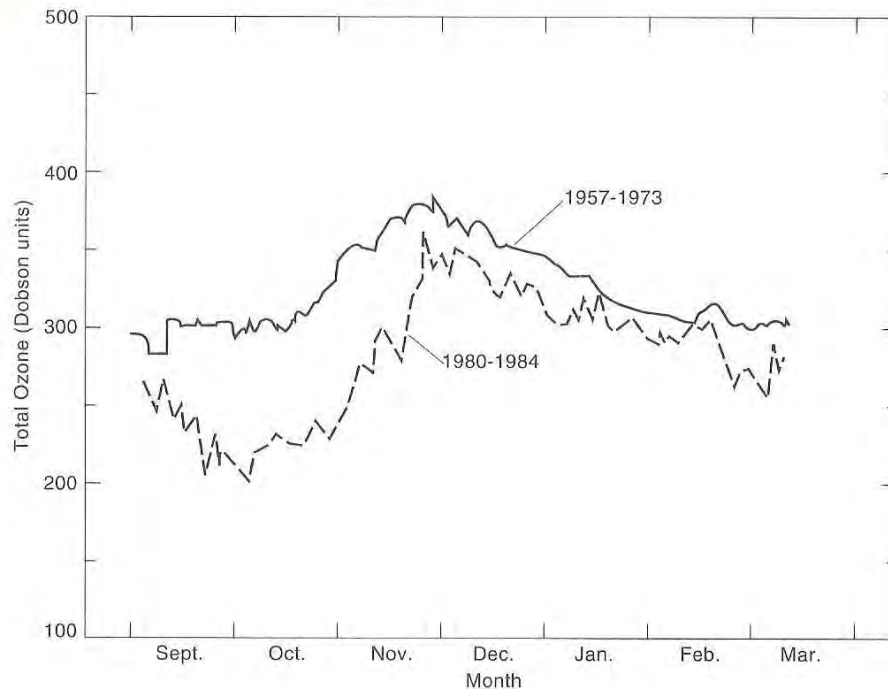
Existe naturalmente un equilibrio entre la producción y la destrucción del O₃ estratosférico

Ciertas moléculas se interaccionan con el O₃ afectando este equilibrio

N₂O, CH₄, Clorfluorocarbonos (CFCs), halogenos (Br, Cl)

Ozono estratosférico

Figura 2.6 – variación sazonal en Halley Bay, Antártica, en dos periodos diferentes (57-73 y 80-84).



El cloro atómico formado a partir de fotodescomposición de los CFCs.

Durante este periodo el Hoyo toco el sur de la América del Sur;
En el año de 2000 se detecto una extensión de 25 millones de Km²

Ozone estratosférico

Ciertas moléculas se interaccionan con el O_3 afectando este equilibrio

N_2O , CH_4 y Brometos \rightarrow Fuentes naturales (y artificiales)

CFCs \rightarrow 100% artificiales

- Líquido de refrigeración
- Sprays
- Ind. Fomy, etc.

Los Clorofluorocarbonos son los principales responsables por el hoyo en la capa de O_3

100%
artificiales

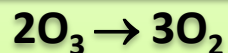
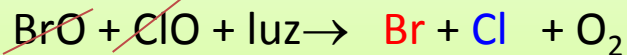
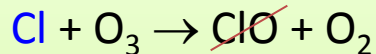
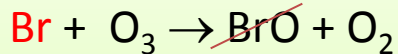
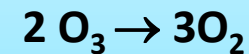
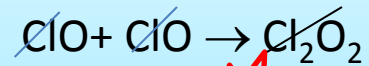
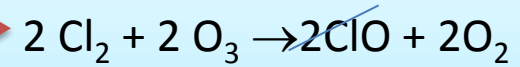
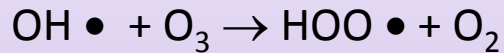
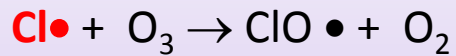
“Poco
reactivos”

persistentes

2007 IPCC Fourth Assessment Report (AR4) by Working Group 1 and Chapter 2 of that report (Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing).

Gas	Nivel pre-industrial (ppm)	Nivel Actual (ppm)	Aumento desde 1750 (ppm)	Capacidad en absorber energía (W/m ²)
CO ₂	280	384	104	1.46
CH ₄	700	1 745	1 045	0.48
NOx	270	314	44	0.15
CFC-12	0	533	533	0.17

El cloro atómico formado a partir de fotodescomposición de los CFCs.



La contribución del Bromuro también es grande!

La fuente principal de Br estratosférico es el Metil-bromuro

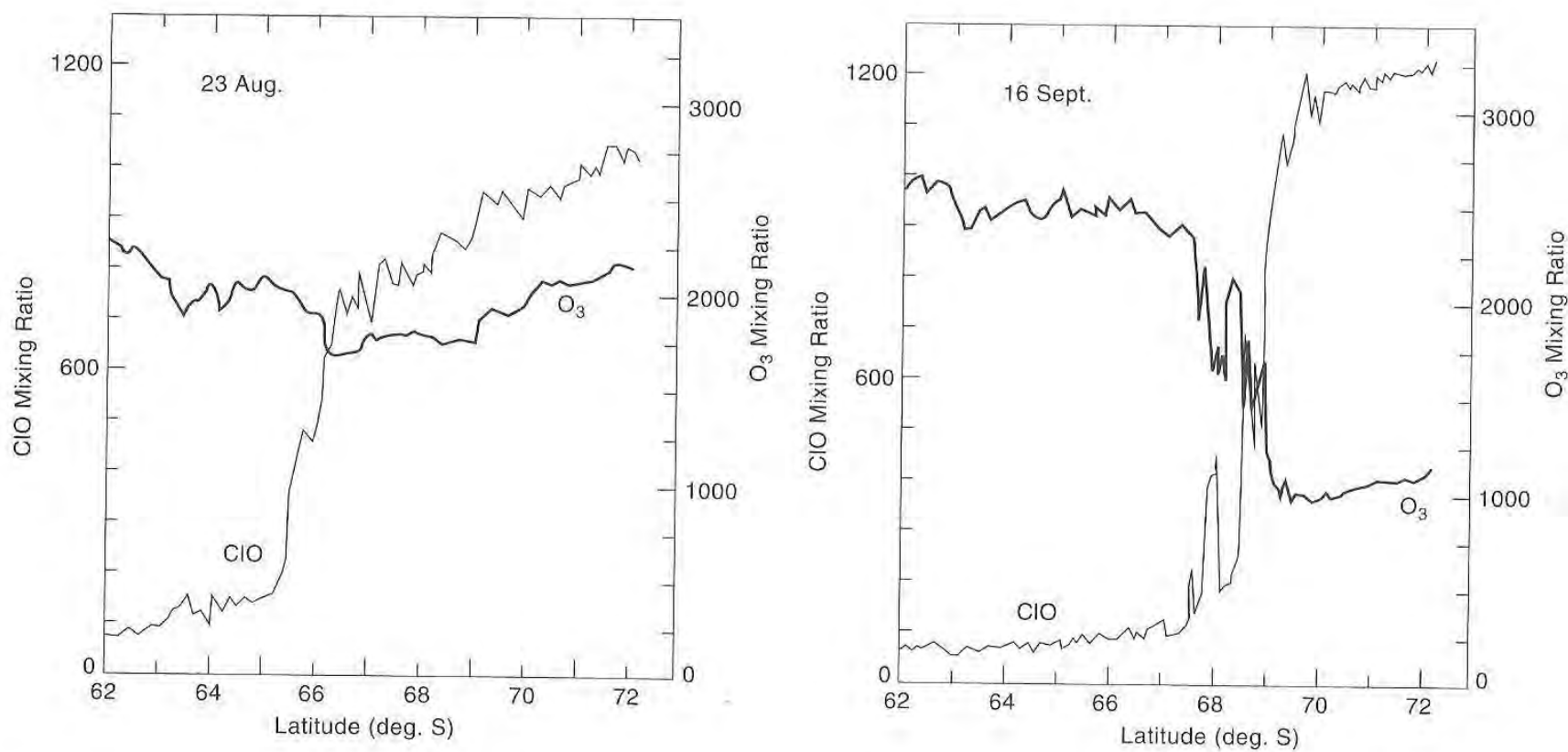


Figure 2.7. Evolution of the anticorrelation between ClO and O₃ across the Antarctic polar vortex from August 23, 1987, to September 16, 1987. This relationship occurs because the destruction of ozone by reaction with Cl produces ClO as a product. (Adapted from Anderson et al. 1991, Fig. 5, p. 43.)

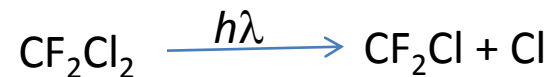
Donde viene el cloro?

Emisiones de compuestos gaseosos de Cl de la superficie de la tierra:
 CH_3Cl , CCl_4 , CH_3CCl_3 (naturales del océano + << antropogénico), **y CFCs**

Mucho de los CH_3Cl se convierten en HCl en la atmosfera $\rightarrow \text{Cl}$

Los CFCs son los más estables, destruidos muy lentamente en la troposfera;

En la estratosfera los CFCs $\rightarrow \text{Cl}$ libre



El cloro reacciona muy rápido con ClONO_2 y con el HOCl

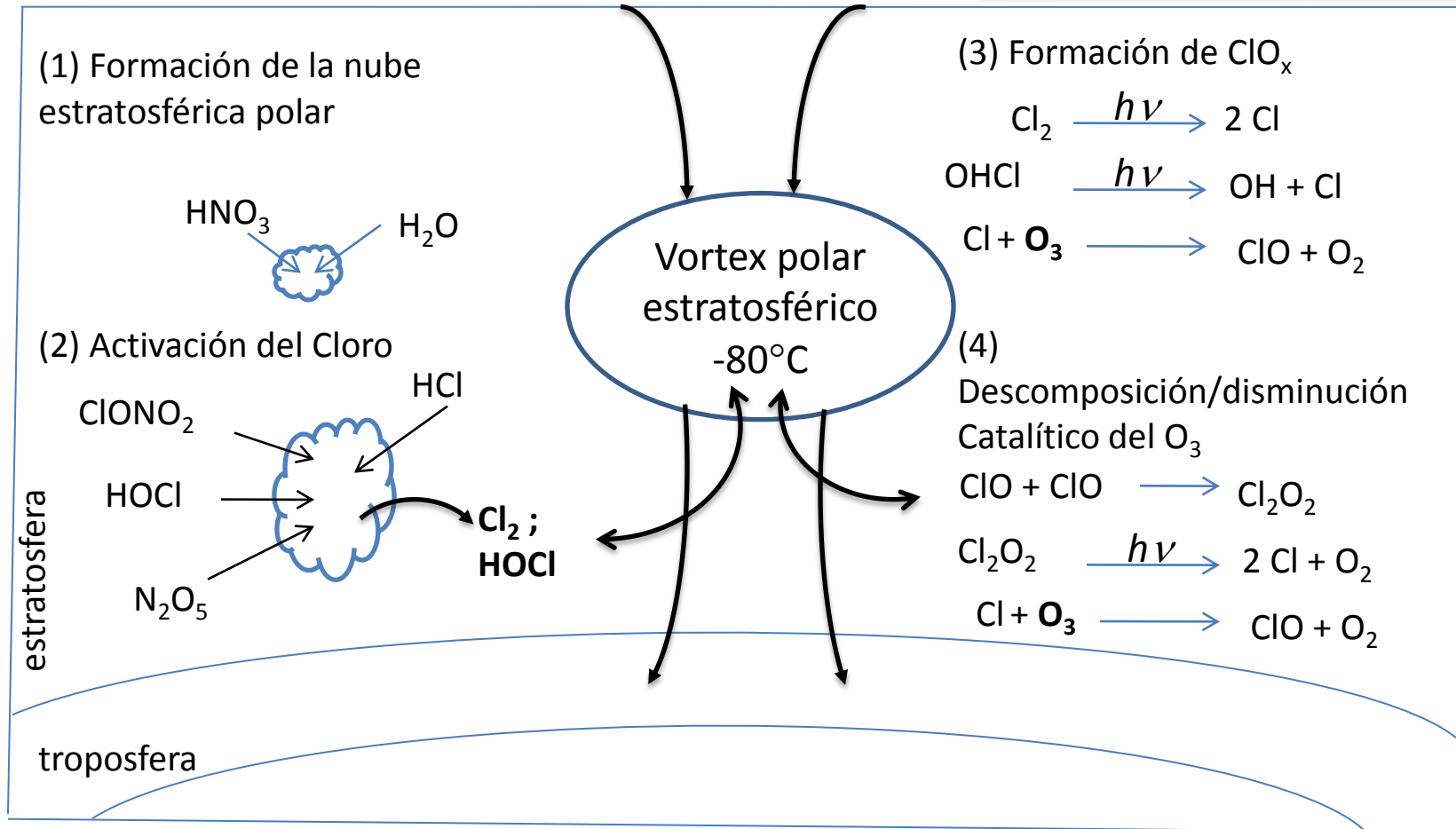
**Nubes Polares
Estratosferica**

Contaminación atmosférica

Ozono estratosférico

Inverno Antártico

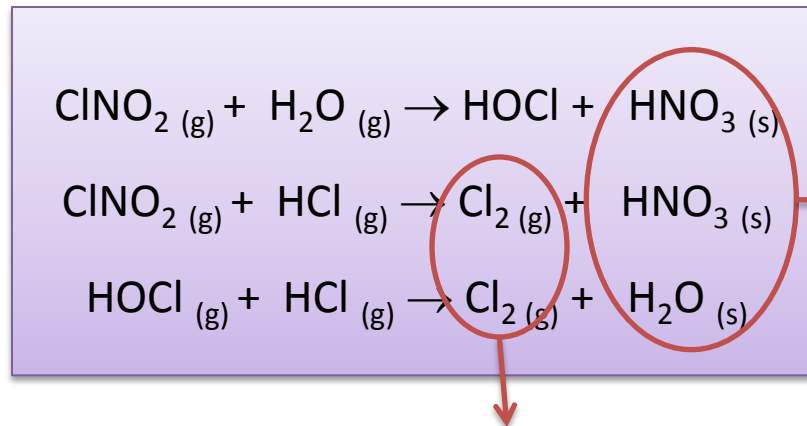
Sol naciente de la primavera en Antártica



Porque se forma el hoyo en la capa de Ozono sobre la Antártica?

Por causa de la presencia de nubes polares estratosféricas que se forman sobre la Antártica. Ellas se forman solamente en la atmosfera superior extremamente frías (-80°C), condiciones como las que existen en el invierno antártico

En estas nubes polares existen hay **cristales de hielo y de HNO₃.H₂O (formados por la interacción entre radicales HO• y NO₂ gaseosos).**



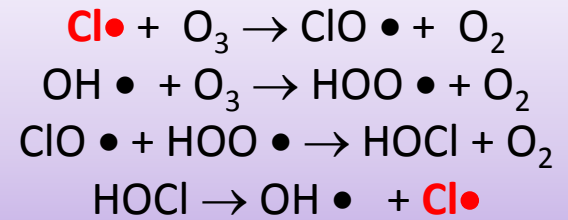
El Cl no reacciona con estas partículas por que son sólidas, estos se acumulan en las Nubes EP

El Cl es liberado como gas puede ser disociado o reaccionar y formar ClO

Esta nube crea una superficie activa para la reacción de quiebra del **HCl** y del **ClNO₃** formando el **Cl•**.

Estas reacciones se pasan con energía

Responsable por **3/4** de la destrucción del O₃ estratosférico



Normalmente el cloro atómico de la estratosfera puede reaccionar con constituyentes comunes de esta capa, tal como , con el CH₄ y con el NO₂, formando el cloro-nitrato (ClNO₃).

El ClNO₃ actúa como un reservatorio de Cl, inmovilizando-o para reacciones futuras con el O₃.

Tareas sobre ozono estratosférico y el hoyo en la capa de Ozono

1. Explique la diferencia entre el ozono estratosférico y el troposférico. Cual es dañino y cual es bueno? Porque?
2. Cual la relación entre el ozono y el hoyo en la capa de ozono?
3. Liste los compuestos capaces de reaccionar con el ozono estratosférico. De estos por que los CFCs son los vilanos?
4. Cuales son las fuentes de los CFCs? O que son los CFCs? Porque hacen tanto mal?
5. Explique el vortex polar
6. Explique porque el hoyo en la capa de ozono es mayor en el antartica?
7. O que podrá pasar si este hoyo aumentar? O que se debe hacer para mitigar el aumento del hoyo en la capa de ozono. Por que?

Ozono troposférico y el smog fotoquímico

Cáncer de pítele;

Problemas respiratórios

CH_3Cl → producido por la quema de biomasa

Cuando producido en altas conc. puede llegar a las zonas rurales

→ efectos en plantas (quema las hojas) y animales

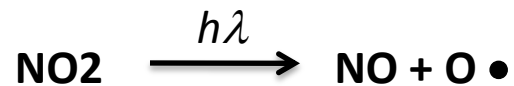
Es el principal componente del **smog** fotoquímico

Formado a partir de la quema de combustibles como un contaminante secundario

Reacciones fotoquímicas con hidroxilas (OH),

Los COVs se convierten en radicales orgánicos, estos reaccionan con el O_2 atmosférico formando peróxidos, que llevan a la formación del O_3 troposférico.

Los NO_x son los intermediarios catalíticos en la conversión de los radicales peróxidos orgánicos a O₃



Los VOCs

Procesos naturales

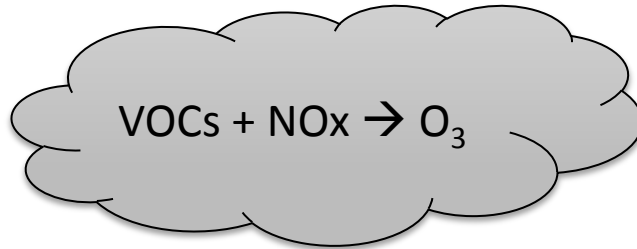
Quema incompleta de combustibles fósiles

Solventes orgánicos

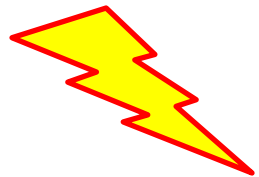
NOx → naturales

Reacciones de la combustión a elevadas temperaturas, donde el O₂ reacciona con el N₂

Ambientes
urbanos



Quema de biomasa ⇒ ↑ con. De O₂ troposferico



Contaminación atmosférica

Esmog fotoquímico

En siglo XVII
(John Evelyn)



Trabajo científico sobre la contaminación de Londres, causado por el uso intensivo del carbón (rico en S)

En 1936
(Firke)



A partir de cálculos estima que si el episodio de contaminación atmosférica que ocurrió en Bélgica (1936) tuviera ocurrido en Londres las muertes serían de unos 3200 y no de 63.

Episodios drásticos de contaminación atmosférica

Año	Lugar	n. Muertes
1930	Meuse Valley, Bélgica	63
1948	Donora, Pennsylvania	20
1952	Londres	4000
1962	Londres	700



**Invierno y
Inversión
térmica**

A partir de los años 40 Los Angeles vive serios problemas de contaminación atmosférica



**En los
veranos**



Ambiente fuertemente oxidante y lacrimojante
Ocurría durante el día
En días calientes
Mataba las plantas



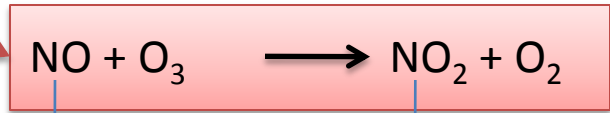
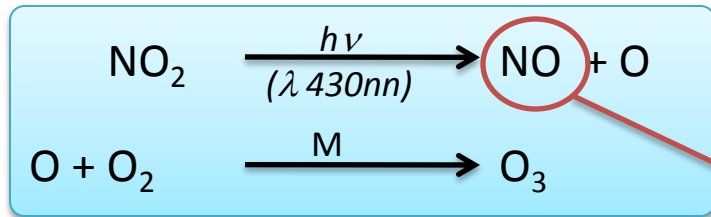
Comparación entre los Episodios de contaminación atmosférico de Londres con el de LA

	Fog de Londres, 1952	Fog de Los Ángeles
Primer caso	Inicio del periodo industrial	A partir de 1940
Cont. Primarios	SO ₂ , MP	VOCs , NO _x
Cont. secundarios	H ₂ SO ₄ , Sulfatos, aerosois, etc.	O ₃ , PAN, HNO ₃ , Aldehidos, MP, NO ₂ y SO ₄ ⁼
T del aire (°C)	Frio, Menor que 35	Caliente , Mayor que 35
URA	alta	Baja y seco
Tipo de inversión	Radiación al nivel del suelo	Subsidencia
Pico del contaminante	Por la mañana	Por la tarde y noche

Contaminación atmosférica

Esmog fotoquímico

Reacciones fotoquímicas



No co-existe NO y O_3

Sin color

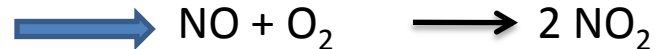
Café-rojo

Es oxidado lentamente en el oscuro



Naturalmente muy lenta

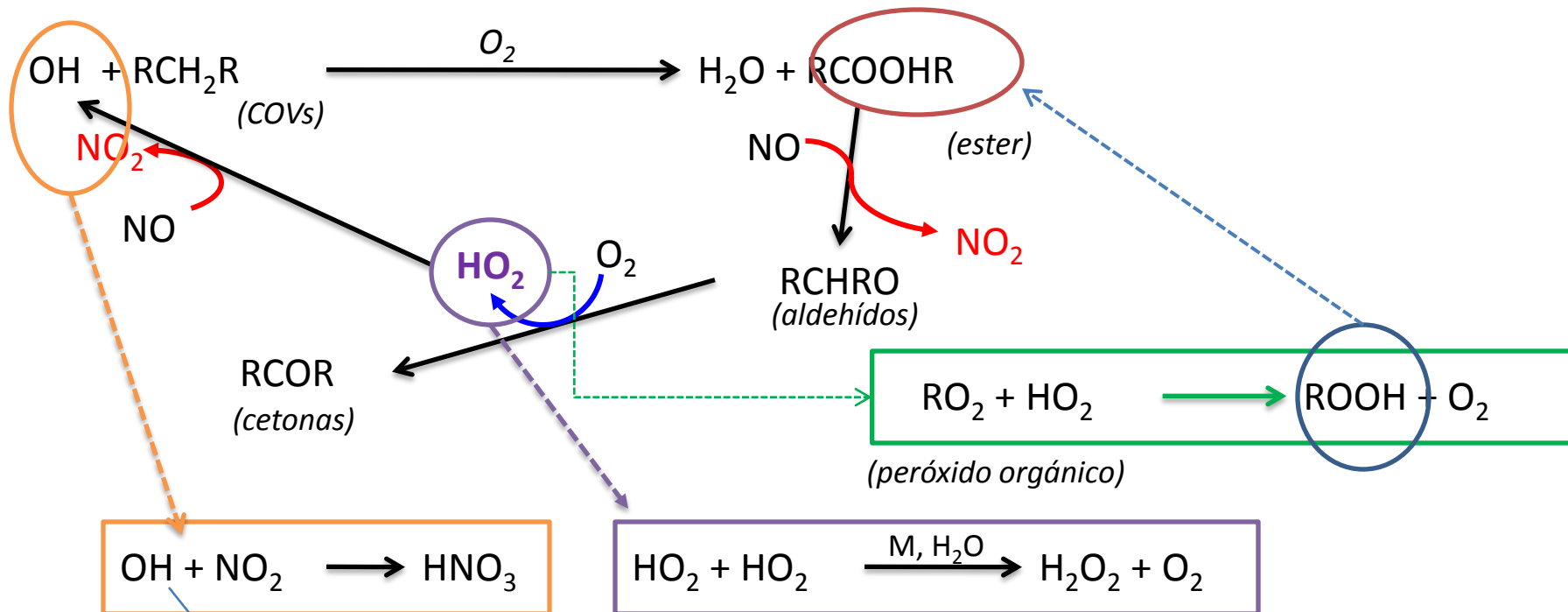
Pero ocurre en las emisiones de las industrias



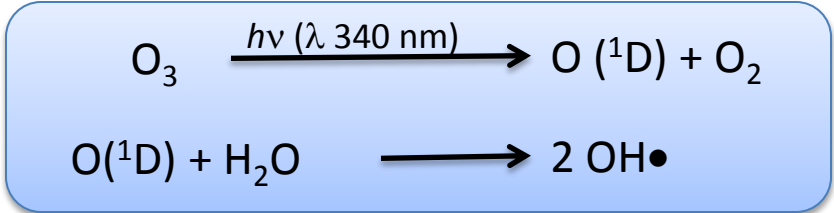
Contaminación atmosférica

Esmog fotoquímico

Reacciones fotoquímicas

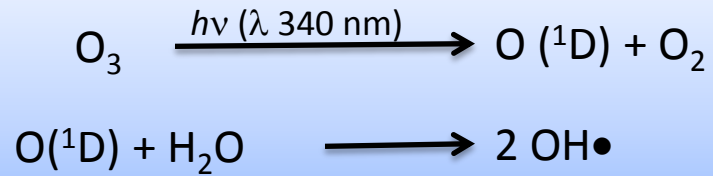


Principal fuente de HO es la fotooxidación del O₃

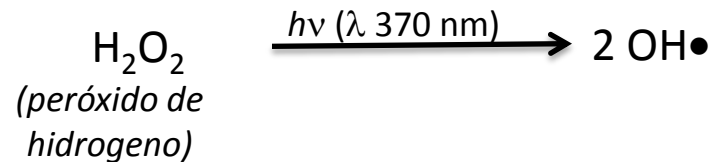
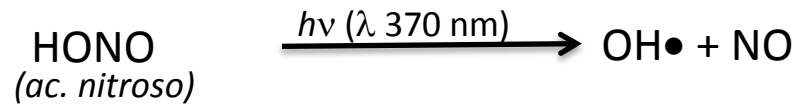


Reacciones fotoquímicas

Principal fuente de HO es la fotooxidación del O₃

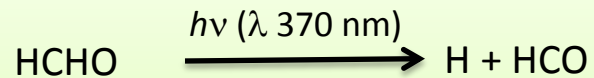


Otras fuentes de HO•

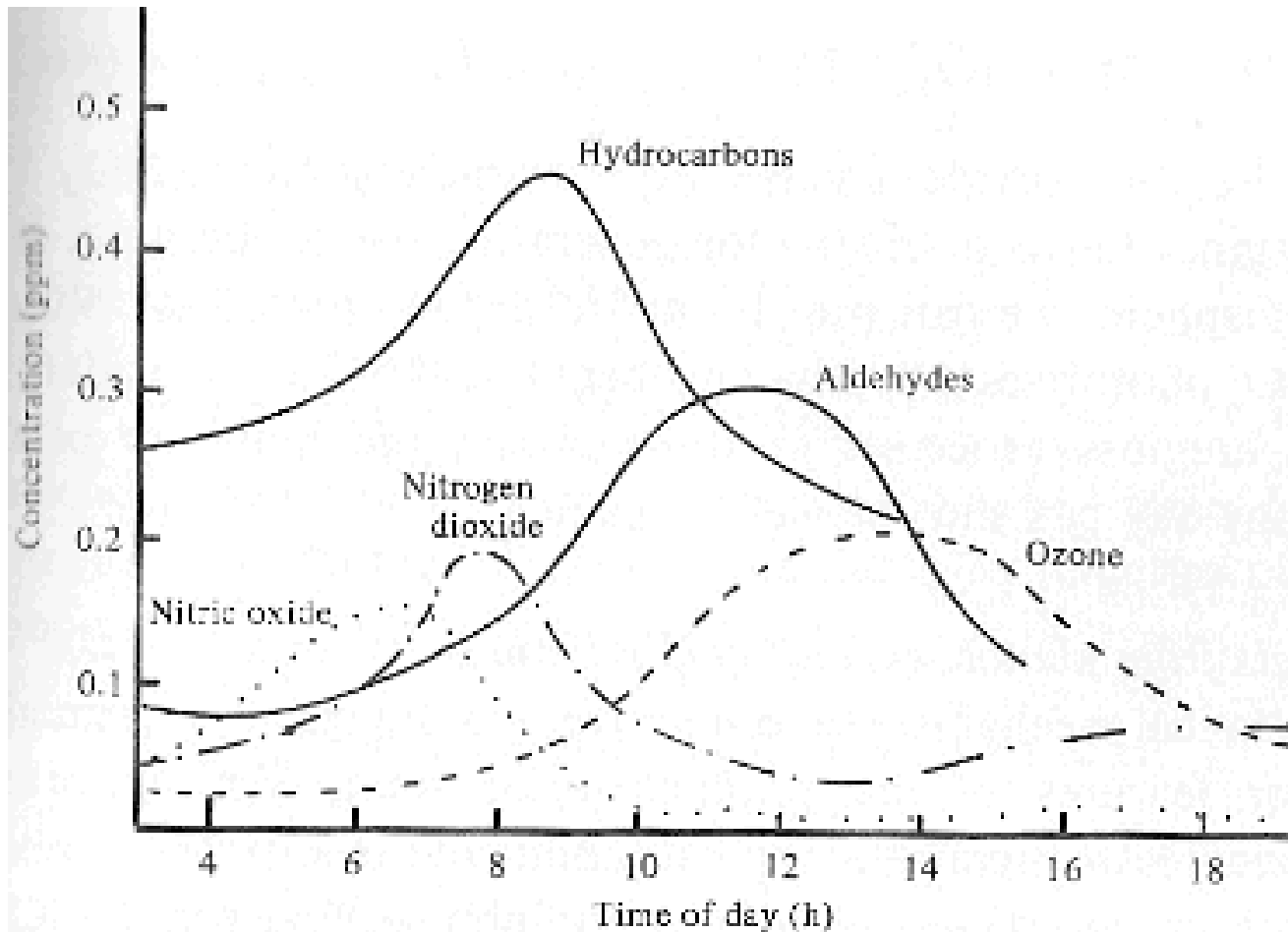


Otras fuentes de HO₂

Fotodisociación de formaldehído



Reacciones fotoquímicas



Contaminación atmosférica

Esmog fotoquímico

Reacciones del NO_2 de las horas noturnas



El NO_3 puede reaccionar:

con algunos COV



con el NO_2



Tareas sobre ozono troposférico y el Esmog fotoquímico

1. ¿Qué y cómo se puede producir el O_3 troposférico?
2. ¿Cuál es la relación entre el O_3 troposférico y el smog fotoquímico?
3. ¿Qué sugieres para la mitigación del O_3 troposférico?
4. ¿En qué hora del día se dan los picos de los contaminantes del smog fotoquímico y del smog londrino?
5. ¿Cuáles son los contaminantes primarios que llevan a la producción del O_3 troposférico? ¿Y cuáles son sus fuentes naturales y antropogénicas?
6. ¿Cuáles son las diferencias entre el smog fotoquímico y el londrino?
7. Explique cómo se forman los contaminantes secundarios del smog fotoquímico.
8. Explique cómo se forman los contaminantes secundarios del smog londrino.
9. Haga un esquema ilustrando resumidamente las reacciones noturnas y las diurnas del smog fotoquímico.
10. Explique el gráfico de la diapositiva 468.

AEROSOL

es una mezcla heterogénea de partículas solidas o líquidas suspendidas en un gas (fuente: wikipedia.org)

Materia Particulada (PM del inglés *particulate matter*)

Sistema físico constituido de partículas solidas y liquidas en suspensión
Son responsables por el dispersión y absorción de la luz → disminución de la visibilidad
Contribuyen para la acidez de la atmosfera
Cuando inhalados → daño a la salud

Tamaño de las partículas



Aglomerados de moléculas hasta un diámetro de 100µm

< 20µm – sitio de condensación

>20 µm remoción por deposición

Materia Particulada (PM del inglés *particulate matter*)

Tipos de MP

Primario → Polvo, aerosol marino

Secundario → Emisiones gaseosas que se condensan en la atmosfera

Fuentes de los aerosol

- Vientos → polvo de los suelos
→ Espray marinos
- Emisiones gaseosas de los volcanes y de los vegetales

Contaminación atmosférica

Materia Particulada

Fuentes de los aerosol

→ Espray marinos

Los sales marinos se encuentran los iones Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ y material orgánico

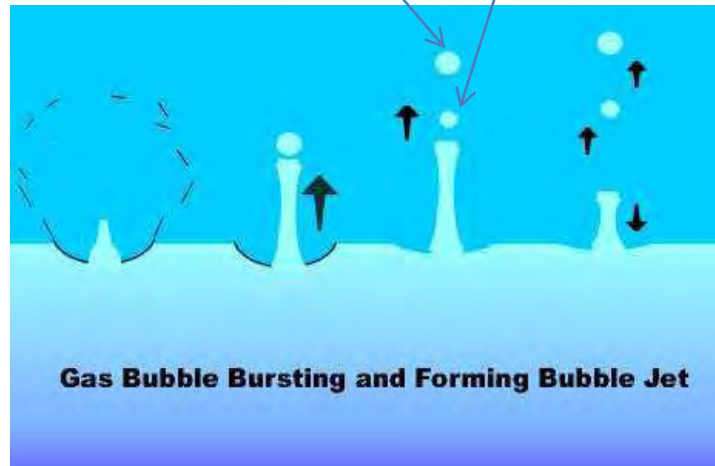
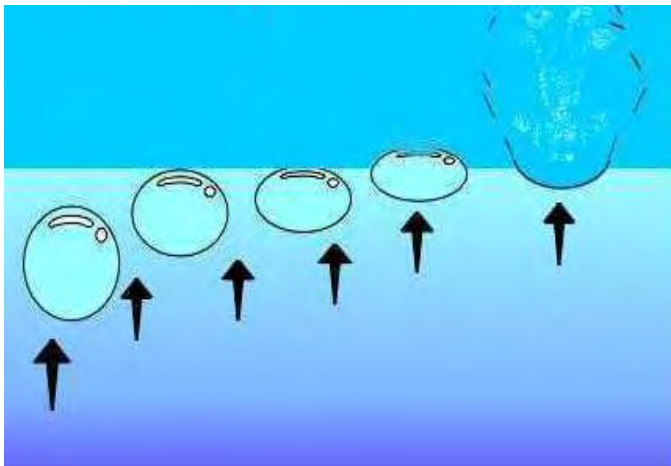
Estos aerosoles no absorben la luz solar.

90% entre 2 -20 μm de θ ;
Parte de estas se evaporan
y reduce su radio

0.1 - 1 μm de θ

Cargadas por las corrientes
de aire oceánico

tiempo de
residencia
es aprox. 3
días



Fuentes de los aerosol

→ Polvo de los suelos

- Suspensión en el aire de los minerales que constituyen el suelo, por efecto de la **erosión** de la **corteza terrestre**

- Constituidos principalmente por agregados de cuarzo, mica, argila-minerales, FeO_x y carbonatos

 - Los óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , CaO , y otros)

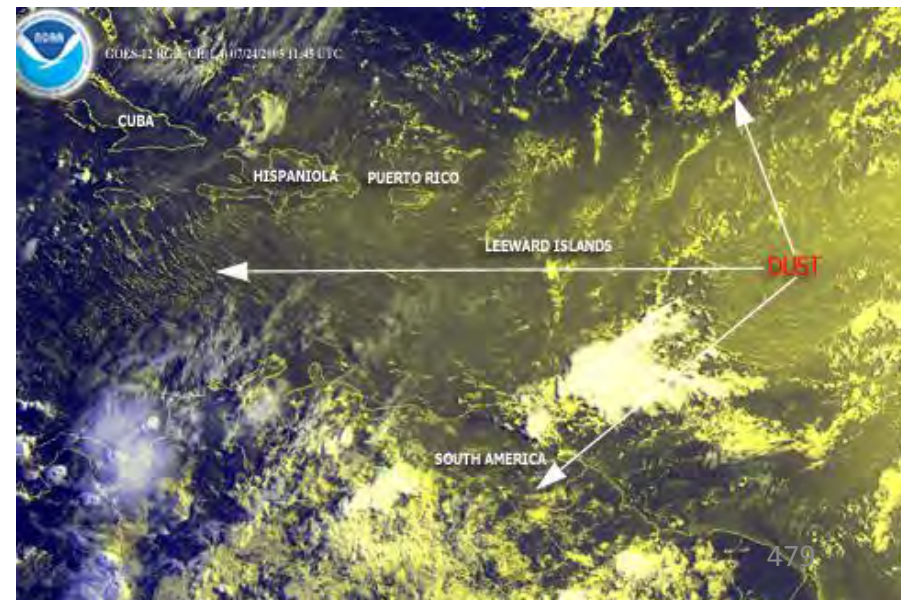
 - carbonatos (CaCO_3 , MgCO_3)

- los iones Al^{3+} , Si^{2-} y Fe

 - indicativo de aerosol terrestre

 - Pueden interaccionar con los iones de origen marina (Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} y K^+).

<http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/atmosphericpollutants.html>



Fuentes de los aerosol

→ Cenizas Volcánicas

- los iones SO_4^{2-} , Cl^- , y F^-

→ Origen biogénica

- los iones K^+ , Na^+ , Mg^{2+} y Ca^{2+} .

- oxidación de los COV's

→ Los aerosoles de MO interaccionan con la luz (radiación) dispersándola y/o absorbiéndola

- Quema de biomasa (7% de los aerosol)

→ Contribuye con el **carbono elemental** (Negro de Carbono del inglés *Black Carbon* o *Soot carbon*). Este tiene una alta eficiencia en la absorción de la radiación solar (por lo tanto, se cree que favorecen el efecto invernadero).

→ la quema de biomasa se produce muchas partículas sulfatadas (indicativo)

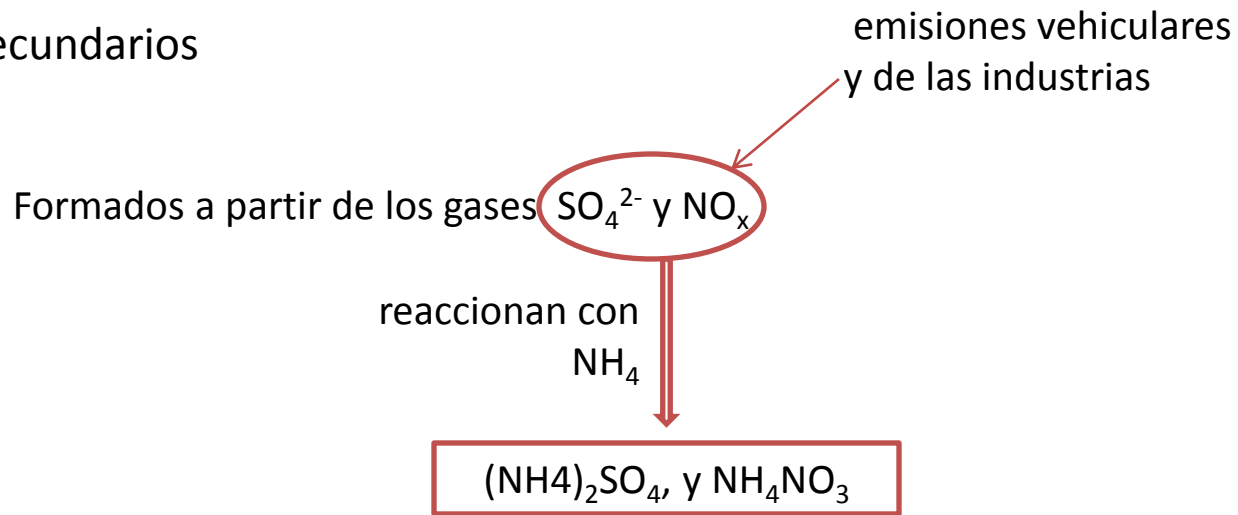
→ los iones en el MPF son Cl^- , S^- , K^+ , y los metales Cu y Zn

Contaminación atmosférica

Materia Particulada

Emisiones gaseosas

→ Aerosol secundarios



→ Quema de combustibles

Produce aerosoles primarios conteniendo Pb y V ← trazador de fuente

El tamaño de la partícula tiene una relación directa con el mecanismo de formación del aerosol

MFP y MPG

MFP

$\theta < 2 \mu\text{m}$

Núcleo de condensación de gases

Transporte a larga distancias

Deposición húmeda

MFG

$\theta > 2 \text{ y } < 10 \mu\text{m}$

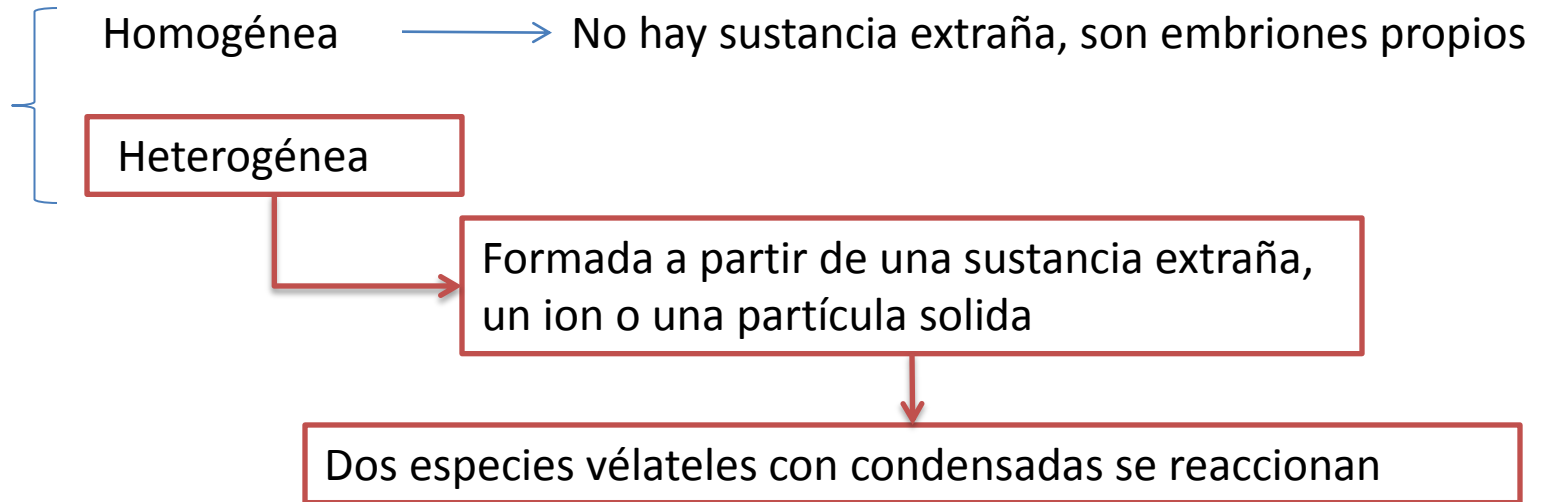
Relacionados a procesos mecánicos marinos o terrestres

No se transporta a larga distancias

Deposición seca

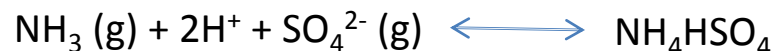
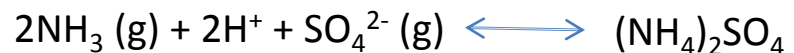
MFP y MPG

MFP → Nucleación → Núcleo de condensación de gases



Depende :

- Cantidad de NH_3 y de los
- precursores SO_4^{2-} , NO_x y el HCl
- Taja de difusión
- Temperatura
- Humedad Relativa del Aire
- Presencia de Núcleo de Condensación



Efectos de la presencia de la MP en al aire

- Reducción de la visibilidad

↑ absorción de la radiación



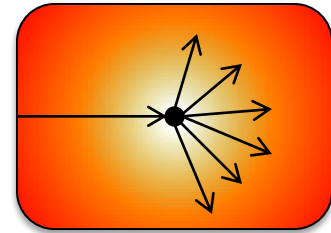
Las partículas mas eficientes en la absorción de la luz son las con **nitratos y BC**

↑ dispersión de la luz (deflexión en la dirección de la luz)



Partículas **sulfatadas** son muy eficientes en la dispersión de la luz, seguida por las con **C org.**
Y con **nitratos**

Responsables por **60 -96%** de la reducción de la visibilidad



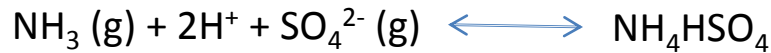
- Formación de Núcleos de Condensación

↑ En la altitud \Rightarrow ↓ la temperatura \Rightarrow enfría el aire \Rightarrow ↑ Humedad Relativa del Aire \Rightarrow **CONDENSACION DEL VAPOR DE AGUA**

Efectos de la presencia de la MP en al aire

- Lluvia acida

La remoción de los Iones SO_4^{2-} y de NO_x de la atmosfera



La absorción de los Iones SO_4^{2-} y de NO_x lleva a la formación de HNO_3 y H_2SO_4

- Efectos en la salud publica

Fracción inhalable (que no atinge los pulmones)

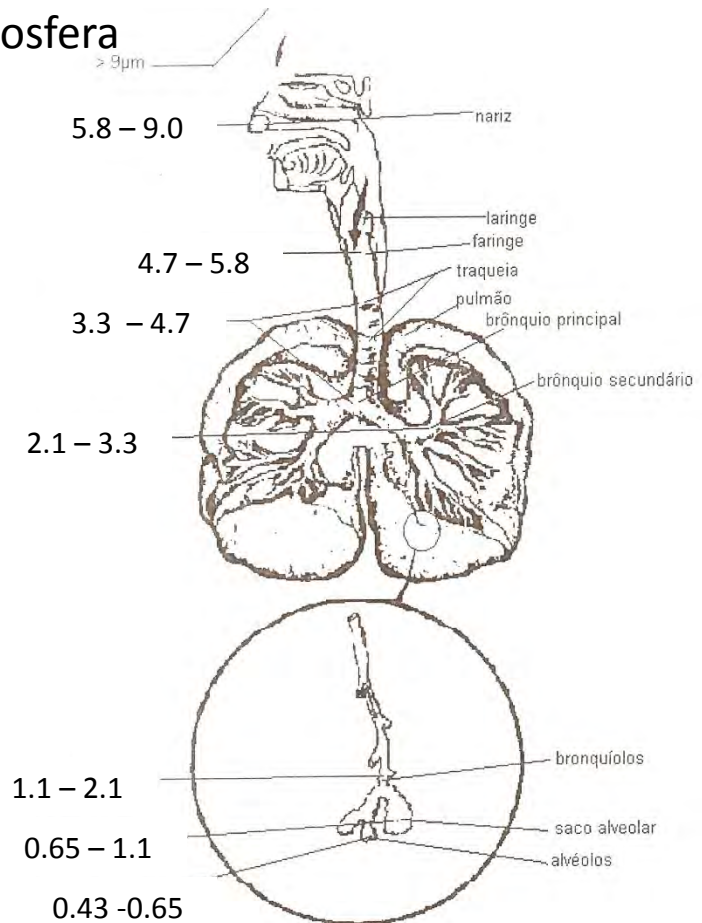
$\Rightarrow 2.5 - 10\mu\text{m } \theta$

Fracción respirable (atinge los alveolos pulmonares)

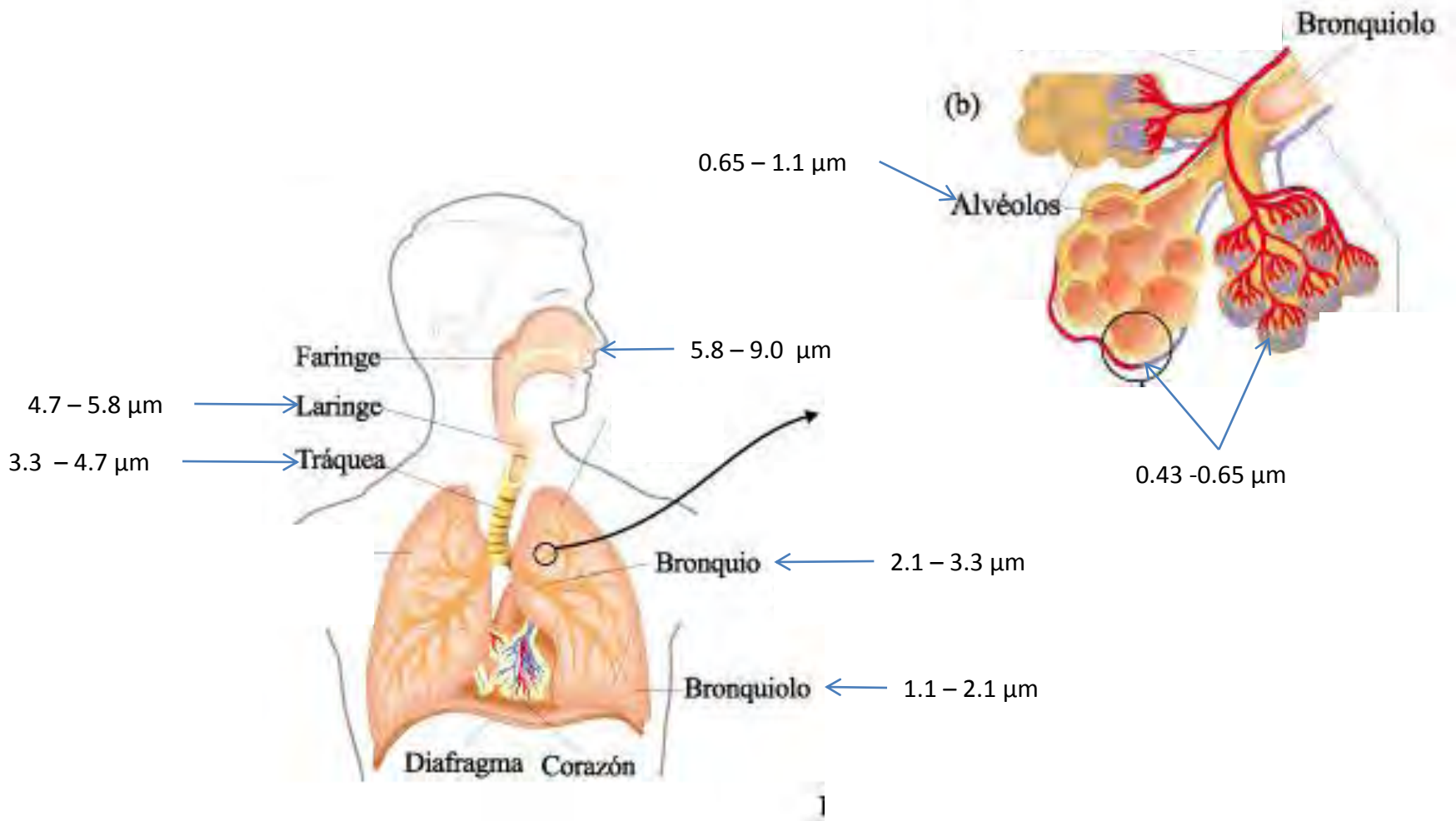
$\Rightarrow < 2.5 \mu\text{m } \theta$

\Rightarrow absorción

\rightarrow sistema linfático y circulatorio



Efectos de la presencia de la MP en el aire



Efectos de la presencia de la MP en el aire

- Efectos en la salud pública
- asma, cáncer de pulmón, problemas cardiovasculares, y muerte prematura.
- Las partículas de < de 2.5 micrómetros (PM_{2,5}) tienden a penetrar en el de intercambio de gases de las regiones del pulmón,
 - y las partículas muy pequeñas (<100 nanómetros) pueden pasar a través de los pulmones y afectar a otros órganos.
 - depósitos en las arterias, causando **inflamaciones vasculares** y la **arteriosclerosis**, un endurecimiento de las arterias que reduce su elasticidad, lo cual puede conducir a ataques cardíacos y otros problemas cardiovasculares (desarrollo de enfermedades de corazón).
- Partículas < 100 nm pueden atravesar las membranas celulares, migrar hasta el cerebro y causar daños similares a los encontrados en pacientes con Alzheimer.
- Las partículas emitidas por los motores de diesel tienen comúnmente tamaños en torno a los 100 nm (0,1 micrómetros). Estas partículas de hollín pueden transportar componentes potencialmente **carcinógenos**, como los benzopirenos, adsorbidos en su superficie.

Contaminación atmosférica

Materia Particulada

Dichotomus (PM2.5/10)

Hi vol (PM10)



Tareas sobre Material particulado atmosférico

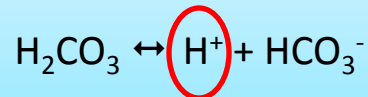
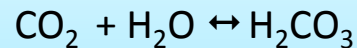
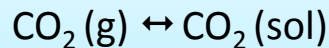
1. ¿Qué es un material particulado atmosférico?
2. ¿Cómo dividimos el material particulado atmosférico? ¿Por qué?
3. ¿Defina aerosol?
4. ¿De qué sirve determinar la composición química del material particulado atmosférico?
5. Haga una tabla diferenciando el material particulado fino y grueso, en función de: (a) tamaño de partícula; (b) deposición; (c) adhesión de los contaminantes químicos; (d) dispersión de la luz; (e) lluvia ácida y (f) salud pública.
6. ¿Qué es un HiVol? ¿Por qué recibe este nombre? ¿Cómo funciona?
7. Diferencie el HiVol PM100, PM10 y el dicotómico.
8. En términos de la salud pública defienda el uso del HiVol dicotómico.

LLUVIA ACIDA

La presencia de ciertos compuestos en la atmosfera (NO , NO_2 , SO_2 y HCl) cuando disociados forman iones (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- y H^+). Esta disociación podrá aumentar los iones H^+ resultando en el aumento de la acidez del agua (disminución del pH)

El pH de el agua da lluvia en condiciones naturales es
aprox. 5.7

↳ Debido al sistema carbonato,



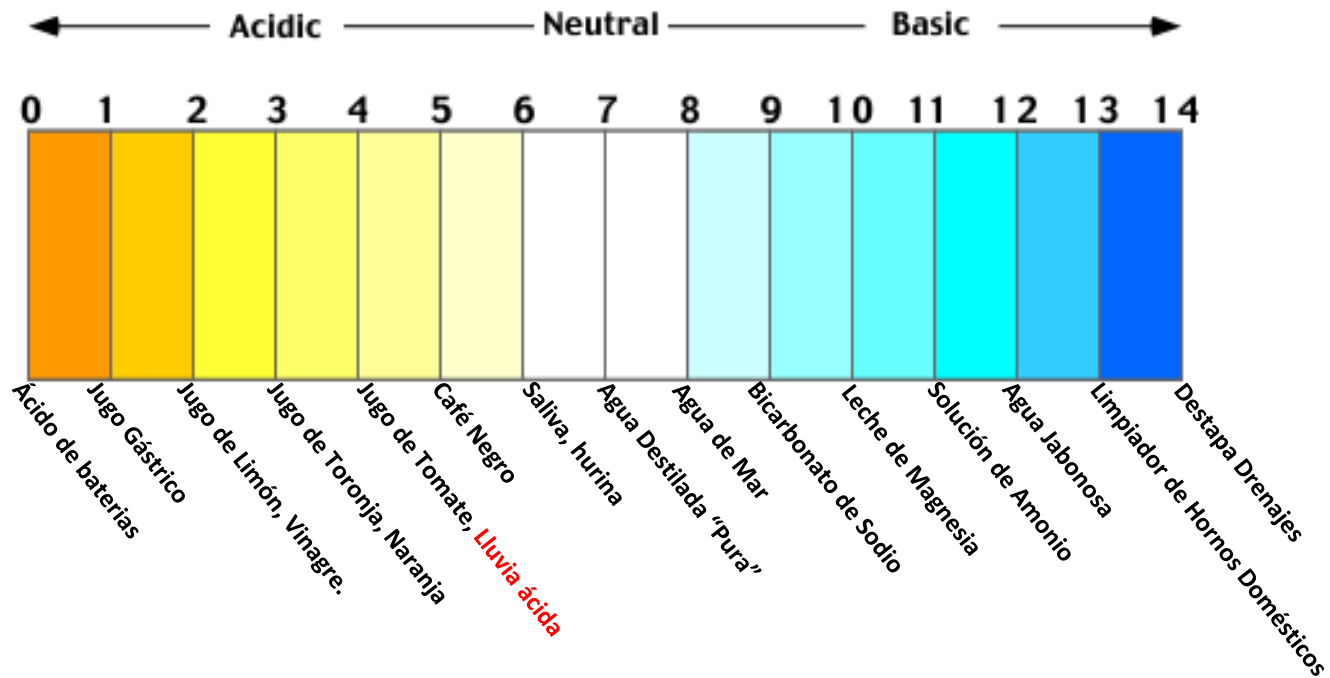
Contaminación atmosférica

Lluvia acida

LLUVIA ACIDA

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = \log (1/\text{H}^+)$$

pH > 7 → alcalino
pH 7 → neutro
pH < 7 → ácido



Contaminación atmosférica

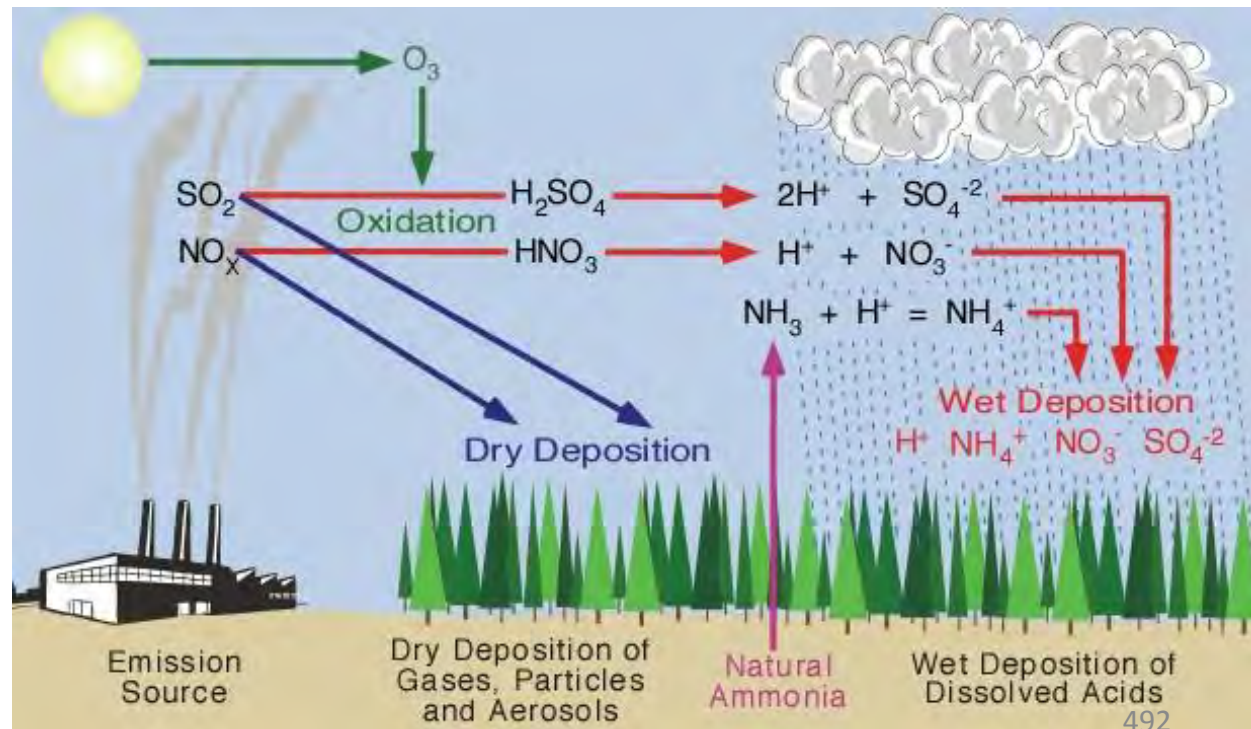
Lluvia acida

Tipos de deposición

Deposición seca (DS) → sin lluvia

- deposición del MP de grande densidad

Deposición Húmeda (DU) → lluvia, rocío, nieblas



Contaminación atmosférica

Lluvia acida

Núcleo de condensación → lluvia

✓ Materia particulado (aerosol marino, partículas higroscópicas y polvo)

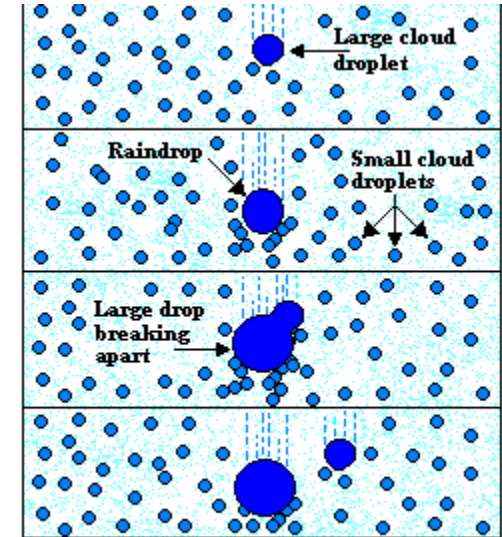
✓ Coalescencia y colisión de las partículas

Turbulencia

↗ altitud

↘ Temperatura

↗ URA



Collision-coalescence process

www.srh.noaa.gov



www.islandnet.com

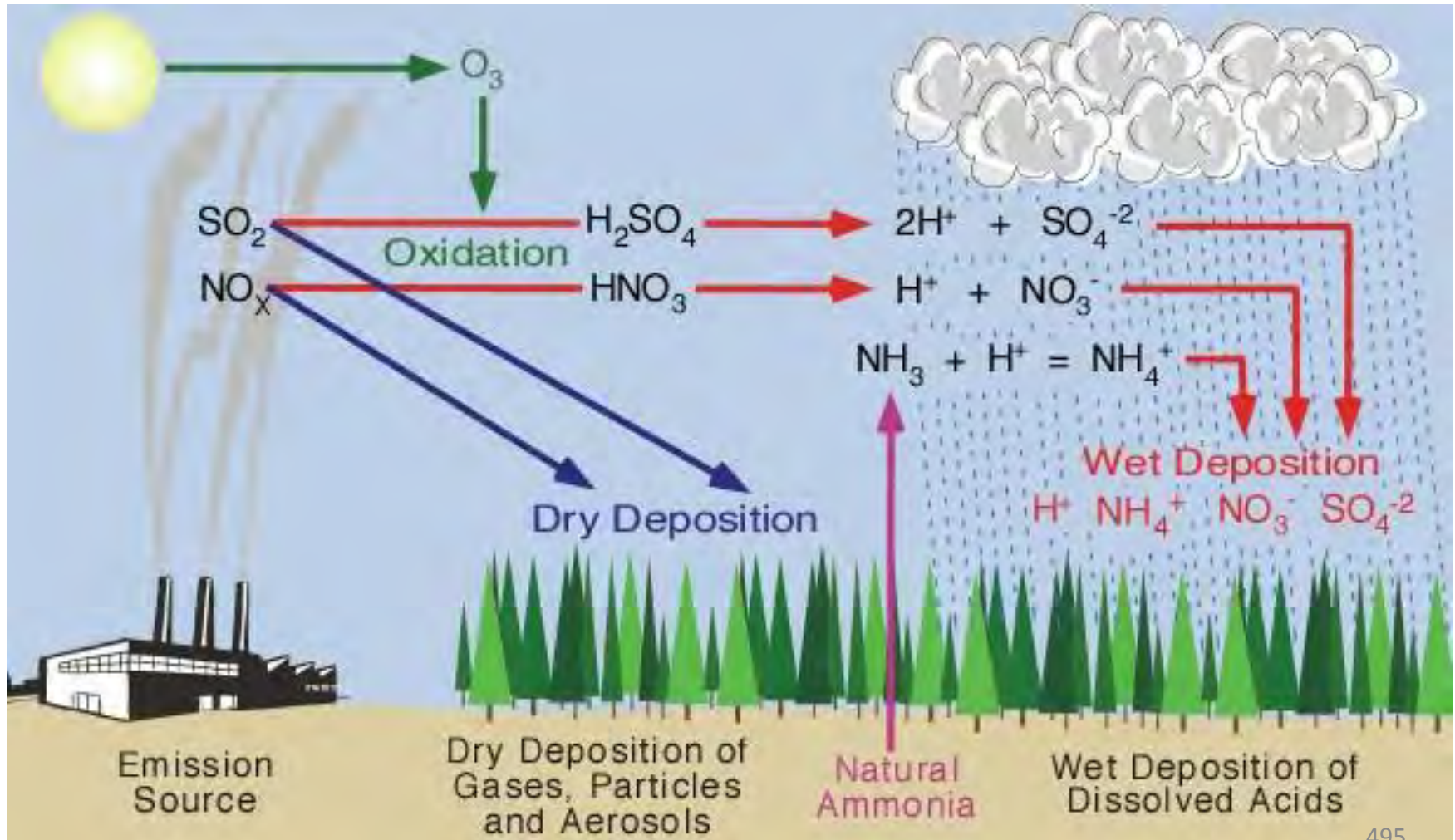
Composición química del agua de lluvia

H^+ , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- ,
 NH_4^+ , acetato (CH_3COO^-), formiato ($CHOO^-$)

- Aerosol marino $\longrightarrow Na^+$, Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , $CHOO^-$
- Quema de biomasa $\longrightarrow Na^+$ y Mg^{2+}
- Aerosol biogénico y fertilizantes $\longrightarrow K^+$
- Cimento y quema de biomasa vegetal $\longrightarrow Ca^{2+}$ (del $CaCO_3$)
- Industrias $\longrightarrow Cl^-$
- Descomposición fotoquímica del isopreno y quema de biomasa $\longrightarrow CHOO^-$
- Oxidación de HC's y descomposición de los PAN (Peroxiacetilnitratos) $\longrightarrow CH_3COO^-$
- Quema de combustibles fósiles y de biomasa vegetal; y volcanes (SO_2 y H_2S)
- Polvos y gases reducidos de azufre (H_2S y DMS) } SO_2^{2-}
- Quemadas y elevadas Temperaturas $\longrightarrow NO_x$
- desecho de animales, fertilizantes, suelos, trafico y quemadas $\longrightarrow NH_4^+$

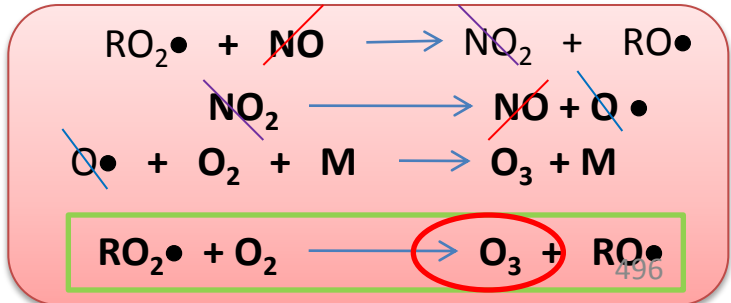
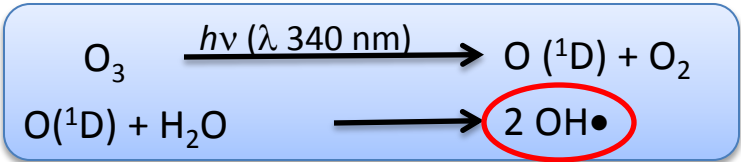
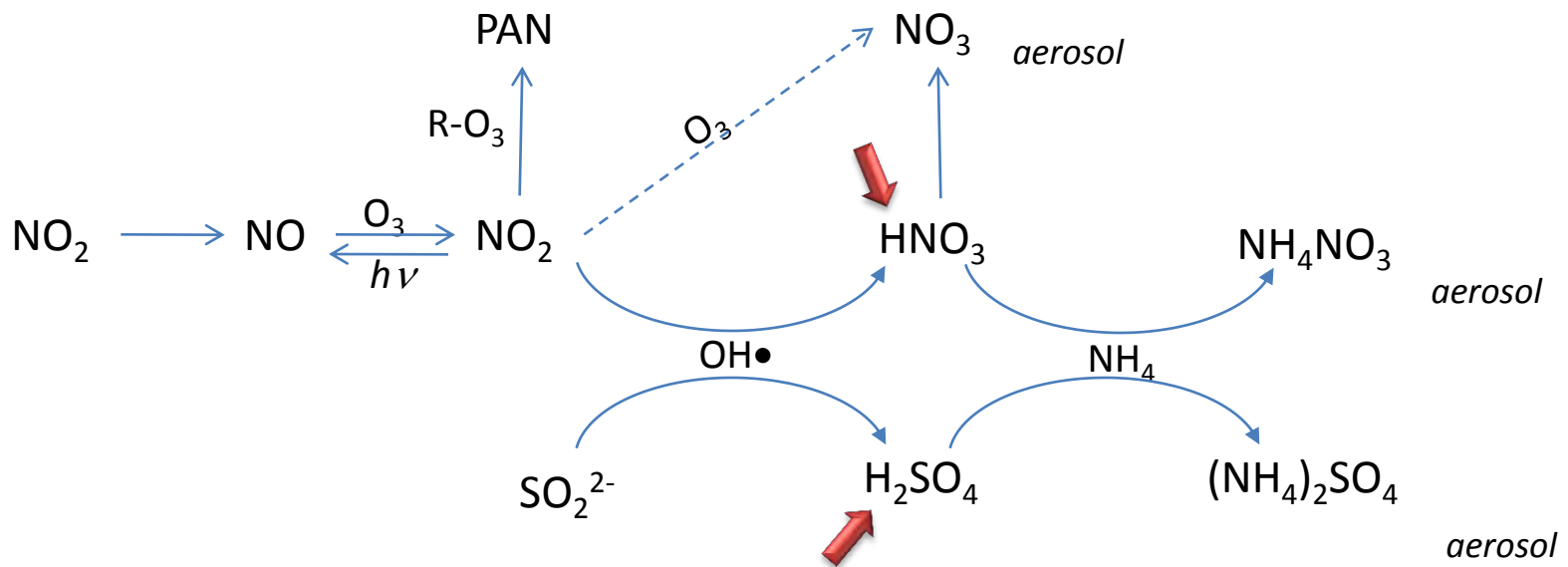
• **lluvia acida** $\longrightarrow SO_2^-$, Nox , Cl^- , NH_3 , $COV's$ y polvos alcalinos

Lluvia ácida



Lluvia ácida

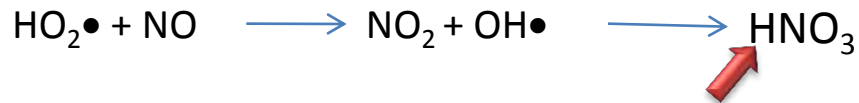
Principales procesos de transformación de los iones SO_2 y NO_x



Contaminación atmosférica

Lluvia acida

- El NO_2 reacciona 5X mas rápido en la DU, en la presencia de oxidantes



- Reacciones nocturnas con el NO_3 son importantes en la formación de HNO_3



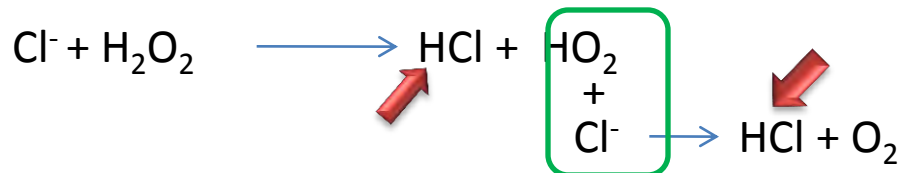
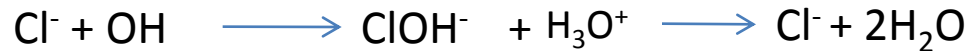
con algunos COV's



con el NO_2



- El Cl^- en la fase gaseosa es reactivo



Fuentes

- Automóviles
- Aerosol con SO_4^{2-} y NO_x de fuentes antropicas distantes
- Emisiones naturales de compuestos sulfurosos reducido (terrestre o marino)
- Quemadas agrícolas naturales o antropicas
- Emisiones naturales de ácidos orgánicos de la vegetación o de fuentes biogénica en general

Efectos

- destrucción/corrosion de estructuras (construcciones, estatuas etc)
- Efectos sobre el pH del los suelos y lagos
- Disminución de la cobertura vegetal



Contaminación atmosférica

Lluvia acida

Efectos

- destrucción/corrosion de estructuras (construcciones, estatuas etc)
- Efectos sobre el pH de los suelos y lagos
- Disminución de la cobertura vegetal



[wikimedia.org/wiki/commons/thumb/0/0c/Acid_rain_woods1](https://www.wikimedia.org/wiki/commons/thumb/0/0c/Acid_rain_woods1)



Fuente: [wikimedia.org/wiki/commons/5/54/_Acid_rain_damaged_gargoyle](https://www.wikimedia.org/wiki/commons/5/54/_Acid_rain_damaged_gargoyle)



Mt. Harz(Germany)

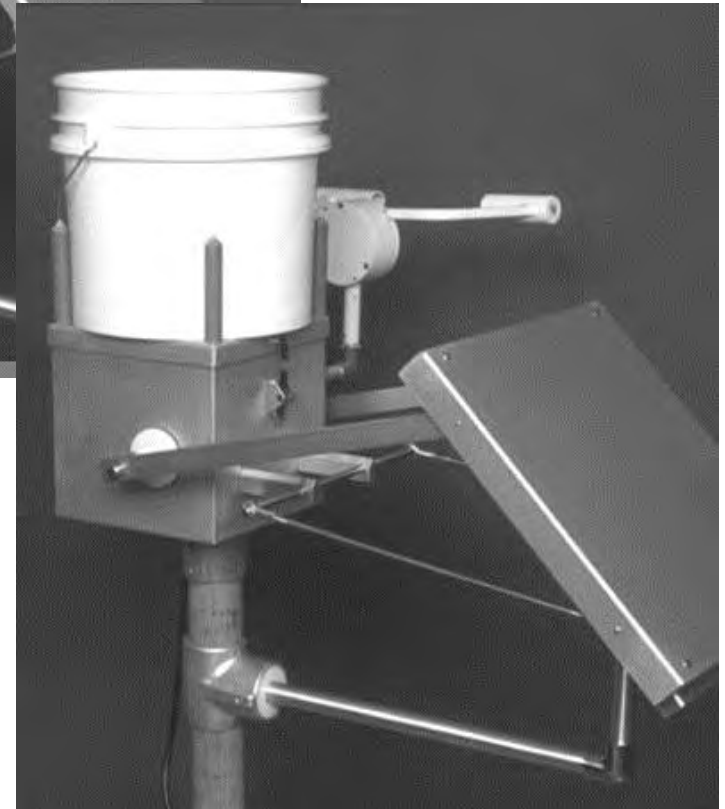
www.jsf.or.jp/acid_e/mate/accon

Contaminación atmosférica

Materia Particulada



Mostrador de
DU/DS



Contaminación atmosférica

Material Particulado

Padrones de cualidad del aire y las respectivas metodologías utilizadas

Contaminante	Tiempo de mosteo	Padrón primario ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Padrón Secundario ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Métodos de medición
Partículas Total en suspensión	24 h (1)	240	150	Hi vol
SO ₂	24 h	365	100	Pararosanilina
CO	1h (1)	40.000	35.000	Infravermelho non dispersivo
O ₃	1 h (1)	160	160	quimioluminiscencia
Holin	24 h (1)	150	100	refletancia
PM _{2.5}	24 h (1)	150	150	separación inercia/filtracion
NO ₂	1h (1)	320	190	quimioluminiscencia

(1) No debe ser excedido mas que una vez al ano

(2) Media anual

Tareas sobre Lluvia acida, DU y DS

1. O significa DU y DS? Relacione estos al material particulado atmosferico?
2. En relacion al DU, o que ven a ser la lluvia? Y la lluvia acida?
3. A que se debe el agua de la lluvia se mas acida?
4. O que es nucleo de condensacion? Cite ejemplos.
5. Apunte fuentes naturales y antropogenicas de: (a) la lluvia acida, (b) DU y (c) DS. Y sus sumideros.
6. De que sirve determinar la composición química de la Du y del DS?
7. Cuales son los contaminantes primarios y secundarias que poden llevar a una lluvia acida?
8. Cual son los efectos de: : (a) la lluvia acida, (b) DU y (c) DS.
9. Como se realiza la colecta de la DS y de la DU.
10. Describa una forma económica de colectar agua de lluvia.

Calidad del aire Indoor



La **falta de ventilación en el interior** puede concentrar la contaminación del aire dentro de las casa y locales internos

Los materiales de construcción y madera → emiten formaldehído (H_2CO).

Pinturas y solventes → emiten compuestos orgánicos volátiles (COV), ya que en seco.

Pintura con plomo → puede degenerar en polvo.

La quema de madera en estufas y chimeneas → puede agregar grandes cantidades de partículas de humo en el aire.

Uso de plaguicidas y otros químicos sprays , sin la debida ventilación.

CO → producido por la quema de carbón en interiores.

Contaminación atmosférica

Introducción



El amianto



http://www.portalternurafm.com.br/img_bd/news/amianto2-1-.jpg



<http://www.brasilecola.com/upload/e/amianto%20cancerigeno%20-%20B.E.jpg>

La **asbestosis** es una enfermedad crónica inflamatoria de los tejidos de los pulmones que se produce después de largo plazo, la fuerte exposición al amianto de los materiales que contienen amianto en las estructuras.

Disnea (dificultad para respirar)
Mayor riesgo de cáncer de pulmón.

Mesotelioma → forma muy rara de cáncer, casi siempre asociado con la exposición prolongada al amianto.



Contaminación atmosférica

Introducción



- Fuentes biológica de contaminación del aire:

- Mascotas producen caspa,

- Las personas que producen polvo minutos de la piel y escamas del cabello descompuesto,

- Los ácaros en la ropa de cama, alfombras y muebles

- El moho se forma en las paredes y genera las micotoxinas y esporas,

- Los sistemas de aire acondicionado puede incubar p. ej. “legionellas” y hongos

- las plantas pueden producir polen, polvo y el moho.

Efecto de la contaminación del aire sobre la salud

La Organización Mundial de la Salud declara que 2,4 millones de personas mueren cada año por causas directamente atribuibles a la contaminación del aire, con 1,5 millones de esas muertes atribuibles a la contaminación del aire interior.

Las causas directas de la contaminación del aire incluyen las muertes relacionadas con el agravado el asma, la bronquitis, el enfisema pulmonar y enfermedades del corazón, respiratorias y alergias.

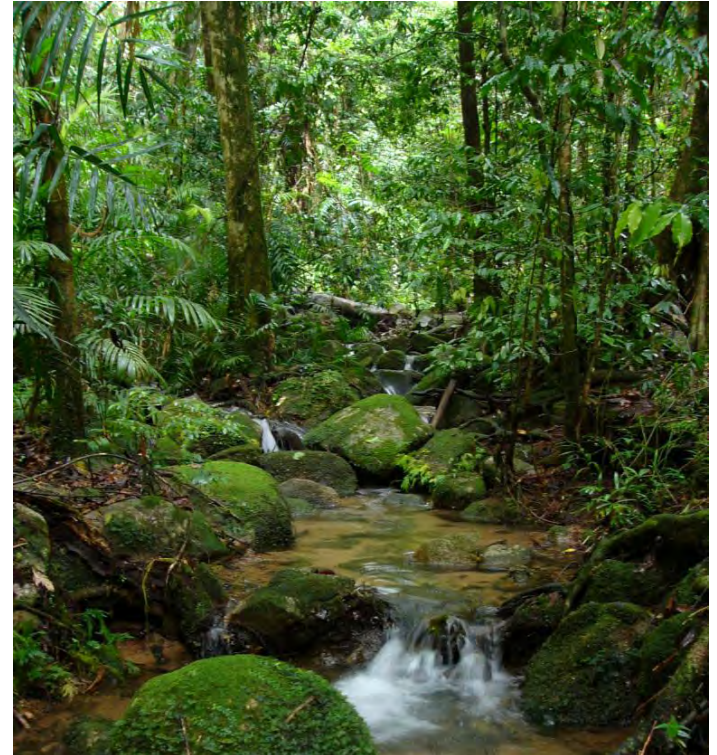
Los efectos sobre la salud causados por los contaminantes del aire pueden ir desde sutiles bioquímicos y fisiológicos a los cambios dificultad para respirar, sibilancias, tos y el agravamiento de las respiratorias y cardíacas.

Reacciones individuales a los contaminantes atmosféricos dependerá del tipo de contaminante que una persona está expuesta a, el grado de exposición, el individuo el estado de salud y la genética

Tareas sobre calidad del aire indoor

1. ¿Qué se va a ser “calidad del aire indoor”?
2. ¿Por qué es importante el control de la calidad del aire indoor?
3. ¿Cuál es la relación entre la prohibición del humo en lugares cerrados y la calidad del aire indoor?
4. Cite ejemplos de materiales que se debe controlar para tener una buena calidad del aire indoor?
5. Cite ejemplos de comportamientos y actitudes que se debe de tener para una buena calidad del aire indoor?
6. ¿Qué es la asbestosis? ¿Cómo es provocado? ¿Cuáles son los síntomas?
7. ¿Qué enfermedades se puede producir la mala calidad del aire indoor?

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA



CLIMA

“ el clima representa una concepto abstracto y complejo, y que no posee existencia concreta en un determinado instante, es algo que no puede ser calculado exactamente. Al describir el clima de un determinado lugar no es posible tener en cuenta todos los cambios atmosféricos y se hace necesario simplificar y generalizar. Las dificultades aumentan cuando tratamos de describir al clima de una extensa área , ya que el clima varia con la posición geográfica y no es exactamente al mismo en todos los puntos de una zona, aunque esta sea pequeña.”

Thomas A.Blair

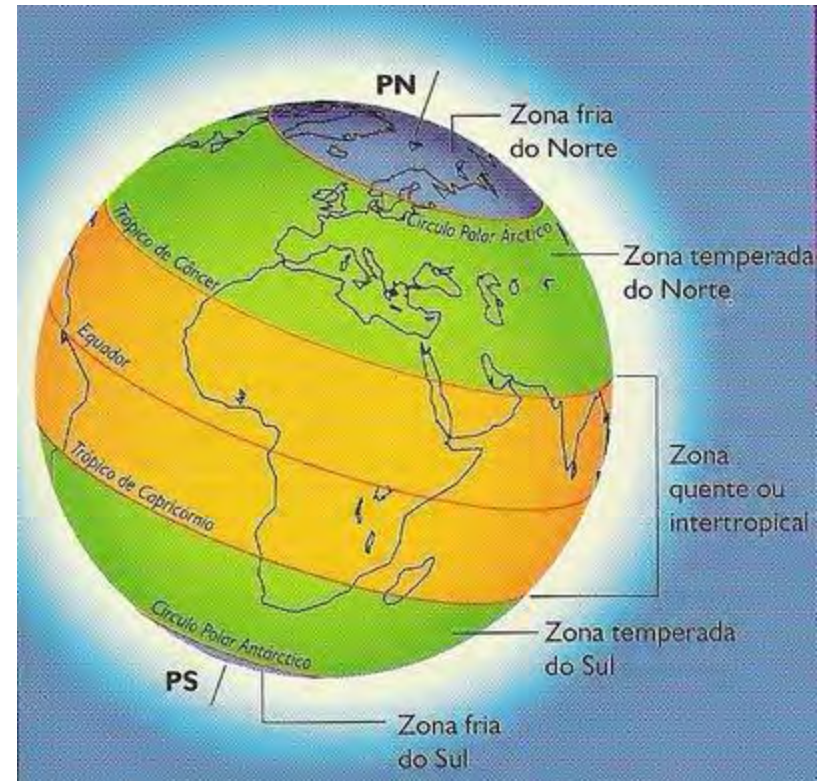
El paralelismo entre Isotermas y los paralelos de latitud

→ primera base para una clasificación climática:

Se definieron entonces 7 zonas latitudinales:

1. Ecuatorial,
2. Tropical
3. Subtropical
4. Subtropical de latitud media
5. Subártica
6. Ártica
7. Polar

No se puede hacer correlaciones directas entre los regímenes de temperatura con las zonas latitudinales



La precipitación como base de la clasificación de los climas:

Se basa en los notables efectos de la precipitación sobre la naturaleza de la vegetación.

En este influyen los sistemas de drenaje natural y la humedad del suelo, y la distribución de la precipitación en las distintas estaciones del año.

Tipo climático	Tipo de precipitación	Pulgadas/año	Centímetros/año
Árido	Escasa	0-10	0-25
Semiárido	Ligera	10-20	25-50
Subhúmedo	Moderada	20-40	50-100
Húmedo	Fuerte	40-80	100-200
Muy Húmedo	Muy fuerte	>80	>200

Un mapa de esta clasificación coincidirá con la precipitación anual median

Esta clasificación no es eficaz porque agrupa los fríos climas árticos con los cálidos desiertos de las latitudes bajas.

La vegetación como base de una clasificación climática

Las plantas son altamente influenciadas por el clima.

Cada especie vegetal se asocian a diferentes combinaciones de los elementos del clima favorable a su crecimiento: como exceso de calor o frio, o sequia o abundancia de agua, además de factores geológicos como duración del día/noche, altitud etc.

Así, las **plantas tienden a adaptar su forma física** (fisiología y anatomía) *a las oscilaciones climáticas;*

Existen una variedad de formas constituidas por la unión de las especies vegetales dominantes y el clima.

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Utilizo como base de su sistema de clasificación, conocimientos sobre la circulación general de la atmosfera, asociando:

la origen, la naturaleza y el movimiento de las masas de aire y las perturbaciones frontales

Clasificación explicativa-descriptiva

Basada en causa-efectos determinadas por la circulación atmosferica

Climas de latitudes bajas



Controladas por las masas de aire ecuatoriales y tropicales

Climas de latitudes medianas



Controladas por las masas de aire Tropicales y Polares

Climas de latitudes altas



Controladas por las masas de aire Polares y Articos

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de latitudes bajas



Controladas por las masas de aire ecuatoriales y tropicales

Engloban los climas pela dinámica subtropical, de las celdas de alta presión o anticiclónicas, fuente de origen de las masas tropicales y por la baja ecuatorial que se interpone entre ellas, donde el aire converge estado en contante ascensión, originando la convergencia intertropical

Clima ecuatorial Húmedo

Entre 10 - 20° latitud N-S

Zona de convergencia intertropical sob dominio de masas tropicales marítimas (calientes y húmedas) y de las masas ecuatoriales;

Precipitaciones abundantes (>2.500 mm año)

Temperatura elevada y uniforme (prox. 27°C)

Amplitudes térmicas reducidas (2 – 3 °C)

Amazonia, Guianas, África ecuatorial, costa occidental de Deca, sur de Birmania, península Malaca, Indonesia y nova Guiñé

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de latitudes medias



Controladas por las masas de aire tropicales y polares

Incluí los climas situados en la zona de intensa interacción entre las **masas tropicales** que se mueven en dirección a los polos y las **masas polares** que se dislocan en dirección al ecuador dando origen a los **frentes polares**.

En el **frente polar** se desarrolla perturbaciones ciclónicas que se **dislocan** sentido Este.

Ninguna masa ten controle exclusivo.

Clima Subtropical Húmedo

Clima oceánico de las costas occidentales

Clima mediterráneo (sub-tropical con veranos secos)

Clima de los Desiertos e Estepas de latitudes medianas

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de latitudes medias



Controladas por las masas de aire tropicales y polares

Clima subtropical húmedo

Surge en las porciones subtropicales y orientales de los continentes, entre **20 - 35°** latitud N-S

Verano → predominio de las masas **tropicales marítimas** (calientes y húmedas) provenientes de los bordes occidentales de las **celdas de alta presión oceánicas**, generando **lluvias fuertes**

Invierno → predominio de las **masas polares** y de las perturbaciones ciclónicas. Ocasionan **temperaturas bajas** y con frecuencia de lluvias

SE de EUA, de China, de África y de Australia;

Sur de Corea, Japón y Brasil, región del río de la plata

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de latitudes medias



Controladas por las masas de aire tropicales y polares

Clima oceánico de las costas occidentales

Surge en las latitudes medianas, entre **40 - 60°** latitud N-S

En las costas occidentales expuestas a las perturbaciones ciclónicas que migran de W para E a lo largo de las frentes polares

Estos dan origen a grandes nebulosidades, precipitaciones abundantes y bien distribuidas con máximos en al invierno

Variaciones térmicas poco acentuadas debido a proximidad al océano

Litoral pacifico de América de Norte y atlántico de Europa; Chile meridional Sul de Australia y de nova Zelandia

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de latitudes medias



Controladas por las masas de aire tropicales y polares

Clima Mediterraneo
(sub-tropical con veranos secos)

Tipo de transición entre los climas desérticos y oceánicos de las costas occidentales
Surge en las latitudes medianas, entre **30 - 45°** latitud N-S

Veranos calientes y seco → Dominio de **masas tropicales continentales** estables

Inviernos blandos y lluviosos → Dominio de **masas polares marítimas** → perturbaciones frontales que genera muchas lluvias

Bacía del Mediterráneo, California, Chile central, DE de África y de la Australia

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de latitudes medias



Controladas por las masas de aire tropicales y polares

Clima de los Desiertos y
Estepas de las latitudes medianas

Entre **35 - 50°** latitud N-S

Es abrigado por alineamiento montañoso, **que protege de la entrada de las masas marítimas tropicales polares**

Veranos calientes y seco → Dominio de **masas tropicales continentales** → Calientes y secas

Inviernos, frios y secos → Dominio de **masas polares continentales** → frías y secas

Interior de los EUA, faixa que va del mar negro hacia Mongolia; y Patagonia

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de Latitudes Altas



Controladas por las masas de aire **Polar y Ártica**

Clima Tundra

Entre los paralelos **55 N y 50° S**

Zona de encuentro de aire Ártico y Antártico con las masas polares (continentales y marítimas) → Frontal ártico / frontal antártico

Clima humedo,

Frio riguroso

Sin estación caliente

Con grande amplitud térmica anual

Pp <250 mm/año

Lluvias concentradas en el verano

Borde de ártico,

Extremo sur de Chile e islas Orcades

CLASIFICACIÓN DE ARTHUR N. STRAHLER

Climas de Latitudes Altas



Controladas por las masas de aire **Polar y Ártica**

Clima de las Calotas Glaciares

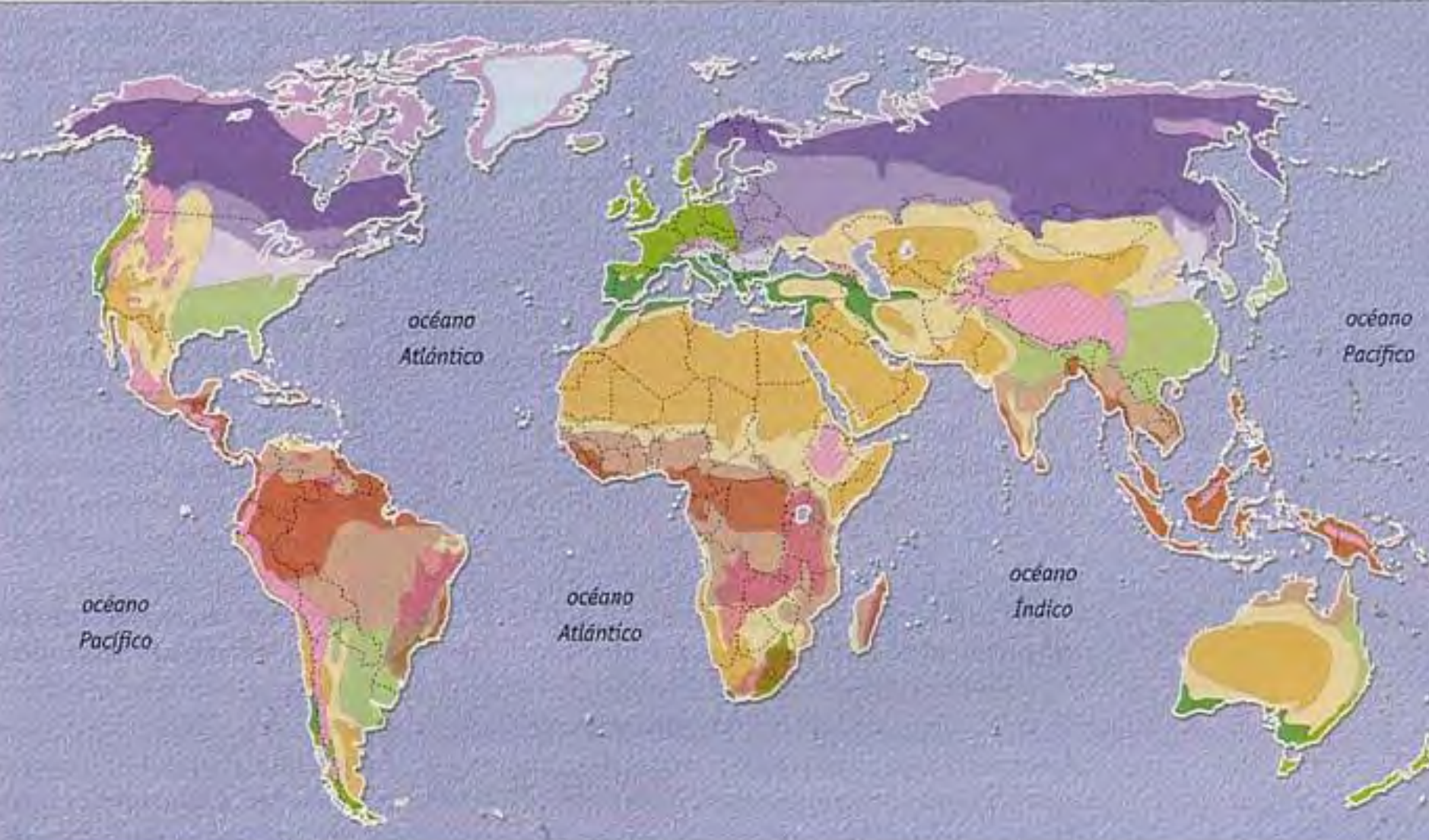
En las regiones de origen de las masas de aire ártico y antártico

Localizadas sobre las calotas permanentemente congeladas, o que hace que las temperaturas medias anuales **<0°C durante todo el año.**

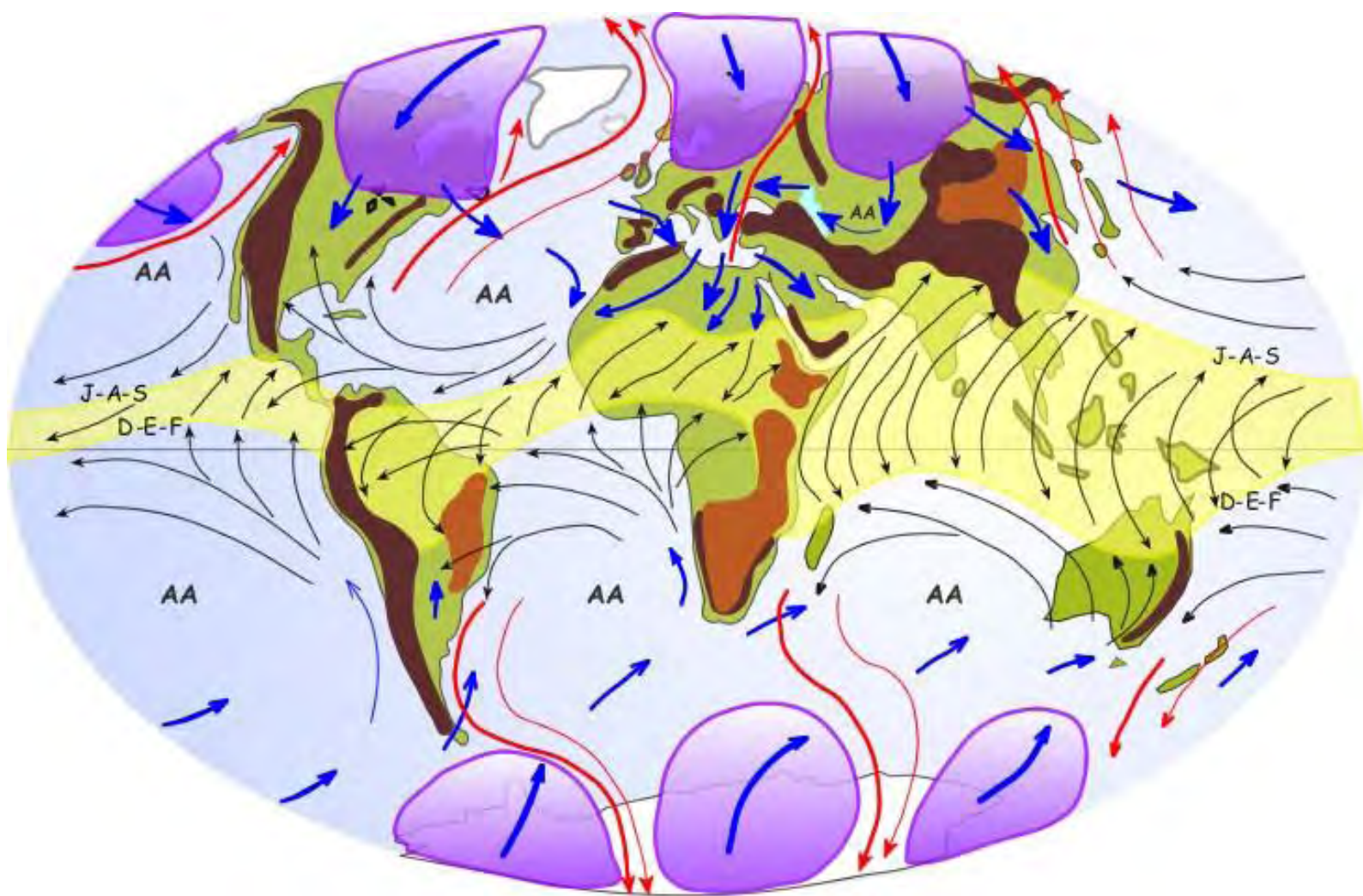
Groenlandia y Antártica

Clima de las Grandes Altitudes

Ocupan las zonas de las cadenas montañosas de grande altitudes
Poseen una extensión localizadas.



Tropical	Árido	Mesotermal	Microtermal	Polar	Montañas y tierras altas
<ul style="list-style-type: none"> tropical húmedo (selvas) tropical seco (sabanas) 	<ul style="list-style-type: none"> estepario desértico 	<ul style="list-style-type: none"> mediterráneo subtropical oceánico 	<ul style="list-style-type: none"> continental (verano caluroso) continental (verano frío) subártico 	<ul style="list-style-type: none"> tundra casquete de hielo 	<ul style="list-style-type: none"> montañoso



anticiclones polares móviles (MPH, mobile polar highs) ;
 barreras del relieve al avance del aire denso de los MPH
 tierras altas aerológicamente significativas :
 ecuador meteorológico estacional (D-E-F y J-J-A)
 trayectorias de los MPH :
 flujos de aire cálido hacia los polos :
 alisios y monzones :
 aglutinaciones anticiclónicas: AA



Circulación del Aire según Marcel Leroux

El sistema de clasificación de koppen

Este lleva en cuenta simultáneamente características de precipitación y de temperatura, pero también se fija en la distribución de la cobertura vegetal.

Es un sistema estrictamente empírico

Cada clima se define según unos valores fijos de temperatura y precipitación calculados según las medias anuales o mensuales

No se tiene en cuenta la presión, vientos, masas de aire, frentes o borrascas

El más
utilizado



Dado que la temperatura y la precipitación son datos climáticos que se obtienen con gran facilidad y que requiere equipo simples, o muy conocimiento para manipular

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KOPPEN

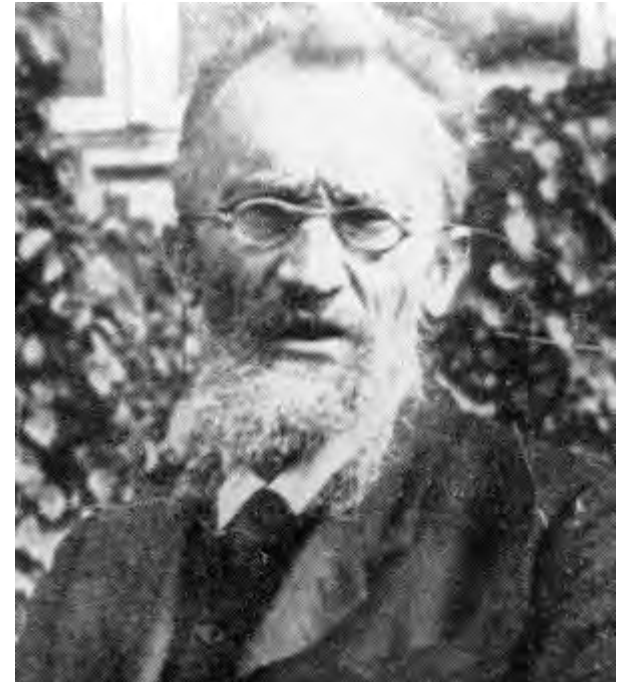
La primera tentativa de clasificación de **Koppen** ocurrió en 1900, cuando juntamente con Flahaut, propuso una clasificación basada en la **composición vegetal** y en función de la **temperatura y pluviosidad**

En 1918, Koppen comprendió que clasificar es identificar, encontrar relaciones.

Una clasificación climática debe:

Mostrar similitudes y diferencias climáticas entre áreas adyacentes y poder separarlas

- ✓ Límites mensuales y anuales para la temperatura
- ✓ Características de las estaciones del año
- ✓ Límites anuales, mensuales y régimen de las precipitaciones;
- ✓ Correlación de estas variables en función de la cobertura vegetal



Geografo Austriaco Wladimir Köppen.

Fuente google images:

www.hort.purdue.edu/.../lecture_04/lec_04.htm

Grandes grupos climáticos de koppen

Uso de **LETRAS MAYÚSCULAS** para representar los grandes grupos climáticos,
Para designar las regiones fundamentales entre los **POLOS Y EL ECUADOR**.

Climas Secos

Se caracteriza por la deficiencia de lluvias, siendo por lo tanto una relación precipitación-evaporación

Grupo B → clima seco

Climas Húmedos

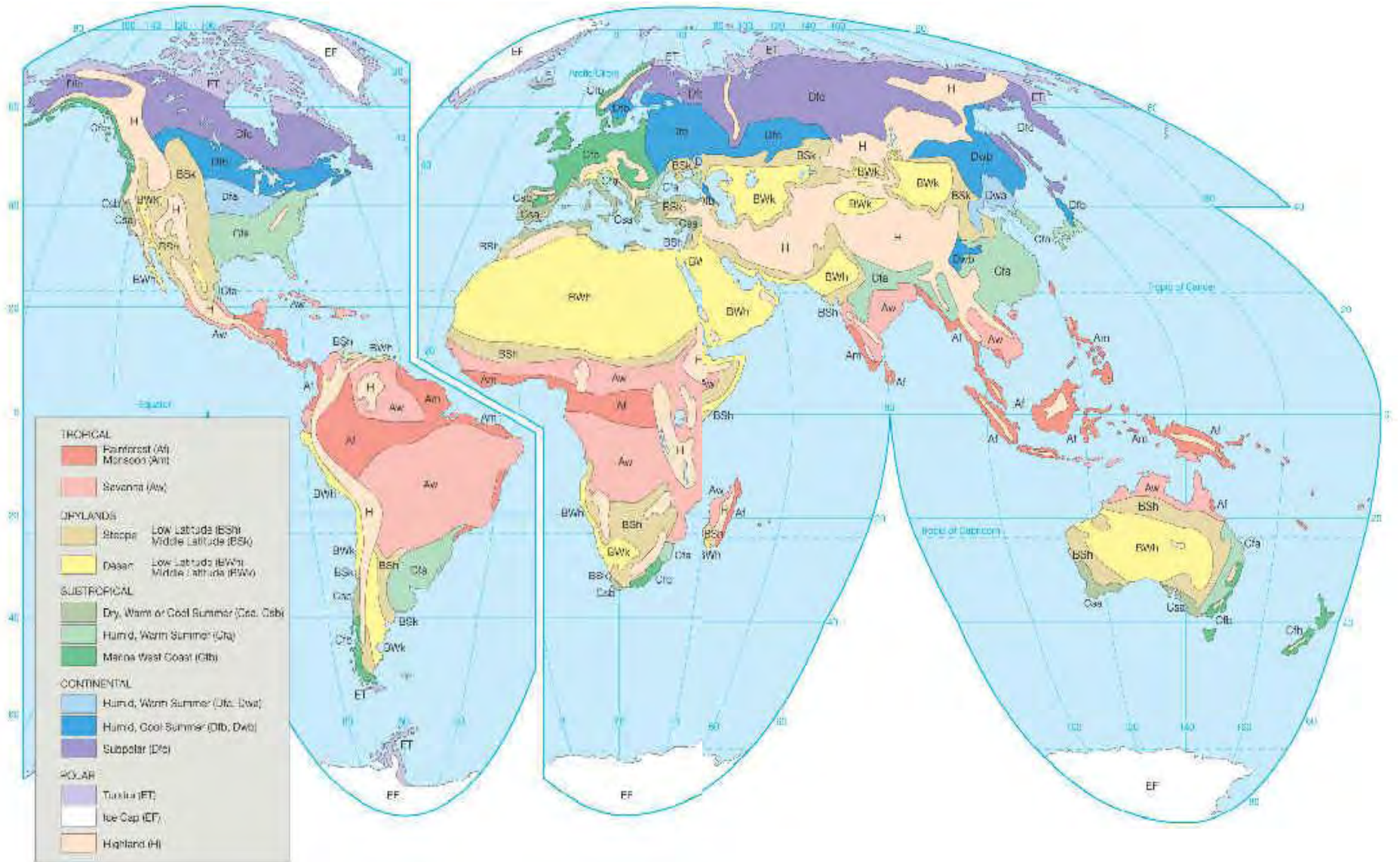
Se caracterizan principalmente por la temperatura mediana del mes más frío y por las características de las estaciones del año

Grupo A → clima caliente , sin invierno

Grupo C → clima Temperado , con inviernos blandos

Grupo D → clima frío, con inviernos rigurosos

Grupo E → clima polares, sin veranos



Características de los grandes grupos

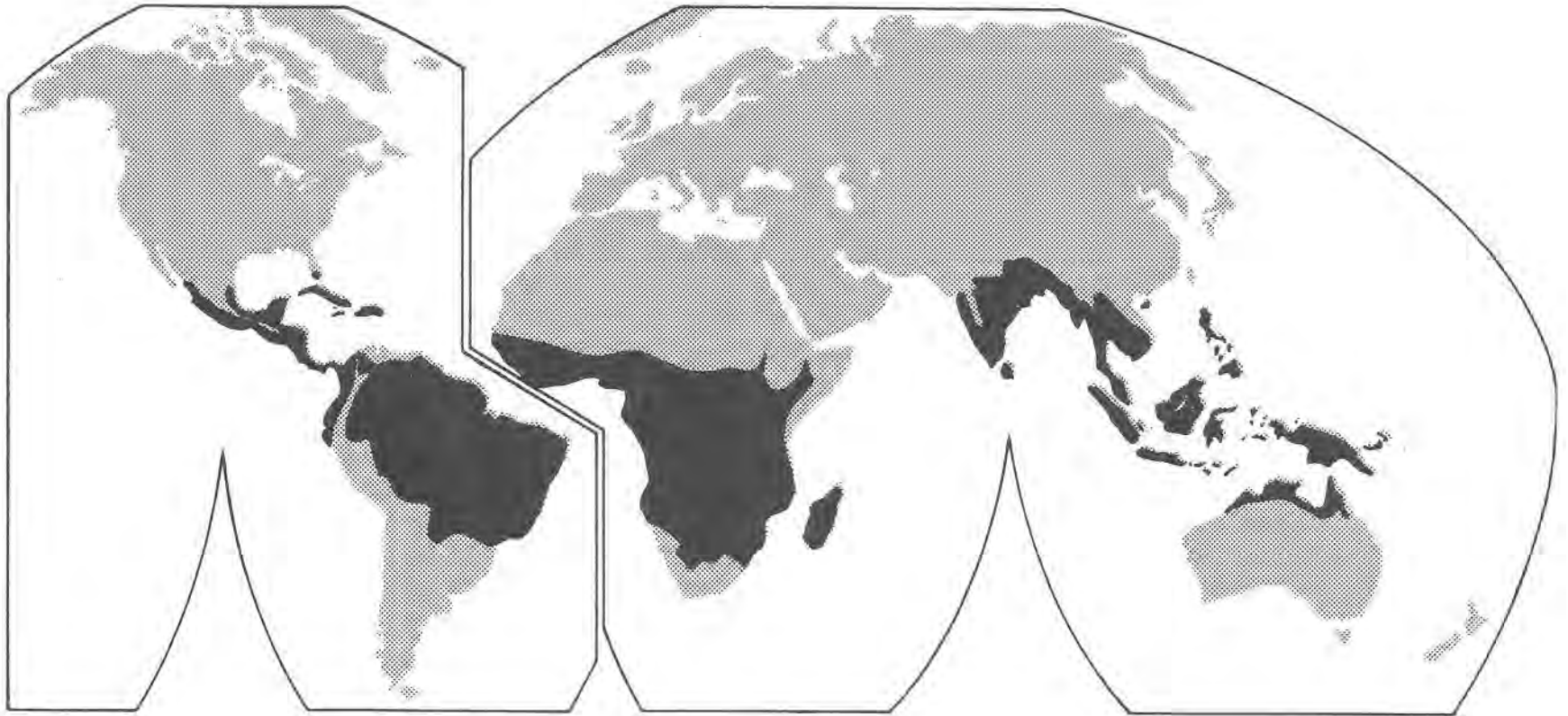
Grupo A → clima caliente , sin invierno

Clima tropical lluvioso o megatérmico

- propio de las bajas latitudes → regiones intertropicales bajas
- La temperatura elevadas, con media superior a 18°C todos los meses del año.
- La precipitación anual es abundante, superior a 750mm anuales, como al menos una estacion con más de 60 mm mensual
- la precipitación excede a la evaporación
- Carece de inviernos.
- Vegetación: matas pluviales, savanas tropicales y cipós

Distribución mundial (segundo koppen) → climas A

***Clima tropical lluvioso o
megatérmico***

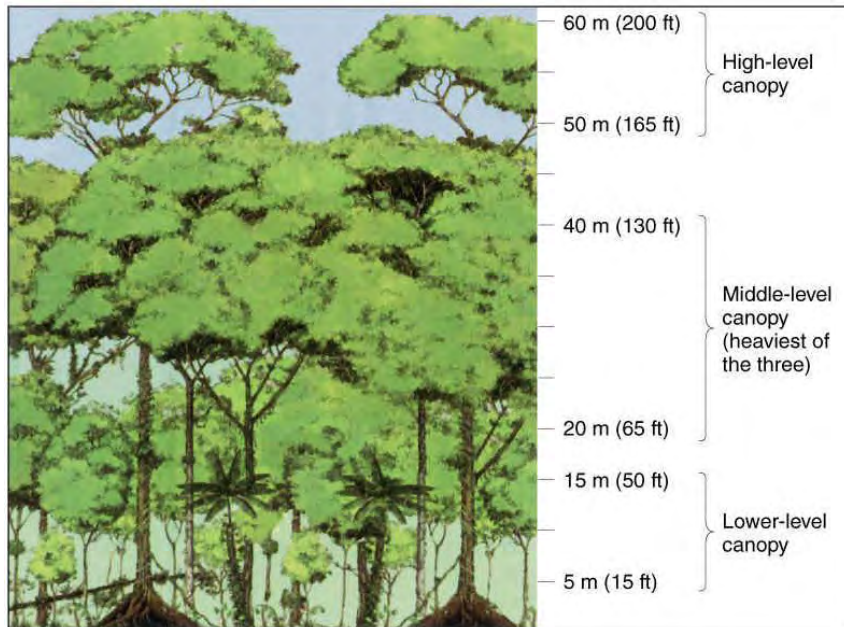
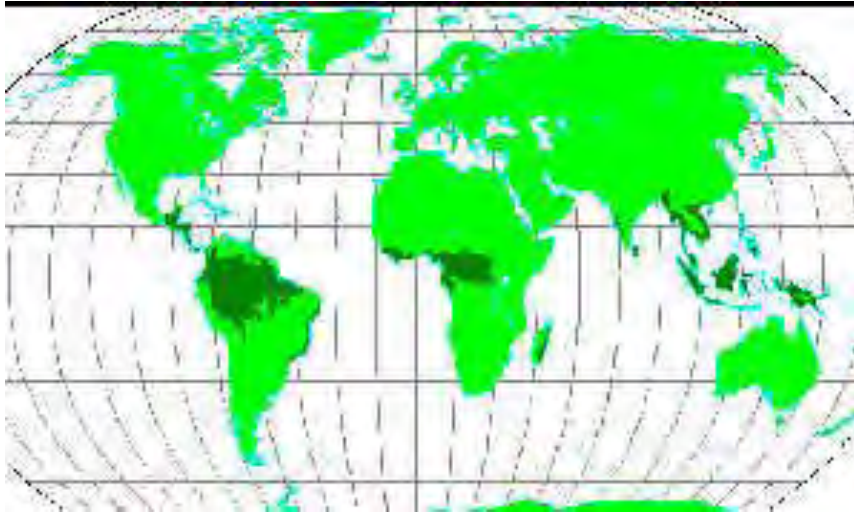


Fuente google image: www.geography.hunter.cuny.edu/%7Etbw/ncc/chap

1993 by Prentice, Hall, Inc.
A. Simon & Schuster Company
Englewood Cliffs, N.Jersey 07632



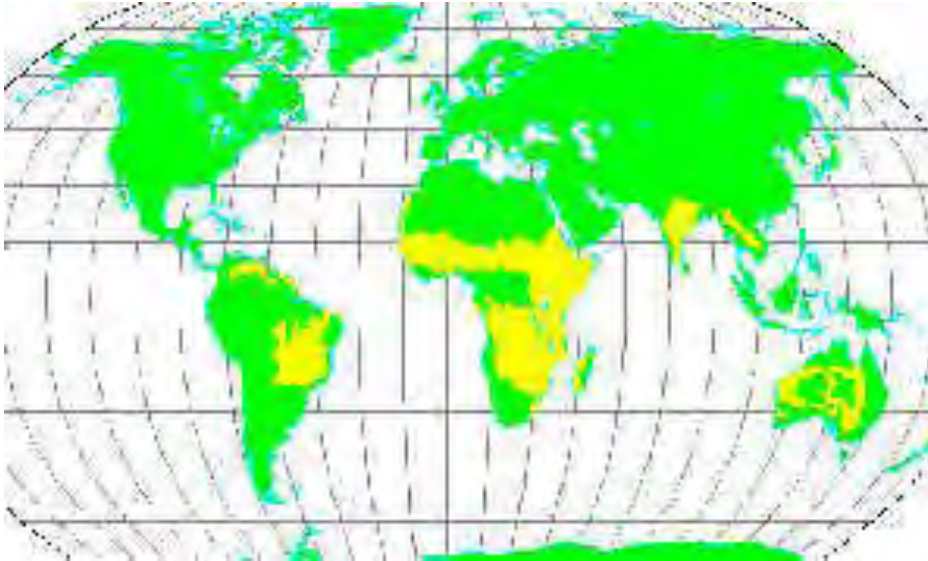
Matas pluviales



❖ cipós



❖ savanas tropicales



Características de los grandes grupos

Grupo C → clima **Temperado**, con **inviernos brandos**

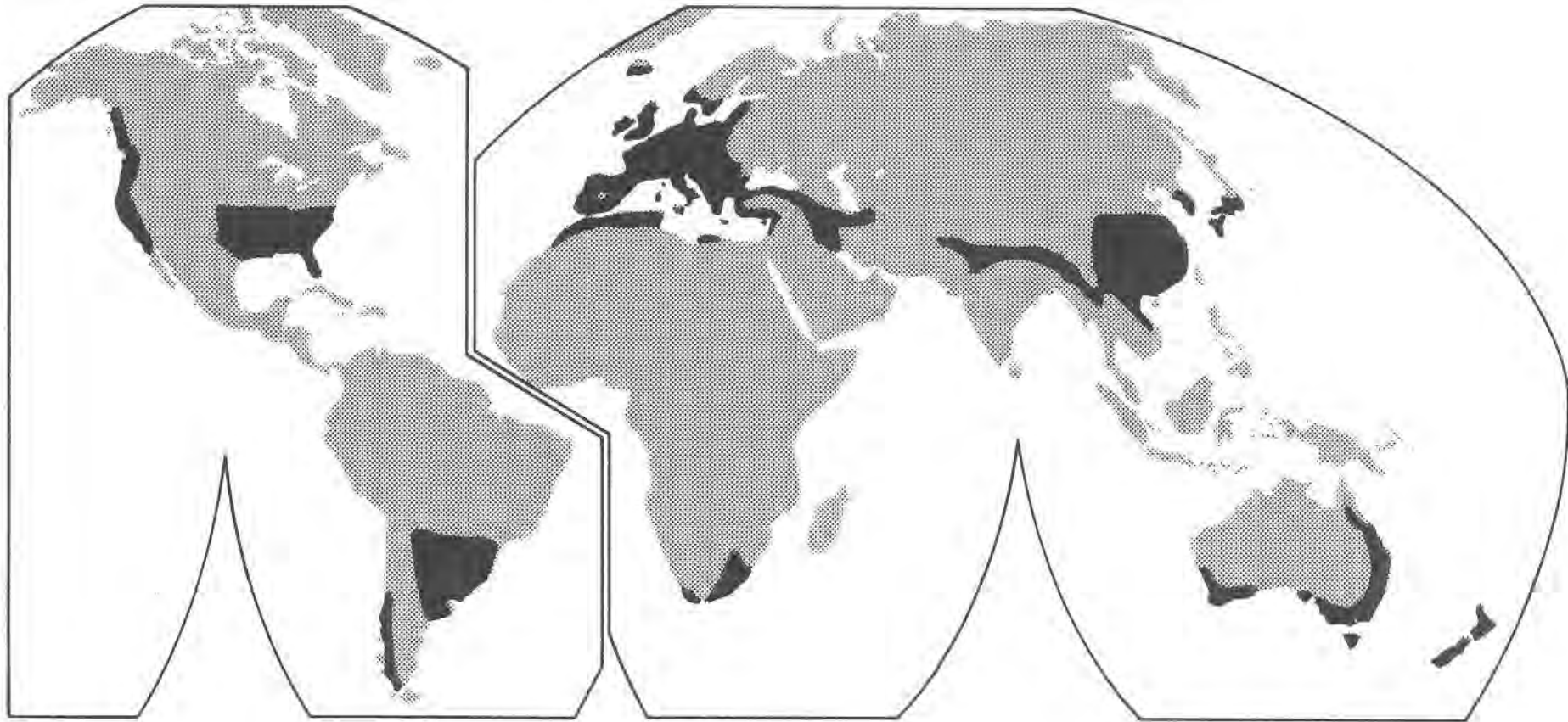
Clima templados cálidos o mesotérmico Humedo

- Engloba los climas de las latitudes medianas que presentan invierno y verano bien característicos, pero no rigurosos
- El mes más frío tiene una temperatura media inferior a 18°C, pero superior a -3°C.
- La temperatura media del mes más caliente es arriba de 10°C
- La pluviosidad es bien distribuida, de acuerdo con las estaciones del año y con los factores geográficos
- El total anual de precipitación oscila entre **500 y 1500 mm**
- Al lo menos una estación lluviosa anual, con más de **30mm** mensuales
- Las estaciones del año son bien definidas, con veranos y inviernos ligeros
- Vegetación: bosques y matas ralas, oliveira, maiz, y savanas altas

Distribución mundial (segundo koppen) → clima C

Clima templados cálidos o mesotérmico Humedo

TM47

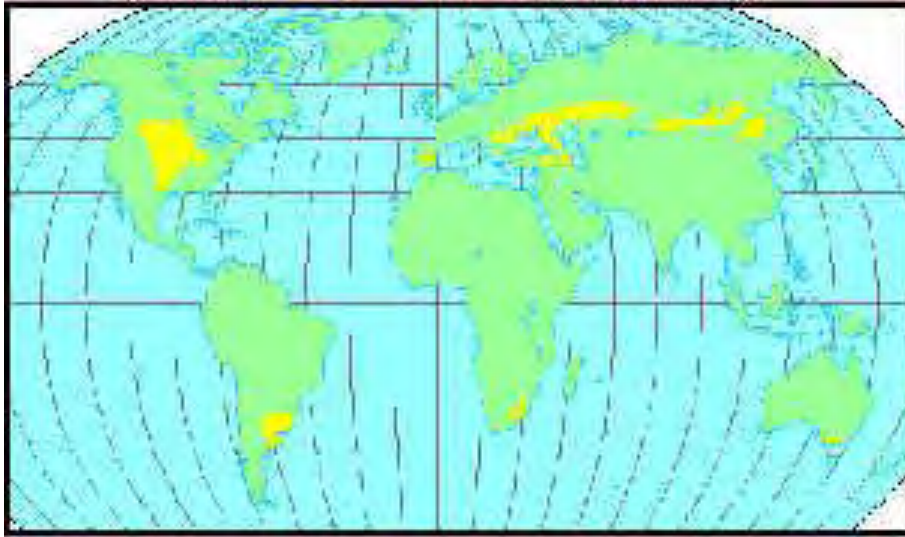


Fuente google image: www.geography.hunter.cuny.edu/%7Etbw/ncc/chap

1993 by Prentice, Hall, Inc.
A. Simon & Schuster Company
Englewood Cliffs, N.Jersey 07632

➤ Vegetación: bosques y matas ralas, oliveira, maiz, y savanas altas

PADRERA (CAMPOS TEMPLADOS)



➤ Vegetación: bosques y matas ralas, oliveira, maiz, y savanas altas



➤ Vegetación: bosques y matas ralas, oliveira, maiz, y savanas altas

FLORESTAS ESCLEROFILAS



Chaparral – Sur da California

Maquis - Europe

Fynbos – Africa del Sur

Matorral - Chile

Mallee Scrub - Australia



Características de los grandes grupos

Grupo D → clima frío,
con inviernos rigurosos

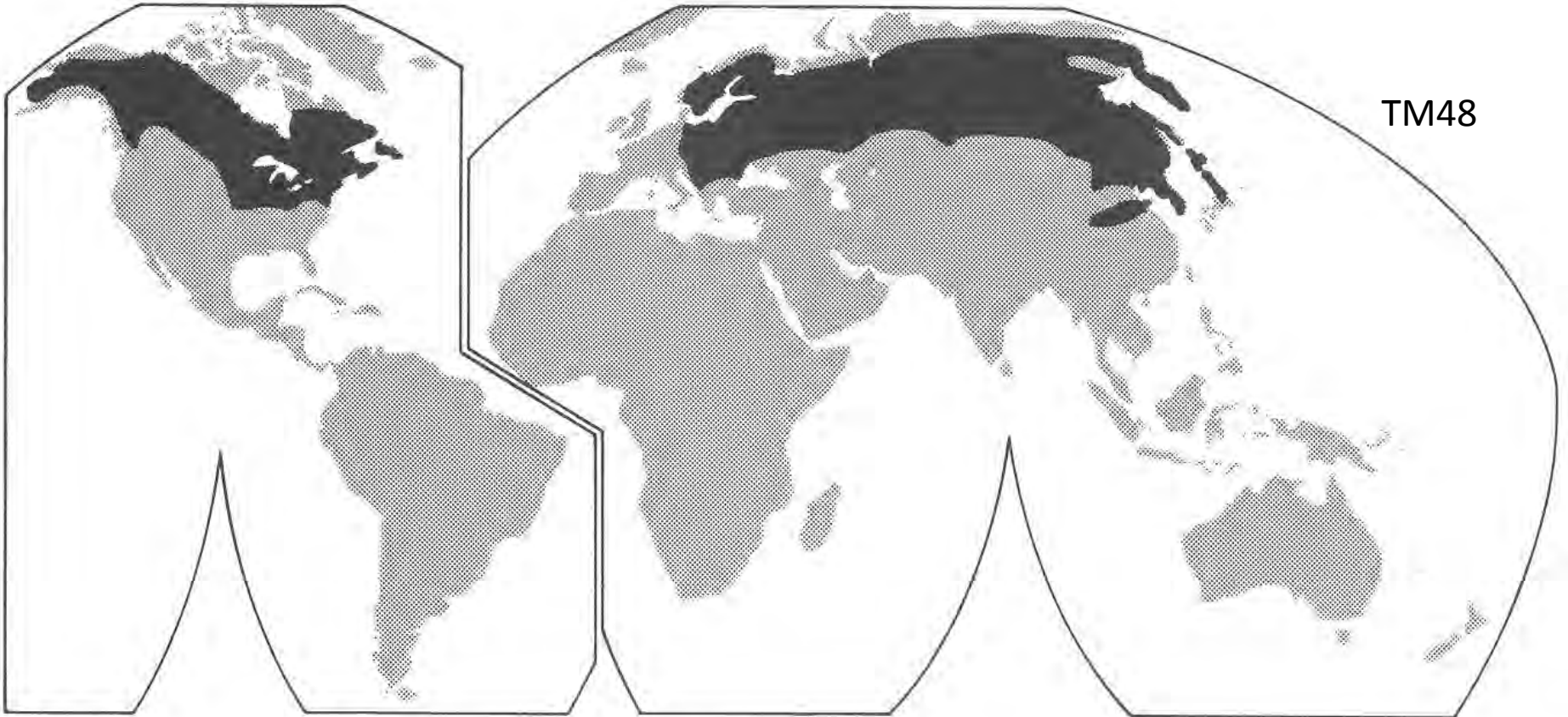
***Clima Boreal / de Nieve
Microtérnico Húmedo***

- Comprende los climas de las regiones frías y de nieve
- La isoterma coincide con el círculo polar, no limite del crecimiento de las florestas/bosques
- T media del mes más frío es inferior a -3°C y superior a -38°C , y del mes más caliente mayor que 10°C .
- La pluviosidad es distribuida, oscilando entre 500 -1000mm/año
- A lo menos un mes al año con más de 30 mm de pluviosidad
- Estaciones con inviernos rigurosos y con presencia de nieve; veranos ligeros o rigurosos de acuerdo con la proximidad o distanciamiento del mar
- Vegetación: Bosques fríos, carvalhos, betulas y taiga

Distribución mundial (segundo koppen) → clima D

Clima Boreal / de Nieve
Microtérnico Húmedo

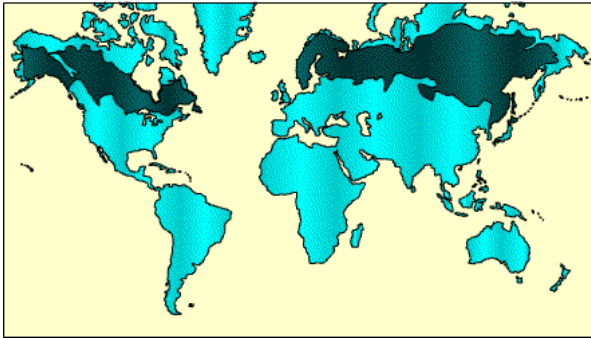
TM48



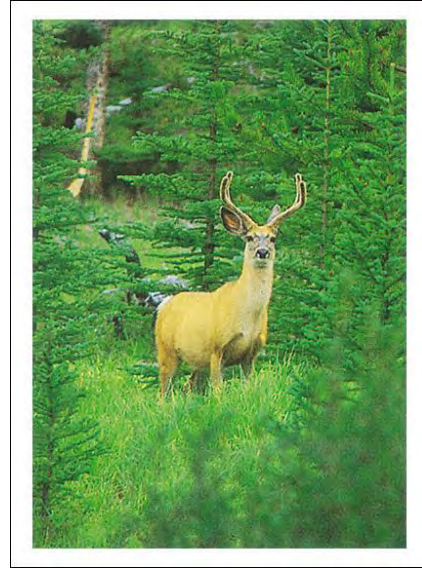
Fuente google image: www.geography.hunter.cuny.edu/%7Etbw/ncc/chap

1993 by Prentice, Hall, Inc.
A. Simon & Schuster Company
Englewood Cliffs, N.Jersey 07632

- Vegetación: Bosques fríos, carvalhos, betulas y taiga



FLORESTA DE CONÍFERAS O BOREAL/TAIGA



FLORESTA DE CONÍFERAS O BOREAL

➤ Bosques fríos, carvalhos, betulas y taiga

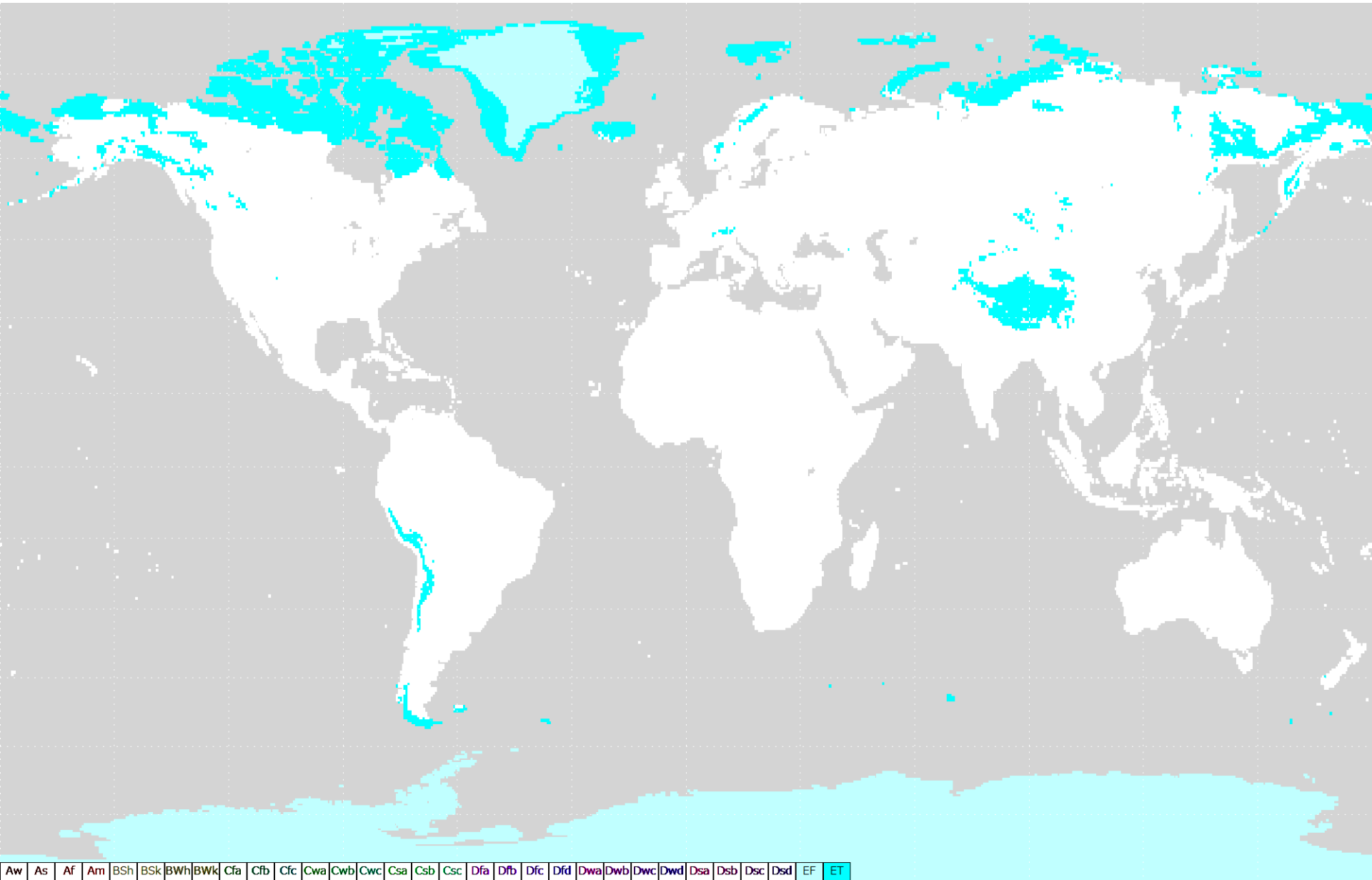


Características de los grandes grupos

Grupo E → clima polares, sin veranos

**Clima Polar / de hielo
Hequistotérmico**

- Región circumpolar y partes elevadas del globo, sendo Zonal y Azonal al mismo tiempo
- Todos los meses del año la Temperatura media es **< 10 °C**.
- La pluviosidad es escasa, inferior a 250 mm/año
- Predominio de nieve
- Vegetación: predominio de tundra, sin arbores



Aw As Af Am BSh BSk BWh BWk Cfa Cfb Cfc Cwa Cwb Cwc Csa Csb Csc Dfa Dfb Dfc Dfd Dwa Dwb Dwc Dwd Dsa Dsb Dsc Dsd EF **ET**

➤ Vegetación: predominio de tundra, sin arboles

TUNDRA



Clima seco o árido
Xerófilo

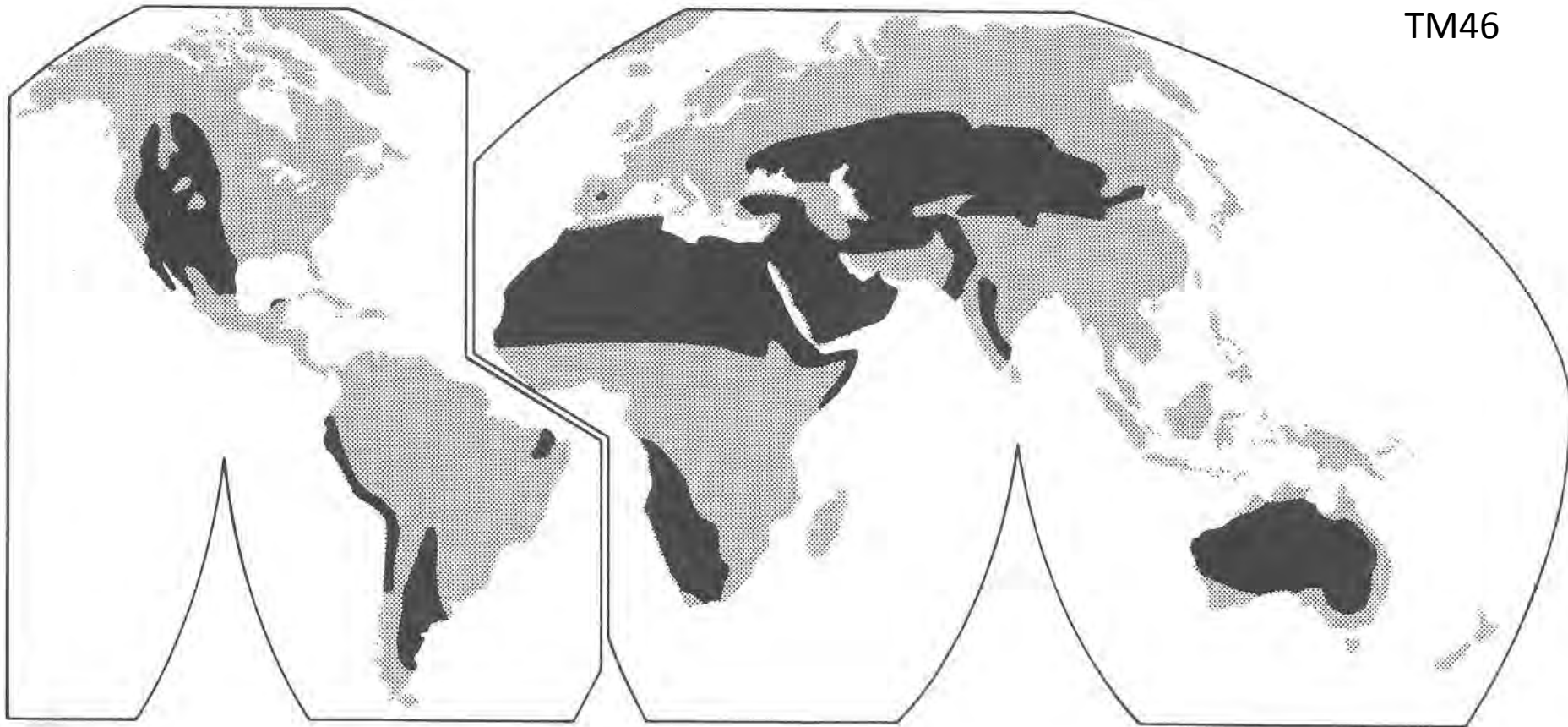
Grupo B → clima seco

- Tipo Azonal que representa a las estepas y los desiertos, tanto de baja como de alta latitud
- La temperatura:
 - ❖ elevadas, con media superior a **18°C** todos los meses del año (cuando se trata de desiertos calientes)
 - ❖ bajas, con media inferior a **18°C** todos los meses del año (cuando se trata de desiertos fríos)
- La precipitación:
 - ❖ varía entre 250 - 750mm anuales → no permite la existencia de ríos perennes
 - ❖ Las lluvias de invierno tienen mayor influencia en la vida vegetal que las de verano
 - ❖ Evaporación superior a la precipitación
- Vegetación: escasa y estepas herbáceas

Distribución mundial (segundo koppen) → clima B

**Clima seco o árido
Xerófilo**

TM46



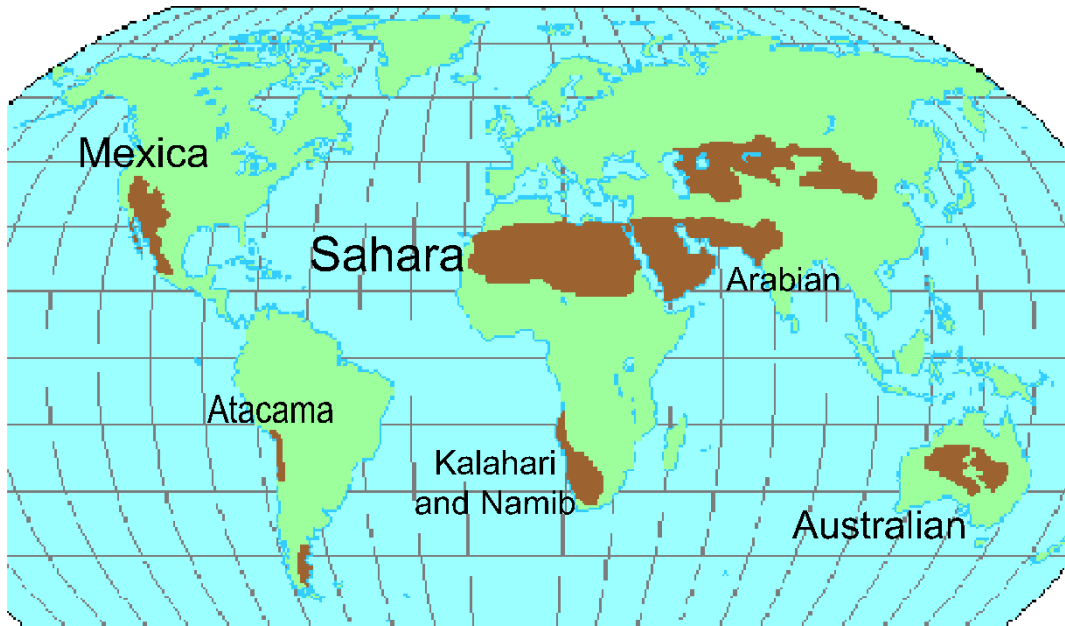
Fuente google image: www.geography.hunter.cuny.edu/%7Etbw/ncc/chap

1993 by Prentice, Hall, Inc.
A. Simon & Schuster Company
Englewood Cliffs, N.Jersey 07632

ESTEPAS



DESIERTO



La precipitación como elemento modificador del clima

Para representar la precipitación Köppen utilizo letras **minúsculas**, luego después de las mayúsculas

(f) → **Humedo**

precipitación regular todos los meses { Grupo A → 60mm
no hay estación seca { Grupo C y D → 30 mm
se aplica a los climas A, C y F

(m) → **monsónico (clima de bosque lluvioso, pluvisilva)**

Tipo de precipitación cíclica: 6 meses de lluvia y 6 meses secos
límite mensual de las lluvias > 60 mm
Aplicable exclusivamente al **grupo A**

(w) →

lluvias de verano y sequía en el invierno
límite mensual de precipitación en la época de las **lluvias > 60 mm**, o **30 mm** de acuerdo con el grupo que está asociado; A, C o D
la altura de las lluvias en el mes más húmedo del verano >> 10X > que la altura del mes más seco del invierno

La precipitación como elemento modificador del clima

Para representar la precipitación Koppen utilizo letras **minúsculas**, luego después de las mayúsculas

(s) → invierno lluvioso y verano seco

llove menos que 60 mm, cuando esta en la estación lluviosa (grupo A), o 30mm /mensuales (grupo C)
la altura de las lluvias en el mes más humedo del invierno >> 3x> que la del mes más seco de verano

(w') → Lluvias de verano-otoño, con máximos en el otoño
Invierno seco
Aplicables a los grupos A, C, y D.

(w'') → Dos estaciones de lluvias (en el otoño y en la primavera) separadas por dos estaciones secas (en el verano y en el invierno)
Aplicable al **grupo A**

(s') → Lluvias de otoño-invierno con máximo en el otoño
sequia en el verano
aplicables a los grupos A y C

La precipitación como elemento modificador del clima

Para representar la precipitación Koppen utilizo letras **minúsculas**, luego después de las mayúsculas

(x) → Lluvias en la primavera y sequia en el verano
aplicable solo para el **grupo B**

(x') → Pocas lluvias en todas las estaciones , pero muy fuertes cuando ocurren
Aplicable al grupo B

Individualidades de los grupos climáticos con deficiencias de lluvias

Es representada por una **SEGUNDA** letra **MAYÚSCULA**
Aplicables solo a los **grupos B y E**

(S) → CLIMA DE ESTEPA
→ grupo B

Clima semiárido
Precipitación: 250-750 mm/a

(W) → CLIMA DESERTICO
→ grupo B

Precipitación: < 250 mm/a

(T) → CLIMA DE TUNDRA
→ grupo E

Temp. del mes más caliente entre 0 y 10°C
Precipitación: < 250 mm/a; insignificante

(F) → CLIMA DE HIELO ETERNOS
→ grupo E

Temp. Media de todos los meses del año < 0°C
Precipitación: predominio de nieve

(B) → CLIMA SECO DE MONTAÑAS
→ grupo E

Temp. Del mes más caliente < 10°C
Precipitación: deficiencia de lluvia, debido a pequeña cantidad de vapor de agua en las partes elevadas de la atmosfera

Variaciones de la temperatura en función de las estaciones del año

Para diferenciar con mayor seguridad las variaciones de la temperatura en al correr de las estaciones del año, Koppen utilizo una **tercera letra minúscula**

- (a) → **veranos calientes** ⇒ Temp. del mes más caliente $> 22^{\circ}\text{C}$
Grupos A, C y D
- (b) → **veranos ligeros** ⇒ Temp. del mes más caliente $< 22^{\circ}\text{C}$
Grupos C y D
- (c) → **veranos cortos y fríos** ⇒ Hasta 4 meses del año con temp. medias $> 10^{\circ}\text{C}$
Grupos C y D
- (d) → **sin veranos** ⇒ Menos de 4 meses del año con temp. medias $> 10^{\circ}\text{C}$
Grupo D
- (i) → **isotérmicos** ⇒ La diferencia entre la temp. del mes más caliente y el mes más frío $< 5^{\circ}\text{C}$
Grupo A

Variaciones de la temperatura en función de las estaciones del año

Para diferenciar con mayor seguridad las variaciones de la temperatura en al correr de las estaciones del año, Koppen utilizo una **tercera letra minúscula**

- (h) → **calientes** → La temp. media anual $> 18^{\circ}\text{C}$,
Sub-Grupo BS Mientras que la del mes más fríos $< 18^{\circ}\text{C}$
- (h') → **muy caliente** → Todos los meses con temp. Media $> 18^{\circ}\text{C}$,
Sub-Grupo BW
- (k) → **frio** → Media anual de la temp. $< 18^{\circ}\text{C}$,
Sub-Grupo BS Mientras que la del mes más caliente $> 18^{\circ}\text{C}$
- (k') → **muy frio** → Todos los meses con temp. Media $< 18^{\circ}\text{C}$,
Sub-Grupo BW
- (g) → **gangético** → El mes más caliente precede el solsticio de verano
Grupo C

Variaciones de la temperatura en función de las estaciones del año

Para diferenciar con mayor seguridad las variaciones de la temperatura en al correr de las estaciones del año, Koppen utilizo una **tercera letra minúscula**

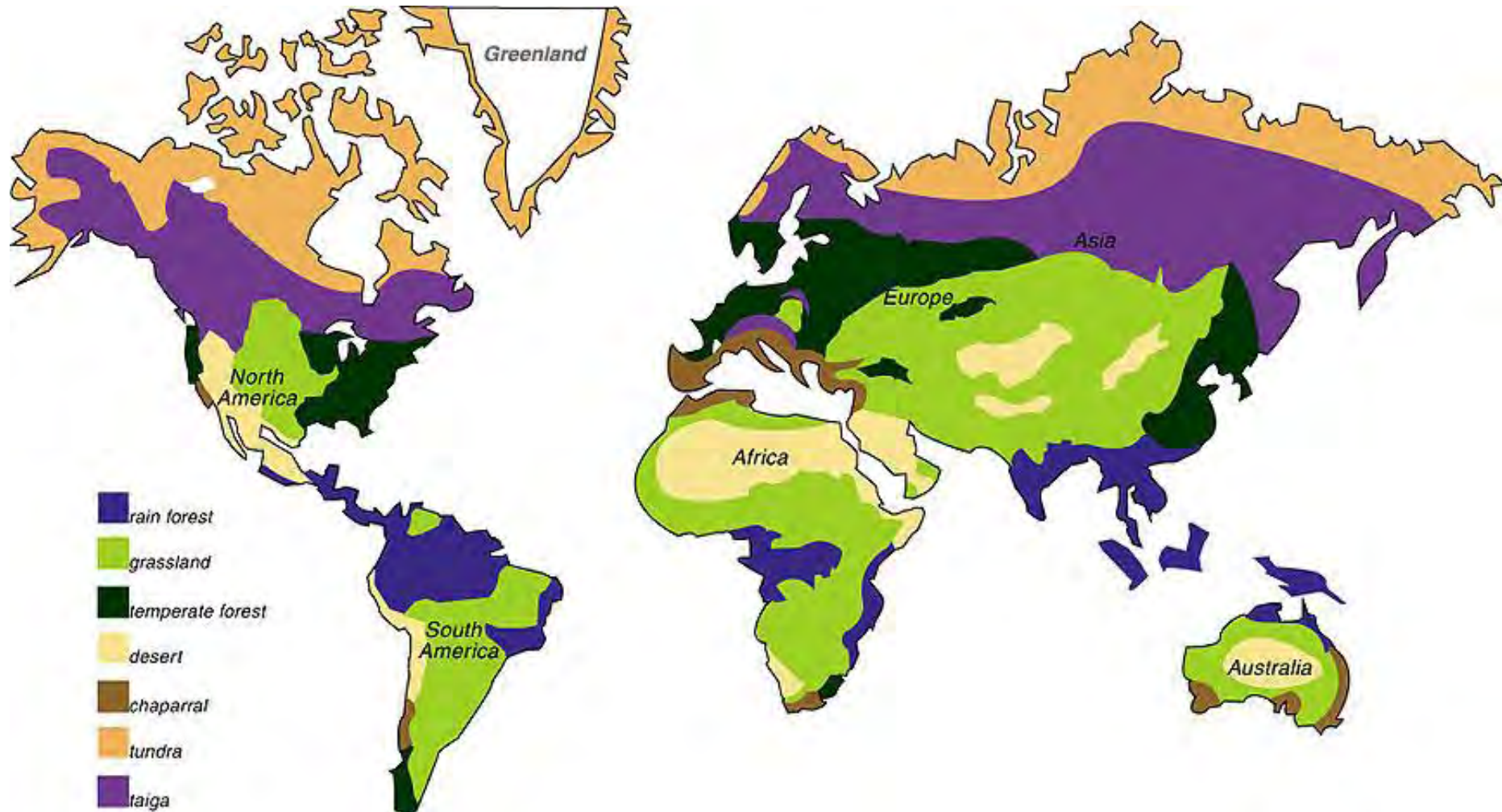
(g') → **sudanés** → El mes más caliente ocurre despues de las lluvias de verano
Grupo C

(n) → **Nieblas frecuentes** → Climas projimos a las costas con corrientes frías paralelas
Grupo B

(v) → **con temperaturas máximas en el otoño**
Grupo A

PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO "A" – TROPICAL LLUVIOSO O megatérmico



PRINCIPALES ASOCIACIONES

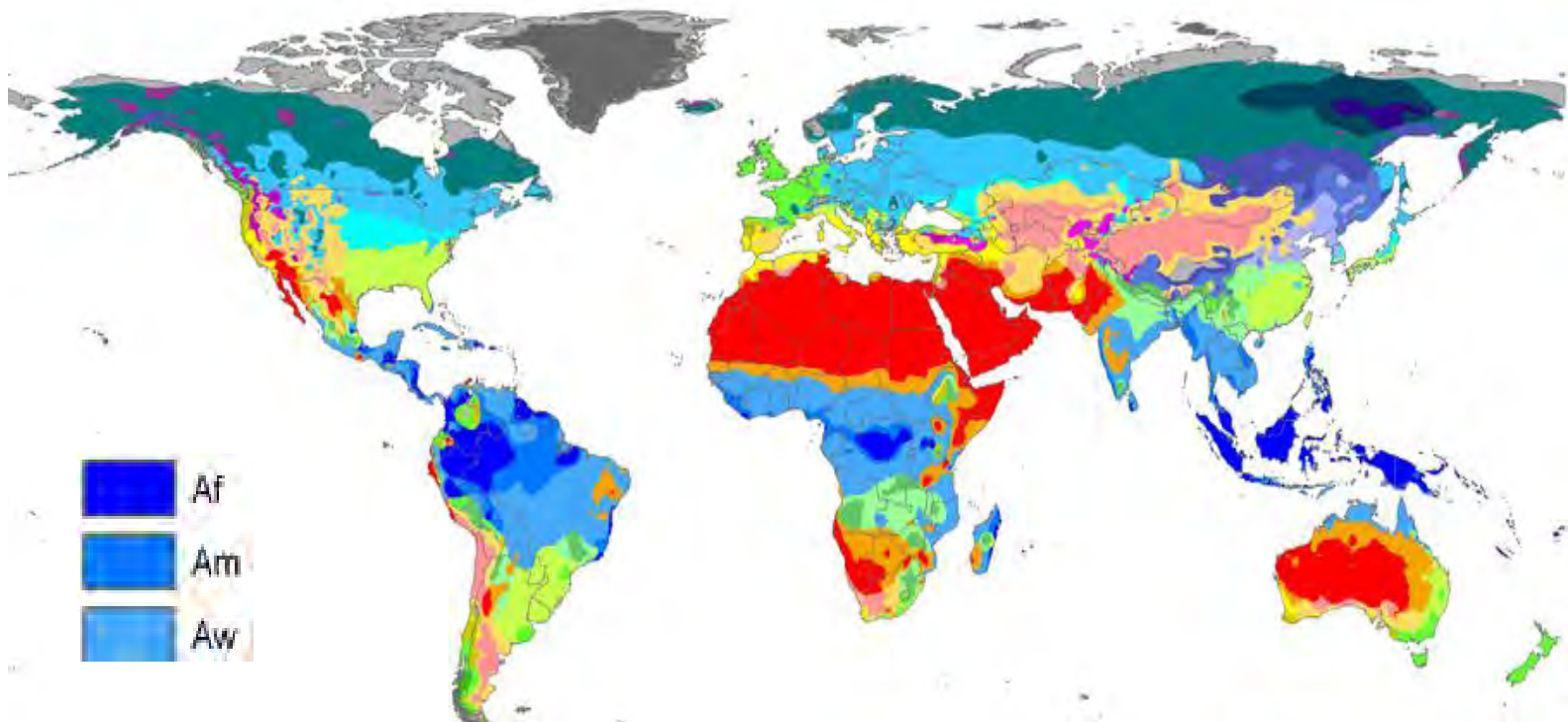
GRUPO "A" – TROPICAL LLUVIOSO O megat

Ami → **Clima Tropical de florestas pluviales, o clima de monzon.**

Isotérmico

Ocurrencia : 0 – 20° de latitud

Sudoeste de India, Costa Occidental de Indochina, grande parte de la Amazonia, Guianas y África Ecuatorial



PRINCIPALES ASOCIACIONES

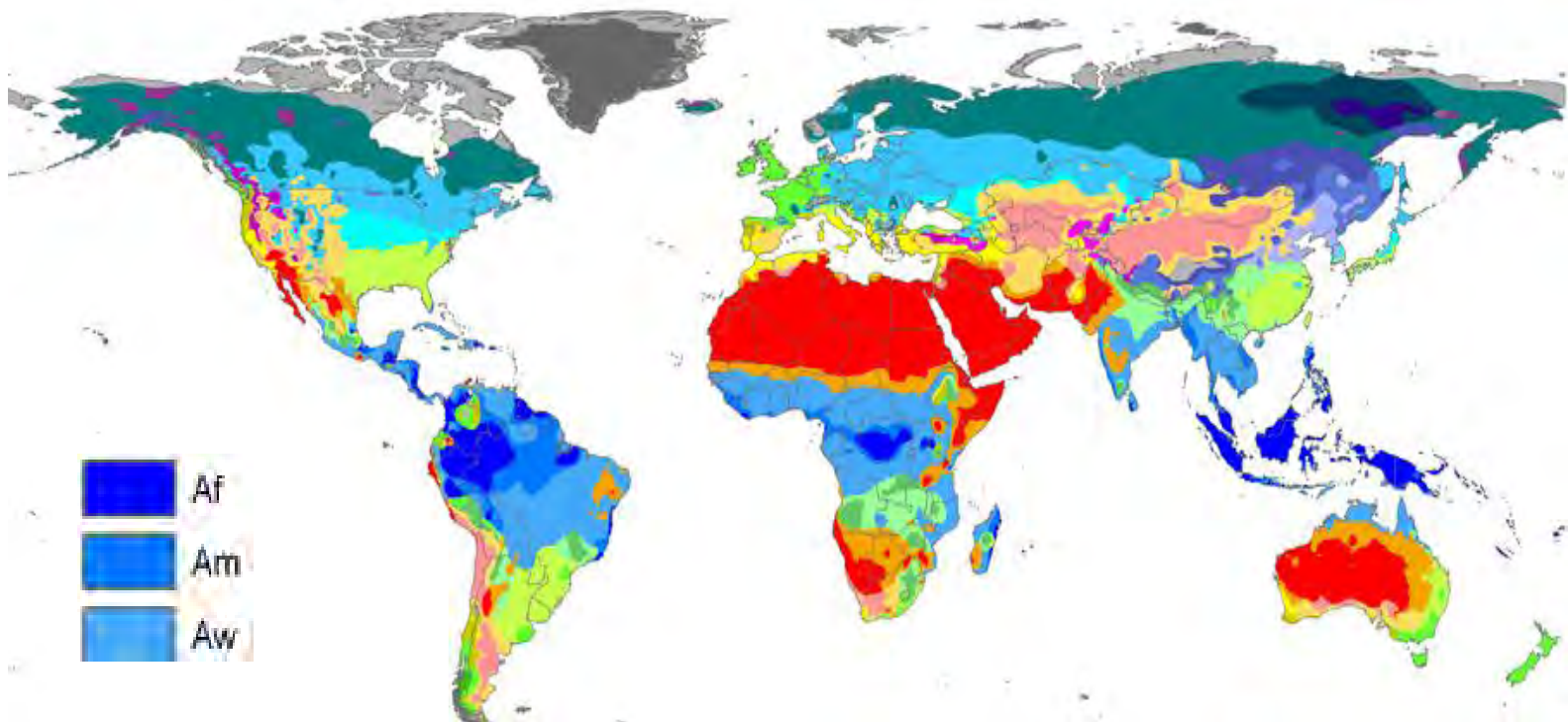
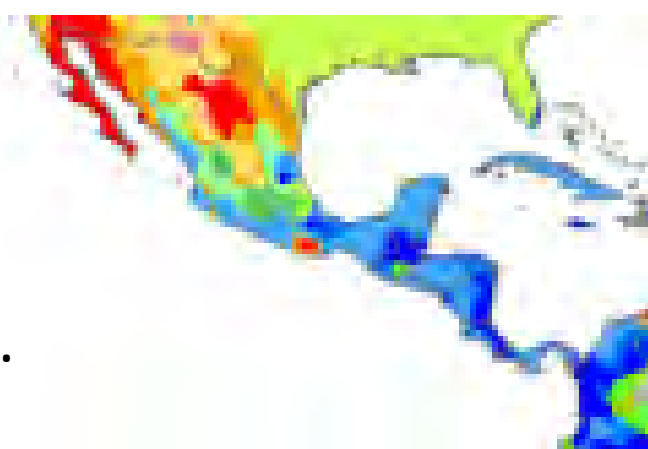
GRUPO "A" – TROPICAL LLUVIOSO O megat

Asi → Clima Tropical de Húmedo con lluvias de invierno.

Isotérmico

Ocurrencia : 5 – 15° de latitud

Litoral oriental del noreste de Brasil (de RGN a Salvador)



PRINCIPALES ASOCIACIONES

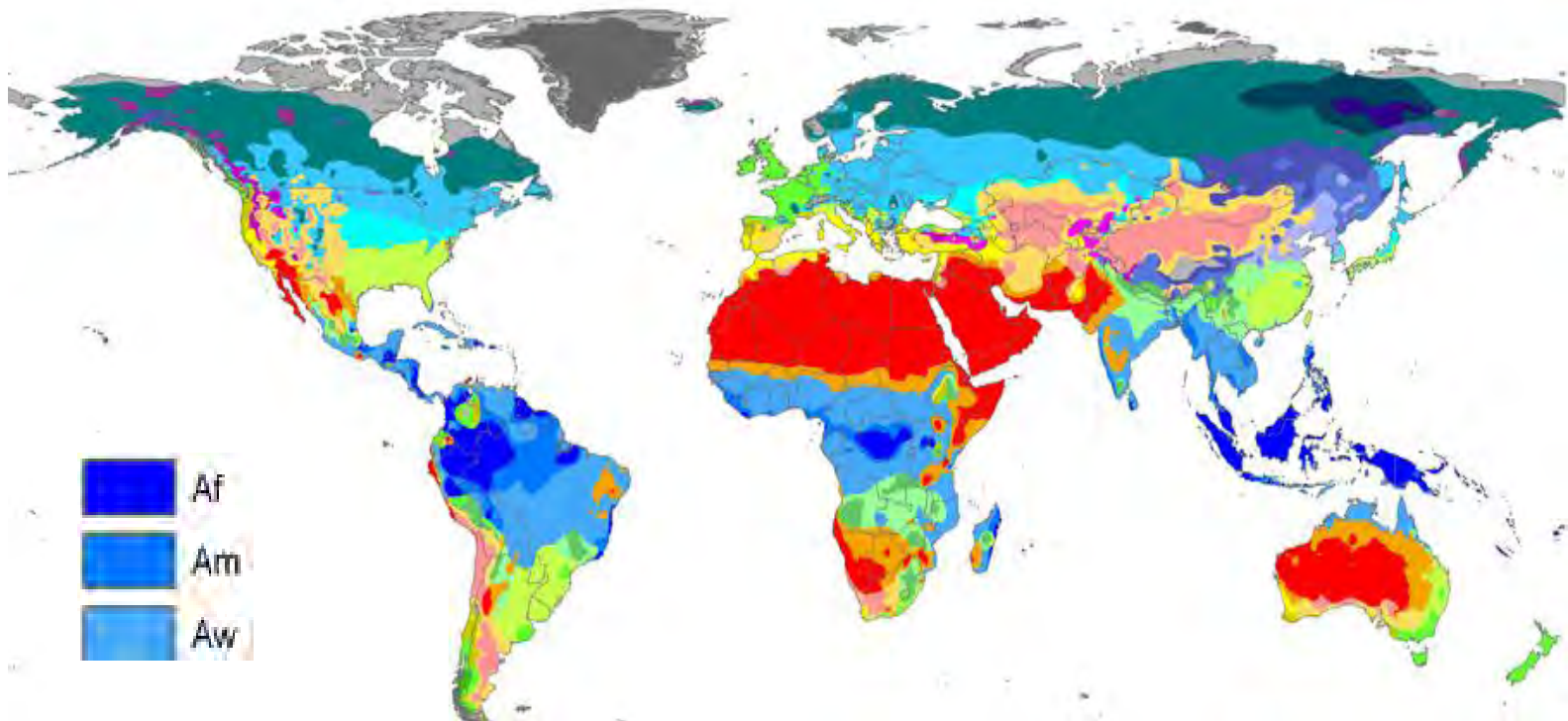
GRUPO "A" – TROPICAL LLUVIOSO O megatérmico

Awi → Clima das Sabanas Tropicales.

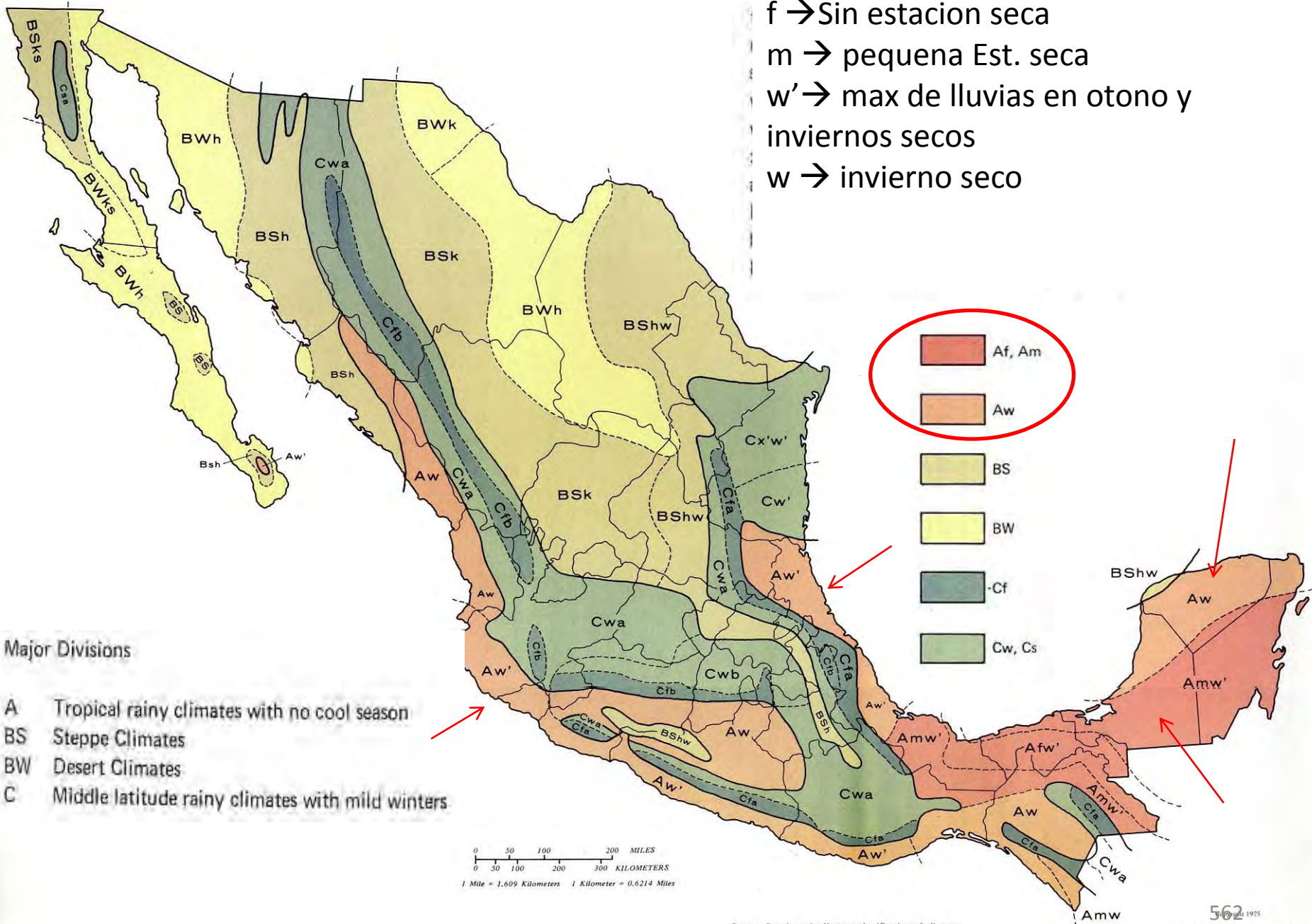
Isotérmico

Ocurrencia : 5 – 20° de latitud

Costa SW y SE de México; SW y NW de Cuba, Sul de Amazonia, Centro-oeste de Brasil, África sub-ecuatorial, República Malgaxe, Centro y Sur del India; Tailandia, Indochina y Norte de Australia



- f → Sin estación seca
- m → pequeña Est. seca
- w' → max de lluvias en otoño y inviernos secos
- w → invierno seco



Major Divisions

- A Tropical rainy climates with no cool season
- BS Steppe Climates
- BW Desert Climates
- C Middle latitude rainy climates with mild winters

0 50 100 200 MILES
 0 50 100 200 300 KILOMETERS
 1 Mile = 1.609 Kilometers 1 Kilometer = 0.6214 Miles

PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO “C” – TEMPERADO LLUVIOSO (mesotérmico humedo)

Cfa → sin estación seca y veranos calientes.

Cfb → sin estación seca y veranos blandos

Cfc → sin estación seca y cortos

Cwa → Clima Mesotérmico con inviernos seco y veranos calientes

Cwb → Clima Mesotérmico con inviernos seco y veranos blandos

Csa → Clima Mesotérmico con veranos secos y calientes (Mediterraneo)

Csb → Clima Mesotérmico con veranos seco y blandos (Mediterraneo)

PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO "C" – TEMPERADO LLUVIOSO

f – sin estación seca

Cfa → con veranos calientes.

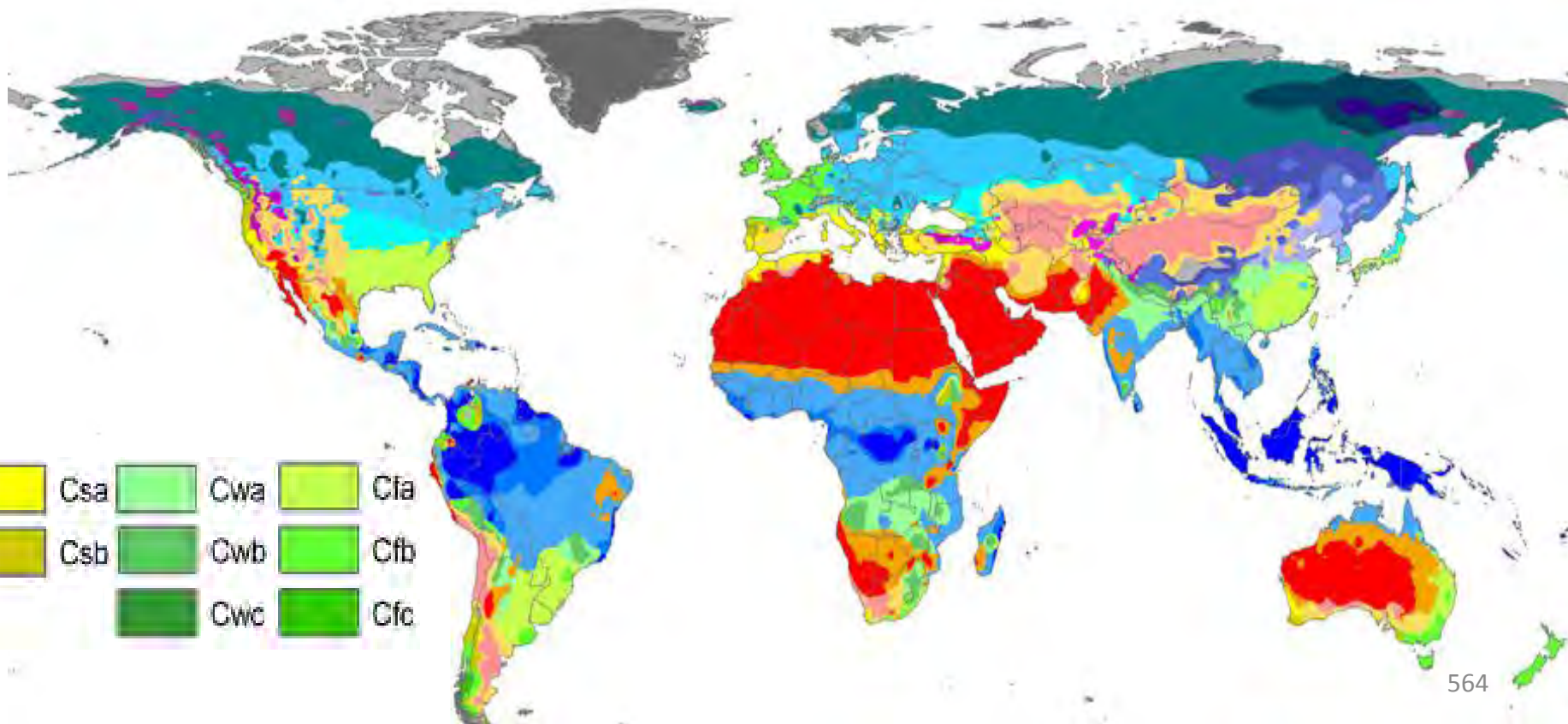
Cfb → con veranos blandos

Cfc → con veranos cortos

Ocurrencia :

30 – 40° de latitud en el continente americano

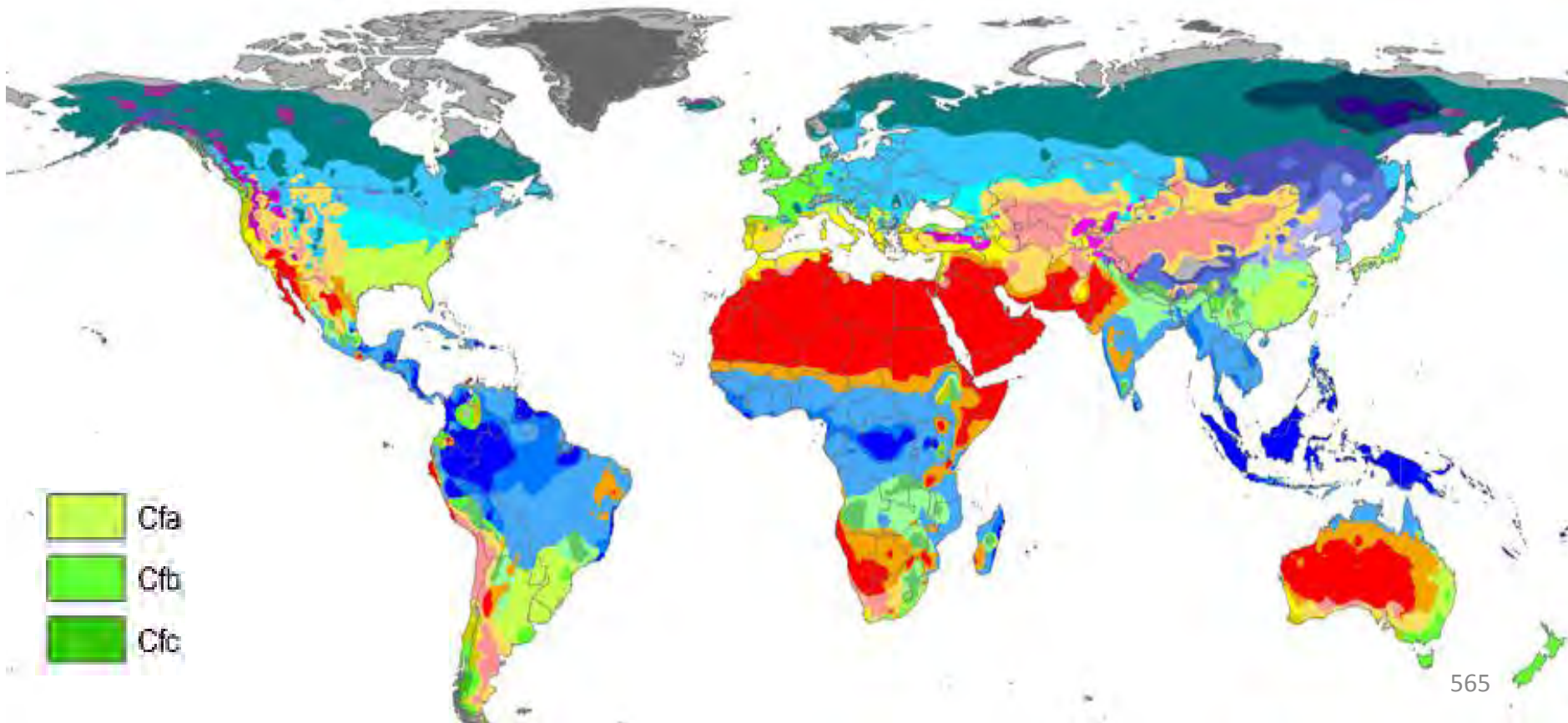
40 – 50° de latitud en la Eurasia



PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO "C" – TEMPERADO LLUVIOSO (mesotérmico húmedo)

Bacina del Misisipi y costa atlántica del EUA, Grande parte de Europa occidental y central, Sur y SW de China; Japón; Sul del Brasil, Uruguay, NE de Argentina ; SE de Australia y África, Tasmania y Nova Zelandia



PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO "C" – TEMPERADO LLUVIOSO

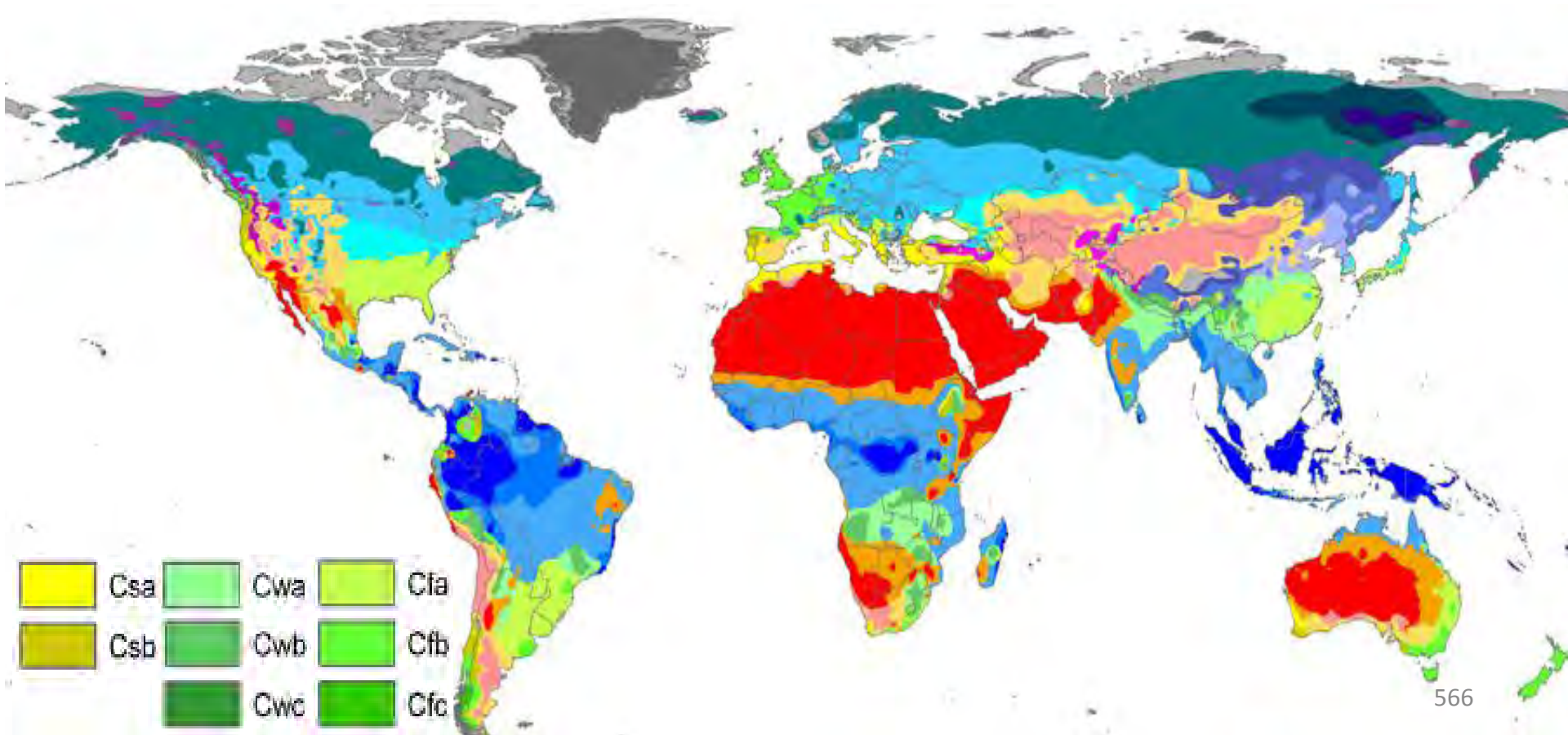
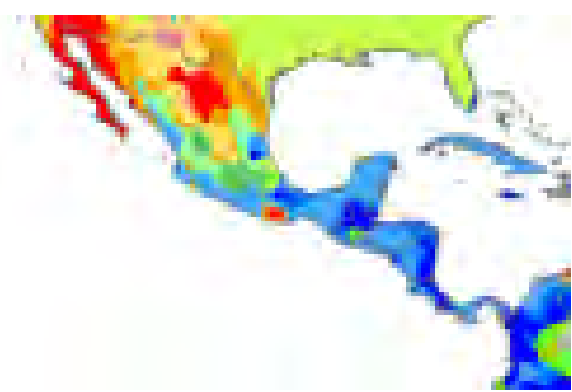
w cin inviernos secos

Cwa → y veranos calientes

Cwb → y veranos blandos

Ocurrencia :

20 – 30° de latitud



PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO "C" – TEMPERADO LLUVIOSO (mesotérmico humedo)

SE de México; grande parte de China; partes elevadas del Perú, Bolivia, Paraguay, Norte de Argentina; altiplanos centrales de África del Sur, NE Australia, SE Brasil



PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO “C” – TEMPERADO LLUVIOSO

s veranos secos

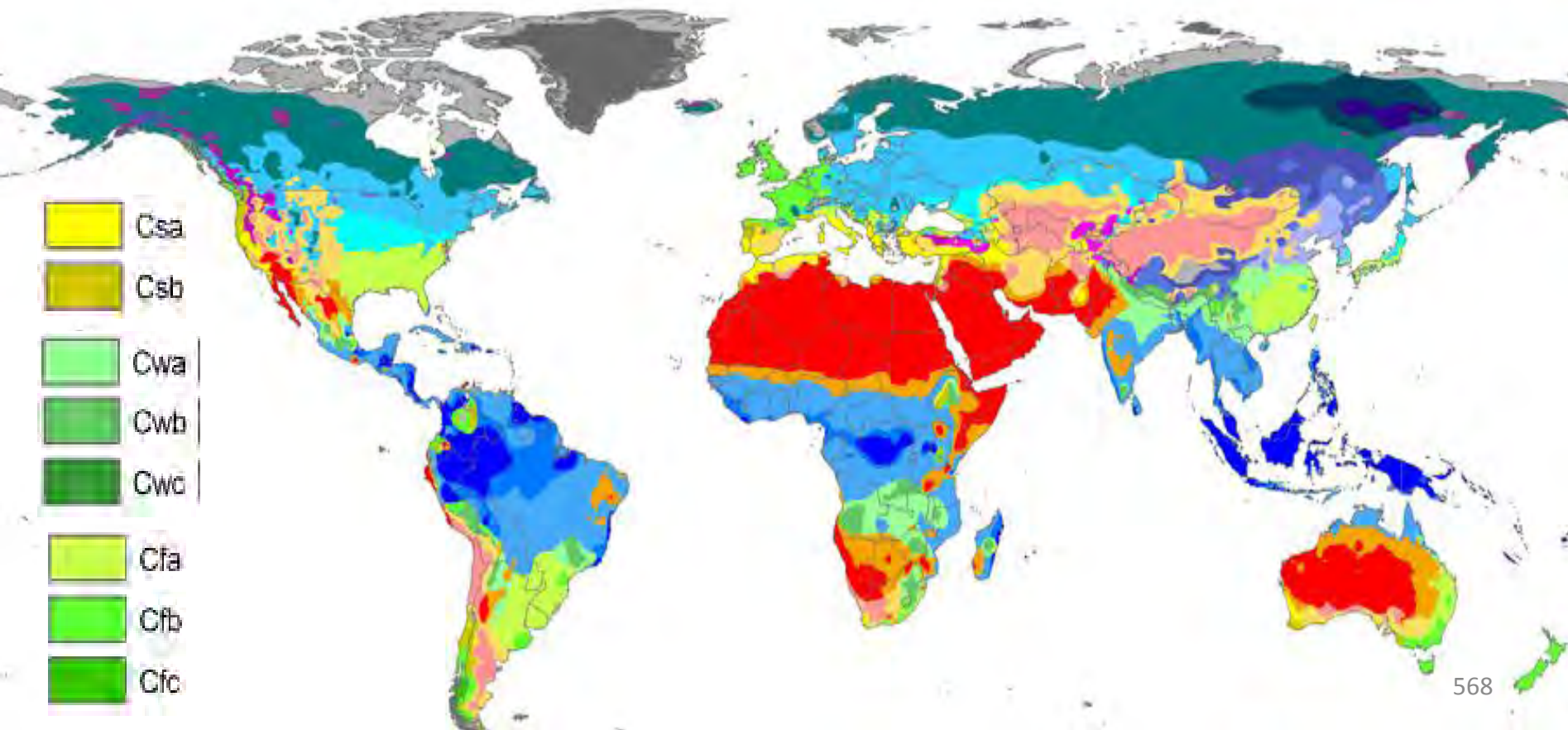
Csa → veranos **calientes**

Csb → veranos **blandos**

Ocurrencia :

30 – 45° de latitud

Bacía del mediterráneo; California, Sur de Chile, SW África y Australia meridional



PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO “D” – Boreal (Microtérnico húmedo)

Dfa → Clima Boreal con inviernos húmedos, sin estación seca y con veranos calientes

Dfb → Clima Boreal con inviernos húmedos, sin estación seca y con veranos blandos

Dfc → Clima Boreal con inviernos húmedos, sin estación seca con y con veranos cortos

Dfd → Clima Boreal con inviernos húmedos, sin estación seca y con veranos fríos

Dwa → Clima Boreal con inviernos seco y veranos calientes

Dwb → Clima Boreal con inviernos seco y veranos blandos

Dwc → Clima Boreal con inviernos seco y veranos cortos

PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO “D” – Boreal , con inviernos húmedos y sin estación seca

Dfa → y con veranos calientes

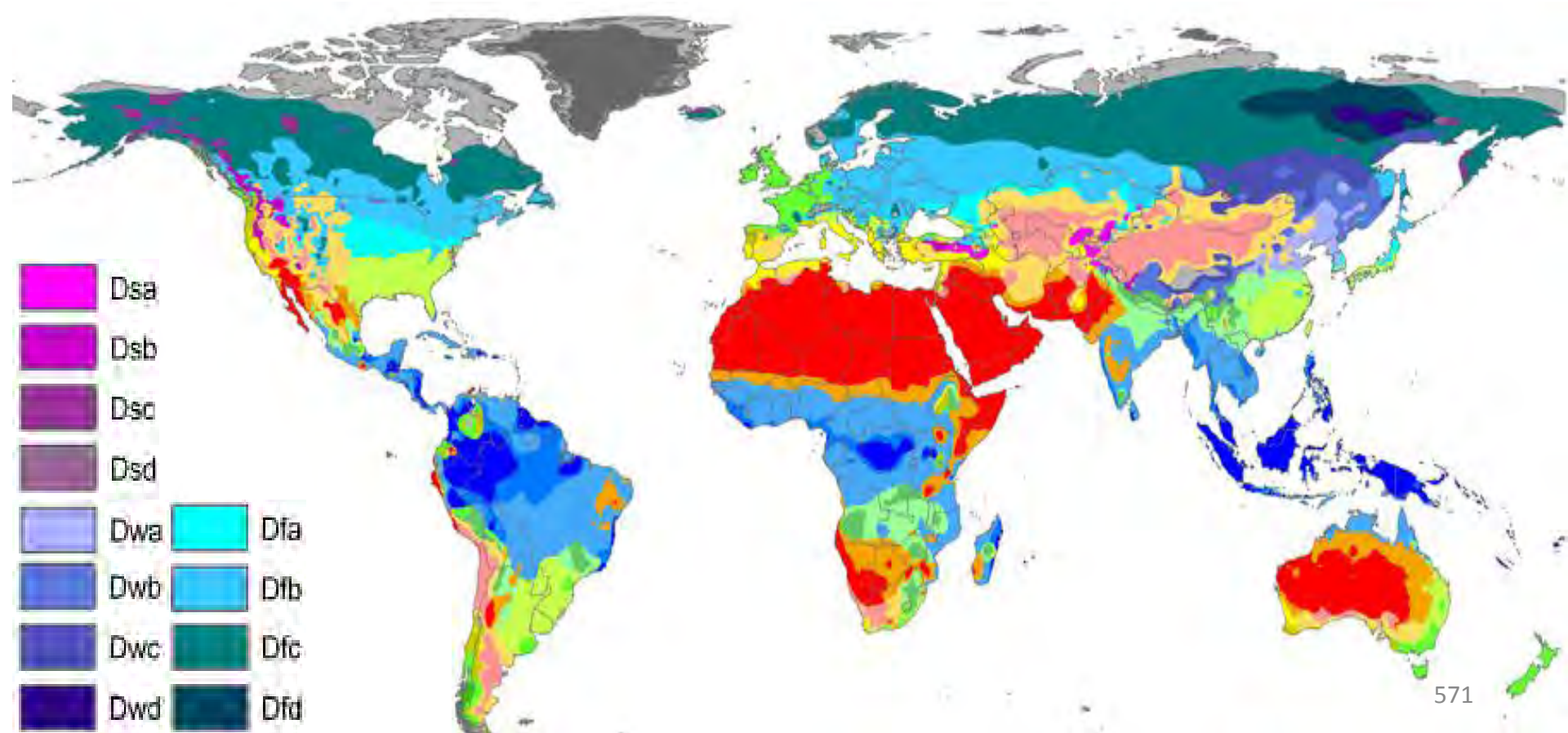
Dfb → y con veranos blandos

Dfc → y con veranos cortos

Dfd → y con veranos fríos

Ocurrencia : 40 – 75° de latitud

NW EUA; case tofo Canadá; Escandinavia , Rusia y Norte de Japón



PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO "D" – Boreal , con inviernos secos

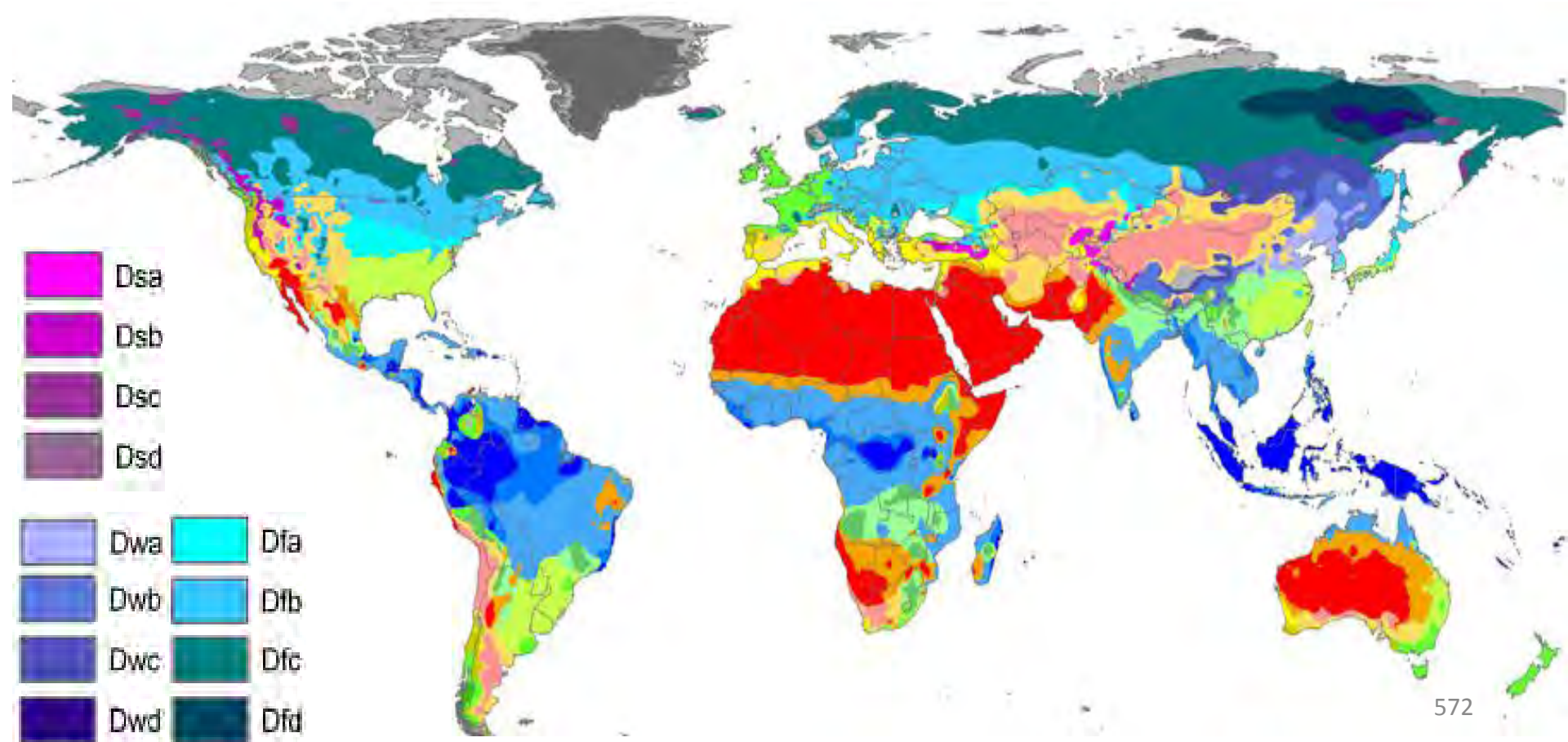
Dwa → y veranos calientes

Dwb → y veranos blandos

Dwc → y veranos cortos

Ocurrencia : 50 – 70° de latitud

Siberia Oriental y Manchuria



PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO “D” – Boreal , con inviernos húmedos y sin estación seca

Dfa → y con veranos calientes

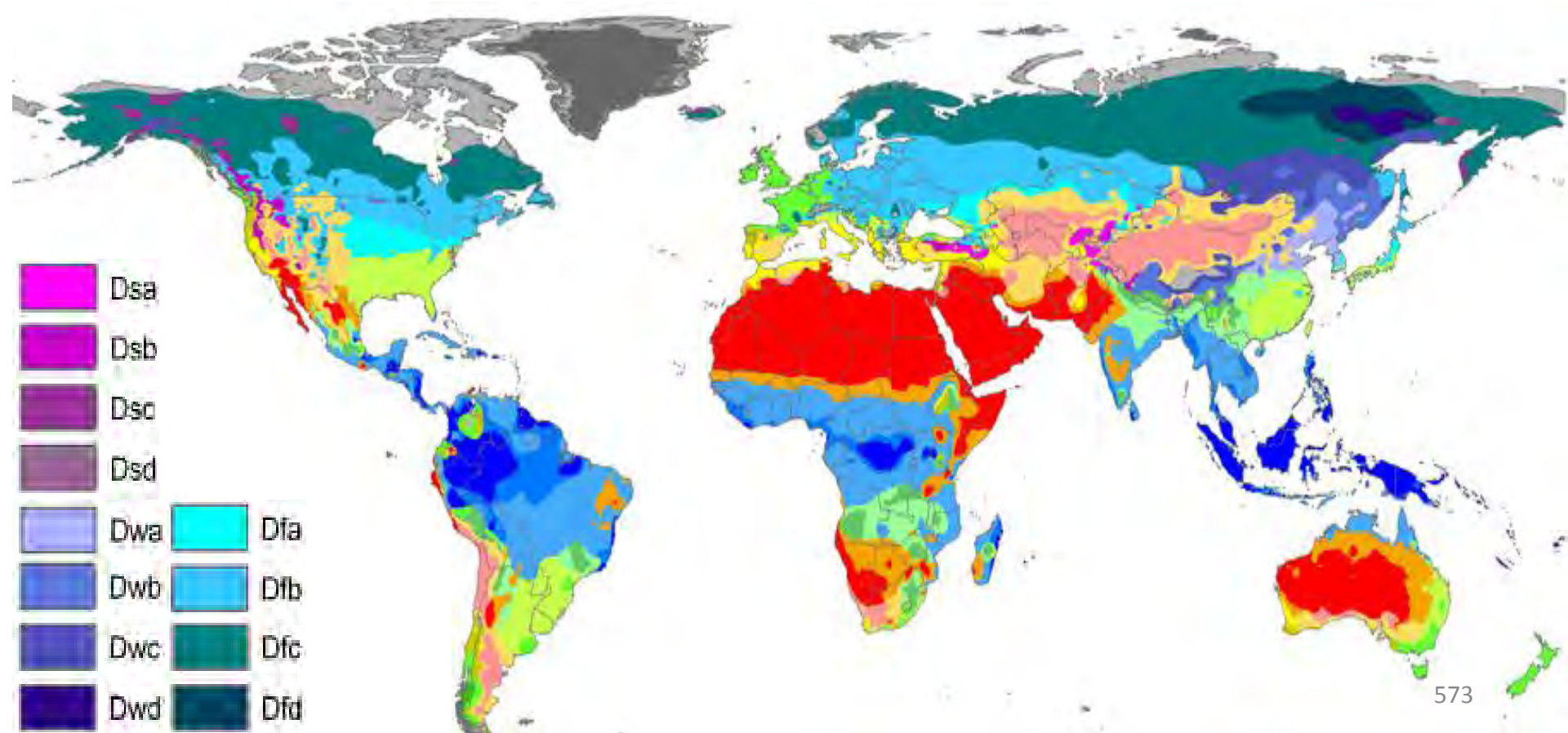
Dfb → y con veranos blandos

Dfc → y con veranos cortos

Dfd → y con veranos fríos

Ocurrencia : 40 – 75° de latitud

NW EUA; case tofo Canadá; Escandinavia , Rusia
y Norte de Japón

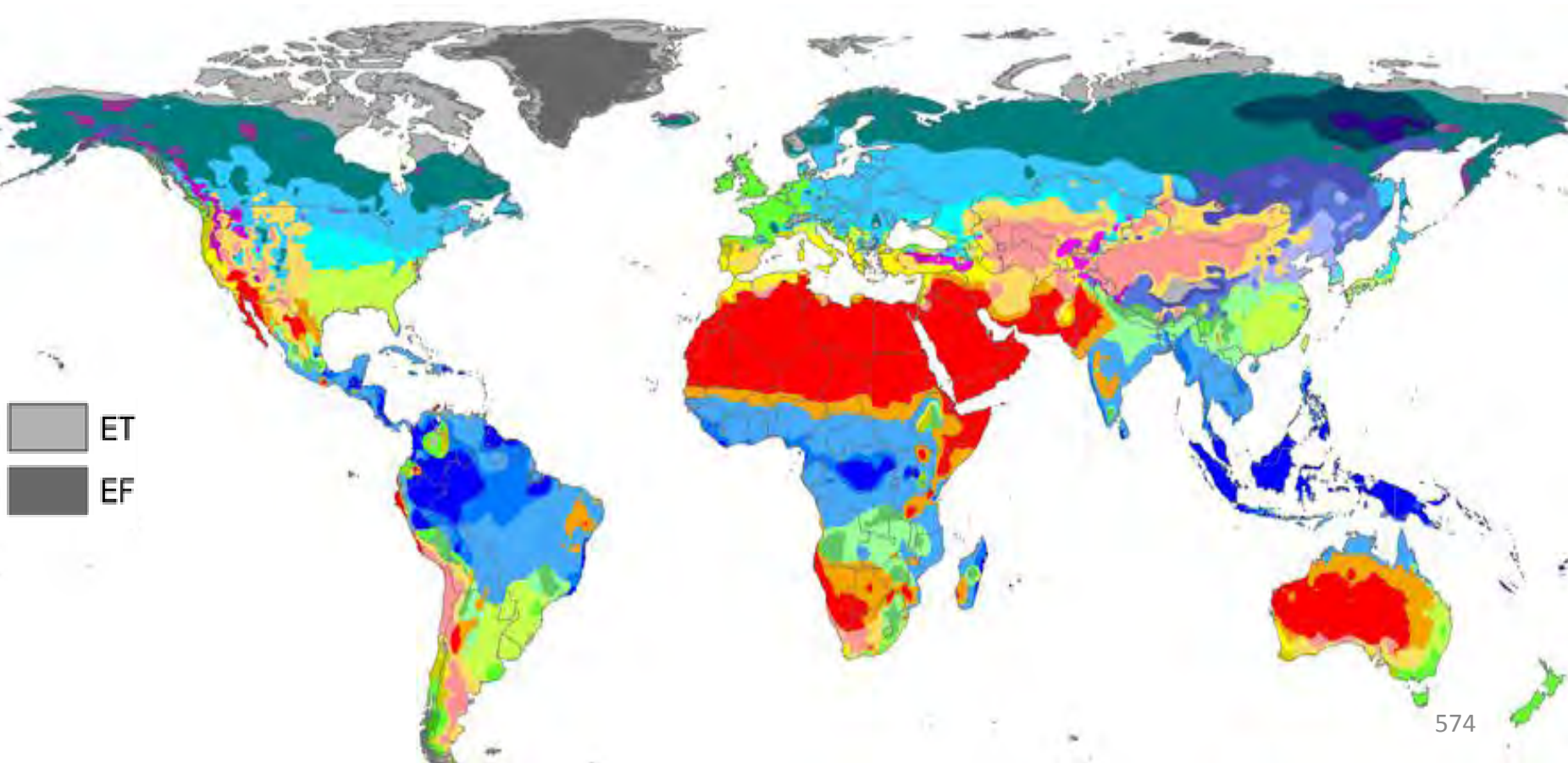


PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO “E” – Polar (Hequistotérmico)

ET → clima de Tundra arriba de 60 °
de latitud norte

Ocurrencia : Norte de Canadá, litoral de
Groenlandia, N Islandia y N Eurasia



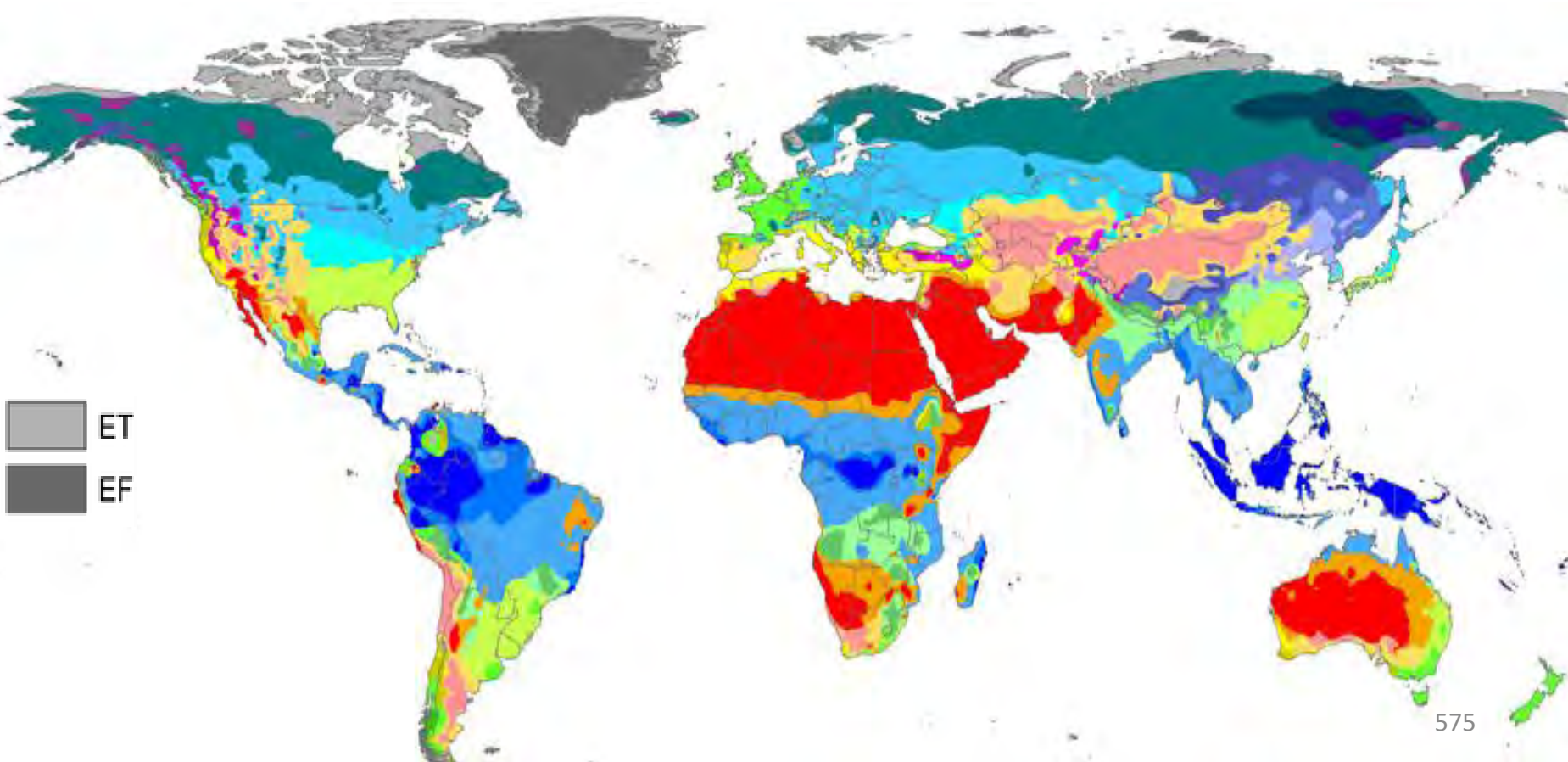
PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO “E” – Polar (Hequistotérmico)

EF → *Clima de los Hielos Eternos*
Arriba de 60 ° de latitud Norte-Sur

Ocurrencia :

Interior de Groenlandia y Antártica



PRINCIPALES ASOCIACIONES

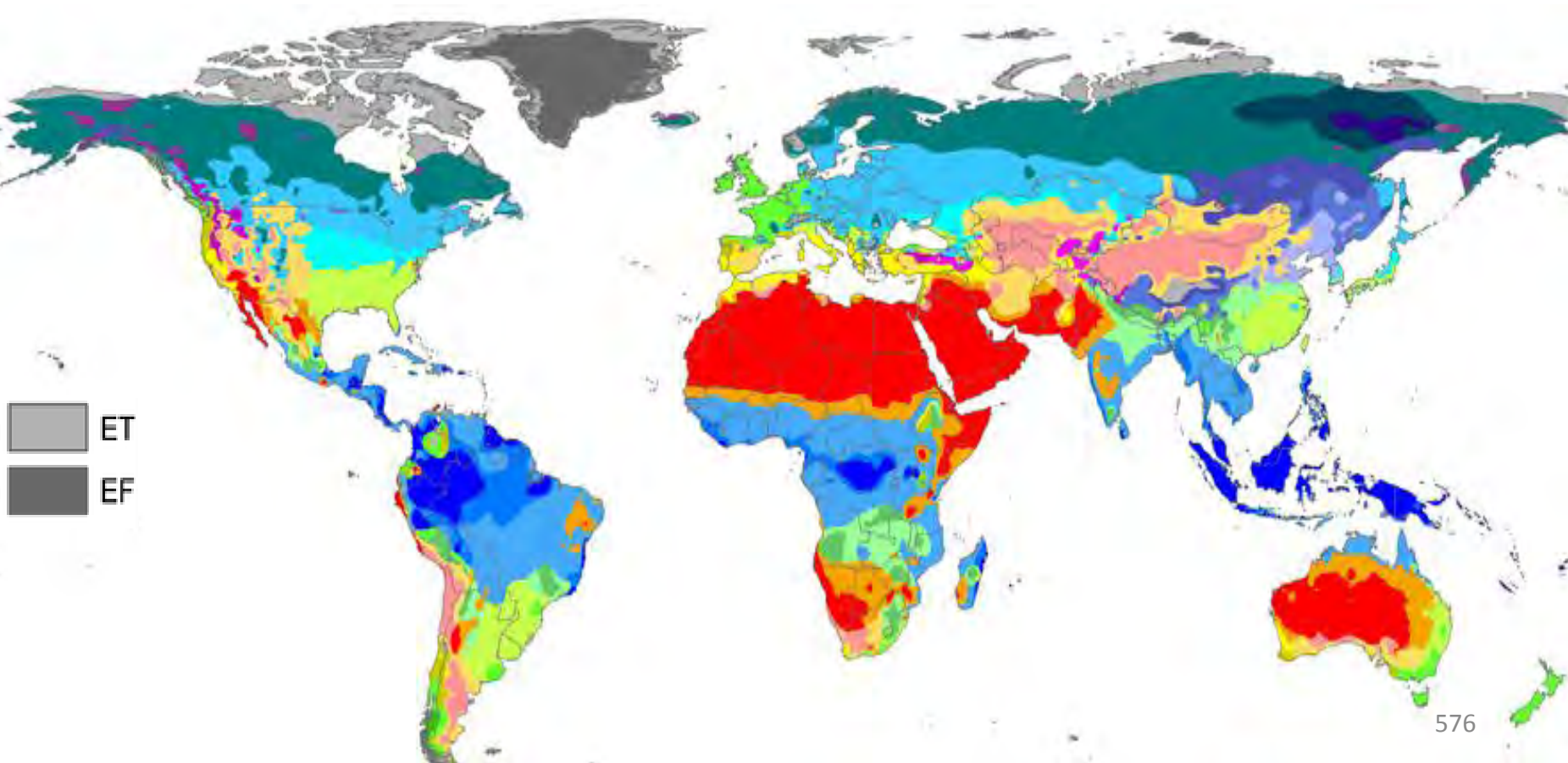
GRUPO “E” – Polar (Hequistotérmico)

EB → *Clima Polar de Altitud*

ETH → *Clima dos Pastos alpinos*

Ocurrencia :

Altas montañas

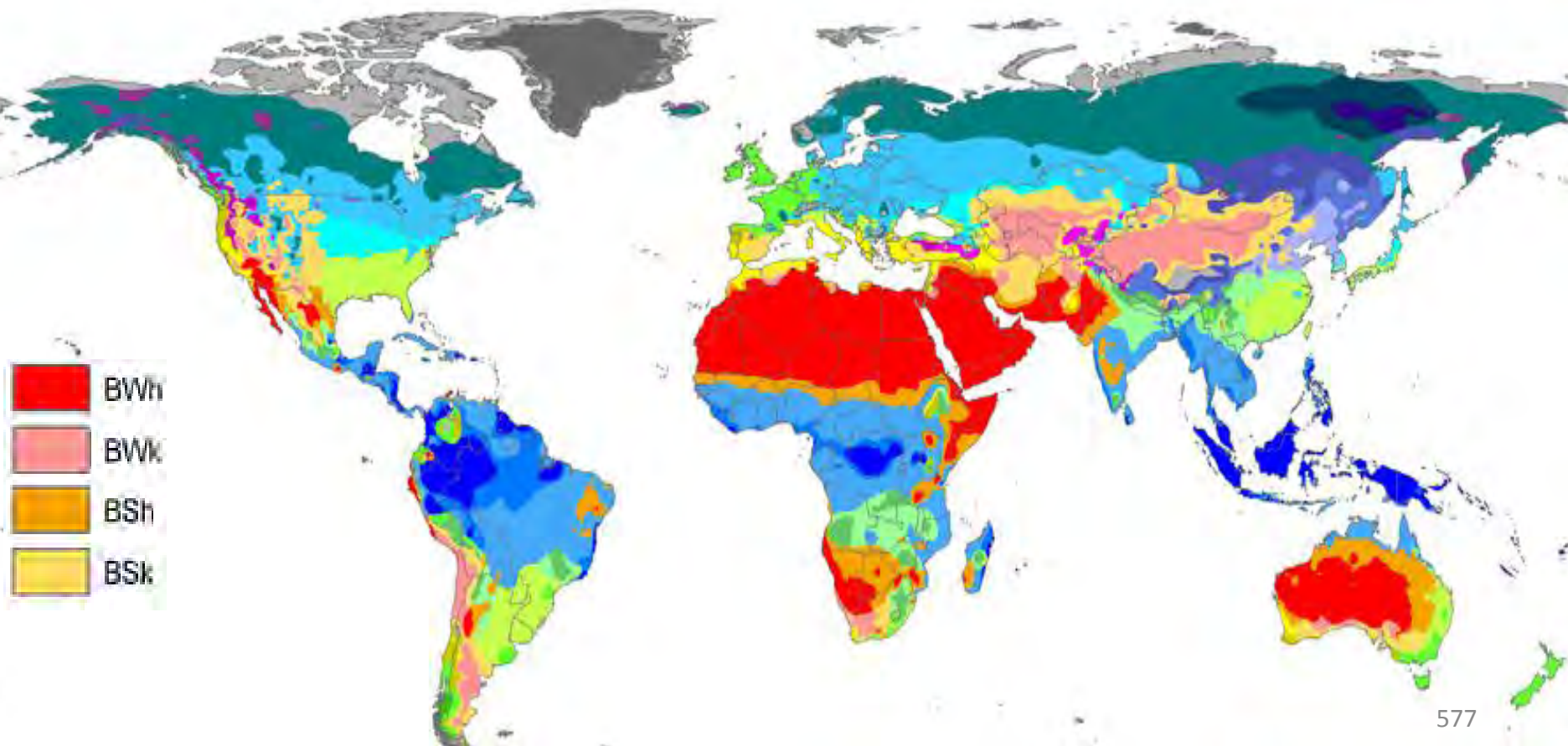


PRINCIPALES ASOCIACIONES

GRUPO "B" – Clima árido (xerófilo)

BWh → **Desértico caliente** → Kalarari y Australia Central
(15 -30° de latitud N-S)

BWk → **Desertico Frio** → SW de Russia y de China; Sul de Argentina
(40 -50 ° de latitud N-S)

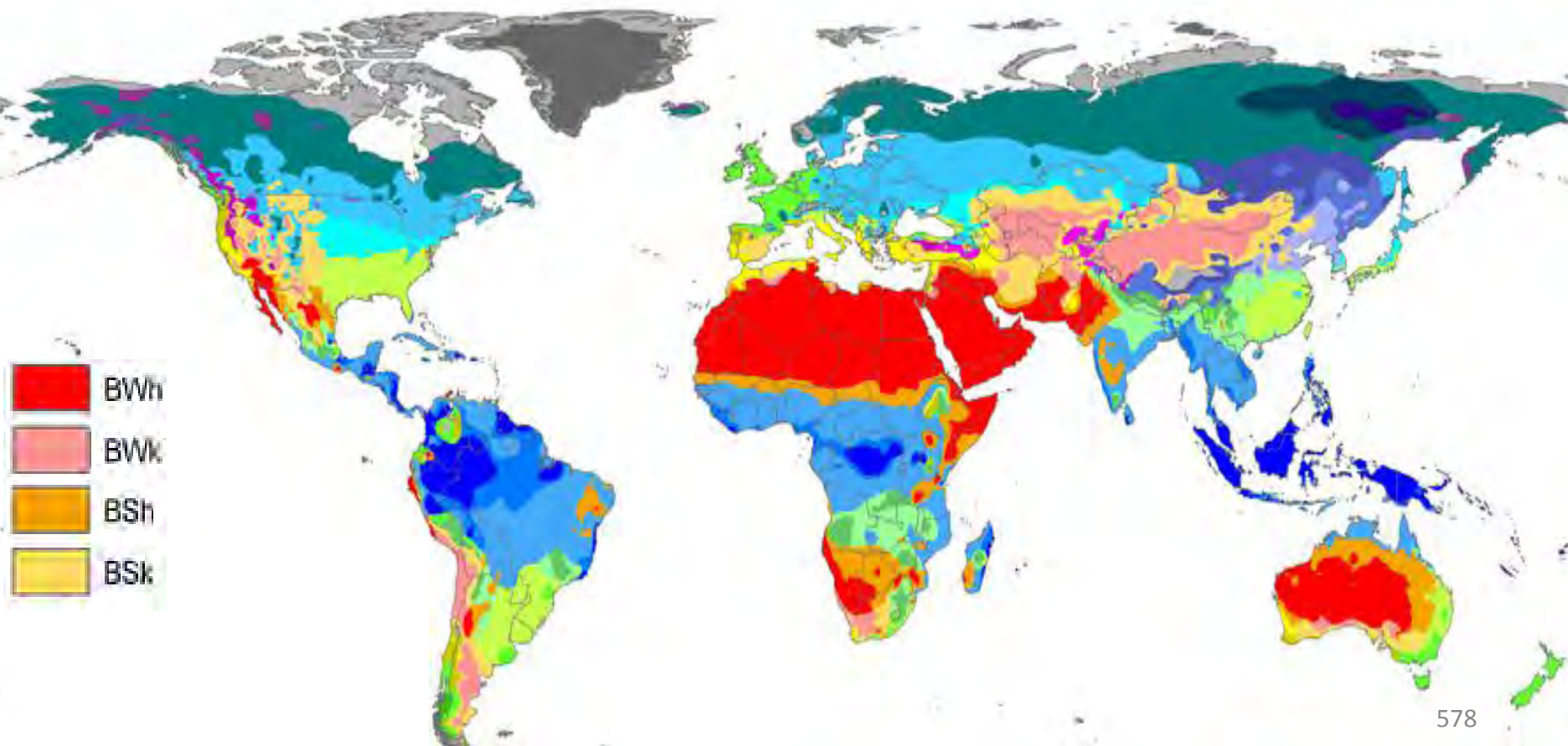


PRINCIPALES ASOCIACIONES

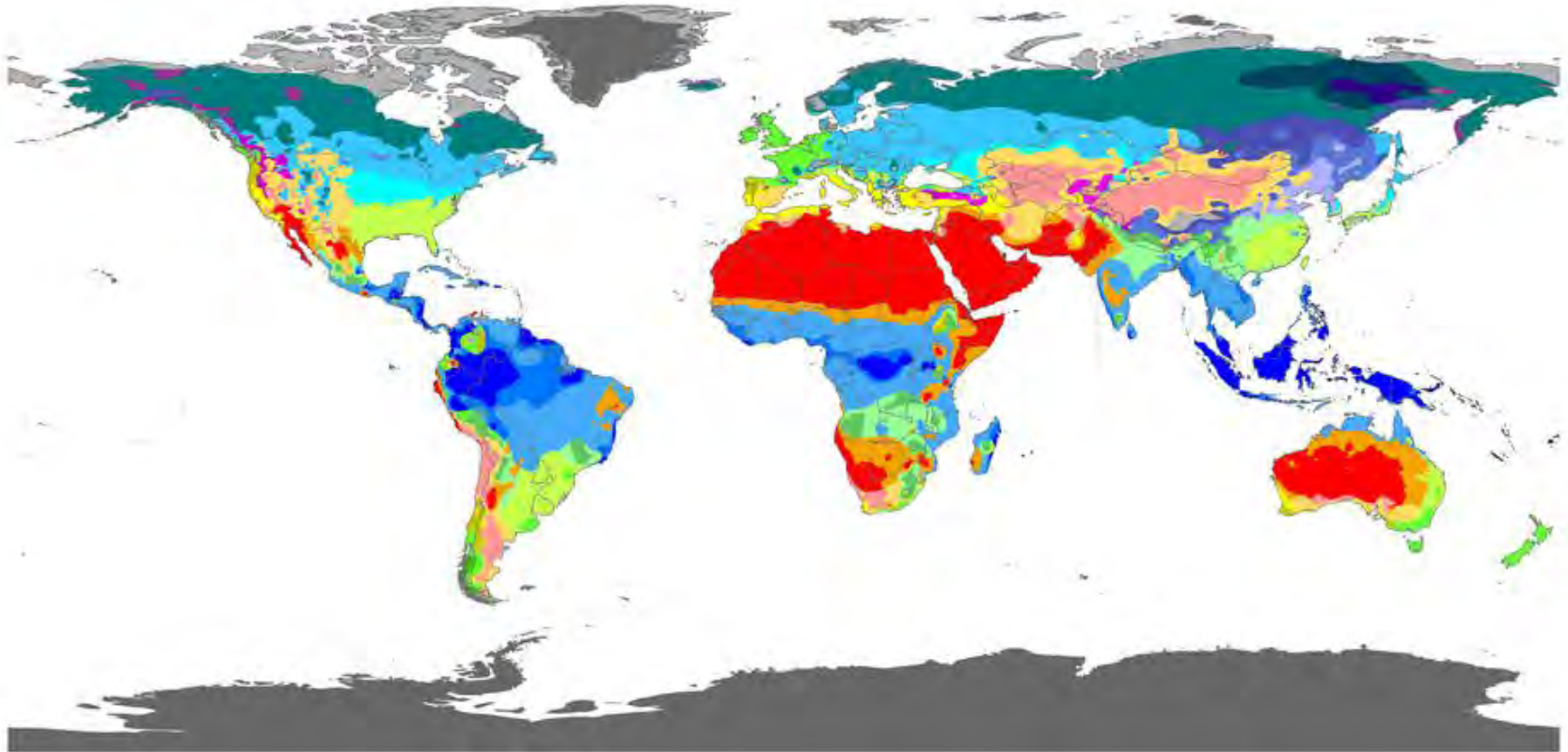
GRUPO "B" – Clima árido (xerófilo)

BSh → **Estepas calientes o semiáridos caliente** → (15 - 35 ° de latitud)
contorno de los desiertos subtropicales

BSk → **Estepas frías o semiáridos frío** → (35 - 55 ° de latitud)
contorno de los desiertos de altas latitudes



World map of Köppen-Geiger climate classification



THE UNIVERSITY OF
MELBOURNE

Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc		
BSk		Dsd	Dwd	Dfd				

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

DATA SOURCE : GHCN v2.0 station data
Temperature (N = 4,844) and
Precipitation (N = 12,396)

PERIOD OF RECORD : All available

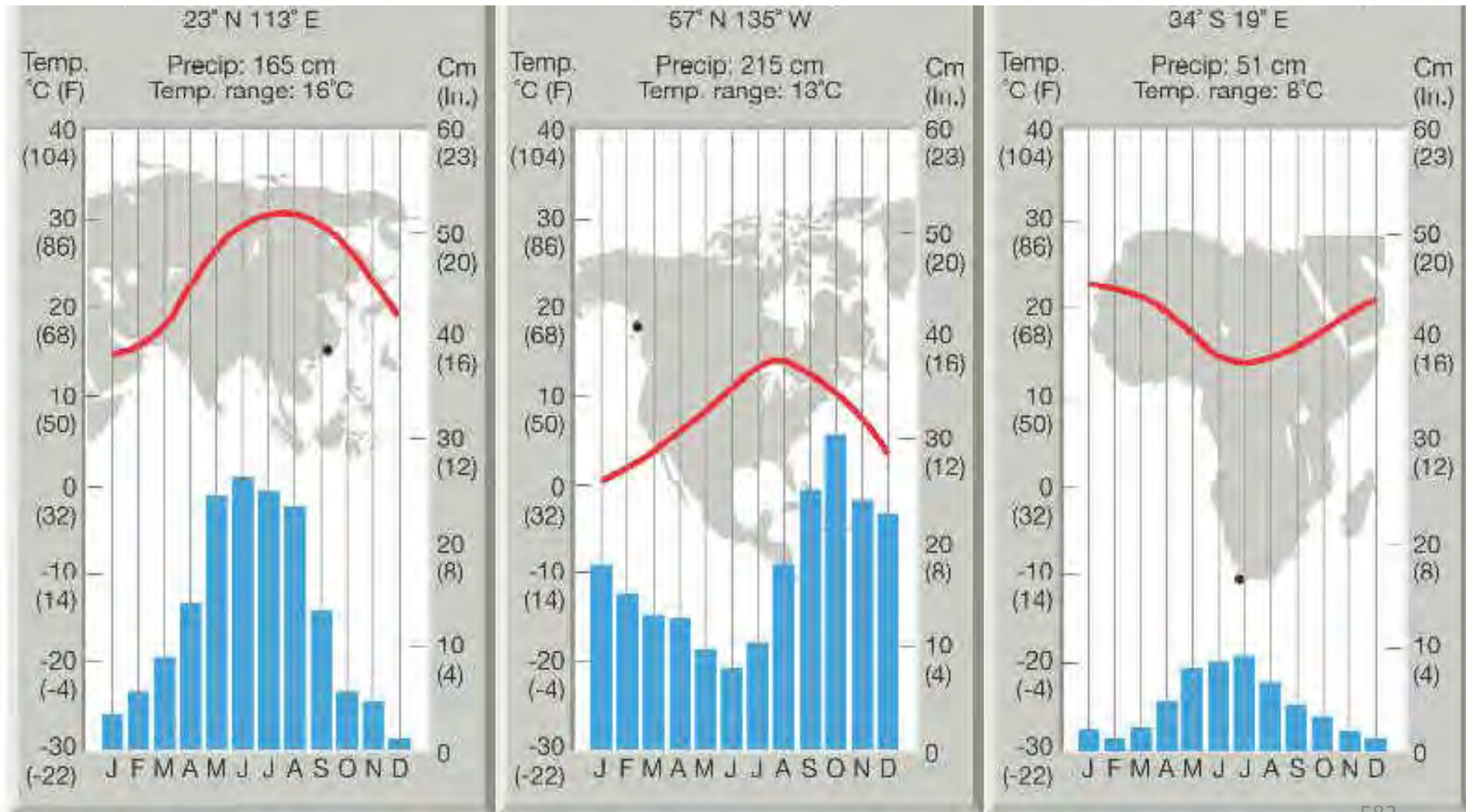
MIN LENGTH : ≥30 for each month.

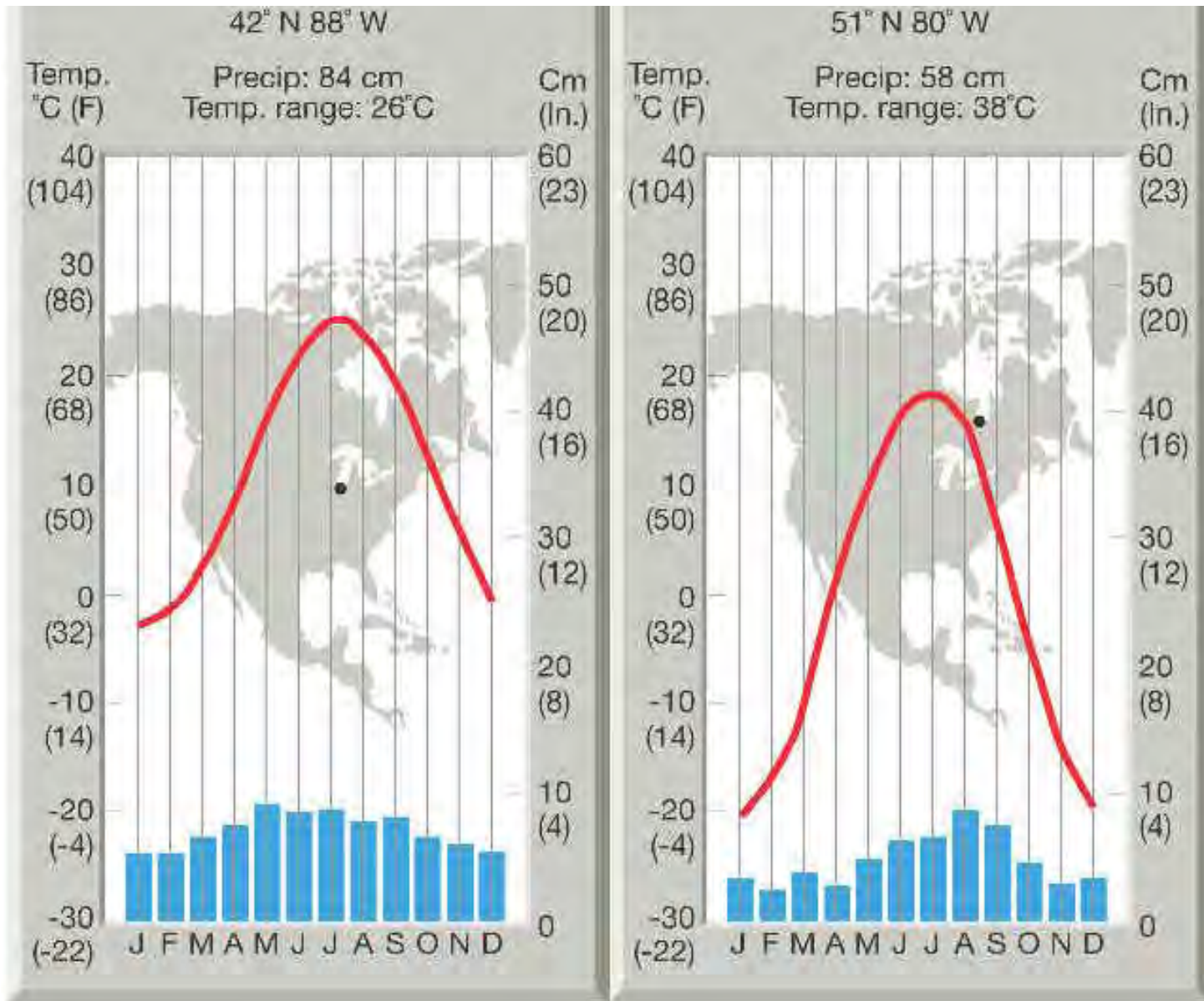
RESOLUTION : 0.1 degree lat/long

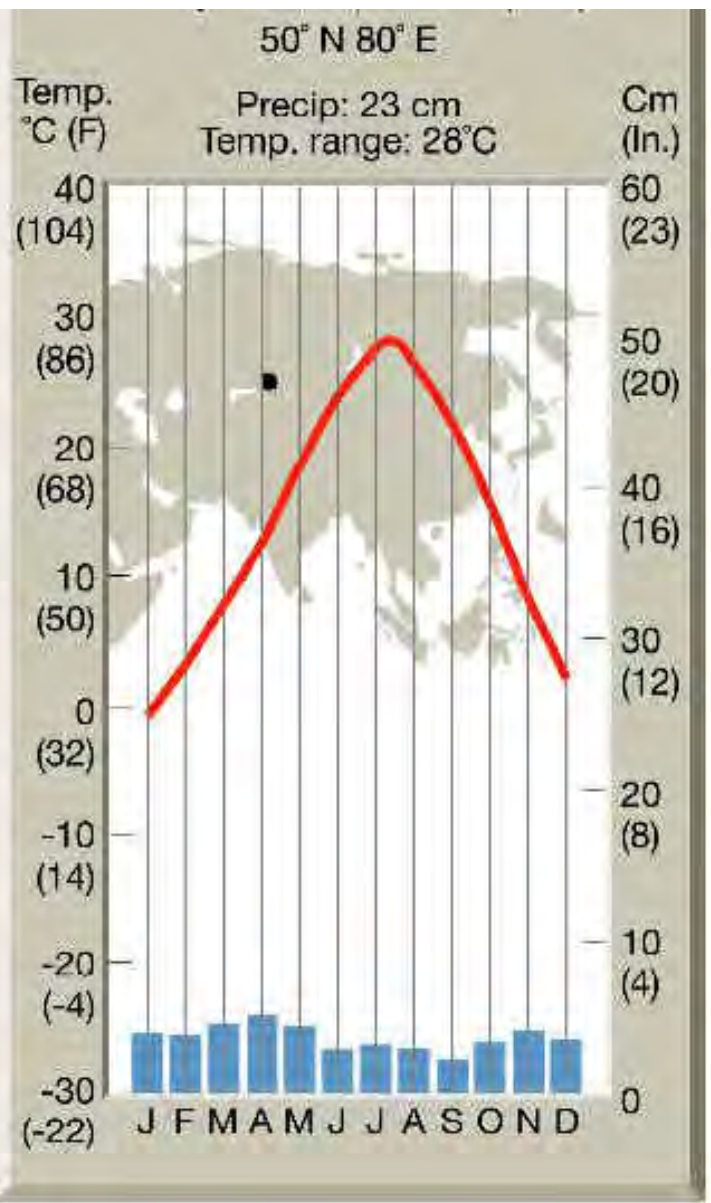
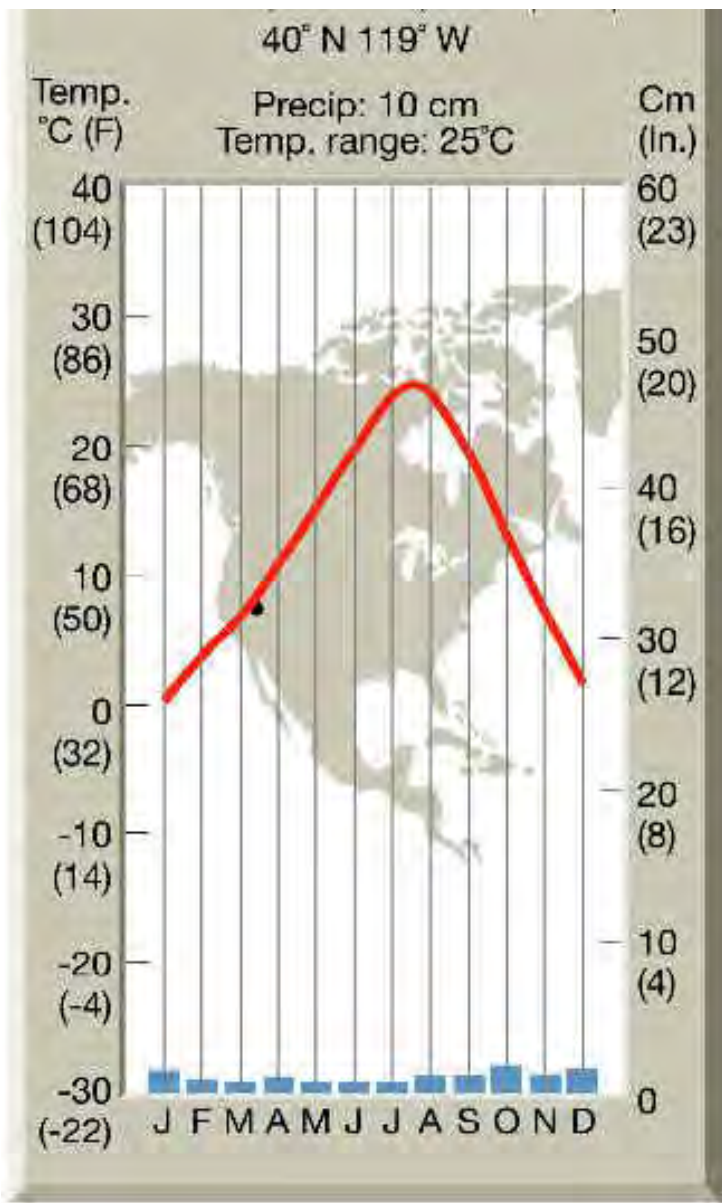
Tareas clasificación climática

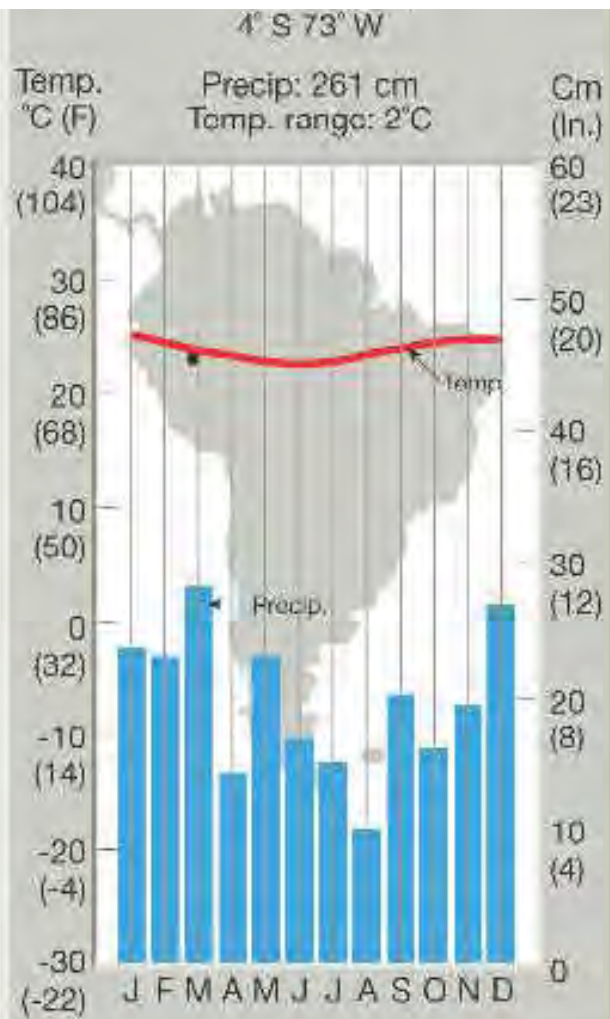
1. ¿Qué son zonas de latitud?
2. ¿Cuáles son las zonas de latitud?
3. Ilustre la distribución mundial de las zonas de latitud.
4. Relacione el tipo climático con el régimen de precipitación
5. Explique el sistema de clasificación de Köppen.
6. Explique el sistema de clasificación climática de Strahler.
7. ¿Por qué se utiliza más el sistema de clasificación de Köppen que el de Strahler?
8. Según Köppen, ¿cómo debe ser una clasificación climática?
9. Según Strahler, ¿cómo debe ser una clasificación climática?
10. El sistema de Köppen es representado por letras. Explique esta simbología.
11. ¿Por qué se dice que el sistema de clasificación climática de Strahler es explicativa-descriptiva?
12. Haga una breve descripción de los diferentes tipos climáticos de Strahler (como se fuera un “acordeón”, un resumen, para un examen).
13. Haga una breve descripción de los diferentes tipos climáticos de Köppen (como se fuera un “acordeón”, un resumen, para un examen).
14. Haga una tabla apuntando las principales características y distribución mundial de los climas (con sus elementos modificadores con las segundas y terceras letras) de los climas según Köppen.
15. Haga una tabla apuntando las principales características y distribución mundial de los climas (y sus modificadores según la latitud) de los climas según Strahler.

En los mapas a seguir son representados el régimen de precipitación anual y de temperatura. Con estos datos identifique el tipo de clima según Köppen. Después haga una descripción de cada uno de ellos.

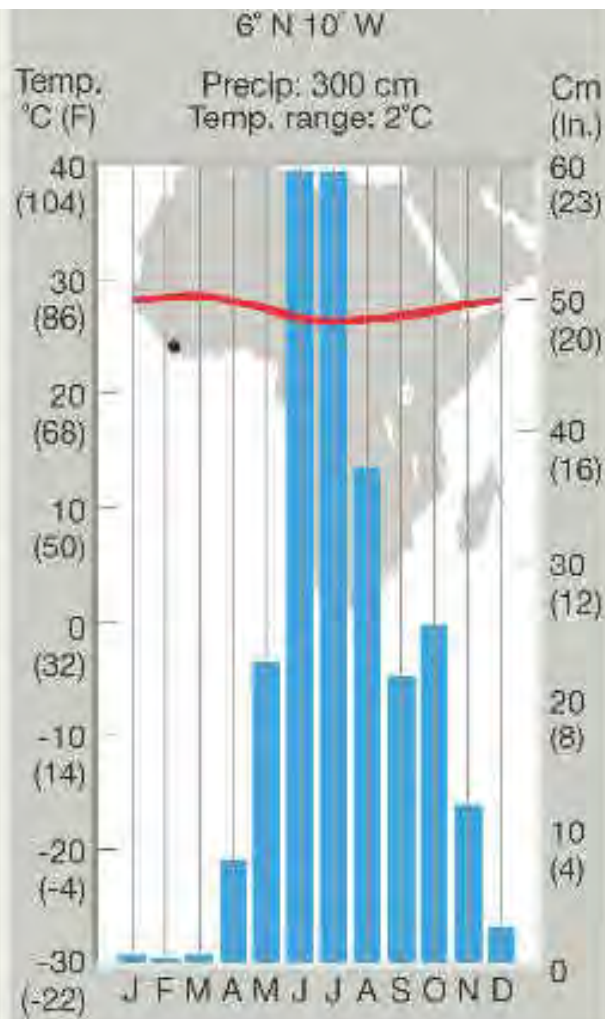




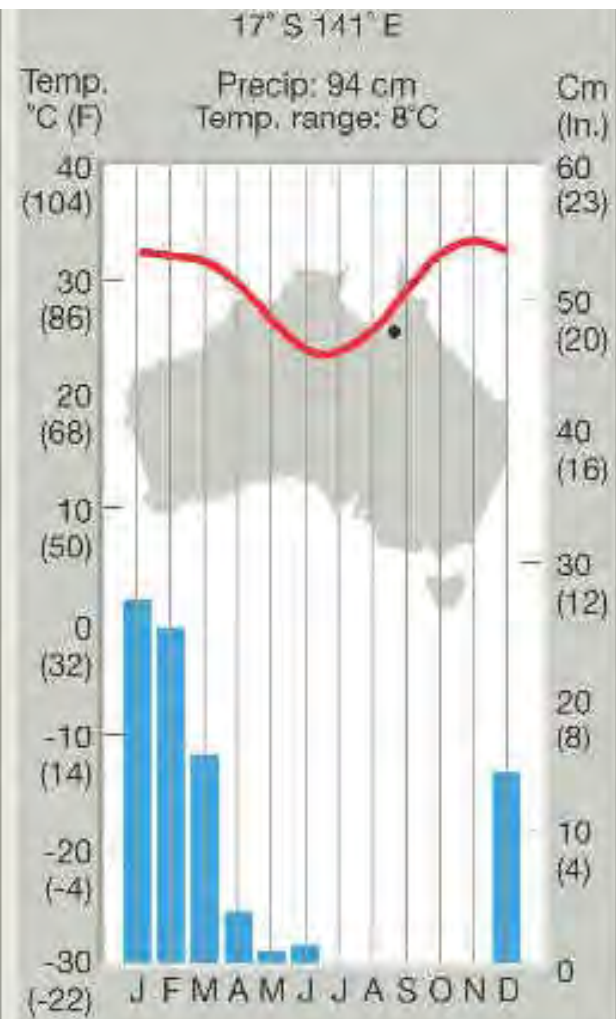




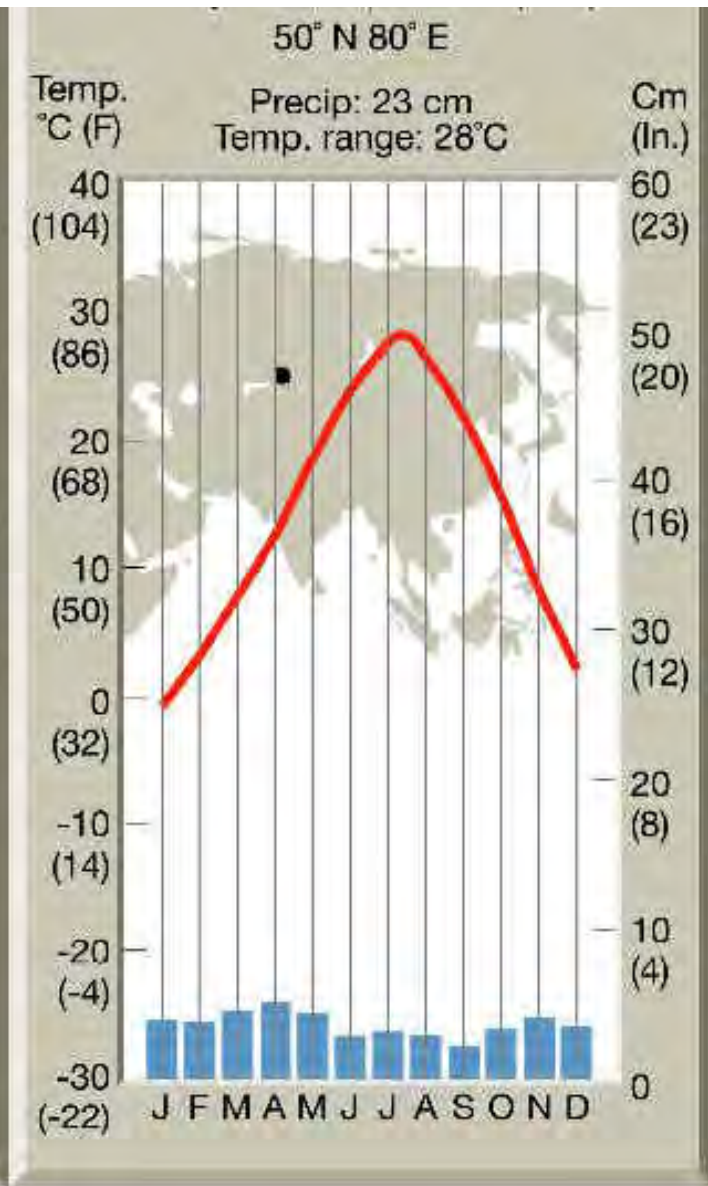
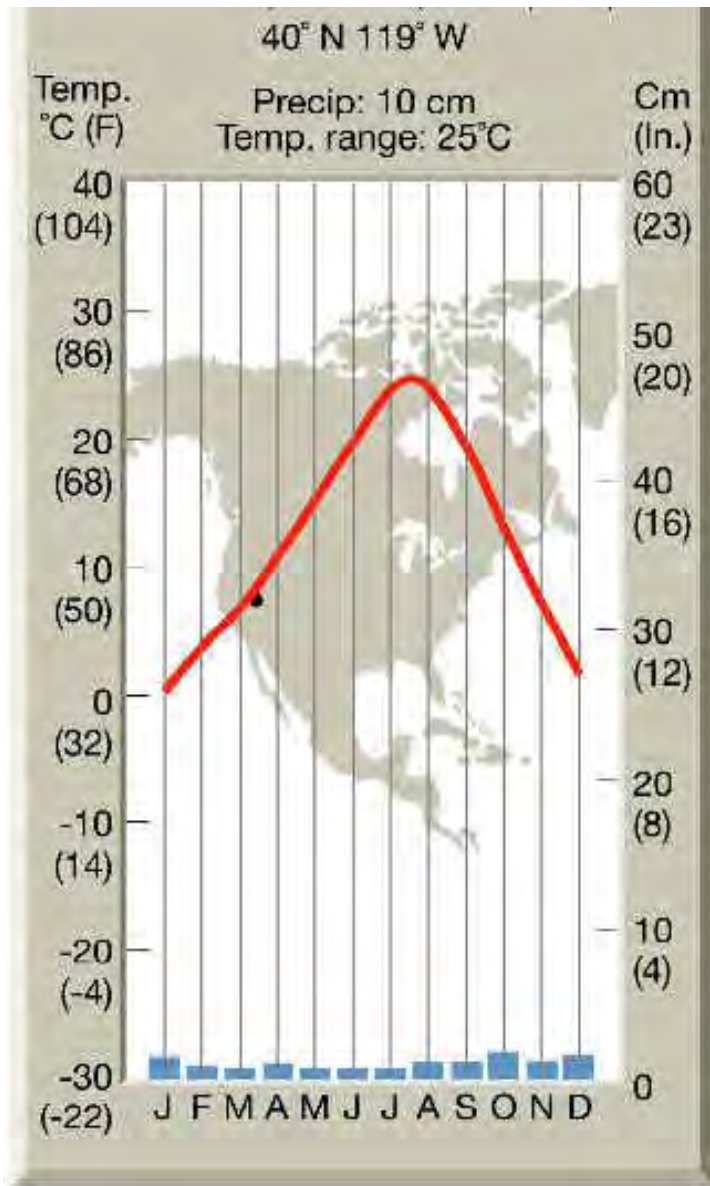
(a)

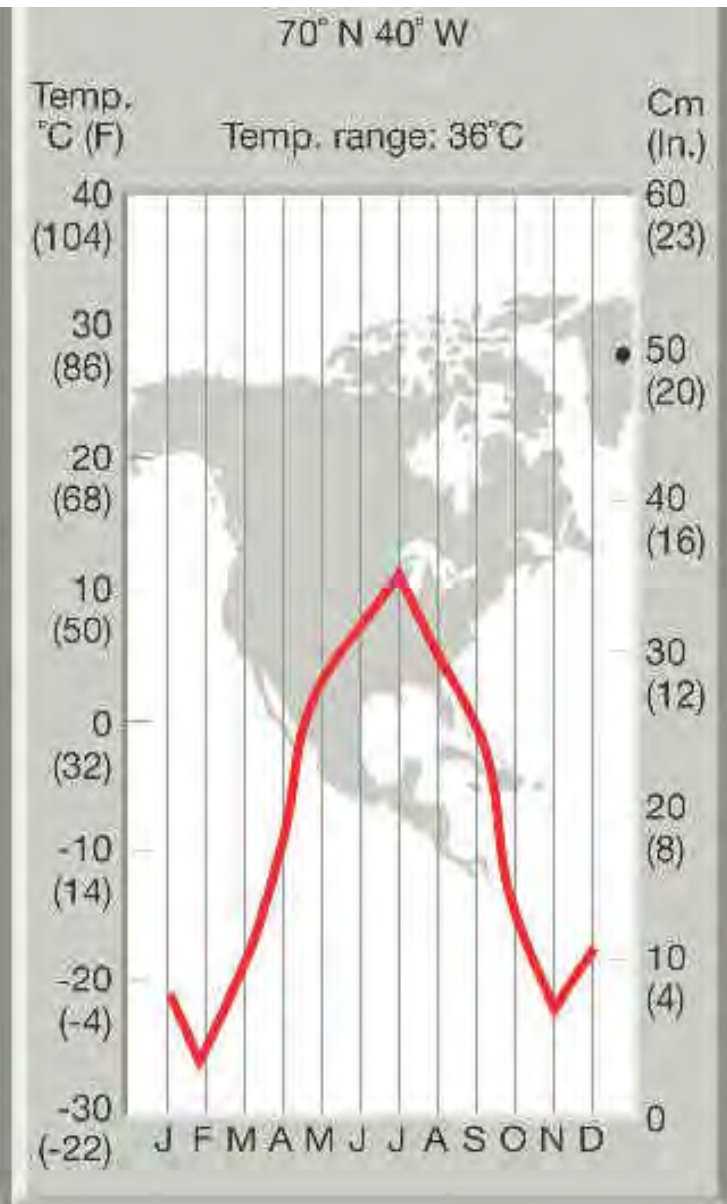
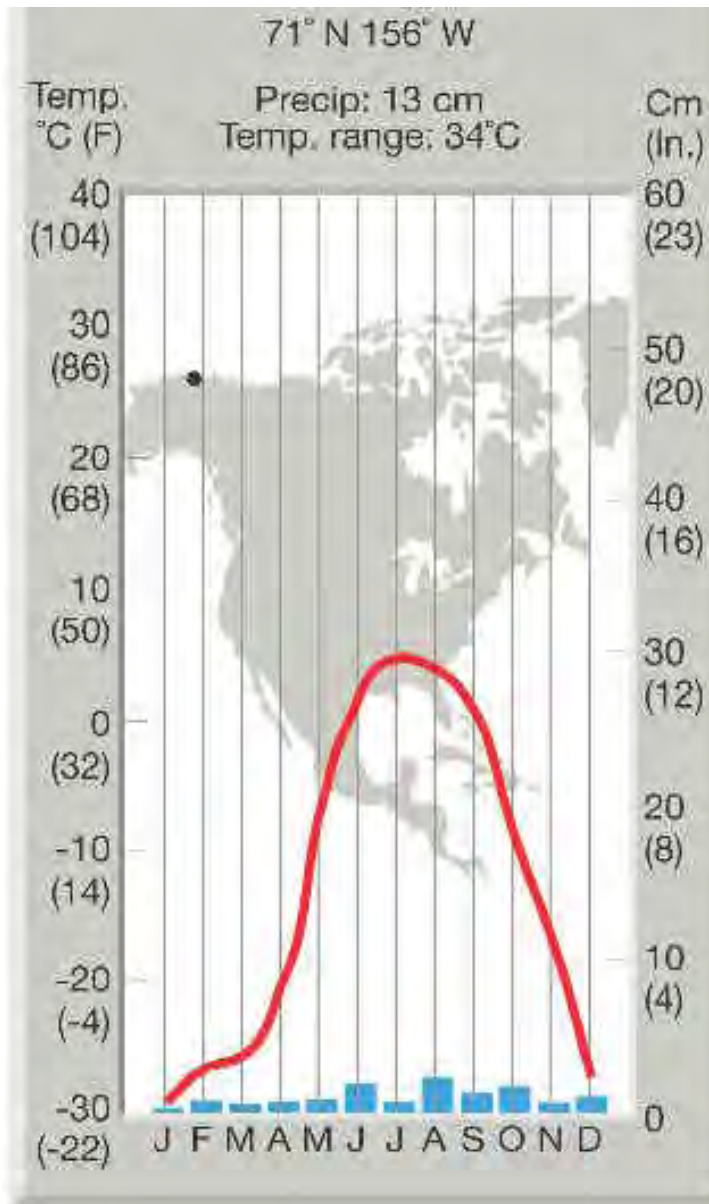


(b)



(c)





Referencias:

- ACKERMAN, SA Y KNOX, JA. Meteorology, 3rd Ed. Jones & Bartlett Learning, 2011
- DESSLER, A Y PARSON, EA. The Science and Politics of Global Climate Change: A Guide to the Debate. Cambridge University Press; 2 ed., 2010)
- FINLAYSON-PITT Y, BJ Y PITTS, JM JR. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications [Hardcover] Academic Press; 1 ed., 1999.
- FREDERICK JE. Principles of Atmospheric Science. Jones & Bartlett Pub; 1 ed., 2008
- Handbook of Air Pollution USPHS 999-ap-44, 1968 <http://iescarin.educa.aragon.es>;
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate. Change Fourth Assessment Report (AR4) by Working Group 1 (WG1) and Chapter 2 of that report (Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing) which contains GWP information., 2007
- IPCC . Chapter 1 Historical Overview of Climate Change Science". Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007-02-05). Retrieved on 2008-04-25.
- KOEPPEL, W. Teoría General del Clima In. Climatología con un estudio de los Climas de la Tierra. Ed.Fundo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1948.
- LUTGENS Y TARBUCK The Atmosphere, 8th edition, 8th edition, 2001.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Piter Trans, NOAA CMDL Carbon Cycle Greenhouse Gases, Boulder, Colorado (330)497 6678, C.D. Leeling ,SIO, La Jolla California, (606)534 6001, cdkeeling@ucsd.edu.
- RITTER, M. E. The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography., 2006
- SEINFELD, JH Y PANDIS, SN. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. Wiley-Interscience; 2 ed. 2006
- United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate Change 1995, The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), UNEP and WMO (World Meteorological Organization, Cambridge University Press, 1996

Referencias:

Dirección de internet (fotos, tablas etc)

www.windows.ucar.edu/

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem>

http://2.bp.blogspot.com/_ChIGY949h6U/SkUBEtKYi8I/AAAAAAAAAdQ/sRpo3o99_cE/s400/ondademontaa.jpg

http://2.bp.blogspot.com/_seDv8gmVROA/TAQfXTWW8I/AAAAAAAAAsQ/2_KX4ejMsig/s400/r2e5nj7eucd9zg8t.jpg

<http://ram.meteored.com/numero12/imagenes/11nube.jpg>

bp0.blogspot.com/.../A0ajRny_JEQ/s320/4.jpg

www.alboxclima.com/meteorologia/medias.htm

es.wikipedia.org/wiki/Cumulus_castellanus

www.windows.ucar.edu/.../lenticular6_small.jpg

http://www.clouds-online.com/cloud_atlas/stratocumulus/images/stratocumulus_lenticularis.htm

www.sea-way.org/blog/mamma_clouds07.jpg

<http://www.meteored.com/ram/numero5/imagenes/mammatus.jpg>

<http://www.usatoday.com/weather/tg/wmamatus/wmamatus.htm>

www.ems.psu.edu/~Ino/Meteo437/clouds/CcAc.jpg

en.wikipedia.org/wiki/Stratocumulus_cloud

wikimedia.org/.../9a/Cumulus_fractus.JPG

www.tormentasyrayos.com/.../humulis.jpg

www.ineter.gob.ni/.../Nubes/cumulos_humilis.jpg

volare1943-miscosas.blogspot.com/.../nubes.html

www.troop125bsa.com

commons.wikimedia.org/wiki/Image:Cumulus_medi

http://ajgn.iespana.es/20050913.ARCUSPANO4.jpg

www.ems.psu.edu

www.tiemposevero.es/ver-reportaje.php

www.ems.psu.edu/~Ino/Meteo437/atlas.html

meteovision.blogspot.com

ram.meteored.com

www.ems.psu.edu/~Ino/Meteo437/atlas.html

www.schapple.com

www.moselwetter.de

www.idokep.hu/keptar/users/szael/1gjdnl25w7lgdiob.jpg

komfortabc.hu/ido/felhoatlasz/site7.php

komfortabc.hu/ido/felhoatlasz/site7.php

ram.meteored.com/numero29/curso/bajastexto.html

www.ems.psu.edu/~Ino/Meteo437/atlas.html

Referencias:

www.astrosurf.com

193.26.129.60/atlasdenori/main.php?g2_view=co

www.stormeyes.org/tornado/SkyPix/accaluc.htm

www.alboxclima.com/meteorologia/clasificacion.htm

www.capetownskies.com/9268/nov01.htm

commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

www.propogodu.ru/2/20

www.chitambo.com/clouds/cloudshtml/humilis.html

www.dkimages.com

www.cloudappreciationsociety.org

www.idokep.hu/?oldal=felhoatlasz(=ro

picasaweb.google.com

geogarss1.wordpress.com

www.dkimages.com

apollo.lsc.vsc.edu/.../chapter5/low_ns.html

www.nordcee.dk/uploads/images/Full_size/AustraliaBIF.JPG

academic.emporia.edu/aberjame/field/flint/rock09.jpg

www.edu.xunta.es/contidos/sec/bioloxia/biosfera/alumno/4ESO/terra_cambia/imaxes/shark_bay_estromatolitos.jpg

http://www.uaf.edu/asgp/hex/ionosphere.htm

www.uaf.edu/asgp/hex/ionosphere.htm

www.blogodisea.com/wp-content/uploads/2009/06/naturaleza-huracan-katrina-satelite.jpg

ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/fw/prs/def.rxml

apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter1/graphics/everest.jpg

www.pbs.org/wgbh/nova/everest/exposure/pressure.html

www.windows.ucar.edu/.../high_pressure.html

http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/title_page.htm

www.hort.purdue.edu/.../lecture_03/lec_03.html

www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_03/10m.jpg

www.woods-spec.ie/iopen24/pub/vegetation_map.JPG

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

http://www.windows.ucar.edu/tour/link=earth/images/hurricane_needs_gif_image.sp.html

http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Hurricanes/Images/hurricane_section.gif

www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=237499

atlas.snet.gob.sv/atlas/files/ciclones/HuracanesCentroAmerica.html

www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg

www.scientificamerican.com/.../tornado1.JPG

http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/torscans.htm

http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/severeweather/tornadoes.html

www.nssl.noaa.gov/.../Cases/990503/StormA.html

Referencias:

193.26.129.60/atlasdenori/main.php?g2_view=co
www.stormeyes.org/tornado/SkyPix/accaluc.htm
www.alboxclima.com/meteorologia/clasificacion.htm
www.capetownskies.com/9268/nov01.htm
commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg
www.propogodu.ru/2/20
www.chitambo.com/clouds/cloudshtml/humilis.html
www.dkimages.com
www.cloudappreciationsociety.org
www.idokep.hu/?oldal=felhoatlasz(=ro
picasaweb.google.com
geogarss1.wordpress.com
www.dkimages.com
apollo.lsc.vsc.edu/.../chapter5/low_ns.html
www.nordcee.dk/uploads/images/Full_size/AustraliaBIF.JPG
academic.emporia.edu/aberjame/field/flint/rock09.jpg
www.edu.xunta.es/contidos/sec/bioloxia/biosfera/alumno/4ESO/terra_cambia/imaxes/shark_bay_estromatolitos.jpg
<http://www.uaf.edu/asgp/hex/ionosphere.htm>
www.uaf.edu/asgp/hex/ionosphere.htm
www.blogodisea.com/wp-content/uploads/2009/06/naturaleza-huracan-katrina-satelite.jpg
ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/fw/prs/def.rxml
apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter1/graphics/everest.jpg
www.pbs.org/wgbh/nova/everest/exposure/pressure.html
www.windows.ucar.edu/.../high_pressure.html
http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/title_page.htm
www.hort.purdue.edu/.../lecture_03/lec_03.html
www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_03/10m.jpg
www.woods-spec.ie/iopen24/pub/vegetation_map.JPG
www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg
http://www.windows.ucar.edu/tour/link=earth/images/hurricane_needs_gif_image.sp.html
http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Hurricanes/Images/hurricane_section.gif
www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=237499
atlas.snet.gob.sv/atlas/files/ciclones/HuracanesCentroAmerica.html
www.dkimages.com y commons.wikimedia.org/wiki/Image:Clouds_CL4.jpg
www.scientificamerican.com/.../tornado1.JPG
<http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/torscans.htm>
<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/severeweather/tornadoes.html>
www.nssl.noaa.gov/.../Cases/990503/StormA.html
www.stormvideo.com/catalog/images/72506010.jpg

Referencias:

i.telegraph.co.uk/.../01518/tornado_1518021i.jpg;

www.telegraph.co.uk/science/picture-galleries

www.animalu.com/pics/photos.htm Jeff T. Alu] at El Mirage Dry Lake. AnimAlu 00:55, 21 Mar 2005 (UTC) {{GFDL}}

http://4.bp.blogspot.com/_Fml3glz_LYc/RyaW-HkD7RI/AAAAAAAAAeQ/edh7LapL1Vg/s400/ANTICICLON.gif

<http://www.sma.df.gob.mx/meteorologia/index.php?op=faq#07>

www.csa.com/discoveryguides/prednino/images/path.gif

www.imn.ac.cr/educacion/enos/osci_sur2.html

<http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/el-nino-story.html>

<http://smn.cna.gob.mx>

http://www.leland.stanford.edu/~ekasoy/el_nino.html

<http://nic.fb4.noaa.gov>

<http://www.usgcrp.gov/usgcrp/images/ocp2003/ocpfy2003-fig3-1.htm>

www.dlt.ncssm.edu)

t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQBPJz8eMPKP45Yt-apTWiscZmHUOC89BB2iRI8-HtVfrv9Ee_gul62yWpV

<http://www.brucesussman.com/wp-content/uploads/2011/12/santa-ana-winds-temple-city-california.jpg>

www.csmonitor.com/var/ezflow_site/storage/images/media/images/12-2-11-santa-ana-wind-damage/11134788-1-eng-US/12-2-11-Santa-Ana-wind-damage_full_600.jpg

www.dantealighieri.com.mx

www.nrlmry.navy.mil

www.esteri.it/NR/rdonlyres/BF6615E4-F108-42BC-B176-CC0BCF05ABA3/0/friu2b.jpg

ayearinitaly.files.wordpress.com/2011/03/trieste_bora3-500.jpg

www.weather.nps.navy.mil/.../module_2_5.html

www.fiaelyelmo.com/fact_ambiente/atmosfera.htm

www.ideam.gov.co/files/atlas/radiacion.htm

www.spitzer.caltech.edu

www.kalipedia.com

mediateca.educa.madrid.org

www.cepis.ops-oms.org

www.revista.dominicas.org

www.travel-earth.com/brazil/sao-paulo.jpg

www.sitiosolar.com

www.meted.ucar.edu

www.miniweb.com.br

water.usgs.go

www.librodearena.com

postnobill.ciberblog.es

www.quimicaweb.net

other-sideworld.blogspot.com/2008_05_04_archi

Weather and Climate [Tiempo y Clima], Bodin, p. 123) www.fpcolumbofilia.pt/meteo/escola12.htm

Referencias:

www.fpcolumbofilia.pt/meteo/escola12.htm
www.mailxmail.com/curso-fenomenos-meteorologicos/nieve
www.cantabria.es/documents/16413/149953/nieve_san_roque.jpg
www.larednoticias.com/fotos/nieve41.jpg
http://2.bp.blogspot.com/_dXXgbNY2qto/SUeE3xKZb1I/AAAAAAAAAKE/q7jUA7Cmgy4/s400/Helada+16-12-2008+027.jpg
www.femica.org/diccionario/index2.php
es.wikipedia.org/wiki/Contaminante
www.crdi.ca/un_focus_piest/ev-84460-201-1-DO_TOPIC.html
www.ambientum.com/diccionario/c2.asp
www.chilecontodos.cl
www.ace.mmu.ac.uk/.../Air_Quality/02.html
www.fotosearch.com/photos-images/environmental
img.photobucket.com/albums/v623/eb1052/Geography/GreaterMexicoCity.jpg
www.american.edu/ted/chileair.htm
www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Greenhouse_Gas_by_Sector.png
upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Ice_Age_Temperature.png
upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Phanerozoic_Climate_Change.png
upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Ultimo_m%C3%A1ximo_glacial.PNG
en.wikipedia.org/?title=Greenhouse_gases
www.ideam.gov.co/sectores/ozono/images/ozono31.gif
www.islandnet.com
<http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/atmosphericpollutants.html>
www.physicalgeography.net/fundamentals/8h.html
www.jsf.or.jp/acid_e/mate/accon
Fuente:wikipedia.org/wikipedia/commons/5/54/-_Acid_rain_damaged_gargoyle
wikipedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0c/Acid_rain_woods1
web.educastur.princast.es/ail/inmersiongijon/materiales%20didacticoc/UNIDAD_Bulgaria/imagenes/climas.jpg
www.hort.purdue.edu/.../lecture_04/lec_04.htm
www.geography.hunter.cuny.edu/%7Etbw/ncc/chap
www.geography.hunter.cuny.edu/%7Etbw/ncc/chap