

La atmósfera y el Clima

Composición atmosférica

- La composición del aire seco:
 - 78% N₂
 - 21% O₂
 - 1% trazas de gases:
 - 0.93% Ar
 - CO₂ (280 ppm pre-industrial, hoy en día 380 ppm)
 - Ne (18 ppm)
 - He (5 ppm)
 - CH₄ (gas efecto invernadero) (2 ppm)
 - Kr (1 ppm)
 - también: O₃ (ozono), Rn (decaimiento natural de U)
- aerosoles: (diámetro $\leq 1\mu\text{m}$) agua, ácido, sal de mar, ceniza volcánica, arcilla, hollín, polen
- contaminantes atmosféricos:
 - primario a partir de la quema de sulfatos de combustibles fósiles (SO₄₋₂; también de volcanes; causa lluvias ácidas)
 - nitratos (NO_x; interacción con luz solar produce ozono; causa lluvias ácidas)
 - CO (una toxina inolora de la combustión de motores)
 - CFCs (destruyen la capa de ozono estratosférica; viene de sistemas de enfriamiento; no ocurre de manera natural)

Nota: ppm es partes por millón.

Efecto Invernadero

- la atmósfera contiene gases de efecto invernadero que son transparente a la luz visible, pero atrapan la luz infrarroja.
- la atmósfera actúa como el vidrio en un invernadero, por lo tanto manteniendo el planeta caliente
- el efecto invernadero mantiene la temperatura de la superficie de la Tierra a 16°C en promedio

- sin la atmósfera, la Tierra estaría 34°C más fría (-18°C)
- el aire contiene 0-4% de vapor de agua (H₂O)
- H₂O y CO₂ son los gases de efecto invernadero más importantes
- solo el CO₂ es tema de discusión en las noticias ya que los humanos estamos causando el calentamiento global al liberar CO₂ durante la quema de combustibles fósiles y CH₄ a través de la agricultura

Variaciones de la Presión y la Temperatura

- presión atmosférica (del aire): el empuje que el aire ejerce en su entorno debido al peso de la atmósfera que se encuentra encima
- la presión y la densidad son más altas cerca del nivel del mar (1 atm, 14.7 PSI, 1035 mbar o g/cm²)
la presión y la densidad decrecen exponencialmente con la altura (50% de las moléculas de aire están por debajo de 5.6 km, 90% debajo de 16 km y 99.99997% debajo de 100km).

Variaciones de Temperatura y capas atmosféricas

- a diferencia de la presión y la densidad, la temperatura no decrece de manera continua con la altura
- variaciones en T están aproximadamente alineadas con 4 capas atmosféricas

Capas atmosféricas

- troposfera: de la superficie hasta $\tilde{10}$ km; T decrece de 18°C a -55 °C; es la *capa del tiempo*; más gruesa en los trópicos que en los polos; también presenta cambios con las estaciones
- estratosfera: $\tilde{10}$ km a 47km; muy seca; T constante en los primeros 10km, después aumenta hasta 0° a los 47km; capa de ozono que absorbe radiación UV; estable, estratificada; no hay mezcla con la troposfera.
- mesosfera: 47km a 82km; T decrece hasta -85° a 82km; menos O₃; no absorbe mucha energía solar y por lo tanto se enfría con la altura; meteoros (lluvias de estrella) se presentan en esta capa por quema de meteoritos
- termosfera: 82km to $\tilde{120}$ km; contiene pocos gases (¡ 1%); T aumenta con la altura pero posee como calor; ioniza O₂ al absorber energía solar de gran energía

- ionosfera: (50-400km); capa relacionada con el campo magnético terrestre; energía de corta longitud de onda (alta energía) ioniza el aire al quitarle electrones de los átomos de N y O; actúa como un espejo de las ondas de radio enviadas desde la Tierra, permitiendo la radiotransmisión a largas distancias; presenta las auroras (boreales y australes); partículas cargadas emitidas por el sol (especialmente en tormentas solares) interactúan con la ionosfera liberando gran cantidad de energía; esto ocurre a altas latitudes donde las partículas quedan atrapadas por el campo magnético

El tiempo y el Clima

- clima: condición en promedio a largo plazo; controlado por la ubicación, escalas regionales a globales
- el tiempo: condición a corto plazo, controlado por condiciones atmosféricas anómalas, escalas locales a regionales
- decir: "clima es lo que quisieras, el tiempo es lo que recibes"

Los dos factores que controlan el Clima

1. cantidad de radiación solar recibida (insolación)
 - cantidad de energía solar está distribuida de manera no uniforme en la Tierra
 - ecuador recibe 2,4 veces más energía anualmente que los polos
2. que tanta energía es retenida en un área
 - albedo: fracción de energía solar que es irradiada de vuelta al espacio
 - albedo de nieve fresca 80%; pasto 25%, océanos 10%; nubes gruesas 60-90%; nubes delgadas 30-50%
 - debido a la capacidad calórica del agua (ver cátedra 2), los océanos absorben grandes cantidades del calor solar
 - el presupuesto de energía de la superficie de la Tierra; recibe aprox 5000 veces más energía del sol que del interior
 - 30% es reflejada al espacio
 - 51% es absorbida por la superficie terrestre
 - 19% es absorbida por la atmósfera
 - la superficie terrestre emite más radiación IR (infraroja) que la que recibe del sol (Tierra se calienta cuando recibe luz solar)

Eje de rotación de la Tierra inclinado y Estaciones

- La Tierra rota alrededor de su eje una vez al día
- El eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de la órbita alrededor del Sol por 23.5°
- cuando el eje de rotación esta inclinado HACIA el sol, el área con la mayor insolación está a lo largo del Trópico de Cancer (23.5°N) cuando el sol a mediodía esta exactamente arriba.
- en ese momento el ecuador recibe menos insolación
- el Polo Sur no recibe insolación
- el polo norte recibe poca insolación pero tiene luz del día las 24 horas
- las estaciones son causadas por el hecho que la Tierra tiene una órbita alrededor del sol, por lo tanto cambiando la posición relativa del eje de rotación con respecto al sol
- durante el verano del Norte, el eje de rotación esta inclinado hacia el Sol (Norte es arriba)
- durante el invierno en el norte, el eje esta inclinada alejandose del sol (verano en hemisferio sur)
- la órbita terrestre es levemente elíptica y la Tierra está más cerca del sol durante el verano del hemisferio sur (Perielio) que durante el verano del hemisferio norte (afelio)
- durante la primavera y el otoño, el eje de rotación no esta inclinado con respecto al sol, solo está inclinado con respecto al plano de la órbita; por un día en primavera y otoño, el eje está paralelo al sol; noches y días tienen la misma duración en todo el planeta (equinoccio)

Zonas climáticas Terrestres

Abbott los divide en

- torrido
- templato
- zona frígida

depende de la latitud

Las zonas climáticas son mucho mas complicadas y dependen de

- latitud: cantidad de insolación controla T

- altitud: T decrece con la altura; e.g. Mt. Kilimanjaro está cerca del ecuador pero tiene una capa de hielo cerca del pico a 6000 msnm (sin embargo la capa de hielo ha disminuido por un ¿80% desde cerca de 1935)
- proximidad al agua: el agua tiene una gran capacidad calórica, calentamiento y enfriamiento más lent que en tierra (p.e. en el interior de continentes el tiempo es más extremo y más seco)
- proximidad a corrientes oceánicas: las corrientes pueden enfriar (NE Pacífico, Corriente de California) o calentar (Atlántico NW y Europa por corriente del Golfo)
- proximidad a barreras orográficas: topografía como pueden ser cadenas montañosas (p.e., Las Sierra Nevada no permite que aire húmedo llega a Nevada)
- proximidad a zonas de alta o baja presión

Ejemplos de zonas climáticas:

- polar
- sub polar
- tundra
- templada
- subtropical
- continental
- tropical
- desértica (desiertos, estepas, sabanas)

Nota: el clima puede ser extremo (veranos muy cálidos, inviernos muy fríos), pero climas menos severos pueden llevar a glaciaciones cuando los veranos no son lo suficientemente cálidos como para derretir el hielo que se acumuló durante el invierno. La cantidad de precipitación también puede determinar si en periodos fríos la cantidad de hielo crece o no.

Cambios adiabáticos

Procesos adiabáticos son procesos que se presentan sin intercambio de calor entre el sistema (p.e., un bloque de aire) y su entorno. En procesos adiabáticos, la compresión resulta en calentamiento y la expansión resulta en enfriamiento

- enfriamiento adiabático: el aire se mueve de altas presiones a bajas presiones; p.e., cuando el aire sube, se expande y se enfría a $6-10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (p.e., el aire sube en el ecuador o en una celda de baja presión); el aire más frío puede mantener menor cantidad de vapor de agua así que la humedad relativa aumenta; la condensación comienza cuando la humedad relativa supera el 100%; calor latente es liberado durante la condensación, así que esto ya no sería un proceso adiabático
- calentamiento adiabático: aire se mueve de bajas presiones a más altas presiones, por ejemplo cuando el aire se hunde (baja), se contrae y se calienta (p.e., aire que baja en latitudes subtropicales o en un sistema de alta presión); aire caliente puede tener mayor cantidad de vapor de agua así que la humedad relativa disminuye; la evaporación lleva a mayor cantidad de vapor de agua y calor latente; entonces el proceso ya no es adiabático

Circulación de Aire Global

- áreas ecuatoriales reciben mayor insolación que latitudes más altas
- exceso de calor es transportado hacia los polos
- una Tierra idealizada sin rotación (si no rotara a diario) tendría una gran celda de convección que iría desde el ecuador hasta los polos
 - aire sube (adiabáticamente) en el ecuador (dejando un sistema de baja presión en la superficie)
 - aire baja (adiabáticamente) cerca de los polos, creando un sistema de alta presión en la superficie
- La rotación de la Tierra desvía el movimiento del aire (efecto de Coriolis). Coriolis hace que la celda de convección se parte en 3 sub-celdas (polar, Ferrel y Hadley). La rotación de la Tierra le proporciona una componente este-oeste al movimiento del aire. Cuando el aire se mueve a los polos o al ecuador, experimenta una fuerza adicional que hace que el aire baje o suba en su camino entre polos/ecuador
 - baja presión en ecuador: aire se enfría adiabáticamente al subir; puede mantener menor cantidad de vapor de agua, vapor de agua se condensa y eventualmente cae en forma de lluvia → bosques tropicales
 - alta presión a 30° de latitud: aire se hunde y se calienta adiabáticamente; captura humedad, por lo cual llueve mucho menos → desiertos
 - baja presión cerca de 60° de latitud: aire sube adiabáticamente y se enfría, puede mantener menor cantidad de vapor de agua, vapor de agua se condensa y eventualmente llueve

Efecto Coriolis

- La rotación de la Tierra (de oeste a este) desvía los objetos en movimiento sobre la superficie
- los objetos cerca del ecuador están lejos del eje de rotación y por lo tanto poseen una mayor velocidad en dirección este que los objetos cerca a los polos. Imagine que la tierra fuera un disco (plano) cuando es vista desde arriba. El ecuador formaría el disco más externo del disco mientras que las latitudes altas muestran círculos más pequeños. Cuando la revolución del disco es constante (igual número de revoluciones para todos los puntos, una vez al día) un cuerpo en el ecuador viaja una distancia más larga, por lo tanto su velocidad es mayor que en latitudes más altas.
- un objeto alejándose del ecuador es desviado en sentido este
- un objeto moviéndose hacia el ecuador es desviado hacia el oeste.
- la desviación es hacia el lado derecho en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur.

Vientos Aliseos

- en un mundo ideal, los vientos viajarían de altas presiones a bajas presiones, a lo largo del gradiente de presiones.
- los vientos en ese caso también viajarían a lo largo del gradiente de presión, perpendicular a las curvas isobáricas (líneas de igual valor de presión de aire)
- vientos son desviados por el efecto Coriolis, así que lo dicho en los dos puntos anteriores es tan solo una simplificada versión de los vientos reales en la Tierra
- los vientos llevan su nombre dependiendo de su origen (p.e., un viento que sopla del este hacia el oeste se le llama vientos del este, easterly)

3 células de vientos : vientos aliseos del noreste soplan en dirección suroeste (vientos aliseos del sureste soplan hacia el noroeste, hemisferio sur). (0-30°); vientos del oeste (soplan noreste; sureste en el hemisferio sur) (30-60°); vientos polares del este (soplan hacia el suroeste; noroeste en hemisferio sur) (60-90°)

4 cinturones calmados : doldrums (ecuador); horse latitudes (30°); frente polar (60°); polar high (90°);

vientos con movimiento vertical genera que los vientos soplen en zonas de divergencia (presiones altas) o de convergencia (presiones bajas).

Zona de Convergencia Intertropical

La zona de baja presión cerca del ecuador se le conoce como zona de convergencia intertropical. Su posición geográfica exacta depende de cambios estacionales en la circulación del aire. El desplazamiento hacia el norte o sur de la ZCIT controla las estaciones de lluvia o sequía (p.e., monzón) en latitudes subtropicales.

APPENDIX: Algunos ELEMENTOS y COMPUESTOS RELEVANTES

- H: Hidrogeno, elemento más básico
- He: Helio, segundo elemento más simple
- C: Carbono
- O: Oxygeno
- S: Azufre
- N: Nitrogeno
- Ar: Argon (gas noble)
- Ne: Neon (gas noble)
- Kr: Krypton (gas noble)
- Rn: Radon, elemento por decaimiento de U
- U: Uranio (último elemento de la tabla periódica que está presente de manera natural)
- CO: Monóxido de Carbono, tóxico
- O₃: Ozono; contaminante en la atmósfera baja; protege de rayos UV en atmósfera alta
- CO₂: Dióxido de Carbono; gas de efecto invernadero; emitido durante erupciones volcánicas y quema de combustibles fósiles
- CH₄: Metano; gas de efecto invernadero; emitido durante el decaimiento de materia orgánica y algunos procesos geológicos
- CFC: cloro-fluoruro-carbono; gas de efecto invernadero; destructor de capa de ozono estratosférica; producido exclusivamente por los humanos