

# ARGENTINA FÍSICO-NATURAL

CLIMA



ATLAS NACIONAL INTERACTIVO DE ARGENTINA - ANIDA



Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina

Avda. Cabildo 381 C1426 -AAD C.A.B.A. República Argentina

Julio 2020.

Reproduce parcialmente el contenido del Atlas Nacional Interactivo de Argentina [en línea] <https://anida.ign.gob.ar/>  
ISSN: 2684-0391



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

Citar como:

Gentile, E., Martin, P. y Gatti, I. (2020). *Argentina físico-natural: Clima*. ANIDA. Atlas Nacional Interactivo de Argentina. Instituto Geográfico Nacional. [https://static.ign.gob.ar/anida/fasciculos/fasc\\_clima.pdf](https://static.ign.gob.ar/anida/fasciculos/fasc_clima.pdf)

# CLIMA

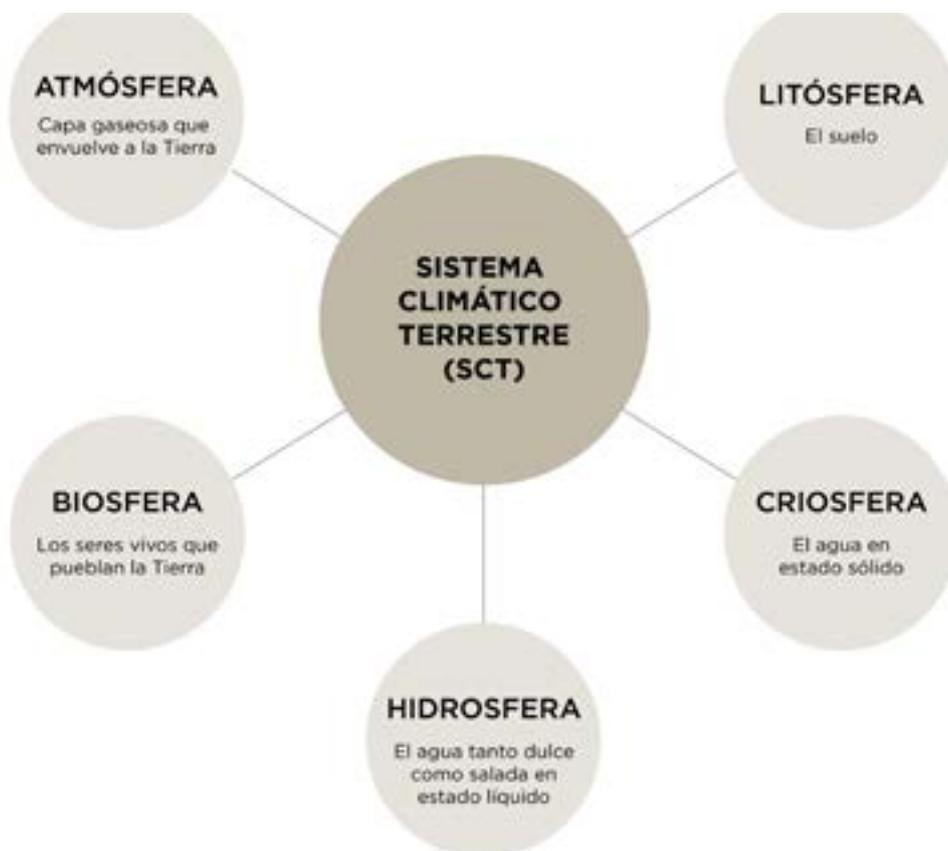
- El tiempo y el clima
- Estructura vertical de la atmósfera
- Composición de la atmósfera
- Variabilidad climática
- Elementos climáticos
- Radiación solar
- Balance de radiación Tierra-atmósfera
- Temperatura
- Presión atmosférica
- Vientos
- Humedad
- Precipitación
- Factores modificadores del clima
- Circulación general de la atmósfera
- El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)
- Tipos de climas
- Anexo



La **climatología** es una rama de la meteorología basada en la descripción y estudio científico del clima. El conocimiento del tiempo y el clima es fundamental para las actividades de la sociedad, ya sea desde el éxito del lanzamiento de una nave espacial, la construcción de un edificio o el manejo de los cultivos.

El clima es la media de las condiciones meteorológicas de una zona en un largo período de tiempo. En un sentido amplio, el clima es consecuencia de las complejas interacciones entre

los diversos componentes del Sistema Climático Terrestre (SCT): **atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera**. Este sistema evoluciona por la influencia de su propia dinámica interna y debido a algunos factores externos. De esta manera se puede decir que la climatología se constituye en la rama de la meteorología que estudia los climas tal como existen en diferentes tiempos y lugares de la Tierra, como también las causas de por qué estos climas son así.



IGN - Atlas Nacional Interactivo de Argentina

En la atmósfera se desarrollan los principales procesos climáticos, pero los demás componentes del sistema climático influyen también en su configuración.

- **Hidrosfera:** comprende las aguas superficiales y subterráneas en estado líquido, como los océanos, los mares, los ríos, los lagos de agua dulce, el agua subterránea, etc. Toma parte activa del balance global de energía (transporte de calor, desde las regiones ecuatoriales a las polares, a través de las corrientes marinas) y en el balance químico del sistema (intercambio de CO<sub>2</sub> con la atmósfera).

- **Criósfera:** comprende las capas de hielos continentales y marítimos sobre y por debajo de la superficie terrestre, así como también todos los depósitos de nieve del mundo. Los cambios en las capas de nieve y en la extensión de los hielos marinos experimentan grandes variaciones estacionales, mientras que los glaciares y las capas de hielo reaccionan mucho más lentamente.

- **Litosfera:** es la capa superior de la parte sólida de la Tierra, tanto continental como oceánica, que comprende todas las rocas de la corteza terrestre y la parte fría, principalmente elástica,

del manto superior. La actividad volcánica, aunque integra la litosfera, no se considera parte del sistema climático, pero actúa como factor de forzamiento externo.

- **Biosfera:** es la parte del sistema terrestre que comprende todos los ecosistemas y organismos vivos presentes en la atmósfera, la tierra (biosfera terrestre) o los océanos (biosfera marina), incluida la materia orgánica muerta derivada de ellos, como la basura, la materia orgánica del suelo y los detritos oceánicos.

Además de las complejas interacciones existentes entre las componentes del SCT, el mismo se encuentra condicionado por **forzamientos radiativos** (procesos que alteran su balance de energía) y **no-radiativos** (que no afectan directamente el balance energético de la atmósfera), de origen natural o humano.

Cuando se estudia el clima, se incluye el análisis de distintos **elementos climáticos** como la temperatura, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitación, así como **factores geográficos**, por ejemplo la latitud, altitud, continentalidad, corrientes marinas, relieve, entre otros.

VOLVER AL ÍNDICE

## EL TIEMPO Y EL CLIMA

El estudio de las condiciones de la atmósfera se puede realizar desde diferentes escalas temporales y espaciales. El estudio del tiempo abarca el estado instantáneo de la atmósfera en un momento dado, definido por los distintos elementos climáticos. Su evolución está condicionada por las diversas perturbaciones que tienen lugar en el seno de la atmósfera.

El estudio del clima, en cambio, comprende el conocimiento y explicación de las condiciones medias de la atmósfera de un determinado lugar. En términos rigurosos es el “promedio del estado del tiempo” de un lugar, ya que para conocer las condiciones atmosféricas de un lugar es necesario conocer su dinámica pasada para estimar el promedio, y predecir su comportamiento futuro. La **Organización Meteorológica Mundial (OMM)** define la utilización de un promedio de comportamiento atmosférico de 30 años para determinar el clima de un lugar.

**Tiempo** y **clima**, en consecuencia, observan y describen los mismos factores pero con escalas temporales diferentes: en un momento dado, tiempo, o como estado más frecuente, clima.

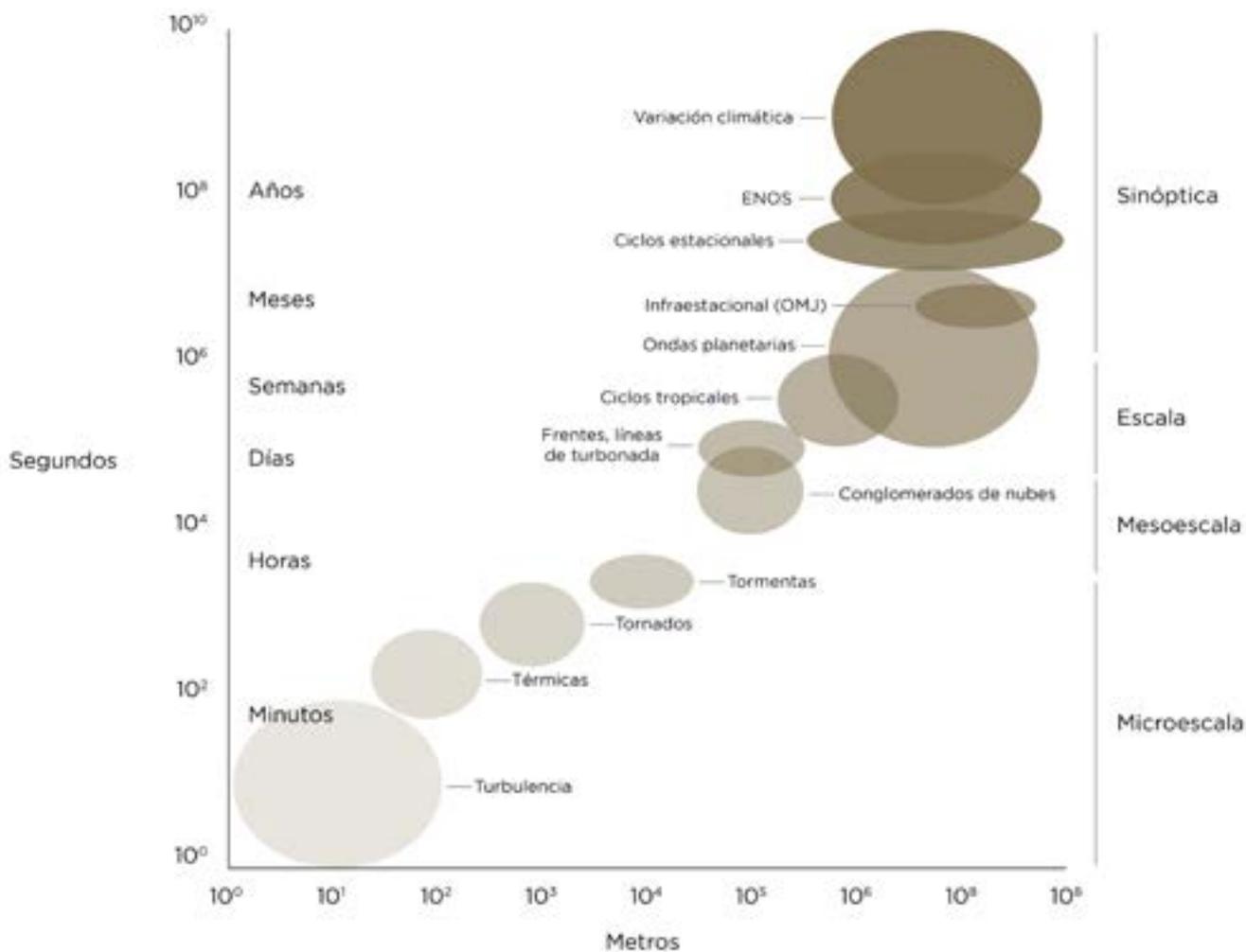
### **Predicción climática**

La predicción del clima apunta a estimar la evolución más probable del clima en el futuro, ya sea a escalas temporales estacionales, interanuales, o a más largo plazo. Según la escala temporal de la predicción, se distingue la *predicción meteorológica* (hasta 10 días) de la *climática* (estaciones, años, décadas, siglos, etc.).

Si hablamos de escala espacial tenemos que mencionar que los procesos abarcan una longitud y una superficie determinada que se puede clasificar en micro (local), meso y escala sinóptica (global).

Finalmente, el clima puede ser estudiado de variadas formas. La paleoclimatología se enfoca en la reconstrucción de los climas pasados mediante el análisis de registros tales como testigos de hielo y los anillos de los árboles (dendroclimatología). La paleotempestología emplea los mismos registros para ayudar a determinar la frecuencia de huracanes en escalas milenarias. El estudio de los climas contemporáneos incorpora datos meteorológicos acumulados durante muchos años, tales como registros de lluvia, temperatura y composición atmosférica. El conocimiento de la atmósfera y su dinámica es expresado en modelos, ya sean estadísticos o matemáticos, que ayudan a integrar las diferentes observaciones y verificar cómo se ajustan entre ellas. La modelación es usada para entender el pasado, el presente y los posibles climas futuros.

### Escalas temporales y espaciales del clima



**Fuente:** adaptado de The COMET R, recuperado en noviembre de 2019, [https://www.meted.ucar.edu/training\\_detail\\_es.php](https://www.meted.ucar.edu/training_detail_es.php) Todos los derechos reservados (2020) por Licenciatario. Adaptado con permiso del autor.

VOLVER AL ÍNDICE

## ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera posee variaciones físicas en cuanto a la temperatura y la presión de acuerdo a la altura. La **troposfera** es la capa más baja comprendida entre la superficie y unos 12 km de altitud en latitudes medias. Su espesor va de unos 9 km en los polos a los 16 km en el ecuador. Es en esta región de la atmósfera donde se desarrollan la mayoría de los sistemas del tiempo y donde principalmente, se desarrolla la vida.

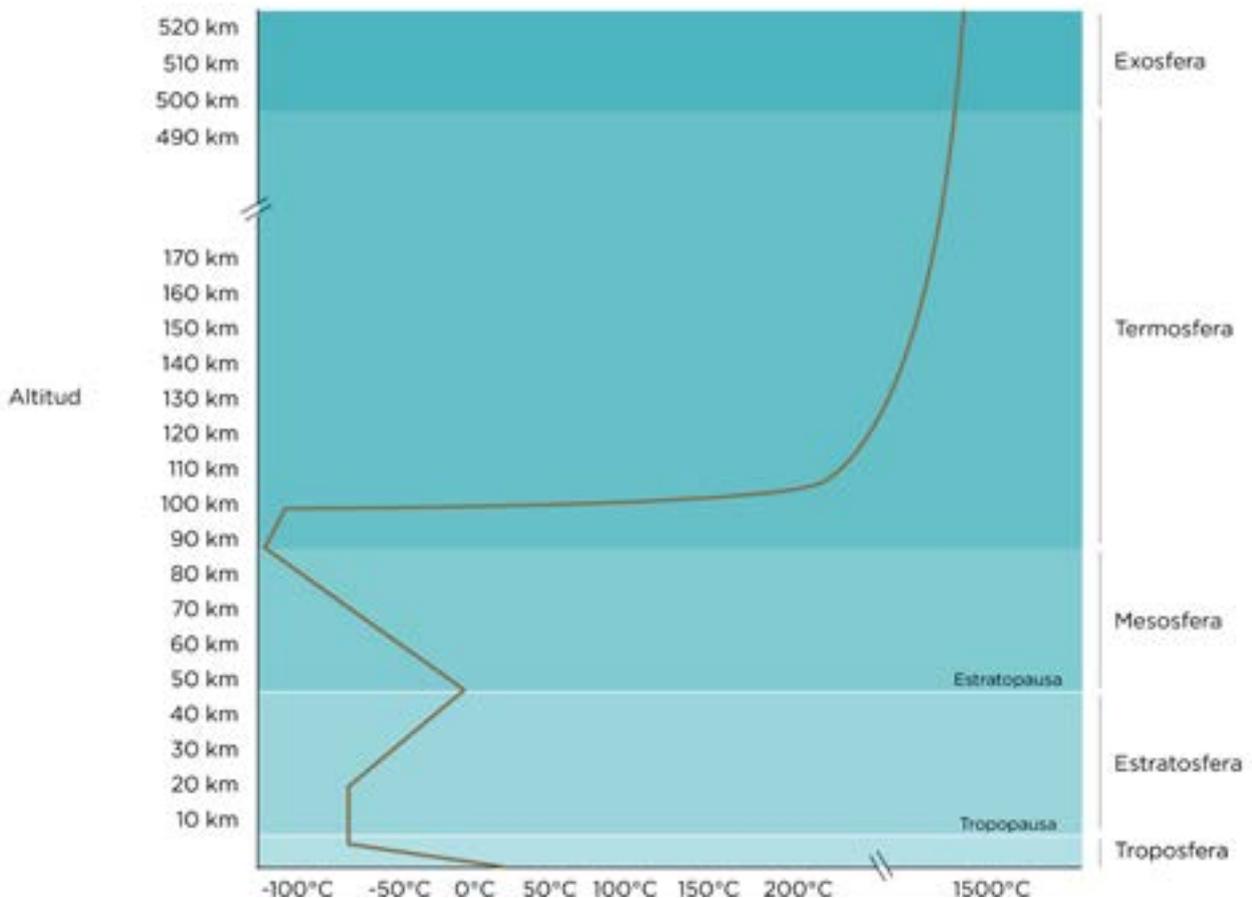
El límite superior de la troposfera lo marca la *tropopausa*. En esta capa la temperatura generalmente permanece constante antes de comenzar a ascender nuevamente a los 20 km aproximadamente.

Sobre la tropopausa se encuentra la **estratosfera**, a través de esta capa la temperatura continúa elevándose hasta una altura de unos 50 km, donde el aire rarificado puede alcanzar temperaturas cercanas a 0 °C. Esta elevación de temperatura es

causada por la absorción de radiación solar ultravioleta (UV) por la capa de ozono estratosférico. La estratosfera está cubierta por la estratopausa, otra inversión de temperatura que ocurre a unos 50 km. Sobre esta yace la **mesosfera** hasta alrededor de 80 km, donde la temperatura cae de nuevo hasta casi -100 °C.

Sobre los 80 km se encuentra la **termósfera**, en esta capa la temperatura se eleva continuamente hasta aproximadamente los 500 km donde se encuentra la termopausa. Posee temperaturas que van más allá de los 1.000 °C, aunque debido a la naturaleza altamente rarificada de la atmósfera a estas alturas, dichos valores no son comparables con los de la troposfera o estratosfera. Desde la termopausa hasta el límite exterior (a unos 10.000 km), se halla la **exosfera**. En esta capa prácticamente se encuentra el vacío y algo de helio e hidrógeno.

### Capas de la atmósfera



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Los principales gases que componen la atmósfera se encuentran debajo de los primeros 25 km. Aunque se han detectado trazas de gases atmosféricos en el espacio, el 99% de la masa de la atmósfera yace debajo de unos 25 a 35 km de altura, y el 50% está concentrado en los primeros 5 km.

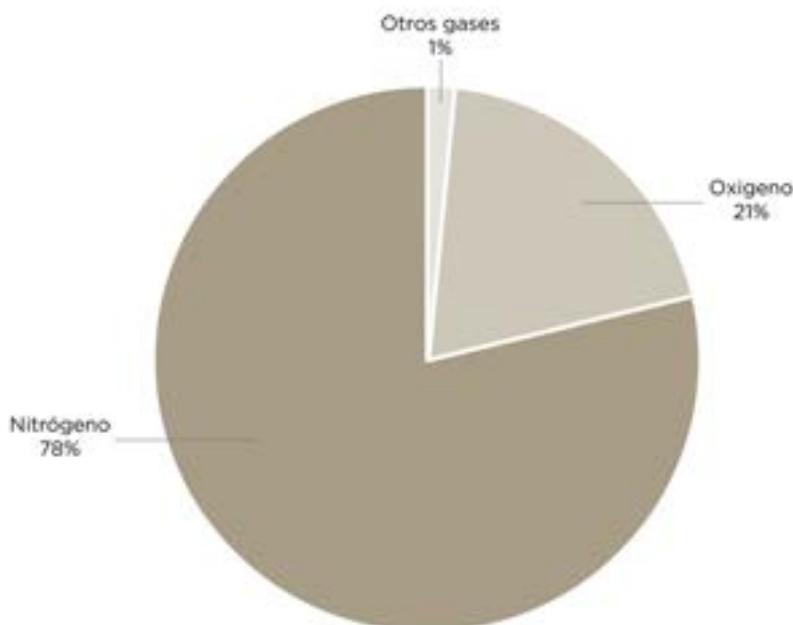
Los gases más abundantes son el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%), que en conjunto hacen el 99% de la atmósfera baja. Otros gases son los **gases inertes o nobles**<sup>1</sup>, entre los cuales está el argón, neón, helio, criptón y xenón, cuyas proporciones permanecen aproximadamente constantes a lo largo del tiempo.

Por su parte, y pesar de su relativa escasez, los denominados **gases de efecto invernadero** (GEI) juegan un importante papel en la regulación del balance de energía de la atmósfera. Sus concentraciones son variables, tanto espacial como temporalmente. Entre ellos se pueden encontrar vapor de agua, dióxido de carbono, metano, ozono, dióxido de nitrógeno, clorofluorocarbonos (CFC). En el caso del **vapor de agua**, su concentración varía entre el 0 y el 4% y, junto con el **dióxido de carbono**, son los dos gases de efecto invernadero más importantes del sistema climático.

El vapor de agua (H<sub>2</sub>O) es un constituyente vital de la atmósfera y su presencia en la atmósfera forma parte del ciclo hidrológico global. De acuerdo a su abundancia juega un papel crucial en la regulación del balance energético de la atmósfera.

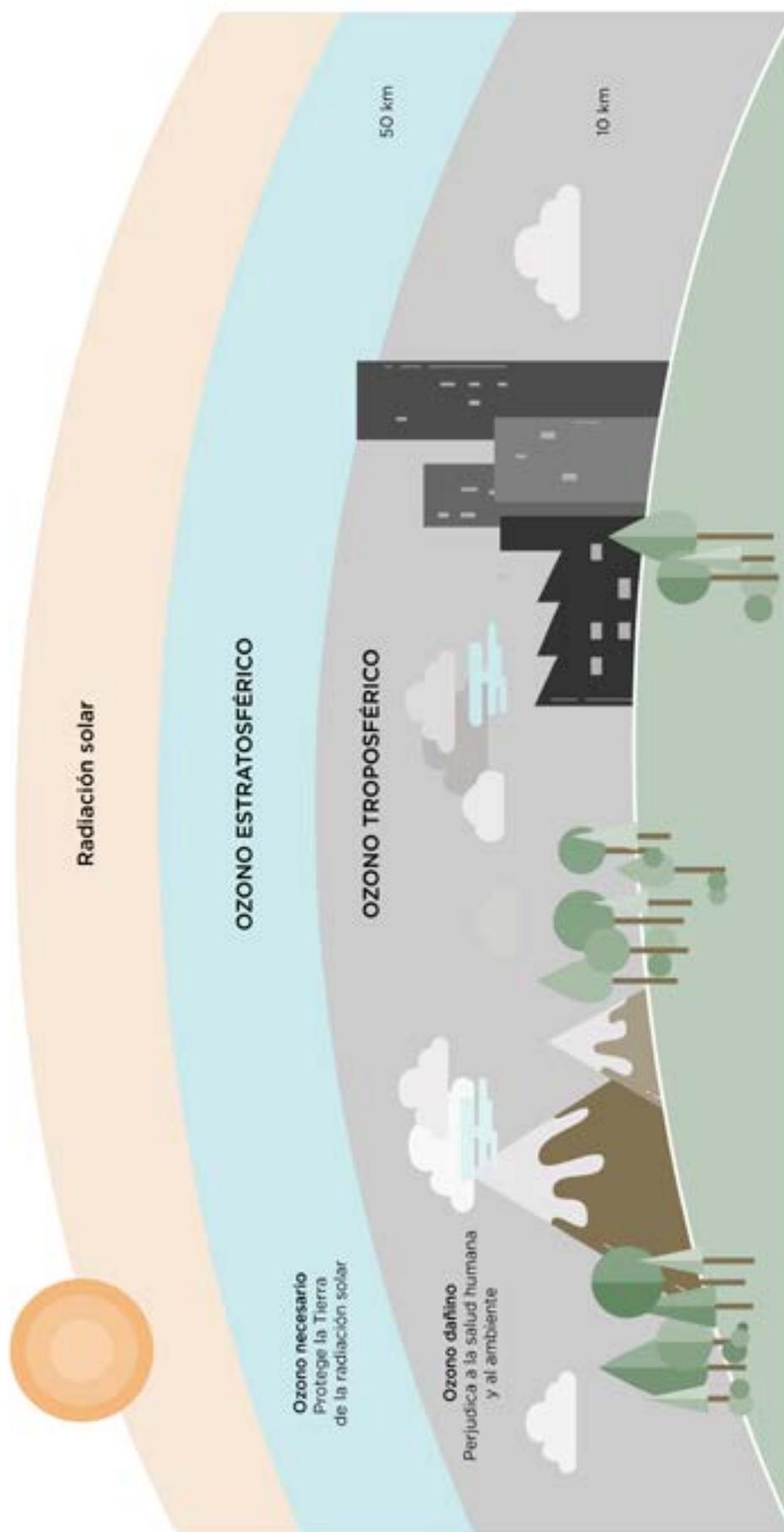
Los **aerosoles** son conjunto de partículas sólidas o líquidas en suspensión en el aire, cuyo tamaño oscila generalmente entre 0,01 y 10 mm y que permanecen en la atmósfera como mínimo durante varias horas. Los aerosoles son dispersados en el aire, e incluyen el polvo, hollín, cristales de sal marina, esporas, bacterias, virus y una plenitud de partículas microscópicas. Pueden ser de origen humano o natural (ej. polvo volcánico) y pueden influir en el clima de dos maneras: directamente, mediante la dispersión y la absorción de la radiación, e indirectamente, al actuar como núcleos de condensación para la formación de nubes, o al modificar las propiedades ópticas y el período de vida de las nubes. Los aerosoles se encuentran concentrados cerca de la superficie, comprimidos por la atracción de la gravedad.

### Composición de la atmósfera



<sup>1</sup>**Gases inertes o nobles:** gases que, debido a su inercia química, intervienen poco o nada en los procesos físicos y químicos que operan en la atmósfera.

## Ozono



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA

El clima no es estático sino que es variable, se encuentra en un equilibrio dinámico y responde a procesos internos e influencias externas que hacen variar las condiciones medias y extremas de los elementos climáticos. Los **procesos internos** refieren por ejemplo al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), o la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP). Los **externos**, a procesos naturales como la actividad solar, erupciones volcánicas, tectónica de placas y aquellos causados por la actividad humana. Ambos tipos de procesos se estudian analizando las variaciones observadas del clima, mediante modelos climáticos y procurando entender la física de los procesos involucrados (Menéndez, 2011).

Para esto es necesario conocer qué características tuvo el clima en la Tierra en tiempos remotos. De eso se encargan los **paleoclimatólogos**. Estos se dedican a estudiar el clima antes de que se dispusiera de registros de temperatura y precipitación entre otros datos, recopilando las mediciones indirectas ajenas al clima como los diarios y crónicas antiguas; nivel medio del mar y lagos; anillos de los árboles; **varvas<sup>2</sup>**; glaciares (sus avances y retrocesos); isótopos estables en hielos glaciares; análisis de polen; microfauna marina,

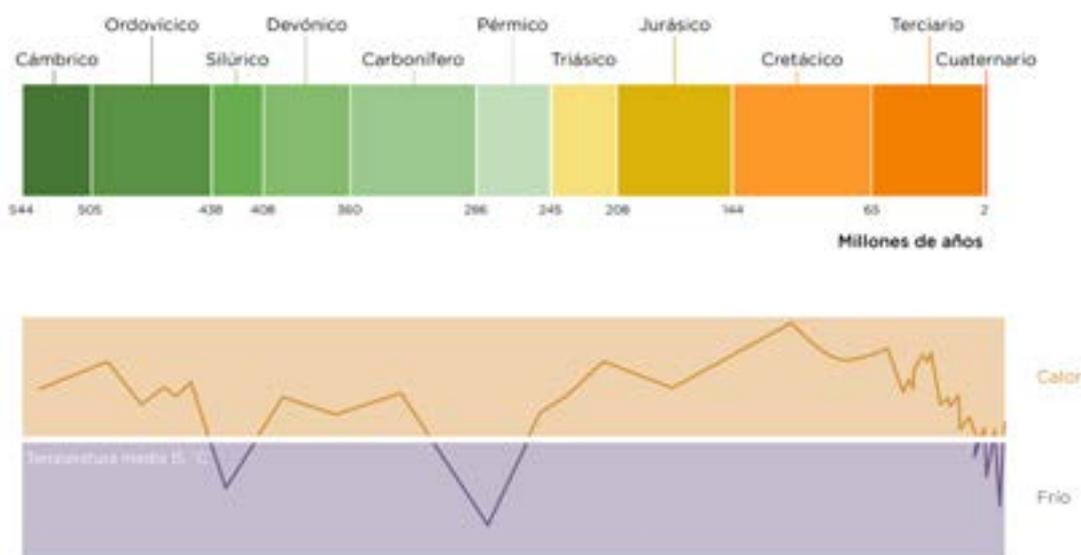
etcétera. A estos datos se los conoce como *datos proxy*. A partir de técnicas específicas se pudieron determinar, en los últimos dos millones de años, cuatro periodos glaciares e interglaciares, donde hubo distintos **cambios climáticos**.

Se define al cambio climático como la variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo) (Ereño, 2013). Algunos cambios han afectado más algunos continentes y otros al globo entero.

Actualmente, el mundo se encuentra en un período interglaciar comenzado hace 10.000 años aproximadamente.

Las mediciones directas comenzaron a mitad del siglo XIX, a través de la fabricación de instrumental meteorológico específico, que con el correr de las décadas se fue modernizando hasta obtener la precisión actual. Hoy en día, una base de datos muy importante la están construyendo los satélites meteorológicos, que a través de sus diferentes sensores poseen una gran capacidad para estudiar los elementos climáticos.

Evolución de la temperatura media a lo largo de la historia de la Tierra



A lo largo de la historia de la Tierra, se produjeron cambios que impactaron en la evolución del clima. Un dato importante para la investigación de esta variabilidad climática es la temperatura media del planeta.

Fuente: adaptado de *Evolución de la temperatura media*, por Eva Medeiros, 2009, [http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/1\\_histo\\_tierra/hist\\_tierra\\_home.htm](http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/1_histo_tierra/hist_tierra_home.htm)

**2Varvas:** capas de sedimentos en el fondo de lagos y mares.

## ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Un **elemento meteorológico** o **climático** es cualquiera de las propiedades o condiciones de la atmósfera que, tomadas en conjunto, particularizan el estado físico del tiempo o del clima en un lugar y en momentos o período de tiempo cronológico determinados. Todos estos elementos son medibles con instrumentos específicos en estaciones meteorológicas y a través de los sensores de los satélites:

- radiación solar;
- balance de radiación Tierra-atmósfera;
- temperatura;
- presión atmosférica;
- vientos;
- humedad;
- precipitación.



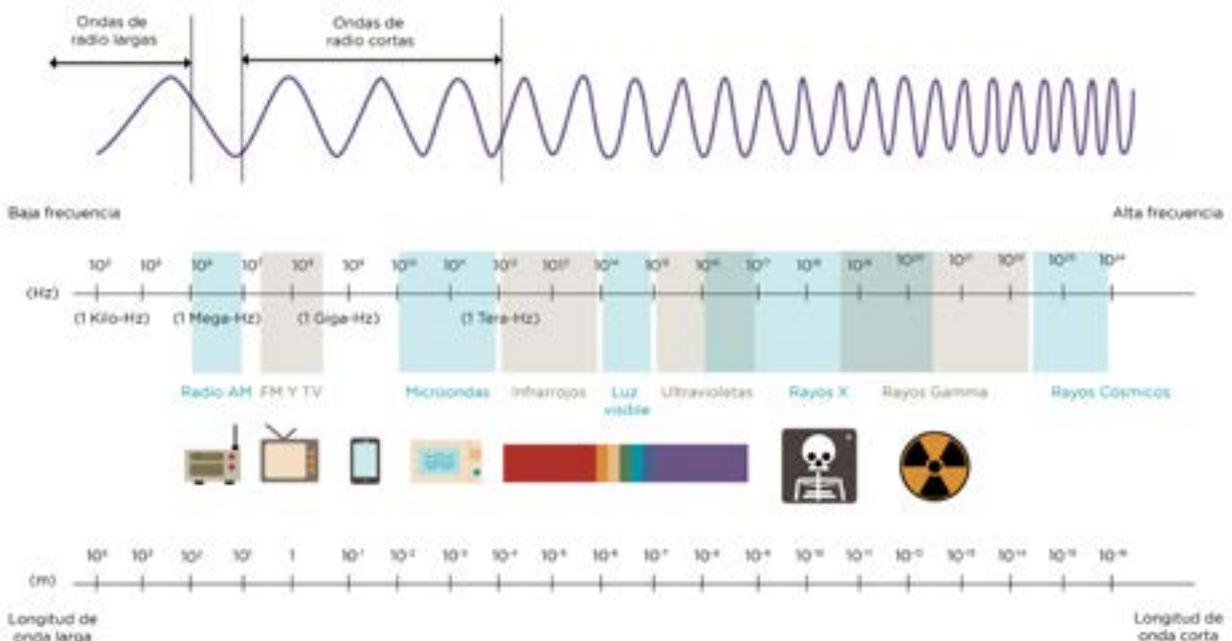
[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# RADIACIÓN SOLAR

El Sol es la principal fuente de energía del sistema climático. Esta energía es indispensable para los procesos físicos, químicos y biológicos que se desarrollan en la superficie terrestre y recibe el nombre de *radiación*. Esta viaja a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas que se propagan a la **velocidad de la luz**<sup>3</sup>. Los cambios regulares en la energía solar que alcanza un determinado lugar en diferentes épocas del año influyen en la temperatura. A su vez, los cambios de temperatura inciden en las variaciones de presión, sistemas de vientos, precipitación, corrientes marinas, etcétera; variables que en conjunto definen el clima de las distintas regiones de la Tierra.

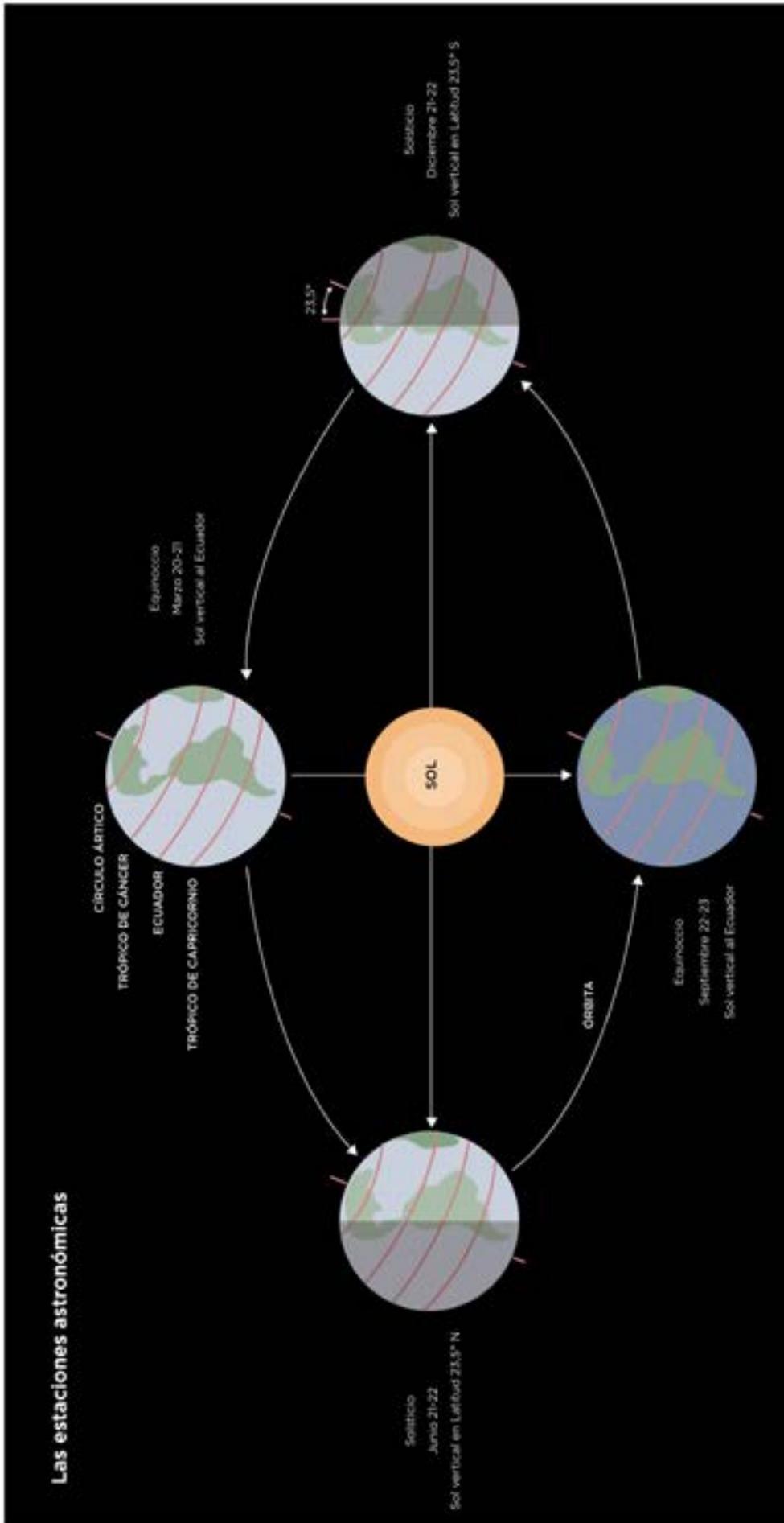
La Tierra se encuentra simultáneamente sujeta a dos movimientos: uno de **rotación** alrededor de su eje, y otro de **traslación** a lo largo de una trayectoria alrededor del Sol. La combinación entre ambos movimientos da como resultado las principales variaciones periódicas que encontramos en la iluminación del Sol, el día y las estaciones. El período de traslación de un año es el tiempo necesario para que la Tierra complete un giro alrededor del Sol. La Tierra se mueve alrededor de este astro según una elipse con una excentricidad que cambia con el tiempo (actualmente es casi un círculo). El tiempo que tarda en describir una vuelta completa es algo más de 365 días.

## Espectro electromagnético



Fuente: adaptado de *Espectro electromagnético*, (s.f), Proyecto ESOPO (<https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo>)

<sup>3</sup>Velocidad de la luz: 300.000 km/seg.

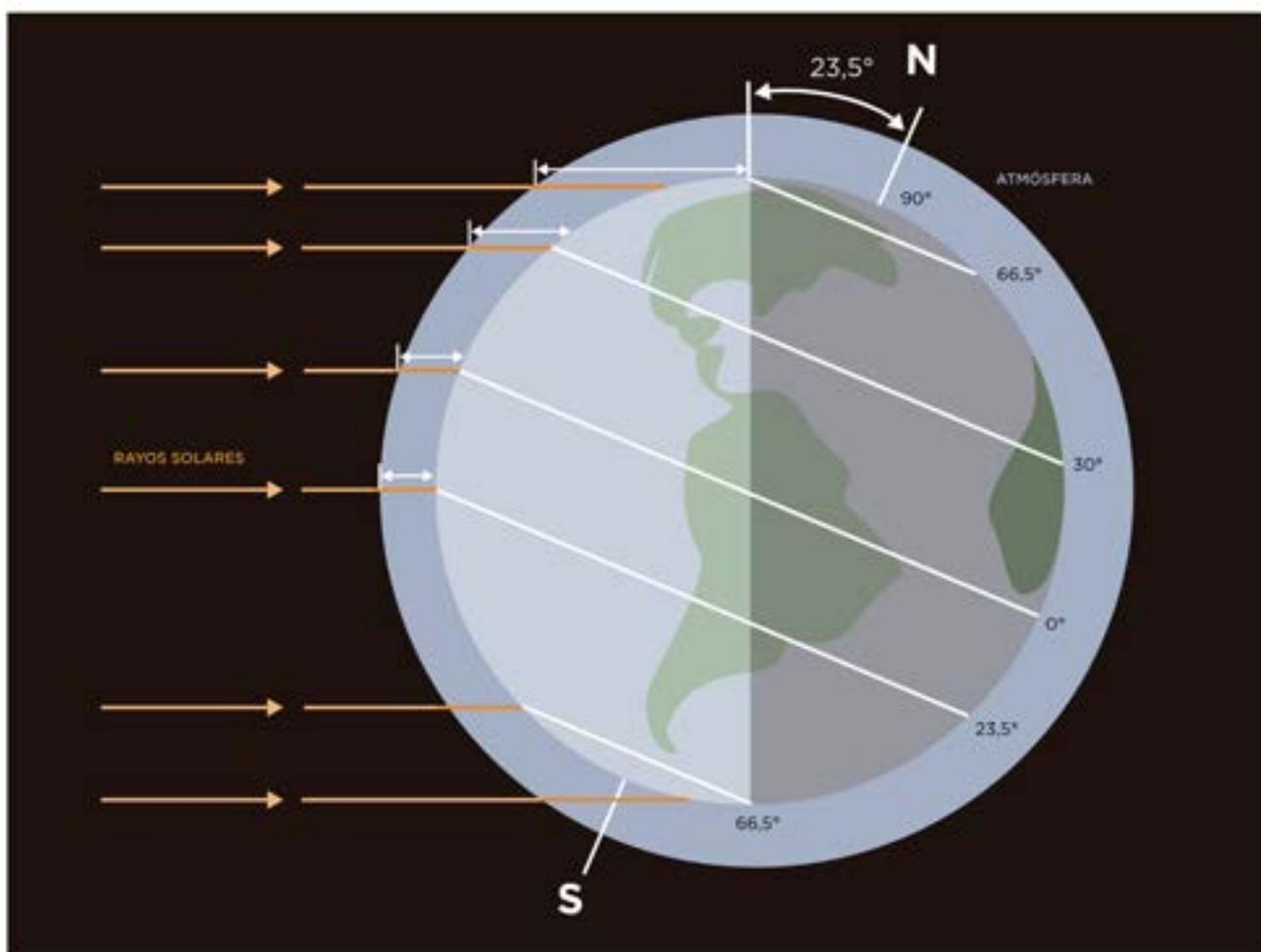


**Fuente:** adaptado de Climatología y las estaciones (p.60), por J. Inzunza, 2006, *Meteorología descriptiva y aplicaciones en Chile*.  
[http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Cursos\\_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva\\_Inzunza/cap2\\_Inzunza\\_Climatologia.pdf](http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Cursos_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap2_Inzunza_Climatologia.pdf)

Los **solsticios** representan los momentos del año en los que el Sol alcanza su mayor (o menor, según sea verano o invierno) altura aparente en el cielo, y la duración del día (o de la noche) son las máximas del año, respectivamente. Los **equinoccios** son los dos puntos del movimiento anual de la Tierra en la que los rayos del Sol forman un ángulo de  $90^\circ$  con el ecuador. En las fechas en que se producen, el día tiene una duración igual a la de la noche en todos los lugares de la Tierra.

En las regiones comprendidas entre los trópicos, al menos dos veces al año (en los equinoccios), los rayos solares caen perpendiculares a la superficie de la Tierra, y por lo tanto son más intensos. Hacia los polos, la inclinación con la que llegan los rayos solares se acentúa, disminuyendo consecuentemente la cantidad de radiación recibida por unidad de superficie.

#### Inclinación del eje terrestre



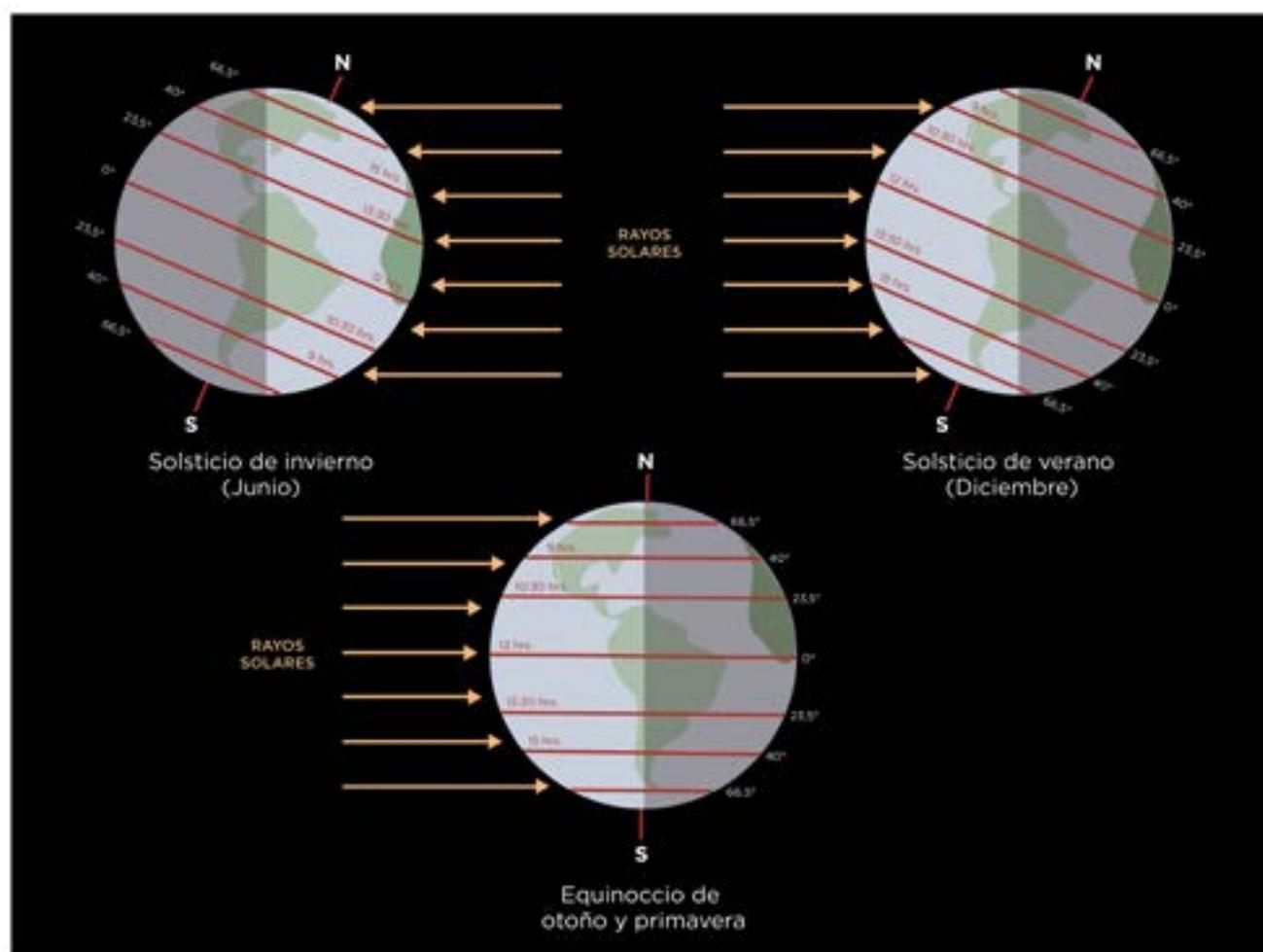
A medida que aumenta la latitud, la inclinación con que llegan los rayos solares es mayor así como la capa de atmósfera que deben atravesar.

**Fuente:** adaptado de Climatología y las estaciones (p.57), por J. Inzunza, 2006, *Meteorología descriptiva y aplicaciones en Chile*. [http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso\\_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva\\_Inzunza/cap2\\_Inzunza\\_Climatologia.pdf](http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap2_Inzunza_Climatologia.pdf)

Otro factor importante es la **duración del día**. Cuanto más largo, mayor será la cantidad de energía solar disponible para alcanzar el suelo y calentarlo. Que los días de verano sean más largos que los días de invierno se debe a la **inclinación del eje de rotación de la Tierra**, que es de unos

23,5° con respecto a la perpendicular al plano de la órbita terrestre. Esto produce que el hemisferio sur esté inclinado hacia el Sol en verano (diciembre, enero, febrero) y se aleje del Sol en el solsticio de junio. En el hemisferio norte ocurre lo contrario (Rodríguez Jiménez et al., 2004).

Duración del día en solsticios y equinoccios en distintas latitudes



**Fuente:** adaptado de Climatología y las estaciones (p.57), por J. Inzunza, 2006, *Meteorología descriptiva y aplicaciones en Chile*. [http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso\\_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva\\_Inzunza/cap2\\_Inzunza\\_Climatologia.pdf](http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap2_Inzunza_Climatologia.pdf)

VOLVER AL ÍNDICE

## BALANCE DE RADIACIÓN TIERRA-ATMÓSFERA

La temperatura de la Tierra es resultado de un equilibrio entre la energía que recibe del Sol y la energía que libera al espacio exterior. Alrededor de la mitad de la radiación solar que recibe la Tierra y su atmósfera se absorbe en la superficie. La otra mitad es absorbida por la atmósfera o es reflejada hacia el espacio por las nubes, pequeñas partículas en la atmósfera, la nieve, el hielo y los desiertos en la superficie terrestre. La radiación solar reflejada por la superficie terrestre y las nubes recibe el nombre de *albedo*.

Parte de la energía absorbida en la superficie terrestre vuelve a irradiarse (o es devuelta) a la atmósfera y al espacio, en forma de energía calorífica o térmica. La temperatura que sentimos es una medida de esta energía calorífica. En la atmósfera, no toda la radiación térmica emitida por la Tierra alcanza el espacio exterior. Parte de esta es absorbida y reflejada de nuevo hacia la superficie de la Tierra por las moléculas de los gases de efecto invernadero (GEI) y las nubes, lo que da lugar a una temperatura media global en torno a los 14°C, muy superior a la temperatura de -18°C que sentiríamos sin el efecto invernadero natural. La acción del hombre influye de forma significativa sobre las concentraciones de algunos GEI, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), aunque no así en otros, como el vapor de agua.

### ¿Sabés cómo se mide la radiación solar?

La radiación solar directa se mide por medio de **pirheliómetros**. Mediante el empleo de obturadores, solamente se mide la radiación procedente del sol y de una región anular del cielo muy próxima al astro.

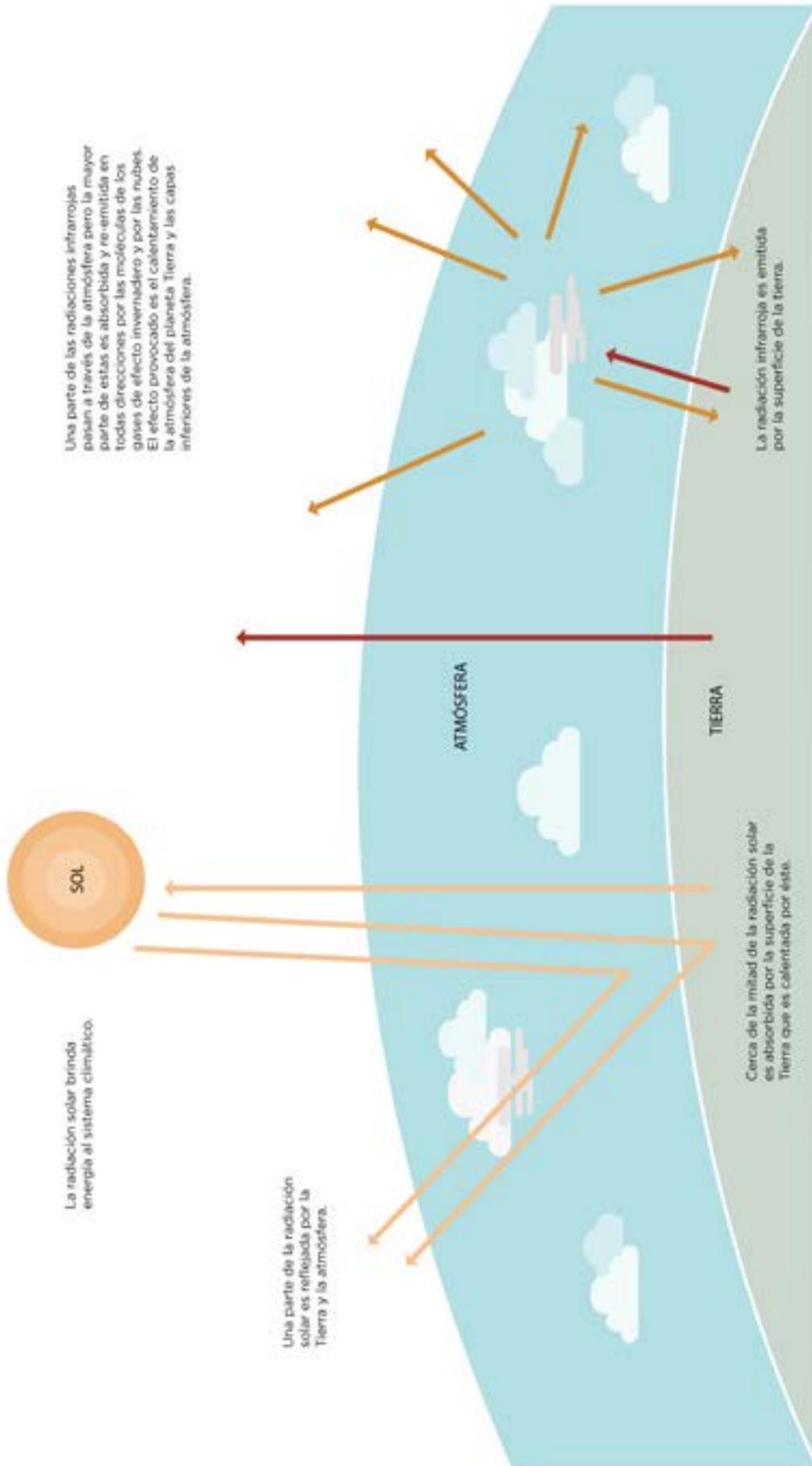


Piriheliómetro.

Foto: Elvira Gentile.

La **radiación global** incluye la recibida directamente del sol y también la radiación celeste difusa dispersada al atravesar la atmósfera. El instrumento necesario para medir la radiación global es el **piranómetro**. Este se utiliza a veces para medir la radiación incidente sobre superficies inclinadas y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada o albedo. Para medir solamente la componente difusa de la radiación solar, la componente directa se cubre por medio de un sistema de pantalla.

## Balance de radiación tierra-atmósfera y efecto invernadero



**Fuente:** adaptado de *El efecto invernadero*, 2007, por The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), <https://www.ipcc.ch/>

VOLVER AL ÍNDICE

# TEMPERATURA

La temperatura es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Las diferencias de radiación solar dan origen a variaciones de temperatura según la hora del día, la estación del año y la latitud. También puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura. En Argentina, la temperatura se informa en grados **Celsius** (°C), sin embargo existen otras escalas de temperatura, como la de Fahrenheit y la de Kelvin. La escala Celsius es muy usada en la vida cotidiana, en la industria y en la ciencia de la mayoría de los países del mundo, salvo en algunos de habla inglesa. El 0 °C está fijado por el punto de fusión del hielo y el 100 °C por el punto de ebullición del agua. La escala está dividida en 100 partes iguales con intervalos de 1°; por eso también se la llama *escala centígrada*. Para temperaturas menores que 0 °C, se asignan valores negativos.

La escala **Fahrenheit** se utiliza habitualmente en Estados Unidos. El termómetro se gradúa entre 32 °F (correspondiente a los 0 °C) y 212 °F (correspondientes a los 100 °C).

La escala **Kelvin** (K) es la más usada por los científicos. Es una escala que no tiene valores negativos de la temperatura y su cero se sitúa en el estado en el que las partículas que forman la materia no se mueven. El punto de ebullición del agua corresponde a 373 K y el de congelación a 273 K. Por tanto, una variación de 1 grado en la escala Kelvin es igual que una variación de 1 grado en la escala Celsius.

Las fórmulas de conversión entre las escalas son:

$$^{\circ}\text{C} = (5/9) * (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = (9/5) ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

## Escalas de temperatura

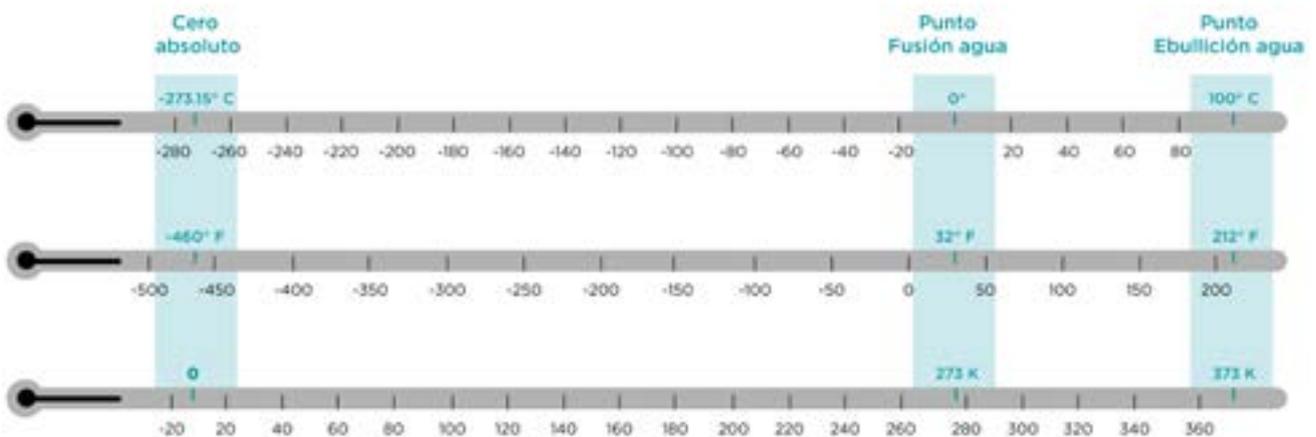
Las fórmulas de conversión entre las escalas son:

$$^{\circ}\text{C} = (5/9) * (^{\circ}\text{F} - 32)$$

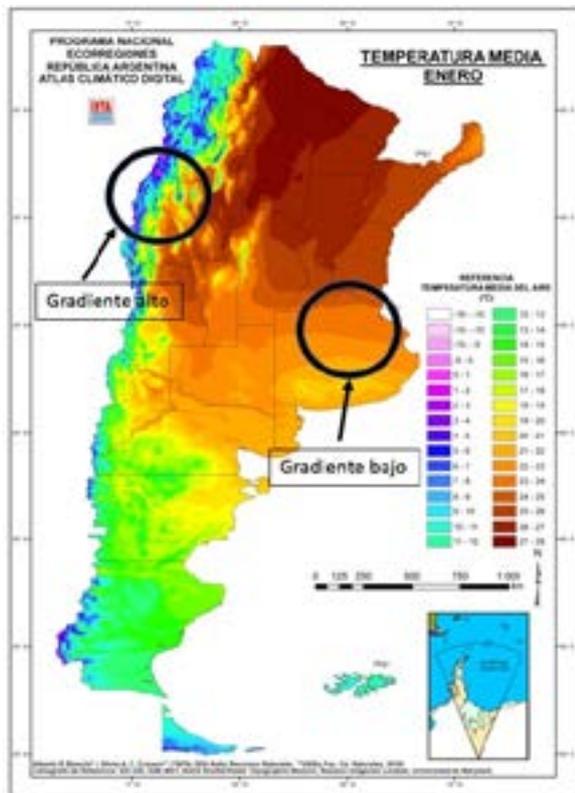
$$^{\circ}\text{F} = (9/5) ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$



Para analizar la distribución de temperatura sobre grandes áreas, se utilizan los mapas de **isotermas**, que son curvas que unen puntos de igual temperatura. El cambio de temperatura en una dirección determinada del espacio se llama *gradiente de temperatura* y se puede obtener del mapa de isotermas. Analizando los gradientes de temperatura en los mapas, se puede deducir que, donde las isotermas están más juntas, el cambio de temperatura en la región considerada es grande, es decir el gradiente de temperatura es grande, y donde están más separadas el cambio o gradiente es pequeño.



Representación del gradiente de temperatura en un mapa de isotermas.

**Fuente:** reproducido de Mapas digitales de temperaturas medias mensuales del mes más cálido (p. 46), por A. R. Bianchi y S. A. C. Cravero, 2010, *Atlas Climático Digital de la República Argentina*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, [https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-texto\\_atlas\\_climtico\\_digital\\_de\\_la\\_argentina\\_110610\\_2.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-texto_atlas_climtico_digital_de_la_argentina_110610_2.pdf)

La temperatura tiene una variación diaria, entre el día y la noche, producida por la rotación de la tierra y otra variación estacional. Esta última se debe a que la Tierra se traslada alrededor del Sol, dando lugar a las cuatro estaciones: verano, otoño, invierno y primavera. Como el eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto del plano de su órbita, entonces el ángulo de incidencia de los rayos solares varía, estacionalmente, en forma diferente para ambos hemisferios.

### ¿Sabés cómo se mide la temperatura?

Para medir la temperatura, es necesario basarse en otras propiedades de los materiales que cambian al modificarse la temperatura: por ejemplo la resistencia eléctrica, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura es el **termómetro** y fue inventado por Galileo Galilei en 1593. Hay varios tipos de termómetros. El modelo más sencillo consiste en un tubo graduado de vidrio con un líquido en su interior que puede ser, por ejemplo, alcohol o mercurio. Como estos líquidos se expanden más que el vidrio, cuando aumenta la temperatura, ascienden por el tubo y cuando disminuye la temperatura, descienden. Los termómetros más comunes son los siguientes:

- **común**, normalmente de mercurio. También se utiliza uno de alcohol que permite medir temperaturas menores a -40 °C.
- **de máxima**. Similar en forma al de bulbo seco, pero el mercurio o alcohol se detiene en la temperatura máxima registrada en el día.
- **de mínima**. Parecido al común, el registro se detiene cuando se llega a la medida mínima de temperatura.

Los **termógrafos** trazan automáticamente, con una pluma, sobre un papel calibrado, un registro continuo de los cambios de temperatura. El papel está colocado sobre un tambor giratorio que rota mediante un mecanismo de relojería.



Campo de observación Observatorio Central Villa Ortúzar,  
Servicio Meteorológico Nacional (SMN).  
Foto: Elvira Gentile.

### **El abrigo meteorológico**

Tanto los termómetros como el termógrafo se ubican dentro del abrigo meteorológico. El abrigo es una caja blanca, con persianas laterales que permiten el libre movimiento del aire que las atraviesa, mientras se protege a los instrumentos de la insolación y la precipitación. Para que todos los meteorólogos del mundo puedan comparar sus medidas entre sí, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) da las pautas sobre cómo colocar los termómetros: deben estar ventilados, protegidos de la precipitación y de la radiación solar directa, y a una determinada altura del suelo, para que la energía que durante el día absorbe la tierra no modifique los registros.

## PRESIÓN ATMOSFÉRICA

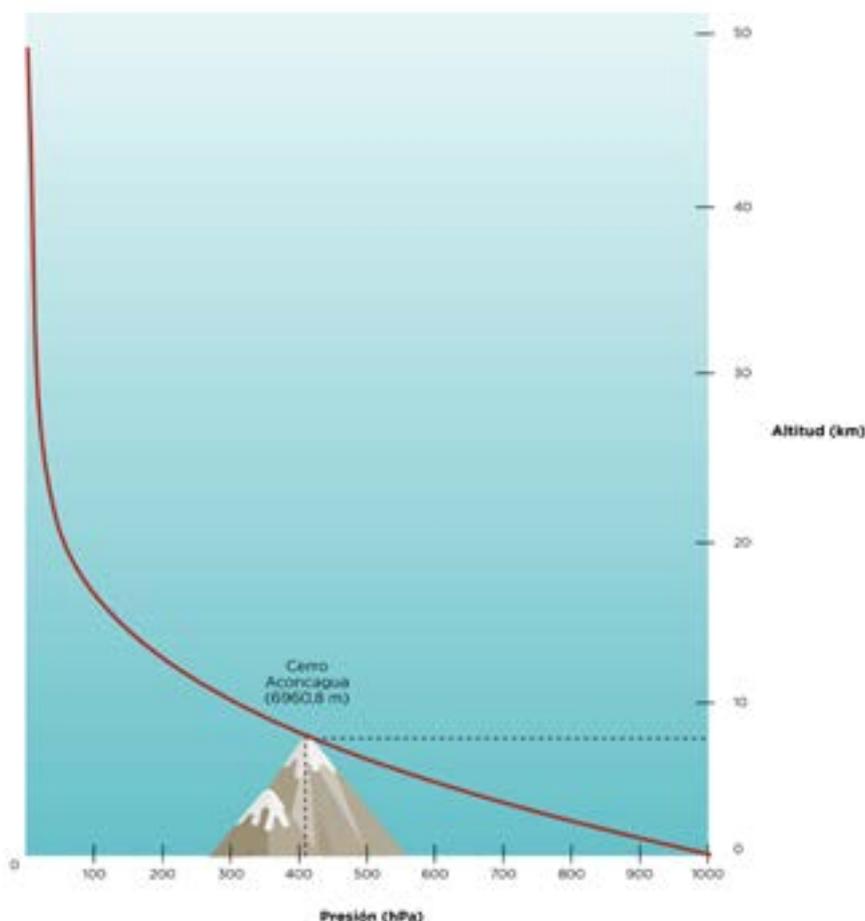
La presión atmosférica es el peso de la masa de aire sobre la superficie de la Tierra. Aunque no percibimos las variaciones horarias o diarias en la presión del aire, son muy importantes en producir cambios en el tiempo meteorológico. Las variaciones en la presión atmosférica de un lugar a otro son las responsables del movimiento del aire que forma los vientos, y también uno de los factores más importantes en el pronóstico del tiempo. Por otro lado, los vientos influyen en las corrientes oceánicas y es así como la presión atmosférica participa en varios procesos terrestres.

En Argentina, el **Servicio Meteorológico Nacional (SMN)** expresa la presión atmosférica en **hectopascales (hPa)**<sup>4</sup>. Esta unidad es la única actualmente reconocida por el Sistema

Internacional de Unidades, siendo cada vez más usada en todo el mundo. La presión normal a nivel del mar es 1013 hPa.

A medida que se asciende en la atmósfera, la presión atmosférica es menor porque la columna de aire se acorta y en consecuencia pesa menos. Como la atmósfera es *compresible* debido a la acción de la gravedad terrestre, su masa experimenta una marcada disminución con la altura, de modo tal que el 50% se encuentra concentrado por debajo de los primeros 5,5 km, el 90% por debajo de los primeros 16 km y el 99% por debajo de los primeros 32 km. Sin duda, esta variación de la masa ha de reflejarse en la presión atmosférica, la cual también experimentará una importante disminución con la altura.

### Diferencias de presión según altitud



<sup>4</sup>**Hectopascales (hPa):** un Pascal (Pa) equivale a la presión ejercida por 1 newton (N) sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup>. Un hectopascal son 100 Pascales; 1 N corresponde a la fuerza que es necesario ejercer para acelerar 1 m/s<sup>2</sup> una masa de 1 kg.

La atmósfera terrestre se asemeja a una gigantesca máquina térmica en la cual, la diferencia permanente de temperatura entre el ecuador y los polos, por un lado, y entre la atmósfera superior e inferior, por el otro, proporciona la energía necesaria para generar movimientos de aire, horizontales y verticales. Sin embargo, estos últimos son generalmente mucho menos importantes que los horizontales, que pueden abarcar amplias zonas y persistir durante períodos de tiempo que oscilan entre algunos días y varios meses.

Las **isobaras** son líneas que unen puntos con igual presión en un nivel dado de la atmósfera. Como la presión se reduce con la altura, la orografía produce variaciones en la presión medida a nivel medio del mar. Los mapas o cartas de isobaras reciben el nombre de *mapas sinópticos de superficie*. En los mismos es posible identificar centros de baja presión (o ciclónicos) y de alta presión (anticiclónicos), así como otras características del tiempo presente.

### ¿Sabés cómo se mide la presión atmosférica?

Existen diferentes instrumentos para medirla. El más antiguo es el **barómetro de mercurio tipo fortín**, basado en la experiencia de Torricelli. Los valores que proporciona el barómetro de fortín deben ser corregidos para eliminar

los defectos causados por la dilatación del mercurio, según la temperatura y la gravedad del lugar. Por su tamaño, no es apto para su transporte en viajes, razón por la cual ocasionalmente es reemplazado por el aneroides, instrumento metálico que no exige correcciones.

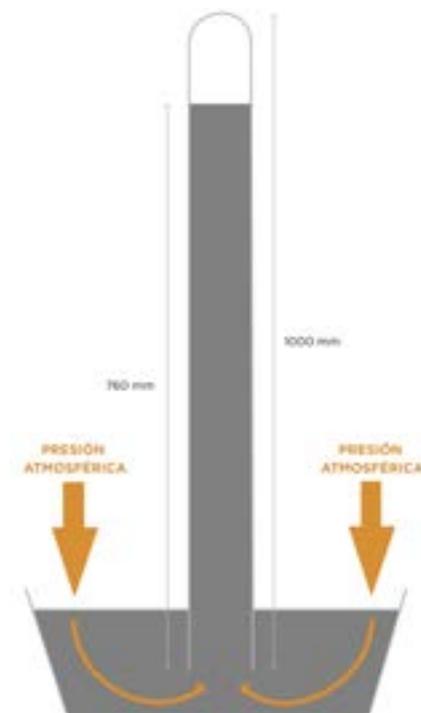
El **barómetro aneroides** se basa en la ley de Hooke, que establece que un cuerpo sometido a una fuerza experimenta una deformación proporcional a ella. En este instrumento, la presión atmosférica se ejerce sobre la tapa de una caja cilíndrica cerrada, con un vacío parcial interior, cuyas deformaciones se amplifican y transmiten a una aguja indicadora.

El **barógrafo** es el instrumento utilizado para obtener un registro continuo de la presión y permite, por lo tanto, el conocimiento de sus variaciones a lo largo del día. Consta de varias cápsulas aneroides (para amplificar el movimiento) y un juego de palancas, que transmiten sus movimientos activando una pluma que escribe en una faja registradora. Esta última se ubica sobre un tambor giratorio accionado por un mecanismo de relojería.

Tanto barómetros como barógrafos deben ser colocados, en general, en una habitación donde los cambios de temperatura sean lo más pequeños posibles y donde les llegue abundante luz natural, aunque resguardados de los rayos directos del sol.

### La experiencia de Torricelli

Torricelli, un estudiante del famoso científico italiano Galileo, inventó el barómetro de mercurio en 1643. Sumergió verticalmente un tubo de vidrio de aproximadamente 1 m de altura con mercurio dentro de una cubeta con mercurio. El líquido desciende hasta que en determinado punto se estabiliza. Es decir que el mercurio del tubo tiende a descender por gravedad mientras que el contenido en la cubeta tiende a ascender por el tubo debido a la presión que ejerce la atmósfera sobre su superficie. Las fuerzas se equilibran cuando el mercurio del tubo alcanza una altura de 760 mm (al nivel del mar), que es el equivalente a 1013 hPa.



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

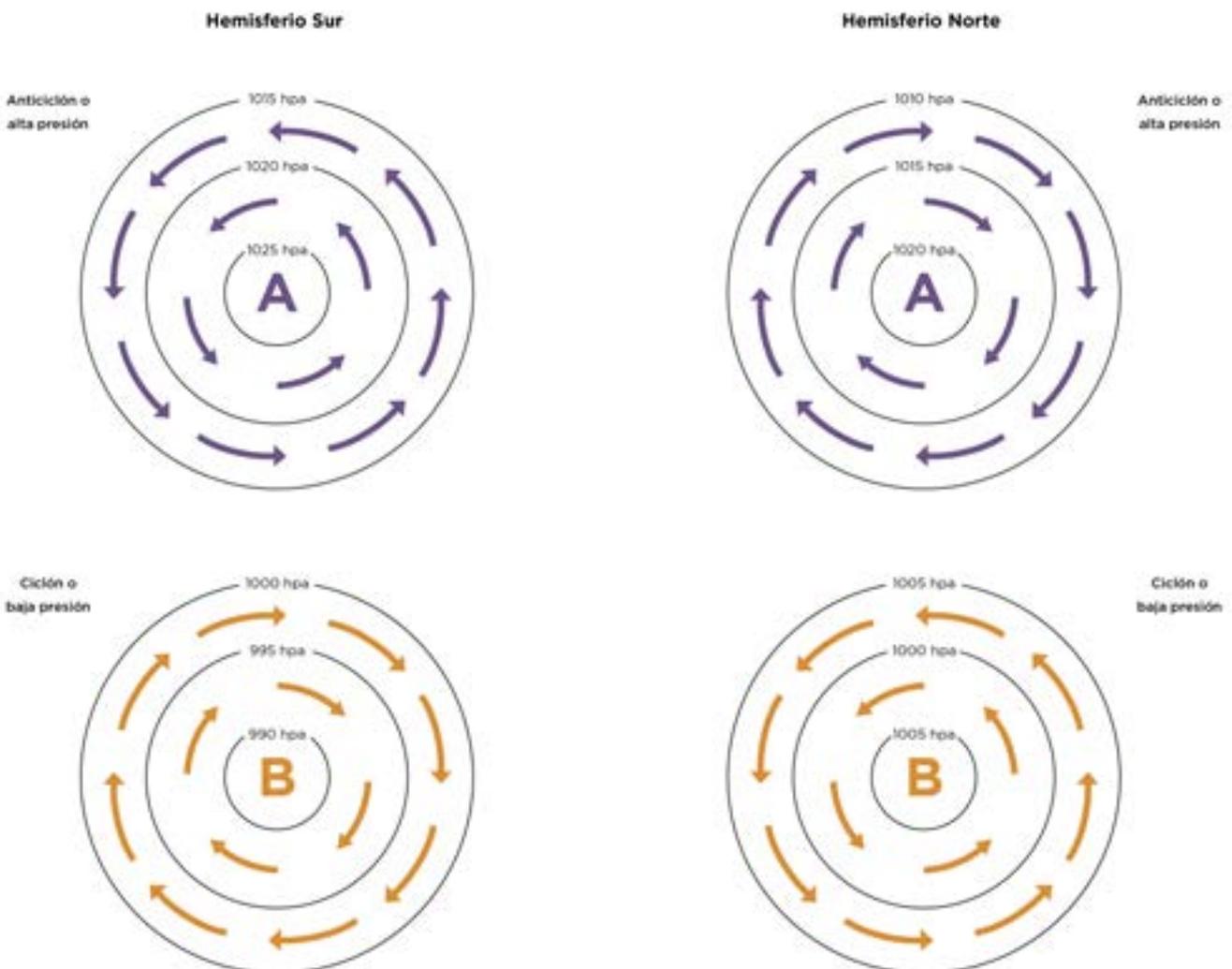
## VIENTOS

El viento es el movimiento horizontal del aire desde las zonas de mayor presión hacia las de menor presión. Como esta diferencia se origina en el desigual calentamiento de la superficie terrestre, tanto la radiación solar como las propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas son las responsables de la formación del viento. Las variaciones de presión producen una fuerza, llamada *fuerza del gradiente de presión*, que inicia el viento. Cuanto mayor es la diferencia entre dos lugares, mayor es el viento. Las variaciones de presión se pueden observar en los mapas de isobaras. Donde las isobaras están más juntas, indican un gradiente importante que produce

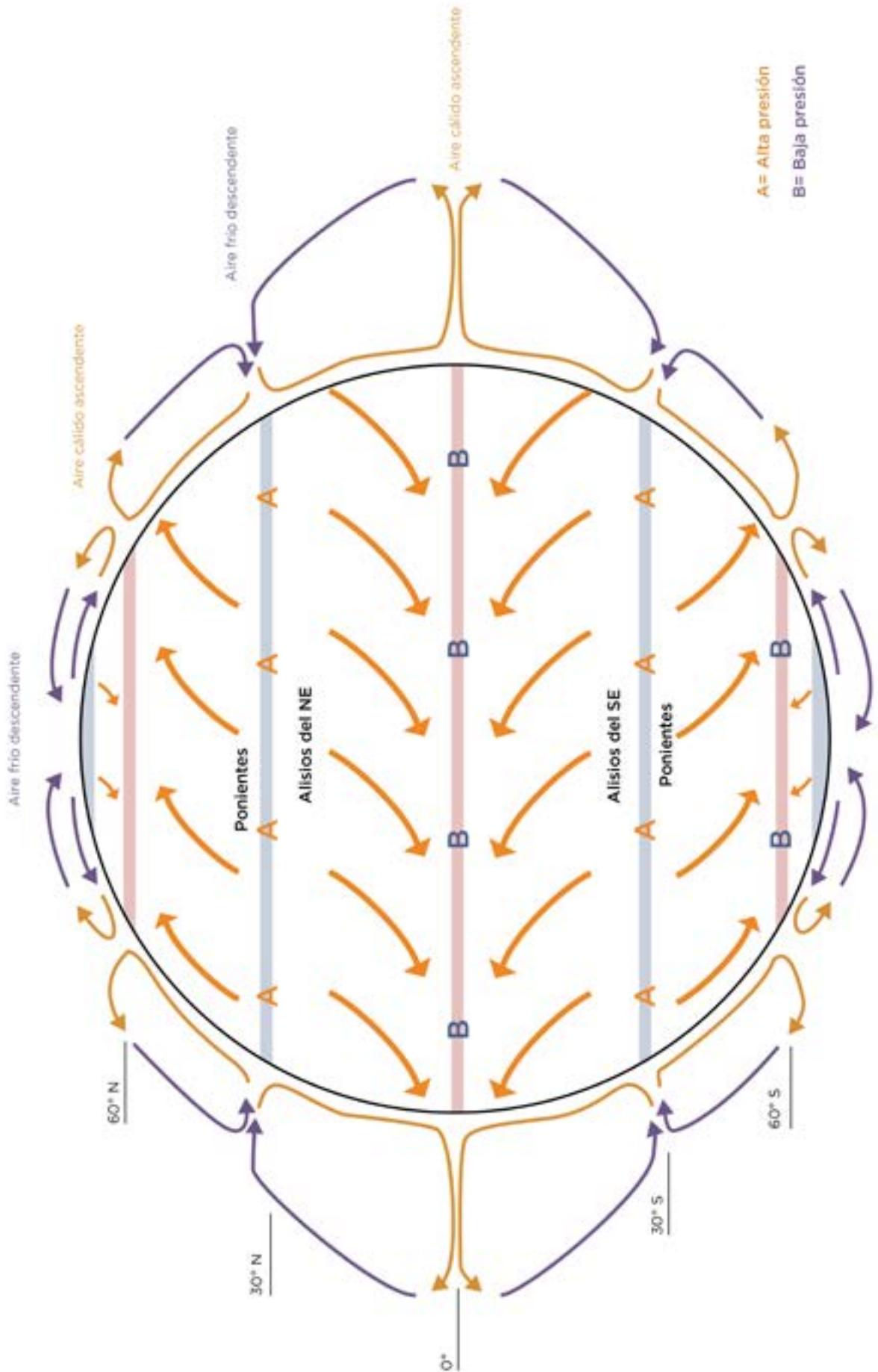
vientos más fuertes, y donde las isobaras están más separadas, el gradiente de presión es más pequeño y el viento es más débil.

A las isobaras cerradas o centros de bajas presiones se les llama **ciclones**, y al viento que se forma alrededor de esos centros se los engloba bajo el concepto de *circulación ciclónica*. La circulación ciclónica se desarrolla con sentido horario en el hemisferio sur y antihorario en el hemisferio norte. A las isobaras cerradas, o centros de altas presiones, se les denomina **anticiclones**. La *circulación anticiclónica* circula de manera opuesta a la ciclónica.

### Circulación en ciclones y anticiclones en ambos hemisferios



## Sistema de vientos a escala planetaria



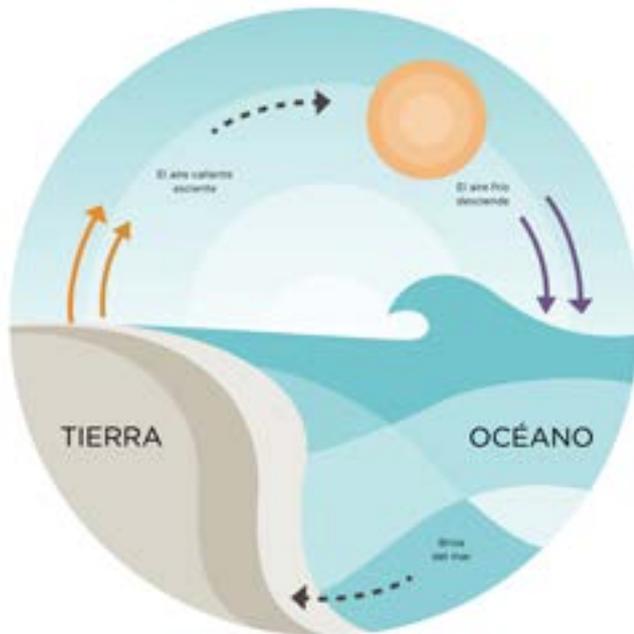
### Tipos principales de vientos

Si bien hay sistemas de vientos a escala planetaria también son muy importantes los vientos de menor escala, conocidos generalmente como *sistemas locales de viento*, que se encuentran en determinadas regiones geográficas como líneas de costa, montañas y valles o mesetas.

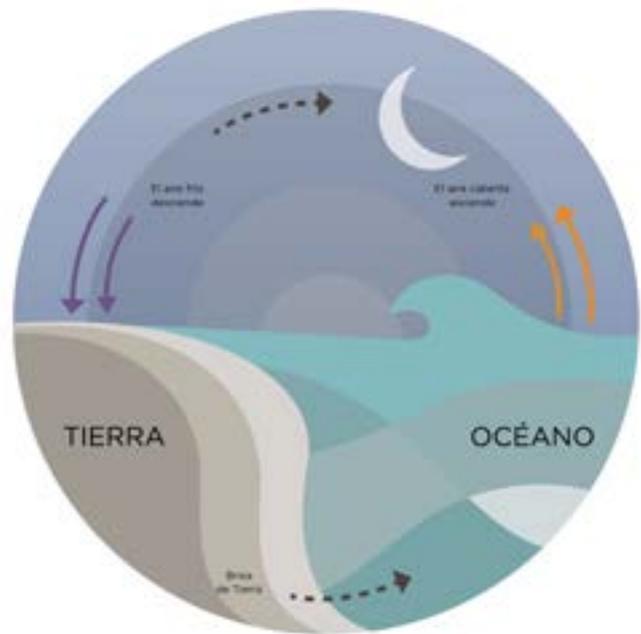
#### • Brisas de mar y tierra

Durante el día, la tierra se calienta más rápidamente que la superficie del mar, por lo que el aire asciende y es ocupado por aire más fresco procedente del mar. Por la noche, la tierra se enfría más rápidamente que el agua, de modo que el aire situado por encima de la superficie del mar está más caliente y tiende a ascender, generando un flujo de viento de tierra a mar.

**Brisa de mar**



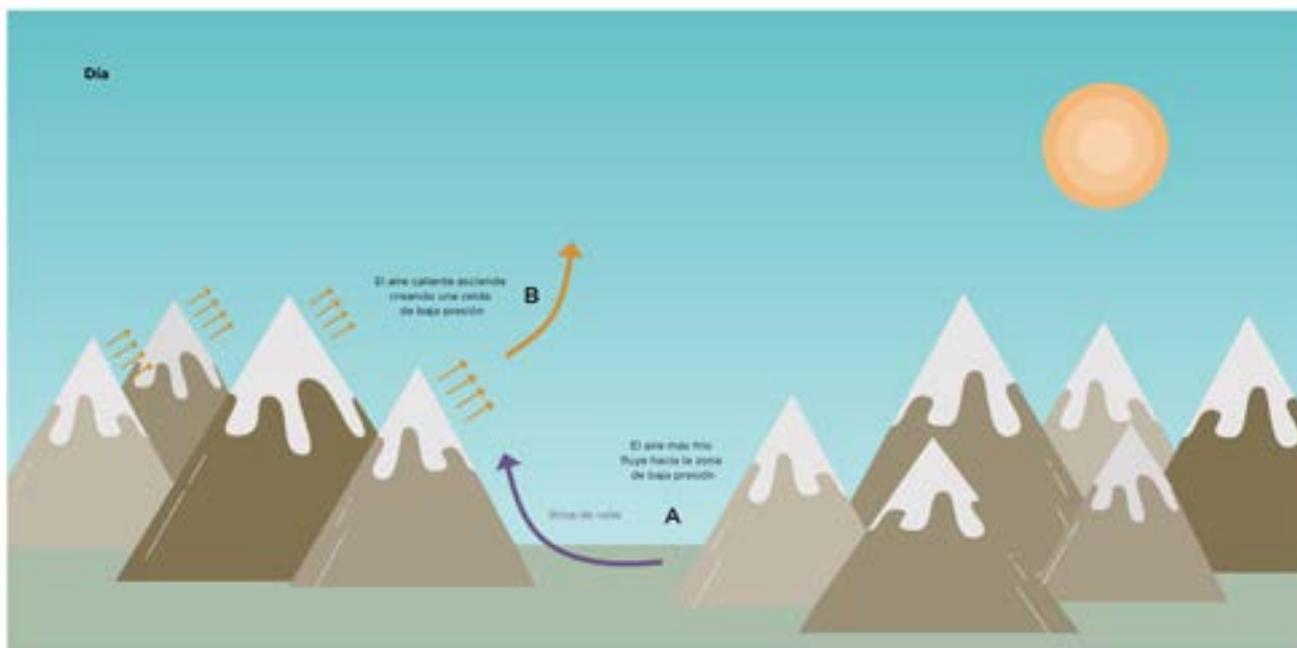
**Brisa de tierra**



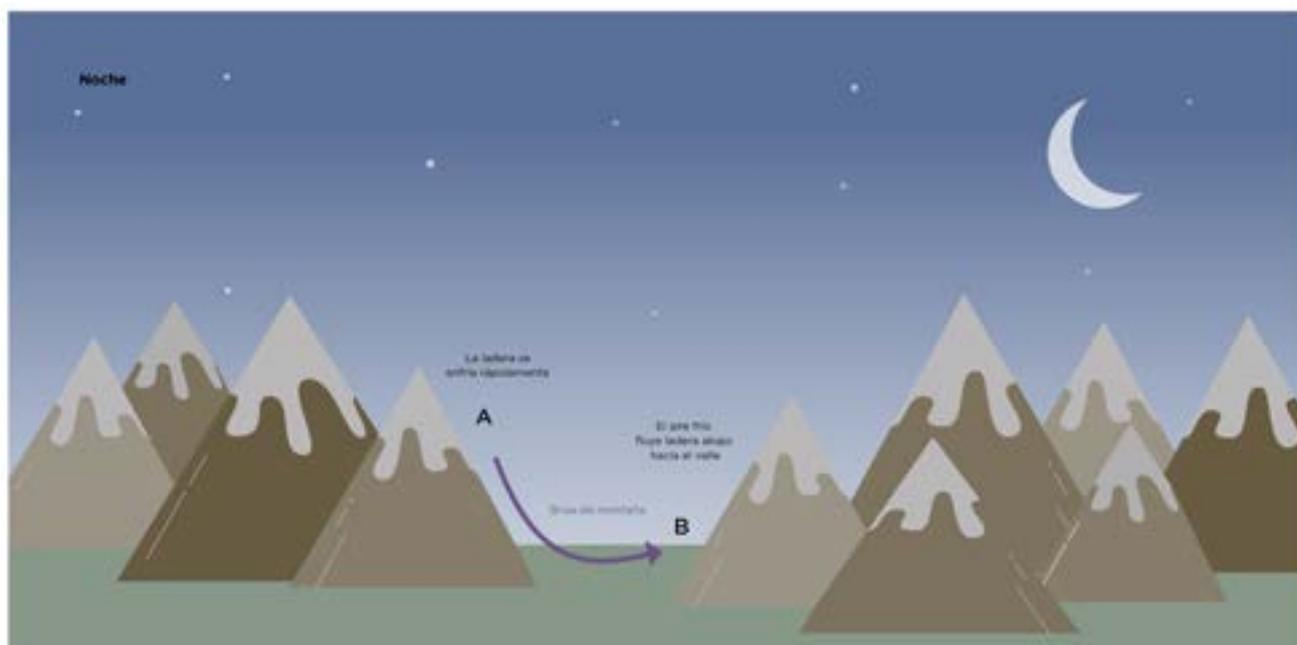
• **Brisas de montañas y valles**

Durante el día, el aire del valle se calienta rápidamente y tiende a ascender por las laderas de las montañas. Por la noche, el enfriamiento del aire lo hace más denso y desciende desde las montañas hacia el valle.

**Brisa de valle**

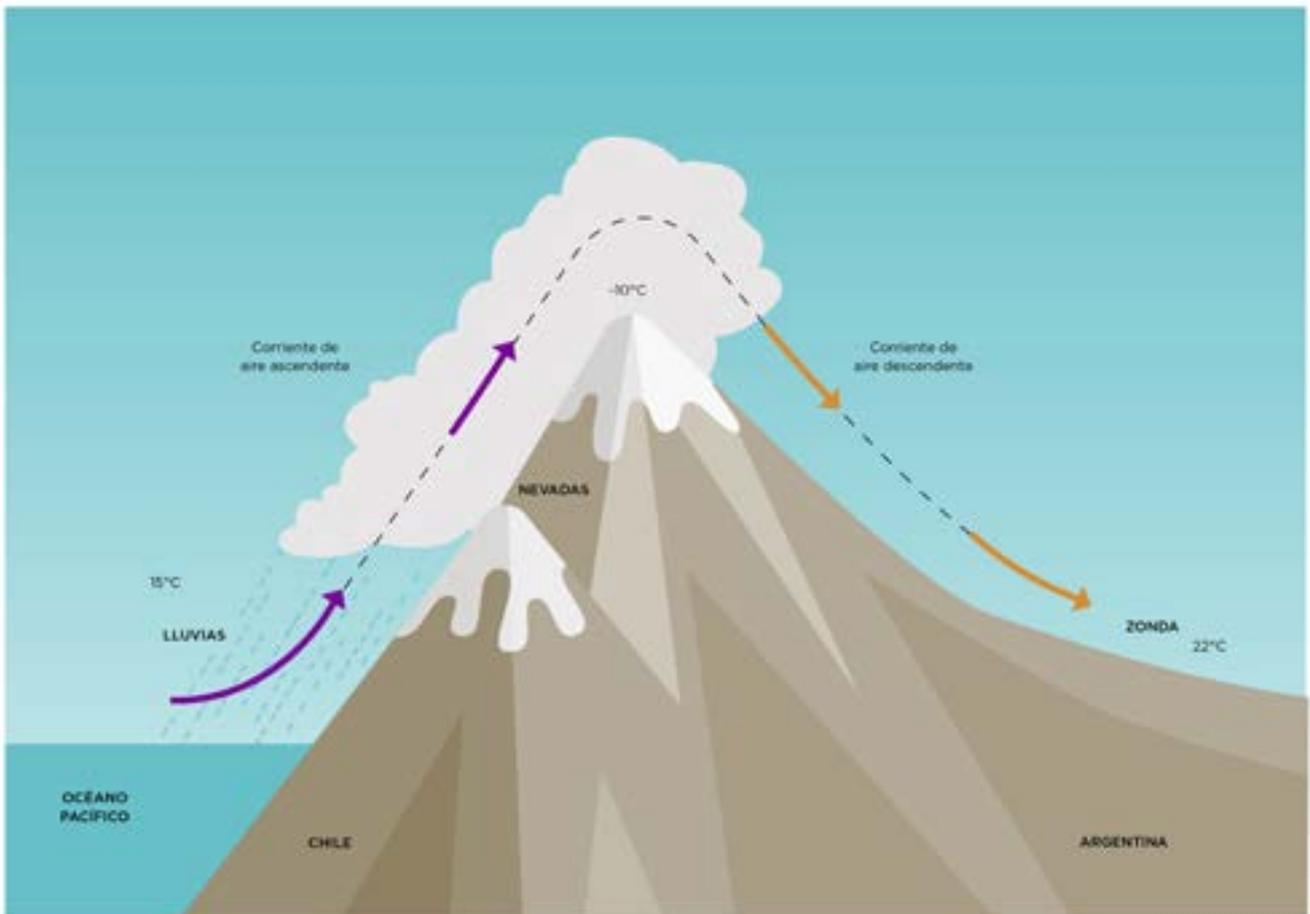


**Brisa de montaña**



Un viento local típico de nuestro país es el **Zonda**, que es un viento fuerte, arrachado, seco y cálido que se desarrolla a sotavento de la cordillera de los Andes, desde Jujuy hasta Neuquén. El origen de su nombre deriva de la quebrada del Zonda, en la parte oriental de la Precordillera, en la provincia de San Juan.

## Zonda



### ¿Sabés cómo se mide el viento?

Para caracterizar el viento es necesario tener en cuenta su dirección y su velocidad o intensidad. La dirección indica desde dónde sopla el viento. Por ejemplo, viento Norte significa que procede del norte y se dirige al sur.

El instrumento usado más comúnmente para determinar la dirección del viento es la **veleta**. Este instrumento, siempre apunta hacia donde viene el viento. La dirección del viento se muestra en un dial que está conectado a la veleta. El dial indica la dirección del viento en uno de los puntos cardinales, es decir, N, NE, E, SE, o en la escala de 0° a 360°. Cuando el viento sopla consistentemente con mayor frecuencia desde una dirección antes que cualquiera de las otras, se lo denomina *viento prevaleciente*. Por ejemplo, en la Patagonia el viento prevaleciente es el del Oeste.

La velocidad del viento se mide comúnmente con el **anemómetro a copelas**, sobre un dial similar al velocímetro de un automóvil. Las unidades más usuales para medir la intensidad del viento son kilómetros por hora, metros por segundo o **nudos**<sup>5</sup>.



Anemómetro y veleta.

Foto: Elvira Gentile.

<sup>5</sup>Nudos: 1 milla náutica por hora=1,852 km/h.

## HUMEDAD

La humedad atmosférica es el vapor de agua contenido en el aire. Este vapor de agua constituye solo una pequeña fracción de la atmósfera, que varía de un 0% a un 4% en volumen. No obstante, la importancia del agua en la atmósfera es mucho más significativa que lo que indica este pequeño porcentaje. Los continuos intercambios de agua entre los océanos, la atmósfera y los continentes que conforman el **ciclo hidrológico** son fundamentales para la vida en la tierra. El ciclo hidrológico es impulsado por la energía del Sol: el agua se incorpora a la atmósfera

mediante la evaporación de los cuerpos de agua oceánicos y continentales o de la transpiración de las plantas. La combinación de ambas es llamada **evapotranspiración**. Esta humedad es transportada en la atmósfera a grandes distancias, y la condensación del vapor forma las nubes que producen la precipitación. El agua luego fluye desde los continentes hacia los océanos en gran parte mediante los ríos y, en menor medida, vía aguas subterráneas, donde nuevamente se evapora cerrándose un ciclo que se repite continuamente.

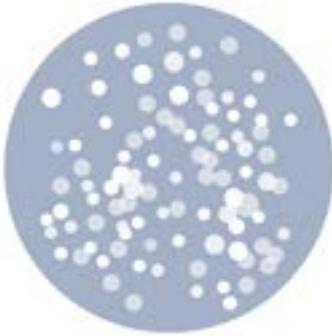
Ciclo del agua



En la atmósfera, el agua puede existir en cualquiera de sus tres estados:

- **sólido:** cristales de hielo en las nubes;
- **líquido:** gotitas de nubes y nieblas;
- **gaseoso:** vapor de agua.

### Formas del agua en la atmósfera



#### FASE GASEOSA

Vapor de agua

Invisible debido a su tamaño muy pequeño



#### FASE LÍQUIDA

Gotas de nube o lluvia

Diferentes tamaños  
0.001 mm - 1 cm



#### FASE SÓLIDA

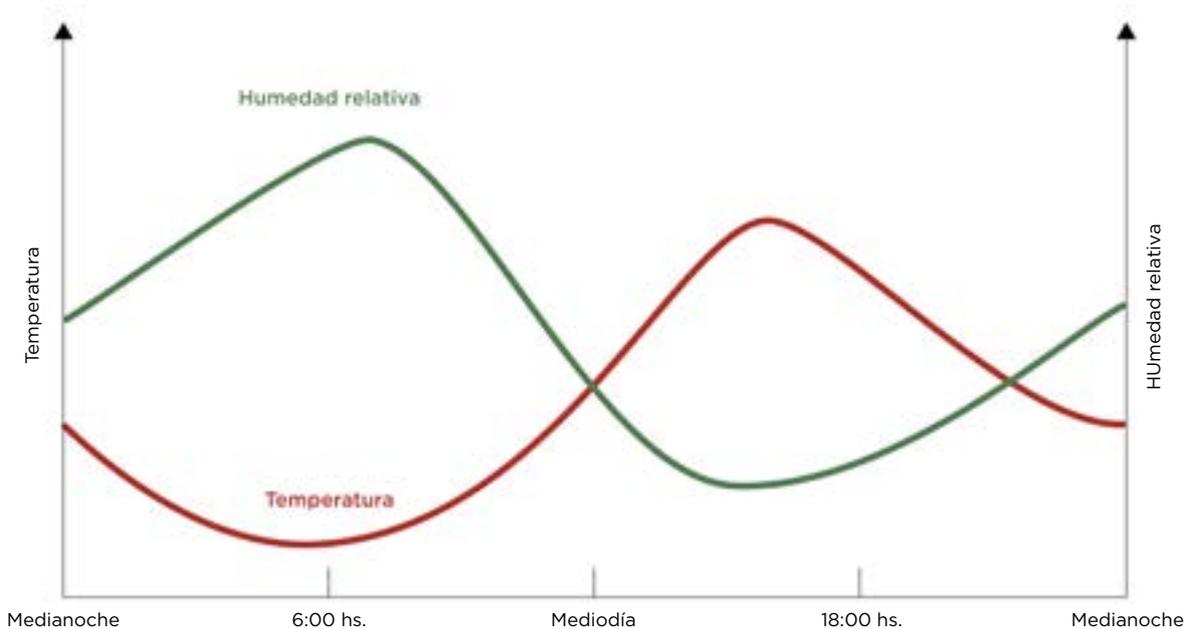
Cristales de hielo o nieve

Estructura ordenada o desordenada

La cantidad de vapor de agua en la atmósfera varía geográficamente: es mayor en zonas oceánicas o en áreas continentales con grandes cuerpos de agua, donde hay vegetación selvática. Sin embargo, esta cantidad disminuye con la altura. Con respecto a la latitud, es máxima en las cercanías del ecuador y mínima en los polos. La distribución del vapor de agua también presenta variaciones temporales. Las fluctuaciones más rápidas se deben a la turbulencia cerca de la

superficie, relacionada con los vientos y la evaporación. Las nubes trasladadas por vientos son otra forma de redistribución del vapor, así como las brisas de mar a tierra y de tierra a mar que se producen en zonas costeras. Finalmente, la humedad presenta una marcha diaria. La humedad relativa en el ciclo diario guarda una relación inversa con la temperatura: cuando la temperatura es menor, la humedad relativa es mayor y viceversa.

#### Relación entre temperatura y humedad relativa



Nota: Se consideran condiciones de tiempo sin nubosidad y viento en calma para estos casos.

Existen distintos parámetros para caracterizar la humedad, pero el que se informa en el pronóstico del tiempo es la **humedad relativa**, que refiere a un cociente, expresado en forma porcentual, entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la máxima que este podría contener según su temperatura. Cuanto mayor es la temperatura del aire, tanto mayor es la cantidad de vapor de agua que puede retener. Es decir que la humedad relativa nos da una idea de lo cerca que está una masa de aire de alcanzar la saturación. Una humedad relativa del 100% indica que esa masa de aire ya no puede almacenar más vapor de agua y, a partir de ese momento, cualquier cantidad extra de vapor se convertirá en agua líquida. Es el mismo mecanismo que origina la formación del rocío. La temperatura a la que hay que enfriar una masa de aire para producir la condensación, sin variar su contenido de vapor, se denomina *temperatura de rocío*.

Aunque la humedad relativa es un dato de gran importancia sobre el grado de sequedad del aire con respecto a la saturación, no da idea de la cantidad real de vapor de agua presente en el aire. Esta cantidad, denominada **humedad absoluta** o *densidad del aire*, se mide en gramos de vapor por metro cúbico o kilogramo de aire. En lugares muy fríos como la Antártida, o en la alta montaña, la humedad es extremadamente baja.

### ¿Sabés cómo se mide la humedad?

Para calcular la humedad relativa se usa el **psicrómetro**, que está formado por un par de termómetros: uno común (o *de bulbo seco*) y otro cuyo bulbo está recubierto por una muselina humedecida por agua destilada (llamado *de bulbo húmedo*). Cuando el agua de la muselina se evapora, la temperatura de ese termómetro disminuye, ya que con la evaporación se absorbe calor. El enfriamiento es directamente proporcional a la sequedad del aire; mientras más seco el aire, mayor enfriamiento. La diferencia entre ambas temperaturas es una medida de la humedad del aire, a mayor (menor) diferencia menor (mayor) humedad relativa. Si el aire está saturado, no se produce evaporación y los dos termómetros marcan la misma temperatura.

El **higrógrafo** es otro instrumento utilizado para medir la humedad del aire, basado en el cambio de la longitud de un haz de cabellos que se produce a medida que aumenta o disminuye la humedad. Las variaciones de la humedad relativa quedan registradas a lo largo del día.

## PRECIPITACIÓN

Se denomina *precipitación* a la caída de agua sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida. Resulta de un proceso generado por el enfriamiento de masas de aire húmedo debido a la ascensión, y a la presencia de núcleos de condensación o de congelación, los que atraen moléculas de agua y originan las lluvias.

La condensación por sí sola no garantiza precipitación. Los requisitos para que el agua precipite son los siguientes:

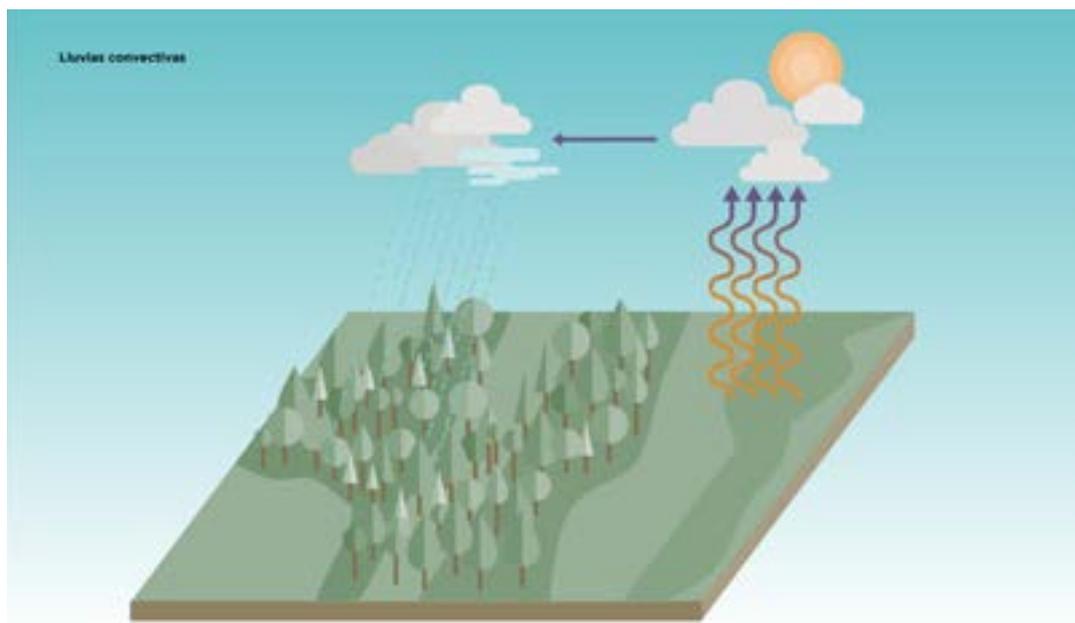
- aire ascendente húmedo, que implica enfriamiento y cambios de presión (el aire se enfría por expansión, ya que la presión atmosférica desciende con la altura);
- núcleos de condensación para que se produzca el cambio de fase de vapor a líquido o sólido;
- gotas de agua o cristales de hielo que crezcan lo suficiente como para contrarrestar las corrientes ascendentes de aire en las nubes, y así poder alcanzar la superficie terrestre.

Las gotas de nube son de tamaño muy pequeño, en promedio menos de 10 micrones de diámetro (un cabello humano tiene un diámetro de alrededor de 75 micrones). Debido a su pequeño tamaño, la velocidad de caída de las gotas es muy baja. Aun debiendo atravesar aire húmedo, una gota de nube se evaporaría a unos pocos metros de salir de la base de la nube. Una gota de lluvia suficientemente grande como para alcanzar el suelo sin evaporarse contiene aproximadamente un millón de veces más cantidad de agua que una gota de nube.

Las precipitaciones se categorizan en **convectivas**, **orográficas** y **ciclónicas** o **frontales**, de acuerdo a la manera en que se eleva en la atmósfera la masa de aire que las origina.

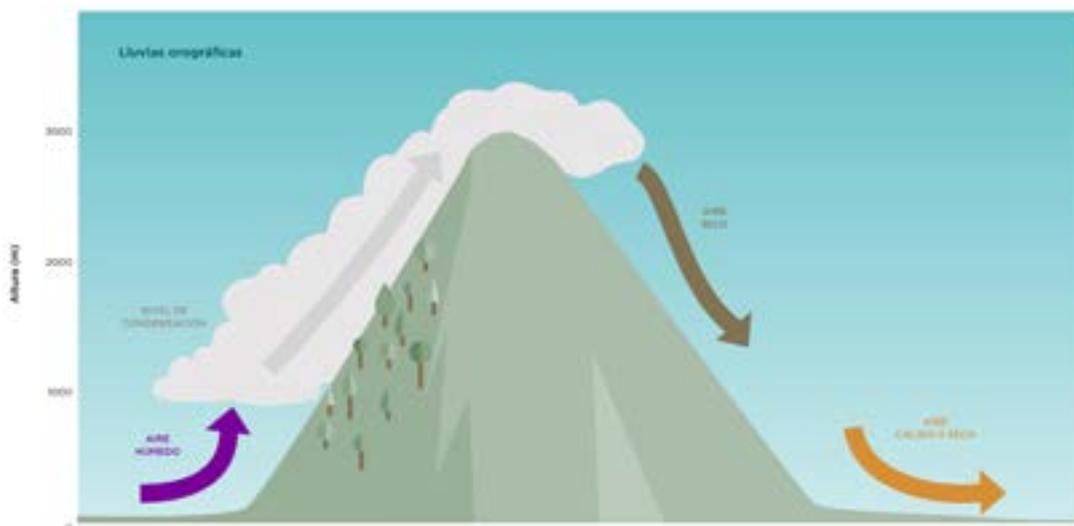
### Convectivas

Las **precipitaciones convectivas** se producen por el ascenso de una masa de aire más caliente que las circundantes. Con el ascenso del aire se desencadenan los procesos formadores de nubes, generalmente de gran desarrollo vertical (*cumulonimbos*), que se caracterizan por producir precipitaciones fuertes. La lluvia se produce en forma de chaparrones de corta duración pero abundantes. Se dan principalmente sobre los continentes, y son más frecuentes en los meses de verano, y en las horas de la tarde, cuando el aire está más caliente e inestable. En Argentina son comunes en la llanura Chacopampeana.



Orográficas

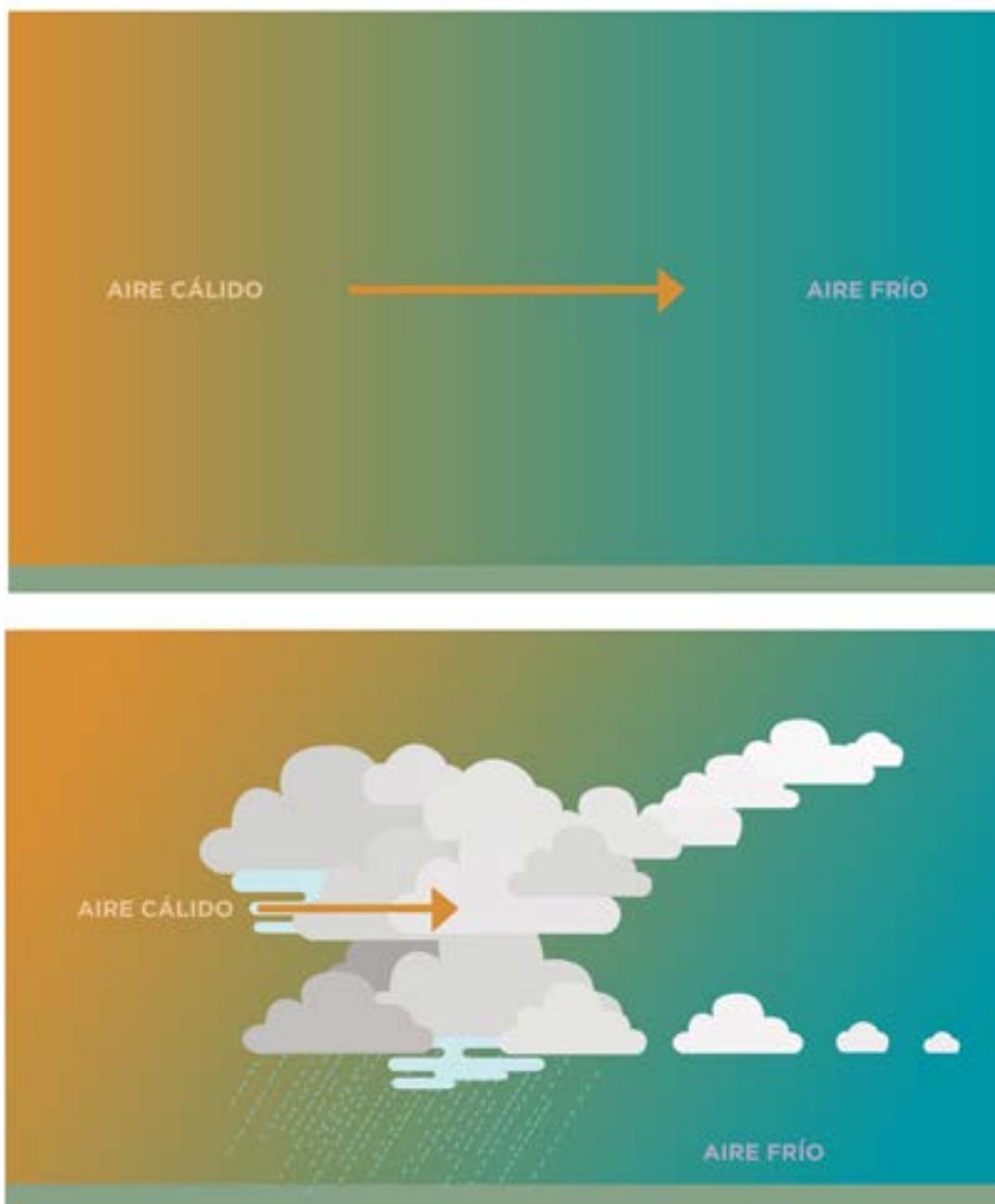
Las **precipitaciones orográficas** se producen por el ascenso de aire con humedad a través de la ladera de una montaña. A medida que el aire asciende se va enfriando y la capacidad para retener humedad es menor, produciéndose la saturación y luego la precipitación. Un ejemplo de este tipo de precipitación se produce en la zona andina de la Patagonia, donde masas de aire provenientes del Pacífico chocan contra la cordillera de los Andes y luego llegan secas a la meseta.



Ciclónicas:  
frente cálido

Las **lluvias frontales** o **ciclónicas** pueden clasificarse según dos tipos de frentes: **frentes de aire cálido** y **frentes de aire frío**. Las lluvias más intensas en general se asocian a este último tipo de frente, donde el aire caliente es forzado a ascender y genera las condiciones para la formación de nubes cumulonimbus. En los frentes cálidos, el aire asciende suavemente, con una escasa pendiente, dando lugar a una nubosidad más estratiforme que en el frente frío y por lo tanto, a lluvias y lloviznas más continuas y prolongadas, aunque de menor intensidad.

Lluvias frontales o ciclónicas: frente cálido



Ciclónicas:  
frente frío

En Argentina por ejemplo, el aire frío polar que ingresa por el sur y el oeste, produce lluvias orográficas sobre la cordillera austral, recorre la meseta patagónica sin producir lluvias significativas y al ponerse en contacto con las masas cálidas tropicales, se manifiestan los frentes fríos que en forma continua recorren el país de sudoeste a noreste. El aire frío, más denso, se introduce como cuña por debajo del aire cálido tropical, obligándolo a subir y enfriarse, desencadenando la formación de nubes. Estos frentes fríos producen lluvias intensas sobre la región pampeana (Bianchi y Cravero, 2010).

Lluvias frontales o ciclónicas: frente frío



**Las precipitaciones en mapas e imágenes**

Al igual que con los otros elementos, la precipitación se representa en mapas con líneas que unen puntos de igual valor llamados en este caso **isoyetas**. También es posible seguir la nubosidad y precipitaciones mediante satélites. Por ejemplo, en el **análisis de topos nubosos del Servicio Meteorológico Nacional** es posible

ver las temperaturas de los topos de las nubes. Cuanto más fría es la temperatura, más desarrollo vertical tendrá la nube y, en consecuencia, mayor probabilidad de granizo habrá. Para un seguimiento de las precipitaciones a más corto plazo se utilizan los **radares**. El eco emitido por los radares se refleja en el objetivo, y así se puede obtener gran cantidad de información sobre la situación de las nubes, su densidad y forma, si están creciendo o si van a provocar algún tipo de precipitación.

### ¿Sabés cómo se mide la precipitación?

Para medir las lluvias se utilizan **pluviómetros**. Constan de un cilindro metálico cubierto en su parte superior por un embudo móvil. Se colocan al aire libre, con su boca a una altura de 1,5 m del suelo. La función del embudo es verter el agua del cilindro al colector interno y, a su vez, evitar la evaporación del agua.

Para registrar la cantidad caída en un período de tiempo existen los pluviógrafos. Estos no solo indican la cantidad total de lluvia caída sino también la intensidad de la precipitación (mm caídos por unidad de tiempo). En este aparato, el agua caída pasa a un recipiente mayor que posee un flotador. Este último está unido a una pluma que escribe sobre la faja registradora.



Pluviómetro.  
Foto: Instituto Nacional de  
Investigación Agropecuaria, Uruguay.



Pluviógrafo.  
Foto: Elvira Gentile

## FACTORES MODIFICADORES DEL CLIMA

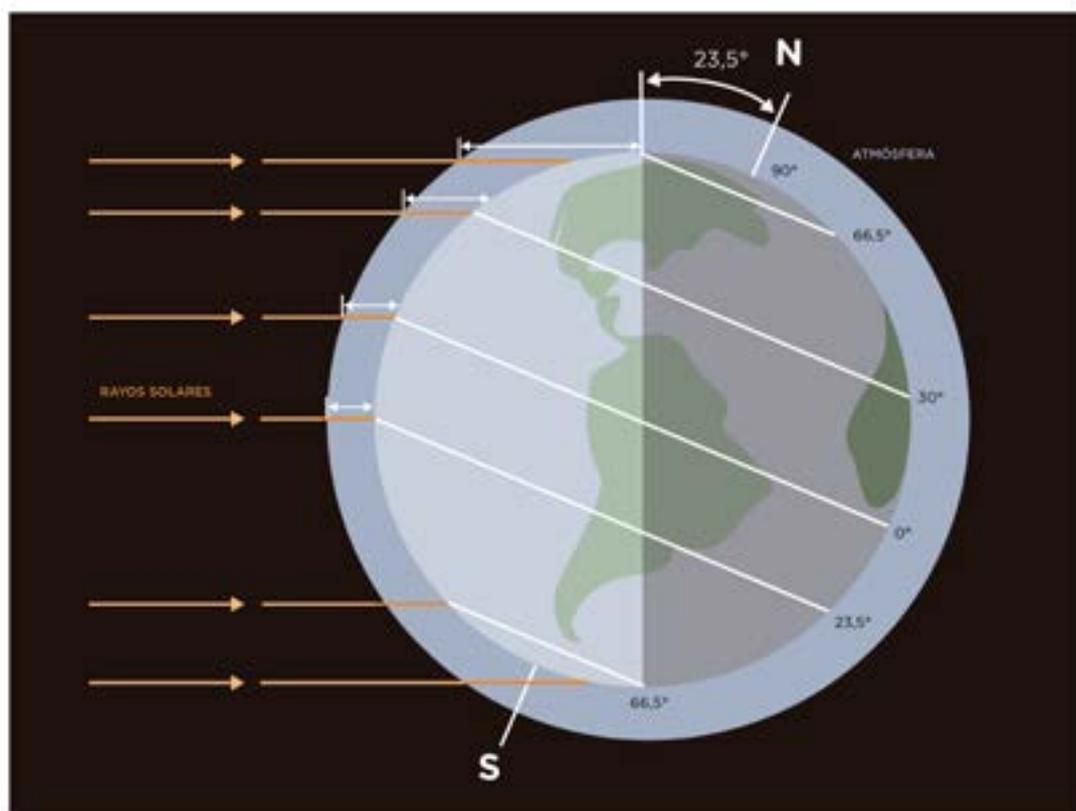
Los elementos climáticos experimentan variaciones espaciales y temporales. Estas variaciones se deben a ciertos factores físicos que condicionan el clima de una región. Por sus características se pueden clasificar en:

- factores **astronómicos**: duración del día;
- **geográficos**: latitud, relieve, distribución de tierras y mares, y
- **dinámicos**: corrientes oceánicas.

### Latitud

La Argentina se extiende, en su parte continental, desde los 22° hasta los 55° de latitud sur aproximadamente. Esta extensión territorial genera importantes modificaciones sobre los elementos del clima. Por ejemplo, a lo largo del país cambia el **ángulo de incidencia de los rayos solares** y la **duración de las horas de luz**. Esto determina variaciones en la **radiación solar** y, en consecuencia, en la **temperatura del aire** (Bianchi y Cravero, 2010).

Inclinación del eje terrestre



**Fuente:** adaptado de Climatología y las estaciones (p.57), por J. Inzunza, 2006, *Meteorología descriptiva y aplicaciones en Chile*.

[http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso\\_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva\\_Inzunza/cap2\\_Inzunza\\_Climatologia.pdf](http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap2_Inzunza_Climatologia.pdf)

**Extensión latitudinal y meridional de Argentina, parte continental americana**

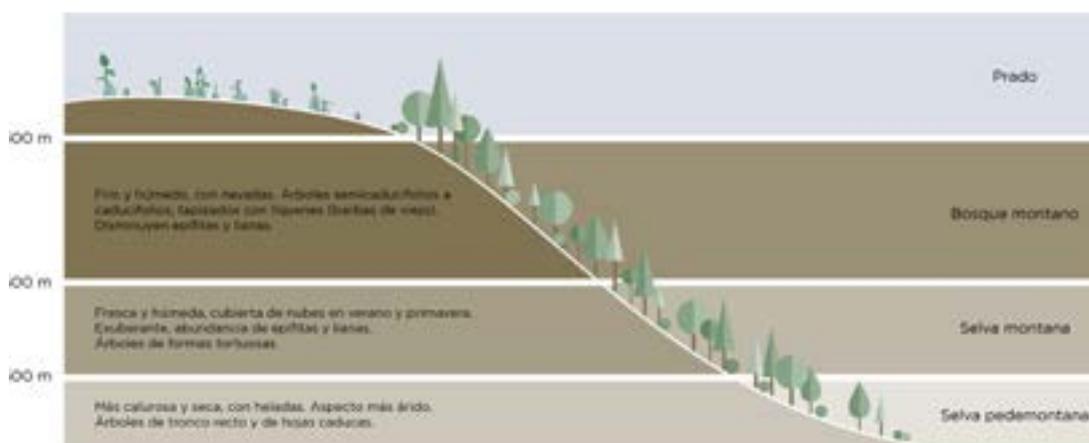


Relieve

El relieve incide especialmente en la temperatura, la presión atmosférica y las precipitaciones. En rasgos generales, a medida que se asciende se produce una disminución considerable de la temperatura, que es de aproximadamente 1° C por cada 180 metros de altura. El decrecimiento de la temperatura con la altura recibe el nombre de *gradiente vertical de temperatura*. En función de esta variabilidad se generan los llamados **pisos térmicos o pisos ecológicos**, a medida que se asciende sobre la ladera de una montaña.

Por otro lado, el relieve genera barreras naturales que impiden la influencia moderadora del mar en el continente, favoreciendo las grandes **amplitudes térmicas**<sup>6</sup> diarias y anuales. La cordillera de los Andes, ubicada al oeste del continente americano, es un claro ejemplo de cómo pueden existir diferentes climas en regiones distantes unos pocos kilómetros, debido a la gran altura que presenta esta cadena montañosa. Por ejemplo, en la Patagonia se producen precipitaciones orográficas en los Andes argentinos y chilenos, pero el aire que llega a la meseta es seco. Es decir que, en una corta distancia, se producen grandes variaciones en las precipitaciones.

pisos de vegetación en la selva de las Yungas



**Fuente:** adaptado de Pisos de vegetación en la selva de las Yungas [Esquema], *Parques Nacionales de Argentina*, Parque Nacional Baritú (<https://www.parquesnacionales.gob.ar/areas-protectadas/region-noroeste/pnbaritu/>)

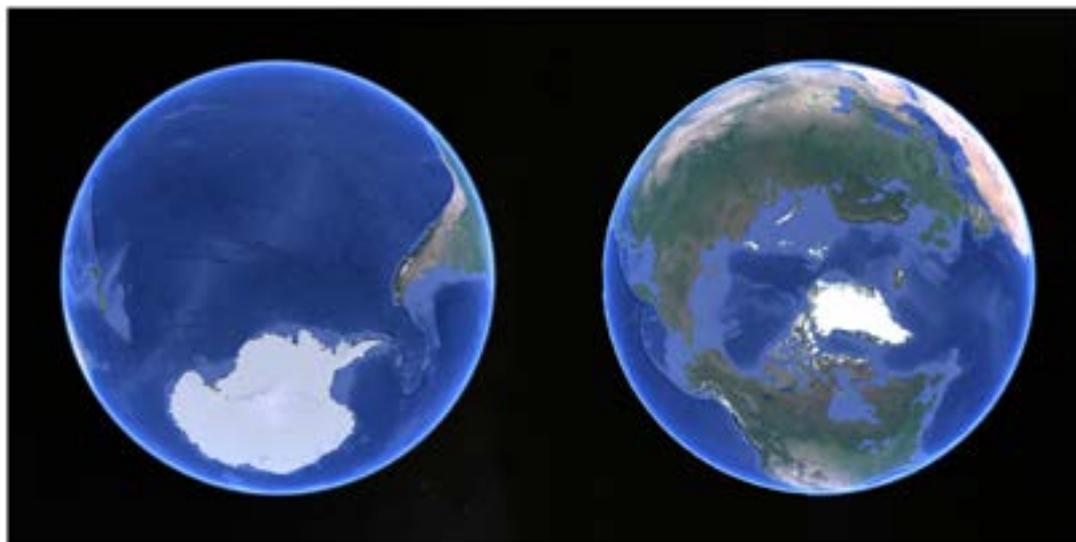
Distribución de tierras y mares

Otro factor que afecta al clima de una región es su situación geográfica. En invierno por ejemplo, el interior de los continentes presenta valores de temperatura mucho más bajos que las que se miden en las proximidades de mares y océanos. A esto se lo denomina **efecto de continentalidad**. Se produce porque el suelo se calienta y enfría más rápido que el agua, debido a las diferentes propiedades termodinámicas del agua y el suelo. La energía que llega a la superficie es absorbida solo por una fina capa del suelo, mientras que en el agua es distribuida a mayor profundidad gracias a la facilidad que tiene para circular en el seno de la misma (FECyT, 2004). Por eso, en verano las localidades costeras tienden a atenuar su temperatura.

Sobre los continentes, existen diferentes tipos de cobertura del suelo: desértico, selvático, cubiertos de nieve, etcétera. La vegetación espesa tiende a atenuar los cambios de temperatura, debido a que contiene bastante agua, actuando como un aislante para la transferencia de calor entre la Tierra y la atmósfera. Por otro lado, las regiones desérticas o áridas permiten grandes variaciones en la temperatura.

<sup>6</sup>**Amplitudes térmicas:** diferencia entre temperaturas máximas y mínimas. Puede ser diaria o anual, considerando la temperatura del mes más cálido menos la del mes más frío.

Hemisferios oceánico y continental



**Fuente:** adaptado de Google Earth, 2018, <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>

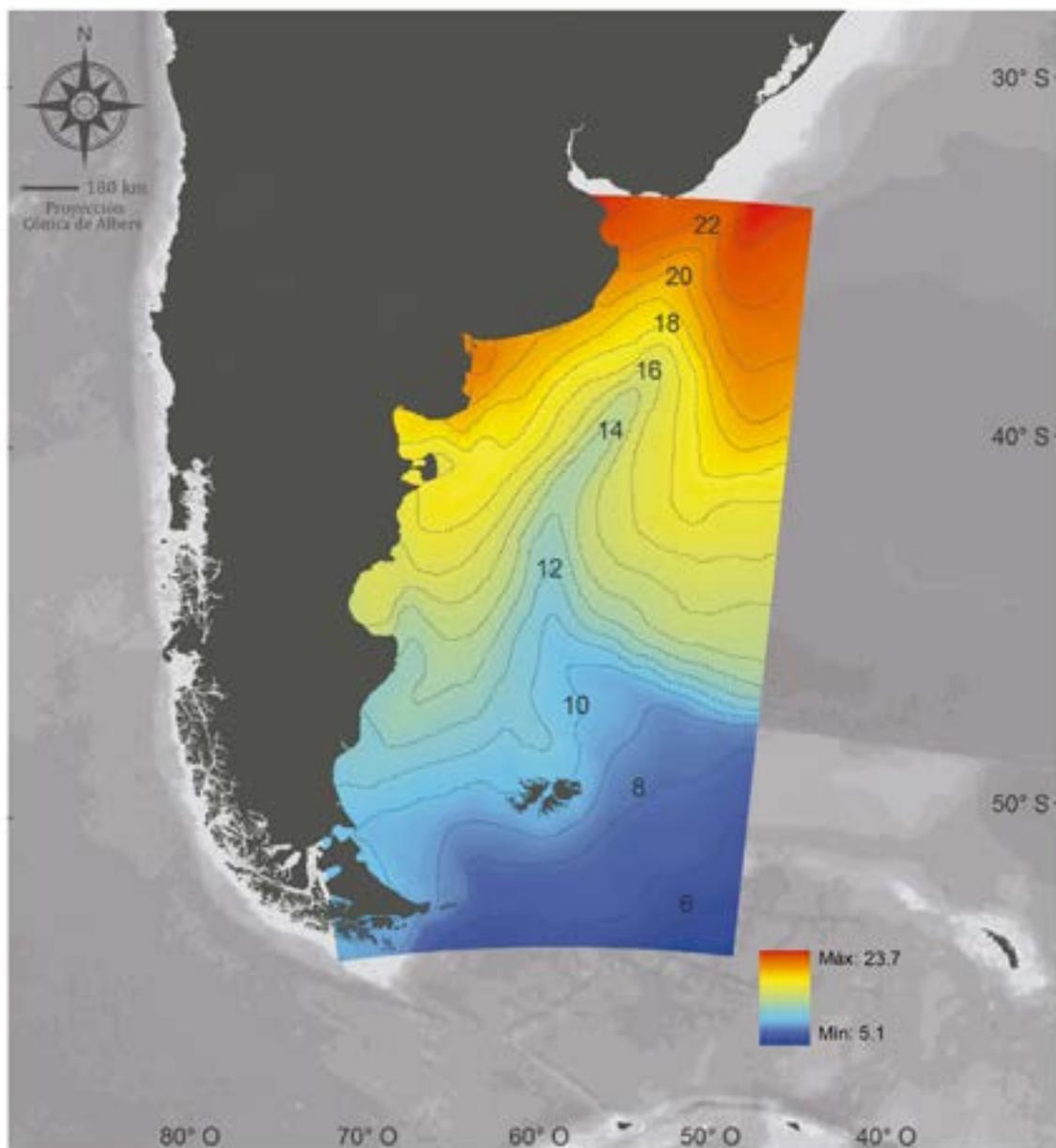
Corrientes  
marinas

Las corrientes marinas u oceánicas son grandes masas de agua de los océanos que se pueden clasificar en dos tipos, **superficiales** o **profundas**. Las primeras se producen por el viento y están influenciadas por la distribución de los continentes y la rotación terrestre. Pueden ser frías, cálidas o mixtas.

Las corrientes marinas no afectan al continente en sí, pero pueden llegar a hacerlo indirectamente, a través de la circulación del aire, cuando las masas de aire se desplazan sobre ellas, adquieren sus características térmicas e ingresan al continente. Su influencia se siente principalmente a lo largo de los márgenes de los continentes. Las corrientes cálidas de latitudes bajas suavizan las temperaturas de las localidades costeras de altas latitudes y las corrientes frías producen el efecto contrario en áreas de bajas latitudes. La República Argentina recibe la influencia directa de la corriente de Malvinas, de aguas frías, que se genera como desprendimiento de la corriente Antártica occidental.

Las corrientes profundas, conocidas también como *termohalinas*, se generan por diferencias de temperaturas o de salinidad. Se ven afectadas por la topografía del fondo oceánico y el movimiento de rotación de la Tierra. Su movimiento es lento, de 2 a 40 cm/s, y puede tener una dirección contraria a la de la corriente superficial.

Temperatura superficial del mar: trimestre enero-marzo (°C)



La imagen permite observar el ingreso de las aguas frías subantárticas de la corriente de Malvinas, cuyo efecto está presente durante todo el año en el borde del talud. Al norte se identifican las aguas cálidas de la corriente de Brasil y otros máximos costeros locales. Datos: A. Piola (SHN-UBA-CONICET).

**Fuente:** reproducido de *Temperatura superficial (verano)* [Mapa], por A. Piola; K.S. Casey y P. Cornillon (1999); y NASA (podaac.jpl.nasa.gov), 2009, <http://www.atlas-marpatagonico.org>

VOLVER AL ÍNDICE

## CIRUCLACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA

Los movimientos que conforman la circulación atmosférica se generan principalmente por la energía recibida del Sol. La radiación solar se transforma en calor y se distribuye a lo largo de todo el globo, de manera no uniforme. El calentamiento diferencial provoca movimientos de las masas de aire desde unas zonas a otras para intentar equilibrar estas diferencias térmicas (Rodríguez Jiménez et al., 2004). La transformación de energía calórica en **energía cinética**<sup>7</sup> implica movimientos horizontales y/o verticales del aire, con una vinculación directa con los campos de presión.

La circulación global idealizada para la Tierra en rotación no considera las diferencias entre océanos y continentes. Como consecuencia de la fuerza de *Coriolis*, el esquema propuesto por Hadley solo se cumple entre el ecuador y unos 30° de latitud en ambos hemisferios. La celda de Hadley se conoce como *celda de circulación directa*, porque el aire caliente (menos denso y más liviano) asciende en el ecuador y el aire más frío desciende en latitudes subtropicales. La celda de latitudes medias se denomina *celda de Ferrel*; es de circulación indirecta ya que el aire que desciende en la región subtropical es relativamente más cálido que el que asciende en latitudes altas, cerca de los 60° en ambos hemisferios. Entre los 60° y los polos existe otra celda de circulación directa, llamada *celda polar*. La circulación en superficie de ambas celdas de Hadley es desviada hacia el oeste en ambos hemisferios, por la fuerza de Coriolis, dando lugar a los **vientos alisios**. En el hemisferio sur, soplan desde el sudeste, y en el hemisferio norte desde el noreste. Los vientos alisios fueron aprovechados por los navegantes europeos para dirigir sus naves a vela hacia el Nuevo Mundo.

Los alisios de ambos hemisferios convergen en una franja cercana al ecuador, la que se conoce con el nombre de *Zona de Convergencia Intertropical* (ZCIT). Esta se caracteriza por el desa-

rollo de movimientos ascendentes de masas de aire húmedo, lo que da origen a nubes convectivas y, en consecuencia, abundantes e intensas precipitaciones.

Alrededor de los 30° de latitud coinciden las ramas descendentes de las celdas de Hadley y Ferrel. El descenso o subsidencia casi permanente de aire mantiene alta la presión, siendo esta región conocida como el **cinturón de anticiclones subtropicales**. Allí los vientos son débiles o calmos, además el aire desciende seco, por lo tanto la humedad relativa es muy baja y los cielos permanecen despejados. Los conquistadores llamaban a esta región *latitud de los caballos*, pues la ausencia de viento los mantenía casi detenidos durante varios días, y se veían forzados a arrojar los caballos al mar para ahorrar agua y comida.

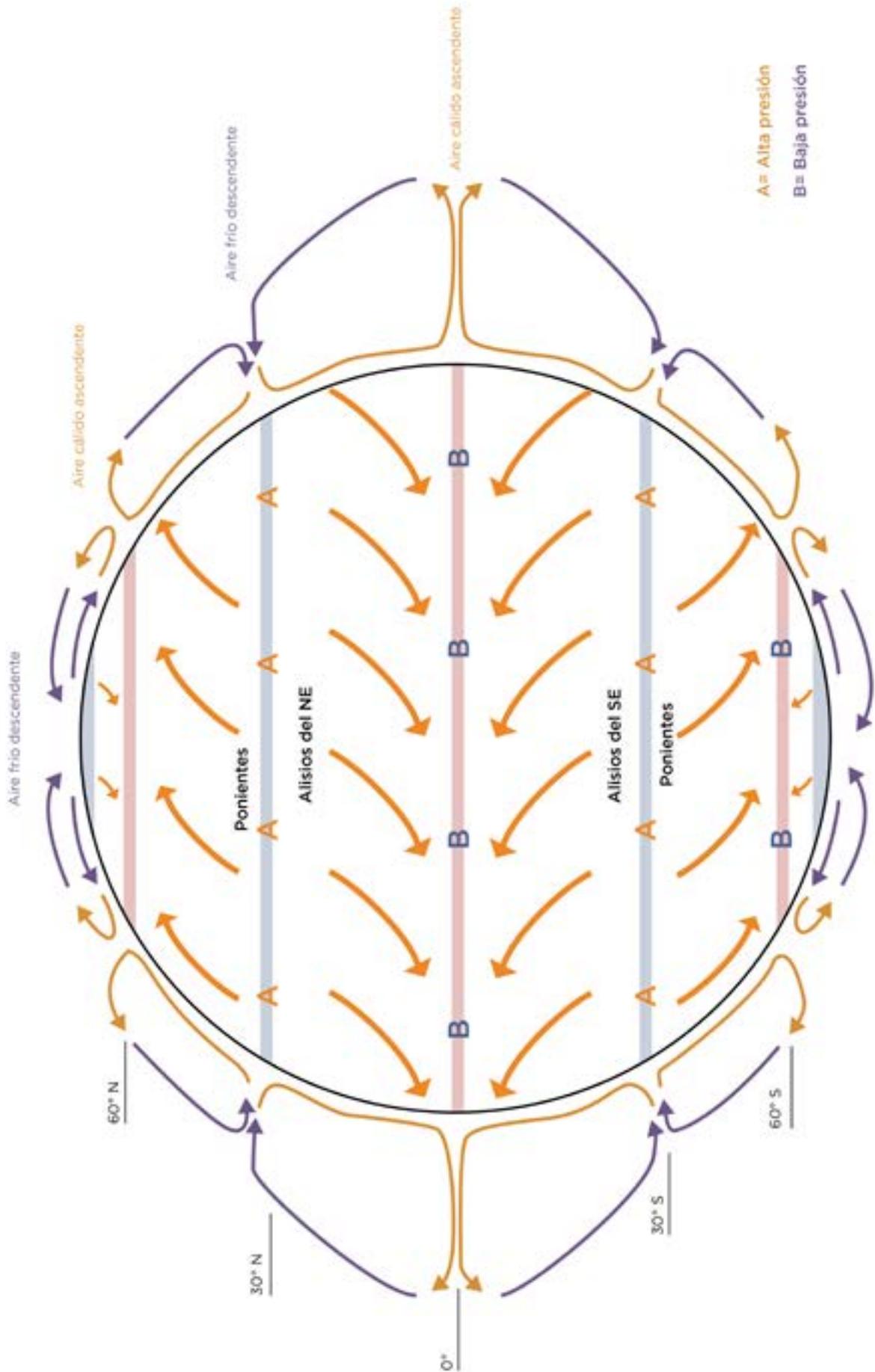
Entre los 30 y 60° el flujo hacia los polos es desviado por la fuerza de Coriolis hacia el oeste, dando lugar a la región de los **vientos del oeste**. Son mucho más esporádicos e inciertos que los alisios, pues el flujo medio se halla perturbado por la incesante migración de sistemas de baja y alta presión, causantes de la gran variabilidad del estado del tiempo en estas latitudes.

Alrededor de los 60° de latitud se ubica otra franja de bajas presiones, las bajas subpolares, en ella convergen el aire frío proveniente de las regiones polares con el aire más cálido de la zona subtropical. La separación entre estos dos tipos de masas de aire da origen al frente polar, que no es otra cosa que una sucesión de centros de baja presión asociados a frentes fríos y calientes que continuamente irrumpen en la región de los vientos del oeste.

La circulación en las latitudes más altas es relativamente poco conocida. Se sabe que la subsidencia en los polos da origen a centros de alta presión (las llamadas *altas polares*) desde los que el aire fluye hacia el ecuador, siendo desviado por la fuerza de Coriolis y dando lugar a los *estes polares*.

<sup>7</sup>**Energía cinética:** energía del movimiento. Es el trabajo necesario que una masa requiere para salir de su estado de reposo y adquirir una cierta velocidad.

## Sistema de vientos a escala planetaria



VOLVER AL ÍNDICE

## EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es una perturbación intermitente del SCT centrada en el océano Pacífico ecuatorial, que tiene importantes consecuencias en las condiciones del clima de casi todo el globo. Entre estas consecuencias hay aumentos de las precipitaciones que han causado inundaciones destructivas y sequías en diversas regiones del mundo y, en particular, en América del Sur.

### El Niño

En algunas ocasiones, en cuasi-ciclos de 3 o 4 años y siempre hacia fines del año, la contracorriente ecuatorial dirige sus aguas hacia el sur, a lo largo de las costas de Ecuador. Recibe el nombre de *El Niño* debido a su aparición muy próxima a las fiestas navideñas. En algunos casos, esta corriente avanza hacia el sur más de lo habitual y sus aguas calientes llegan hasta los 12° S, frente a las costas peruanas.

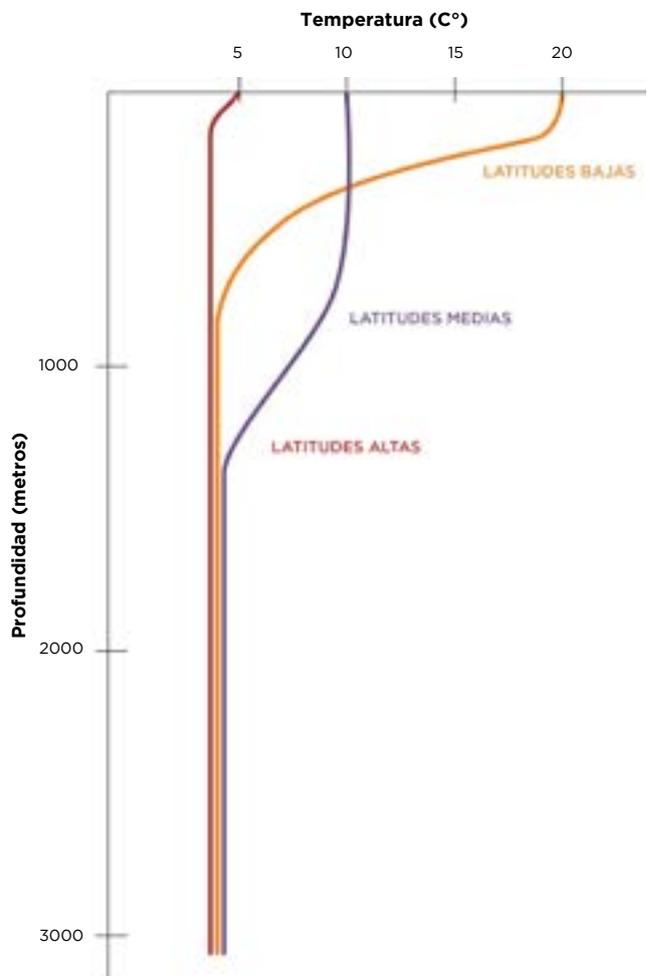
Cuando esto ocurre, desaparece la surgencia asociada con la corriente fría de Humboldt, responsable de la gran abundancia de peces en la región, quienes aprovechan la mayor cantidad de nutrientes de las aguas frías.

En sus comienzos, se creyó que el fenómeno de El Niño era puramente local y afectaba, principalmente, al Perú, debido a la profunda perturbación del ecosistema marino de la región. Hoy se sabe que este fenómeno regional está relacionado con otro mucho más extendido, de escala hemisférica. Los vientos predominantes en el océano Pacífico tropical son los alisios del sudeste, en el hemisferio sur y los alisios del noreste, en el hemisferio norte. Existe una relación directa entre la acción de estos vientos prevalecientes y la distribución de las temperaturas sobre la superficie del mar. En los años normales (sin El Niño) la temperatura del océano decrece gradualmente de oeste a este. Los vientos alisios acumulan aguas cálidas hacia Indonesia, elevando el nivel del mar que, sobre esta región, es alrededor de medio metro más alto que en las costas de Perú. Al

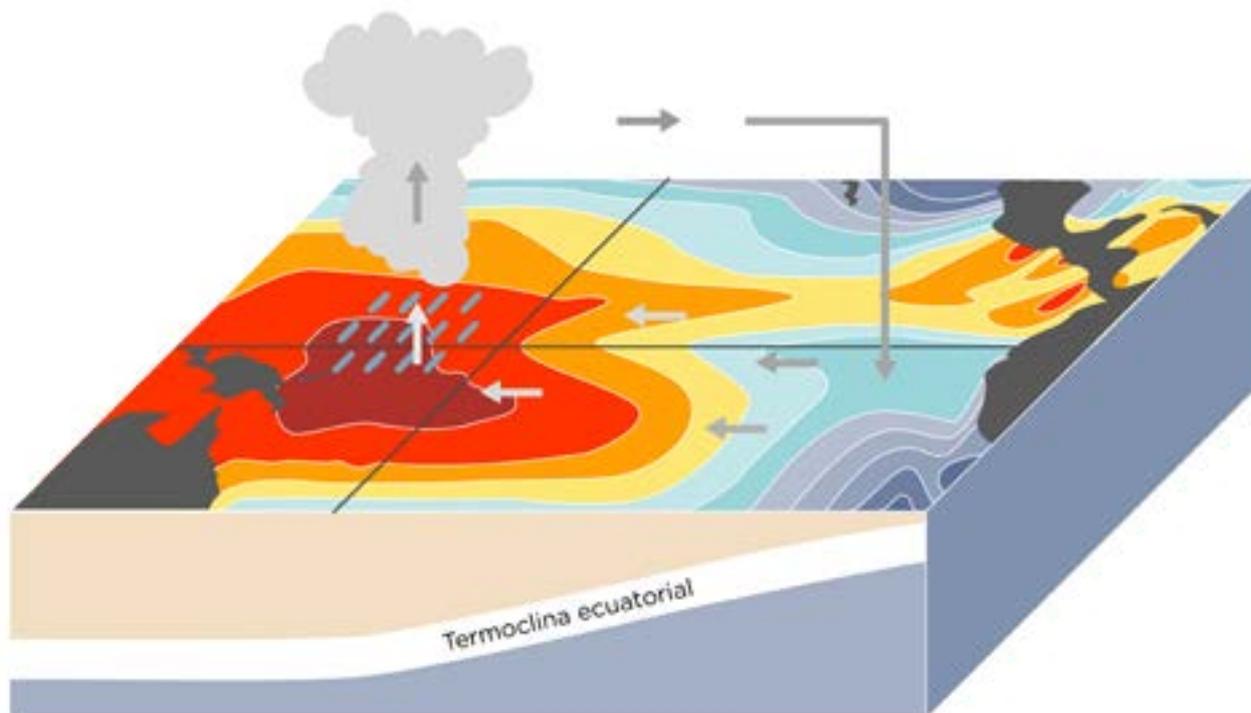
empujar las aguas más cálidas (calentadas por el Sol) hacia el oeste, los alisios también producen un desequilibrio en la capa superficial del océano, denominada *termoclina*.

El perfil vertical de la temperatura del océano muestra bien definidas una capa de agua superficial bien mezclada y otra profunda, caracterizada por temperaturas bajas y relativamente homogéneas. Entre ambas aparece una inversión en la temperatura que es lo que se denomina *termoclina*.

### Inversión de la temperatura en el océano para diferentes latitudes

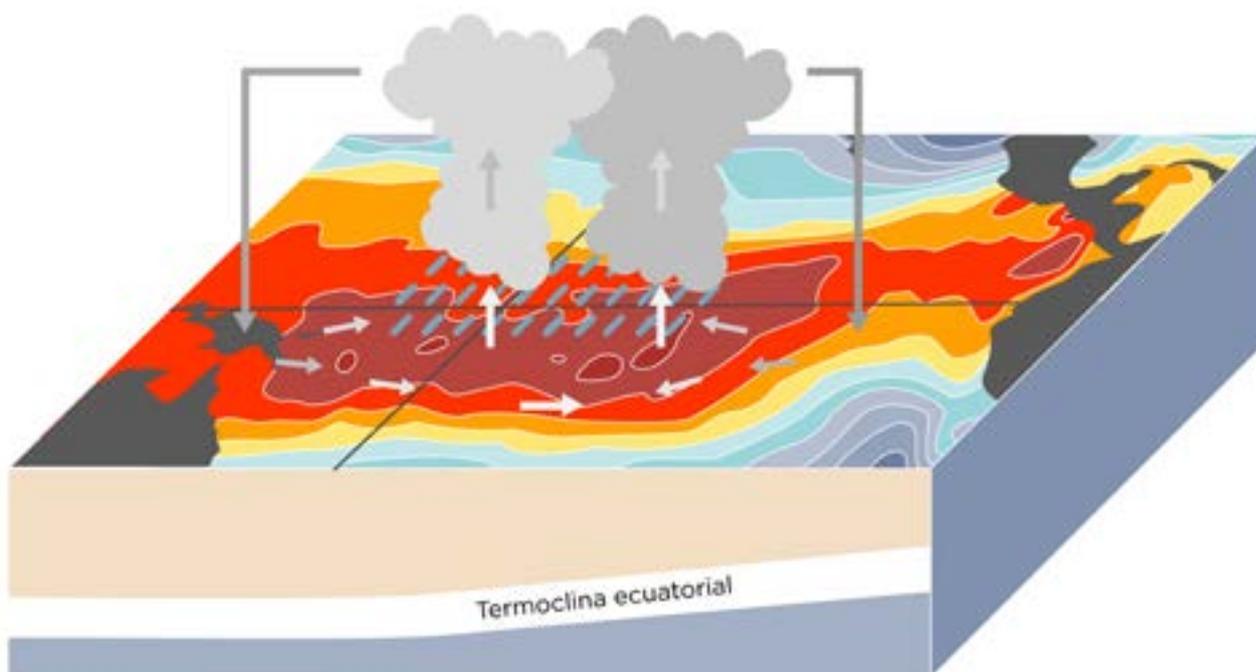


### Condiciones normales, período diciembre-febrero



**Fuente:** adaptado de *What is El Niño?* [imagen], por Pacific Marine Environmental Laboratory, recuperado en noviembre de 2019, <https://www.pmel.noaa.gov/el-nino/what-is-el-nino>

### El Niño, período diciembre-febrero



**Fuente:** adaptado de *What is El Niño?* [imagen], por Pacific Marine Environmental Laboratory, recuperado en noviembre de 2019, <https://www.pmel.noaa.gov/el-nino/what-is-el-nino>

La surgencia de agua cercana a la costa de Perú eleva el nivel de la termoclina en el Pacífico oriental. Por otra parte, el empuje de los vientos alisios hacia el oeste provoca el descenso de la termoclina sobre la región de Indonesia. Como resultado de la acción de los vientos podemos concluir que, en condiciones normales, la temperatura aumenta, el nivel del mar se eleva y la profundidad de la termoclina aumenta de este a oeste. La acumulación de aguas más cálidas sobre el Pacífico occidental y frías en el oriental, se refleja también en las precipitaciones. Las aguas más cálidas dan lugar a la formación de nubes y precipitación. Durante los episodios El Niño, por diferencia en la presión atmosférica, se debilitan los vientos alisios o dejan de soplar. El máximo de temperatura superficial del mar en la zona occidental gradualmente se desplaza hacia el este y, alrededor de seis meses después, alcanza la costa de América del Sur, en el extremo este del Pacífico. El desplazamiento del máximo de

temperatura superficial del mar va acompañado de un enfriamiento relativo en el Pacífico occidental, es decir, cerca de Asia.

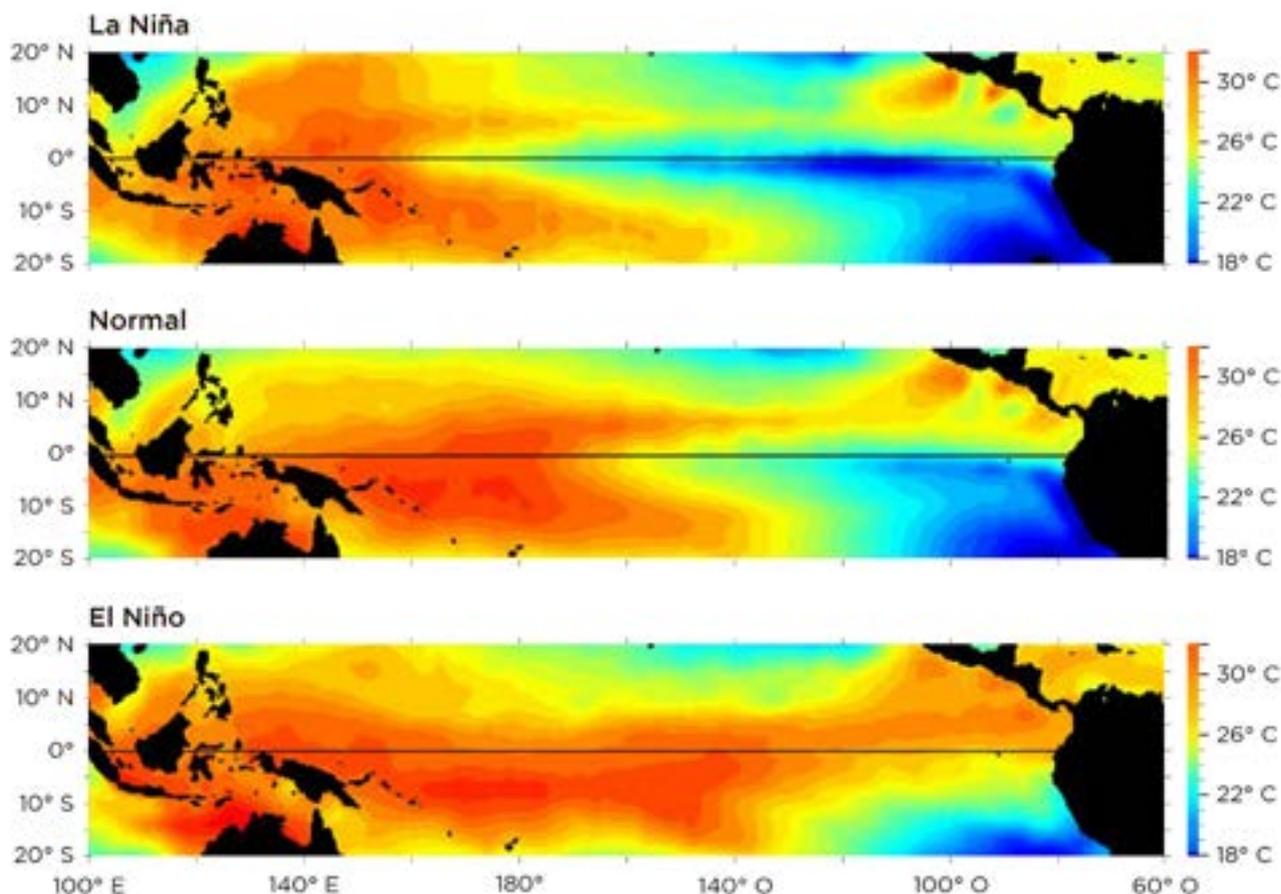
Sobre las costas de América aumenta la temperatura de las aguas y desciende la termoclina, limitando la cantidad de aguas ricas en nutrientes que llegan a la superficie, vitales para mantener la riqueza pesquera. Como la zona más cálida del océano se encuentra más al este, también se desplazan conjuntamente las zonas de desarrollo de nubes convectivas y las precipitaciones.

### La Niña

El fenómeno inverso, el enfriamiento de las aguas orientales del Pacífico, fue llamado primero el *anti-El Niño*, hasta que fue notorio que esto quería decir, literalmente, el *Anti-Cristo*. Para evitar esta desafortunada connotación el fenómeno se rebautizó como *La Niña*.

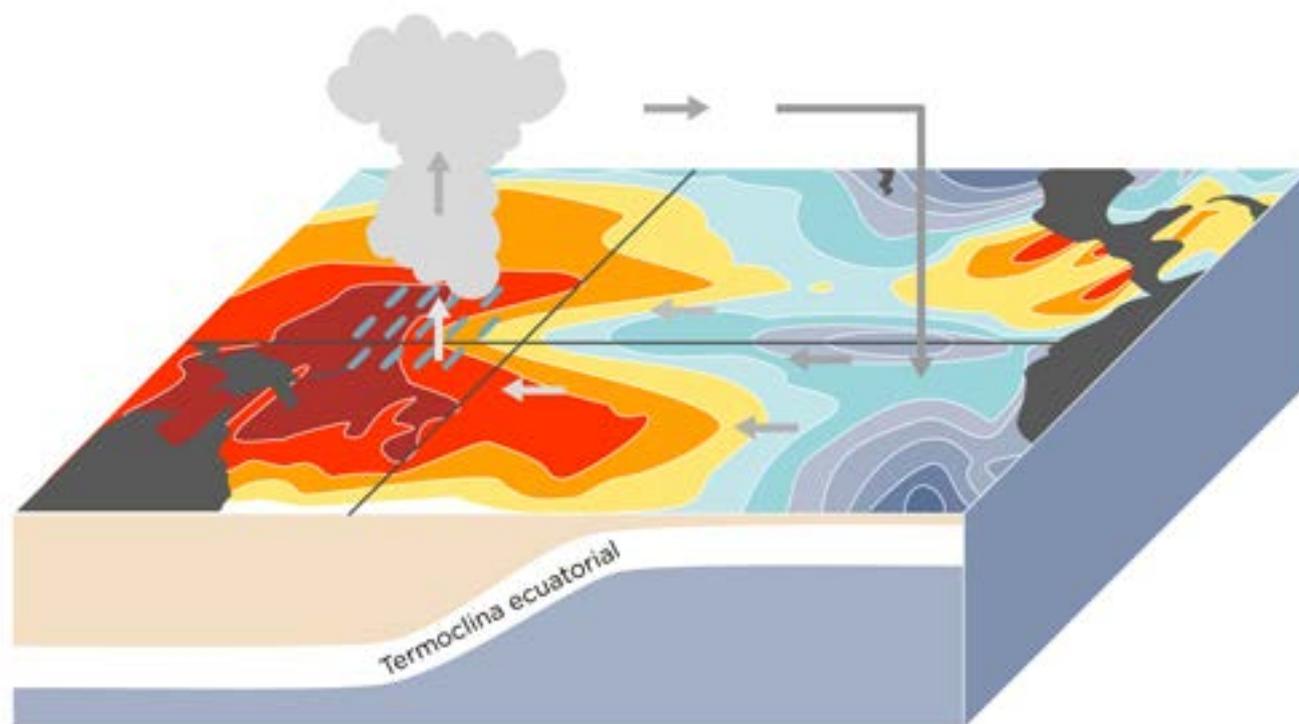
La Niña, en contraposición con El Niño, está caracterizada por temperaturas oceánicas inusualmente frías en el Pacífico ecuatorial.

## Temperatura de la superficie del mar



**Fuente:** adaptado de *What is La Niña?* [imagen], por Pacific Marine Environmental Laboratory, recuperado en noviembre de 2019, <https://www.pmel.noaa.gov/el-nino/what-is-el-nino>

## La Niña, período diciembre-febrero



**Fuente:** adaptado de *What is La Niña?* [imagen], por Pacific Marine Environmental Laboratory, recuperado en noviembre de 2019, <https://www.pmel.noaa.gov/el-nino/what-is-el-nino>

### Consecuencias del ciclo ENOS

Las consecuencias socioeconómicas de las perturbaciones climáticas asociadas con la variabilidad del ciclo ENOS, pueden llegar a ser catastróficas. En los años Niño, algunos de los más importantes impactos en todo el globo pueden caracterizarse por eventos tales como (Celis et al., 2009): precipitaciones de gran intensidad en las regiones costeras de Ecuador y Perú, cuyo clima en años normales es seco; sequías en Australia, África del Sur, centro-sur de México y América Central; lluvias de gran intensidad en las cuencas de los ríos Paraguay (inferior), Paraná, Uruguay (medio y superior) e Iguazú, aumento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones nivales en la cordillera

central y nevadas de primavera desfasadas en el tiempo para el sector de cordillera patagónica. No obstante, es importante destacar que, si bien durante episodios ENOS muy severos se han observado graves inundaciones en la Mesopotamia (tal es el caso del episodio 1982/1983; 1992; 1997-1998, 2015-2016), también se han producido serias inundaciones en estas regiones en años de "no-Niño" (por ejemplo, durante el año 1985, 2001, 2012 en la provincia de Buenos Aires). Por otro lado, el impacto de los eventos Niña en la Argentina comprende (Celis et al., 2009) la disminución de lluvias en la franja central, Mesopotamia y Litoral, veranos más cálidos, inviernos con temperaturas medias más altas que las normales para la estación y el aumento en las precipitaciones en el Noroeste argentino.

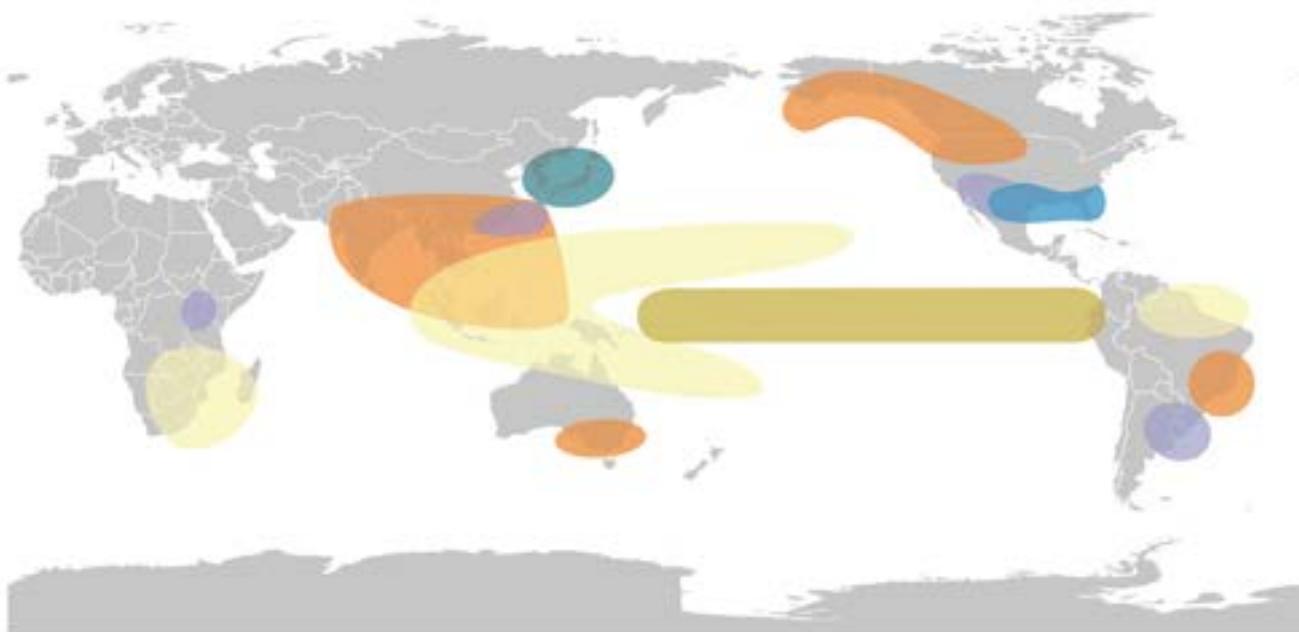
# ARGENTINA FÍSICO-NATURAL CLIMA

## El Niño

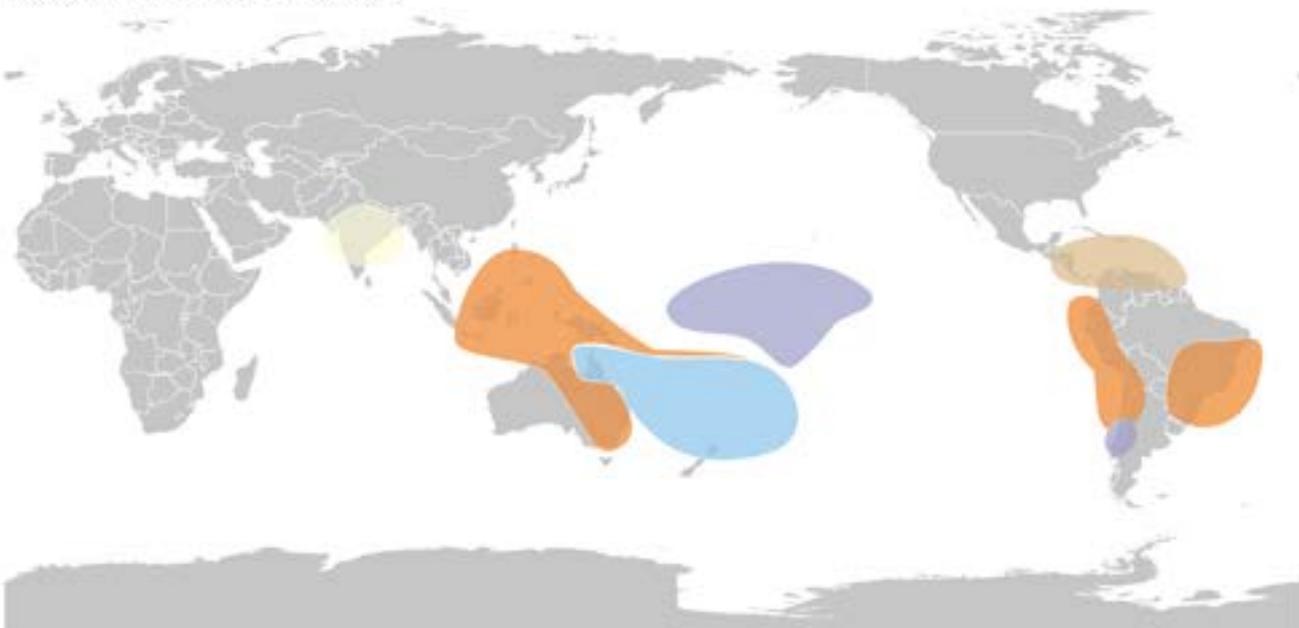
### Referencias



### Condiciones período diciembre-febrero



### Condiciones período junio-agosto



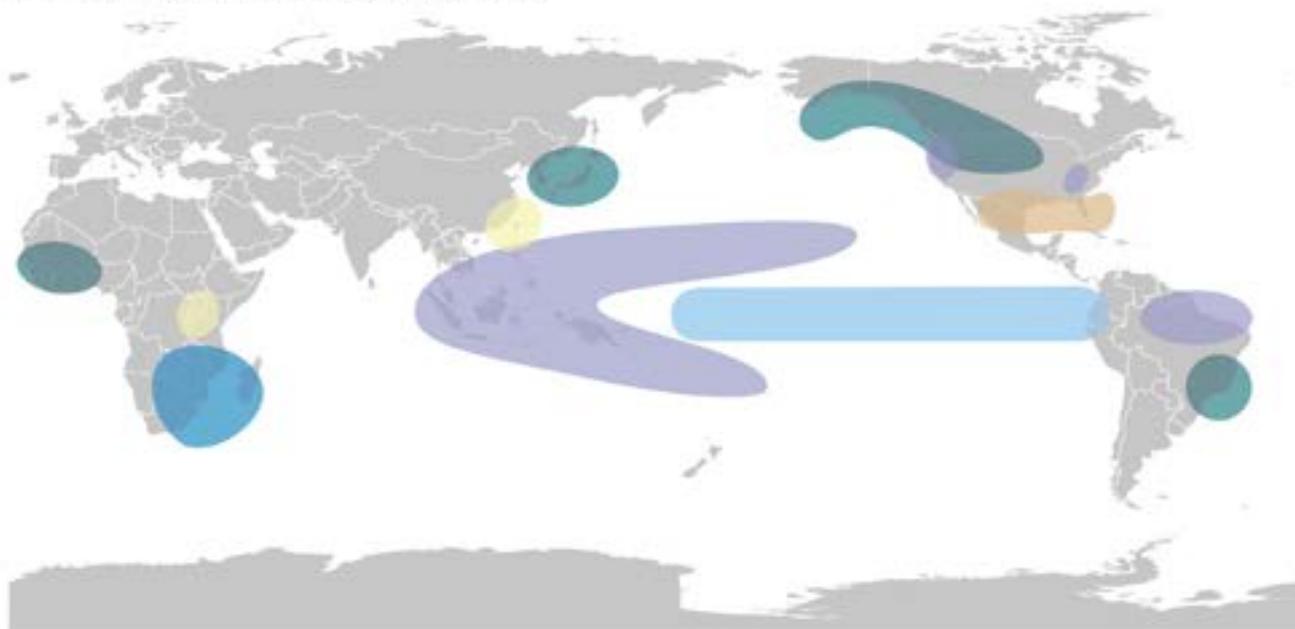
**Fuente:** adaptado de *El Niño global impacts* [imagen], por Pacific Marine Environmental Laboratory, recuperado en noviembre de 2019, <https://www.pmel.noaa.gov/el-nino/impacts-of-el-nino>

## La Niña

### Referencias



### La Niña, condiciones período diciembre-febrero



### La Niña, condiciones período junio-agosto



**Fuente:** adaptado de *La Niña global impacts* [imagen], por Pacific Marine Environmental Laboratory, recuperado en noviembre de 2019, <https://www.pmel.noaa.gov/el-nino/impacts-of-el-nino>

VOLVER AL ÍNDICE

## TIPOS DE CLIMA

La división del globo en regiones o zonas climáticas delimitadas es difícil de determinar, ya que casi nunca se pasa de un clima a otro atravesando una frontera climática; de ahí que se hable de *climas de transición*. Como no existe una clasificación única que pueda ser usada en forma satisfactoria para un número ilimitado de fines, se han desarrollado diversos sistemas en función de los elementos de la naturaleza sensibles al clima: la vegetación y el suelo, por ejemplo, así como también de la sociedad humana. En general, las clasificaciones climáticas propuestas hasta el presente se pueden considerar en cuatro grupos, según estén fundamentadas en las temperaturas, las precipitaciones, una combinación de ambos factores, o la distribución de los seres vivos (también llamadas *bioclimáticas*).

- Las clasificaciones **basadas en la temperatura** destacan las similitudes existentes entre isotermas y paralelos, pero debido a las diferentes propiedades térmicas de las masas de tierra y agua, no es posible correlacionar los regímenes de temperatura con las zonas latitudinales.
- Las clasificaciones climáticas **basadas en la precipitación** suelen distinguir entre las zonas más áridas y las muy húmedas, con diversas denominaciones (árido, semiárido, seco, subhúmedo, húmedo, muy húmedo, etc.). Sin embargo, al no tener en cuenta la distribución de las precipitaciones a lo largo del año ni considerar el factor temperatura, la **efectividad**<sup>6</sup> de las lluvias queda sin evaluar.
- Las **clasificaciones mixtas** consideran tipos climáticos a partir de criterios combinados de precipitación y temperatura, que se suelen plasmar en índices climáticos.

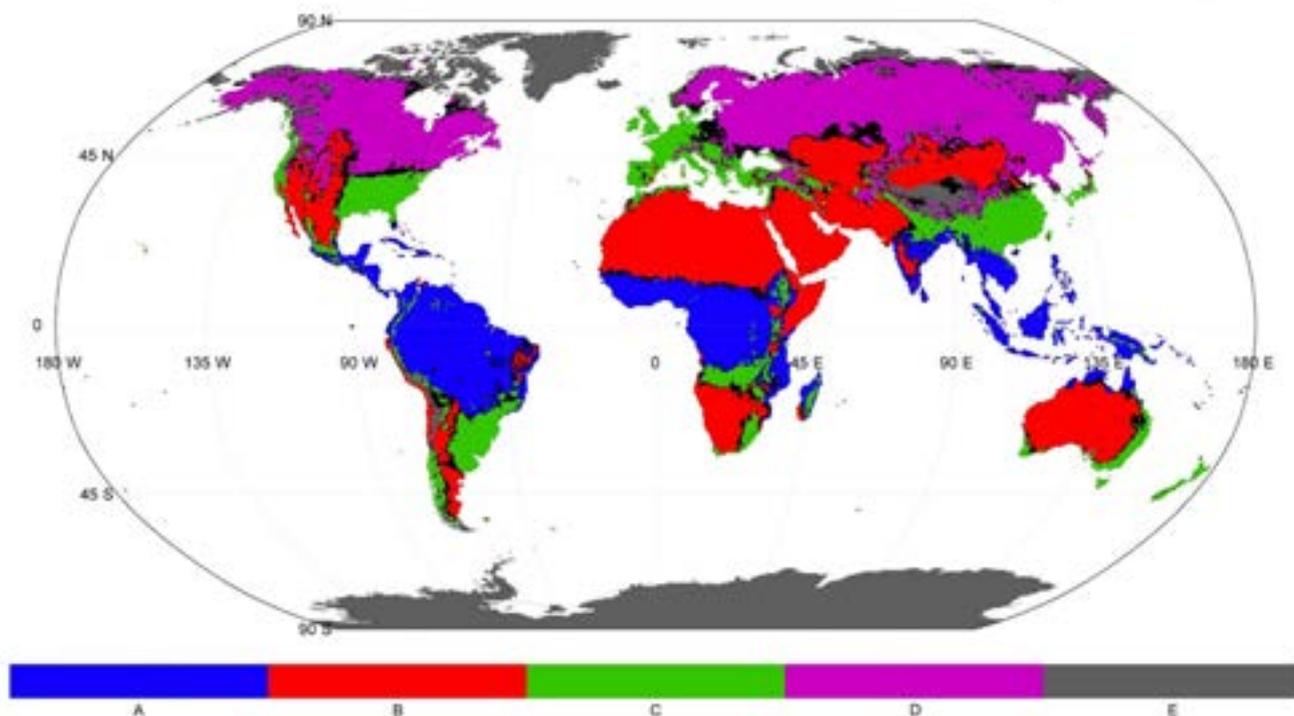
Una clasificación mixta muy difundida es la de **Köppen**, que fue desarrollada a inicios del siglo pasado y luego mejorada por el mismo Köppen y sus seguidores. A pesar de tener un siglo, se sigue utilizando como base para la regionalización climática no solo en climatología sino también en diversas disciplinas como geografía física, hidrología, agricultura y biología, entre otras (Peel et al., 2007). En los últimos años esta clasificación también es empleada por algunos investigadores para identificar cambios en el clima, y potenciales cambios en la vegetación a lo largo del tiempo (Chen, 2017).

Köppen desarrolló su clasificación en base a las relaciones empíricas entre el clima y la vegetación. Como los factores ecológicos vitales para el desarrollo vegetal son el calor y el agua, los elementos meteorológicos que eligió para cuantificarlos son la temperatura y la precipitación, de los cuales se tienen abundantes registros y estadísticas. La clasificación de Köppen está basada en la subdivisión de los climas del mundo en cinco **grandes tipos**, los cuales están representados por las letras mayúsculas **A, B, C, D y E**. Todos están definidos por criterios de temperatura, salvo el B, que se define por el nivel de aridez. Cada gran tipo de clima es acompañado por dos letras adicionales. Es decir que la primera letra indica el clima principal, la segunda la precipitación y la tercera la temperatura. Los tipos de clima según Köppen son los siguientes:

- Tropical húmedo (A).
- Desértico (B).
- Templado con inviernos moderados (C).
- Boreal (o templado con inviernos severos) (D).
- Nival (E).

<sup>6</sup>**Efectividad:** capacidad de que las lluvias sean aprovechadas por la vegetación. No es lo mismo que llueva en verano cuando la evaporación es muy alta, que en invierno, cuando es considerablemente menor.

Clasificación climática de Köppen (1901-2010)



Letra

- A: tropical
- B: desierto o estepa
- C: templado
- D: frío
- E: nival

**Escala temporal:** 30 años. El color negro indica las regiones donde hubo cambios en los tipos de clima según Köppen en el período 1901-2010. Los datos de temperatura y precipitación de superficie corresponden al período 1900-2010. Grillado mensual (V 3.01). Resolución 0,5 ° (latitud/longitud).

**Fuente:** adaptado de Chen, D y H. W. Chen, 2013. Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901-2010. *Environmental Development*, 6, 69-79, 10.1016/j.endev.2013.03.007.

---

LINKS DE INTERÉS

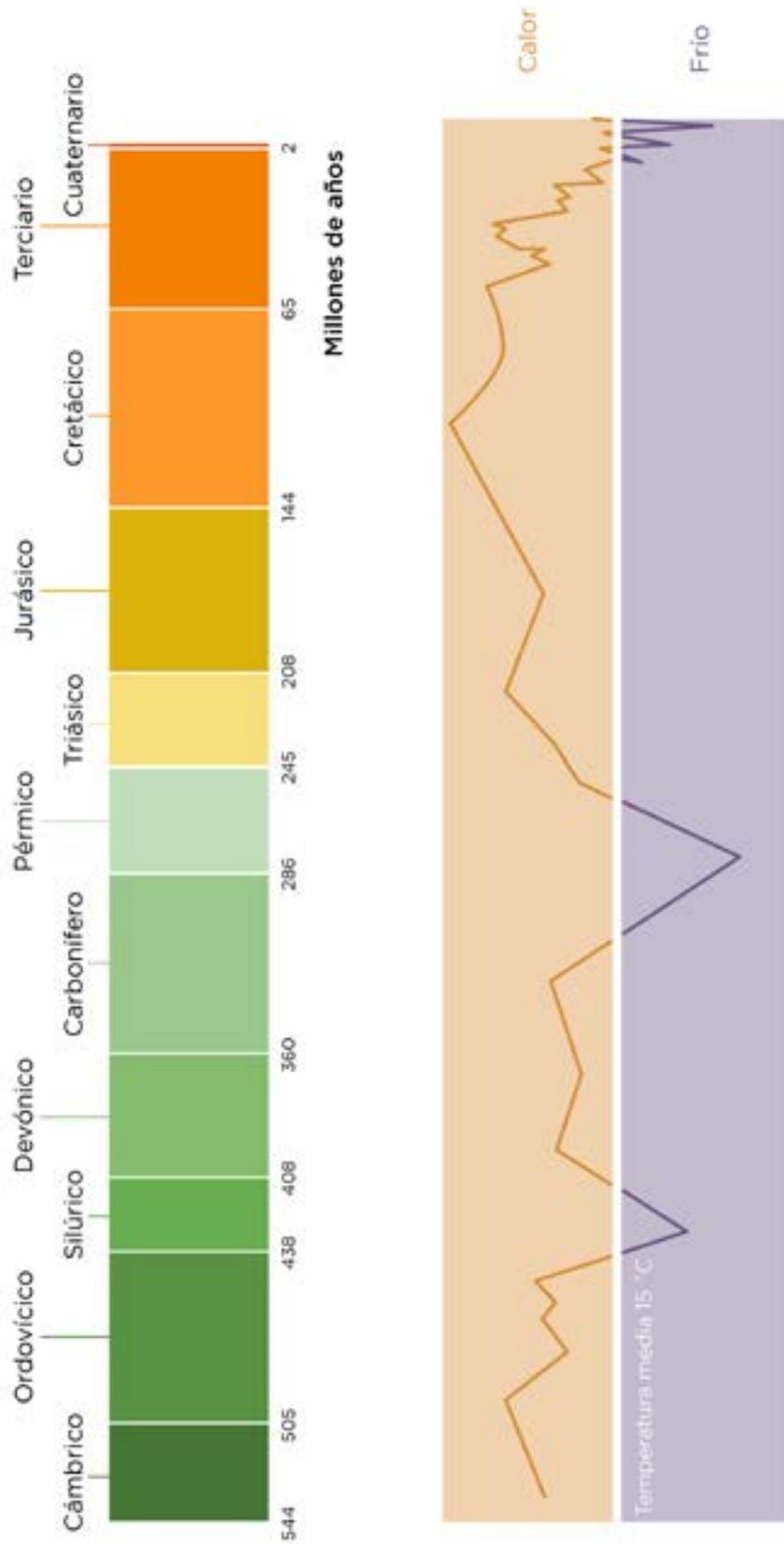
Clasificación de Köppen en formato geoespacial (para visualizar en Google Earth)

VOLVER AL ÍNDICE

## ANEXO

---

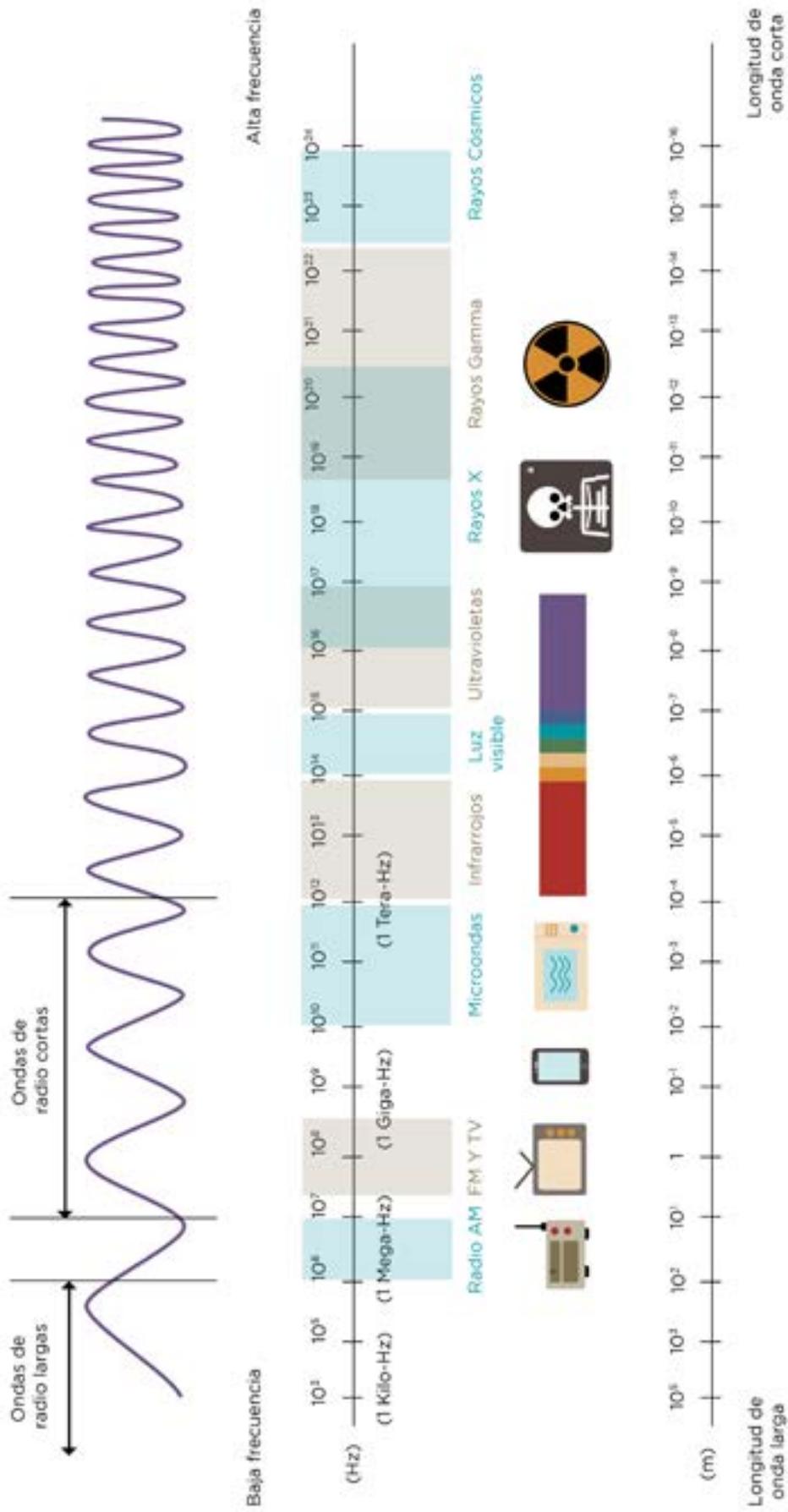
## Evolución de la temperatura media a lo largo de la historia de la Tierra



A lo largo de la historia de la Tierra, se produjeron cambios que impactaron en la evolución del clima. Un dato importante para la investigación de esta variabilidad climática es la temperatura media del planeta.

**Fuente:** adaptado de *Evolución de la temperatura media*, por Eva Medeiros, 2009, [http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/\\_1\\_histo\\_tierra/hist\\_tierra\\_home.htm](http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/_1_histo_tierra/hist_tierra_home.htm)

## Espectro electromagnético



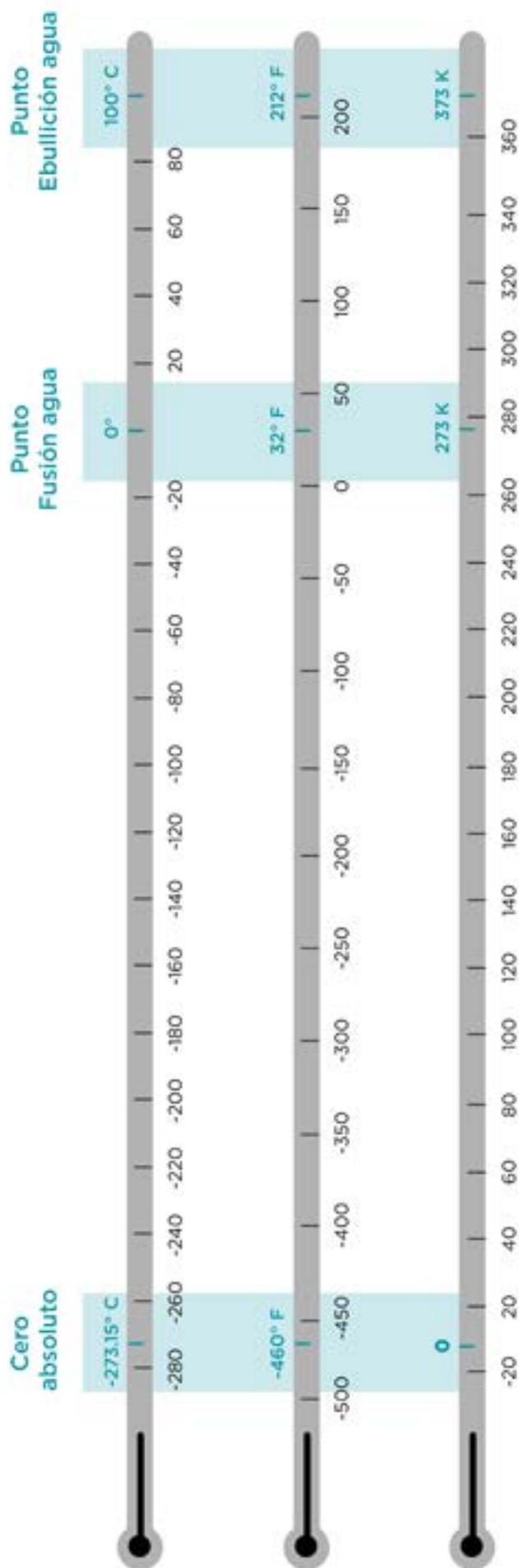
**Fuente:** adaptado de *Espectro electromagnético*(s.f), Proyecto ESOPO (<https://ie.fing.edu.uy/proyectos/esopo>)

## Escalas de temperatura

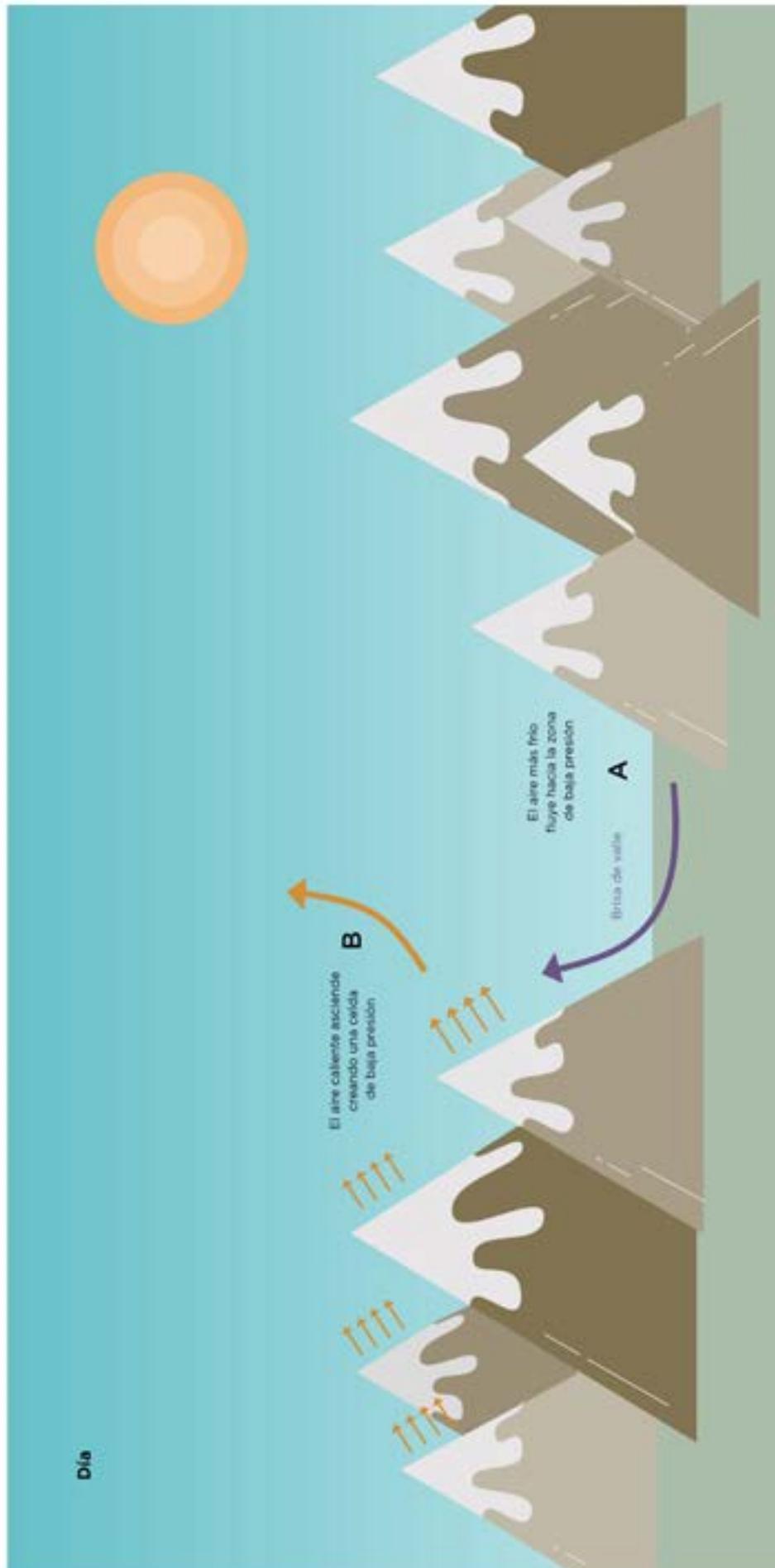
Las fórmulas de conversión entre las escalas son:

$$\begin{aligned} ^\circ\text{C} &= (5/9) \cdot (^\circ\text{F} - 32) \\ ^\circ\text{F} &= (9/5) \cdot ^\circ\text{C} + 32 \end{aligned}$$

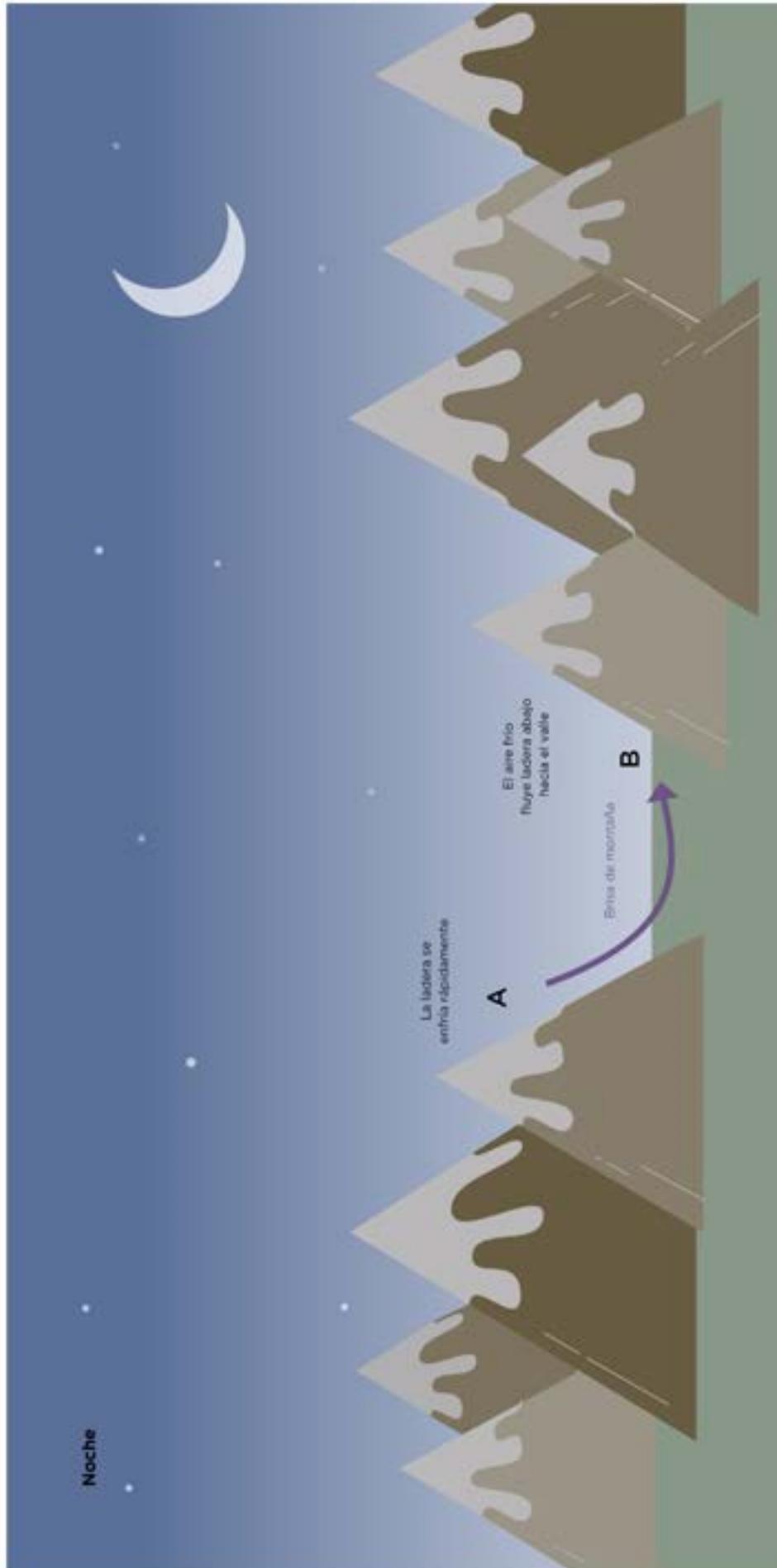
$$\begin{aligned} \text{K} &= ^\circ\text{C} + 273 \\ ^\circ\text{C} &= \text{K} - 273 \end{aligned}$$



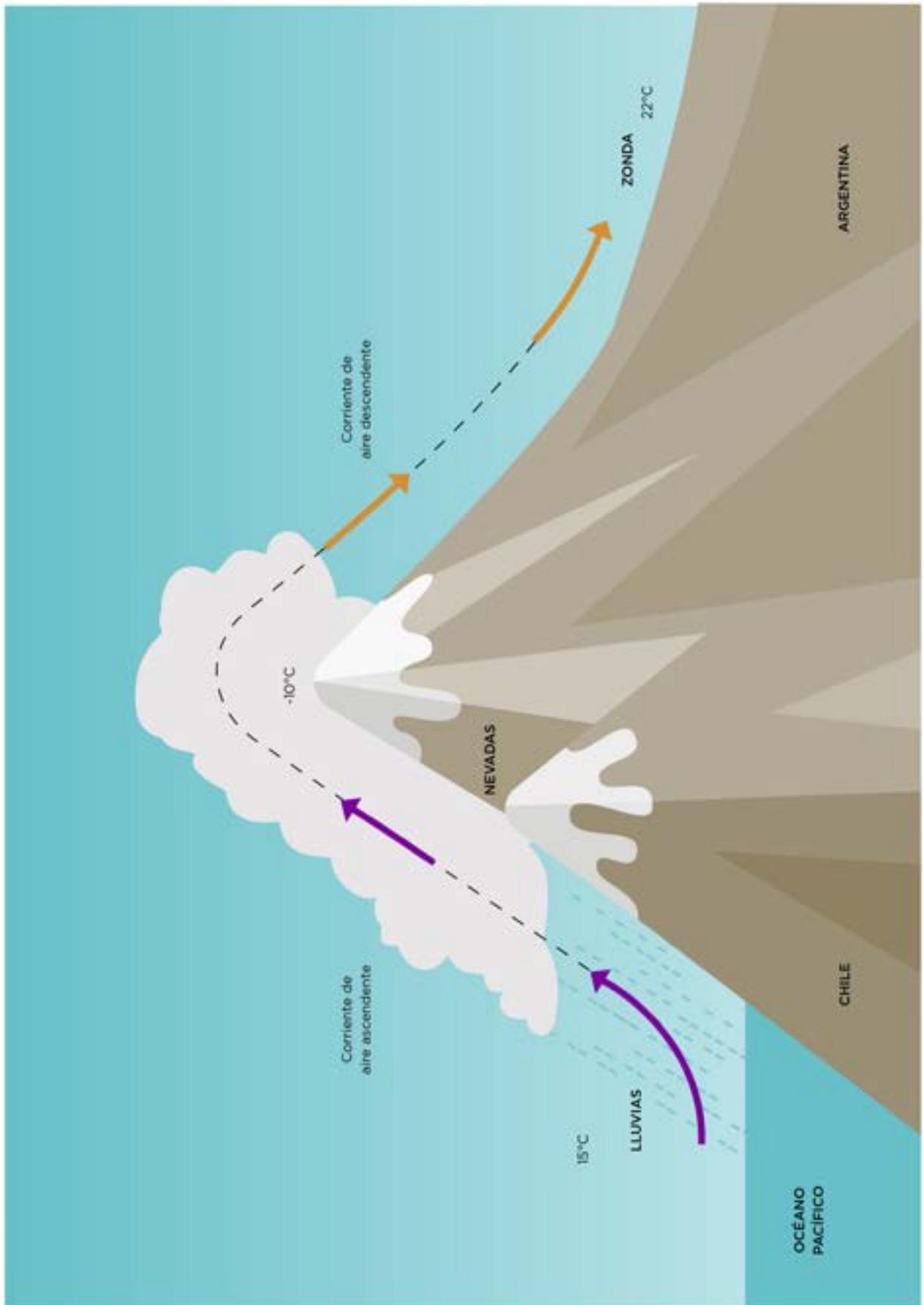
## Brisa de valle



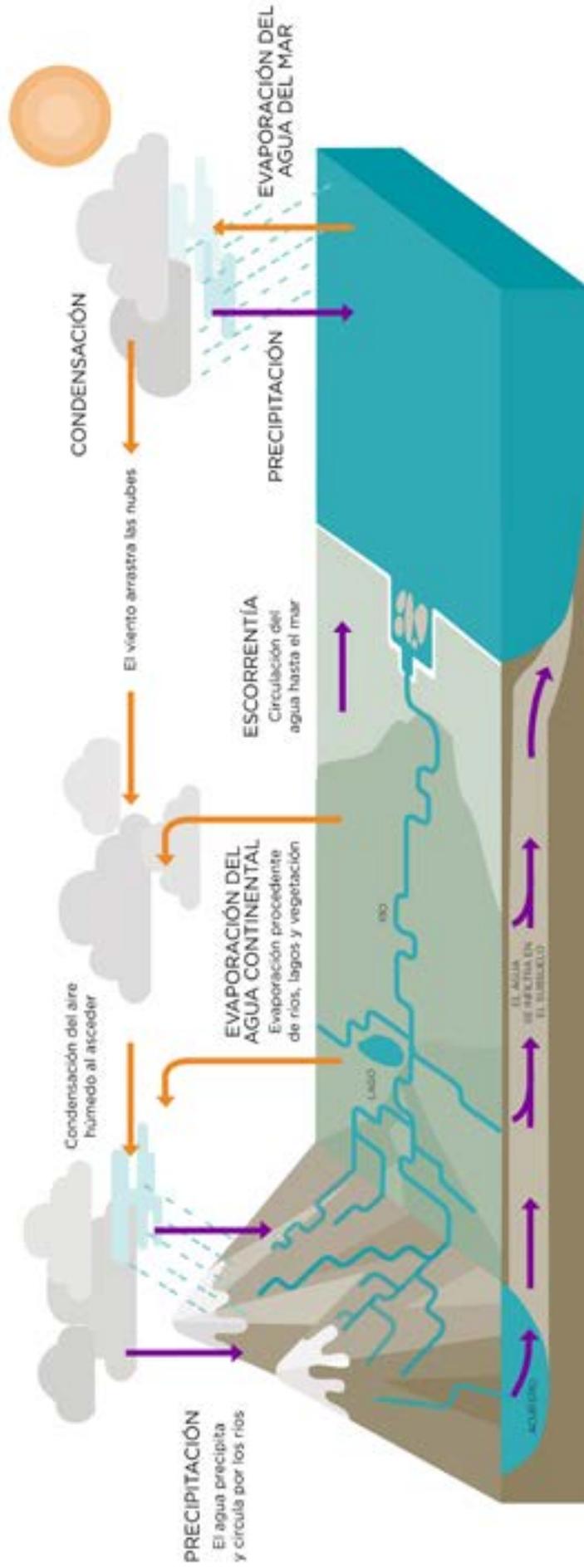
## Brisa de montaña



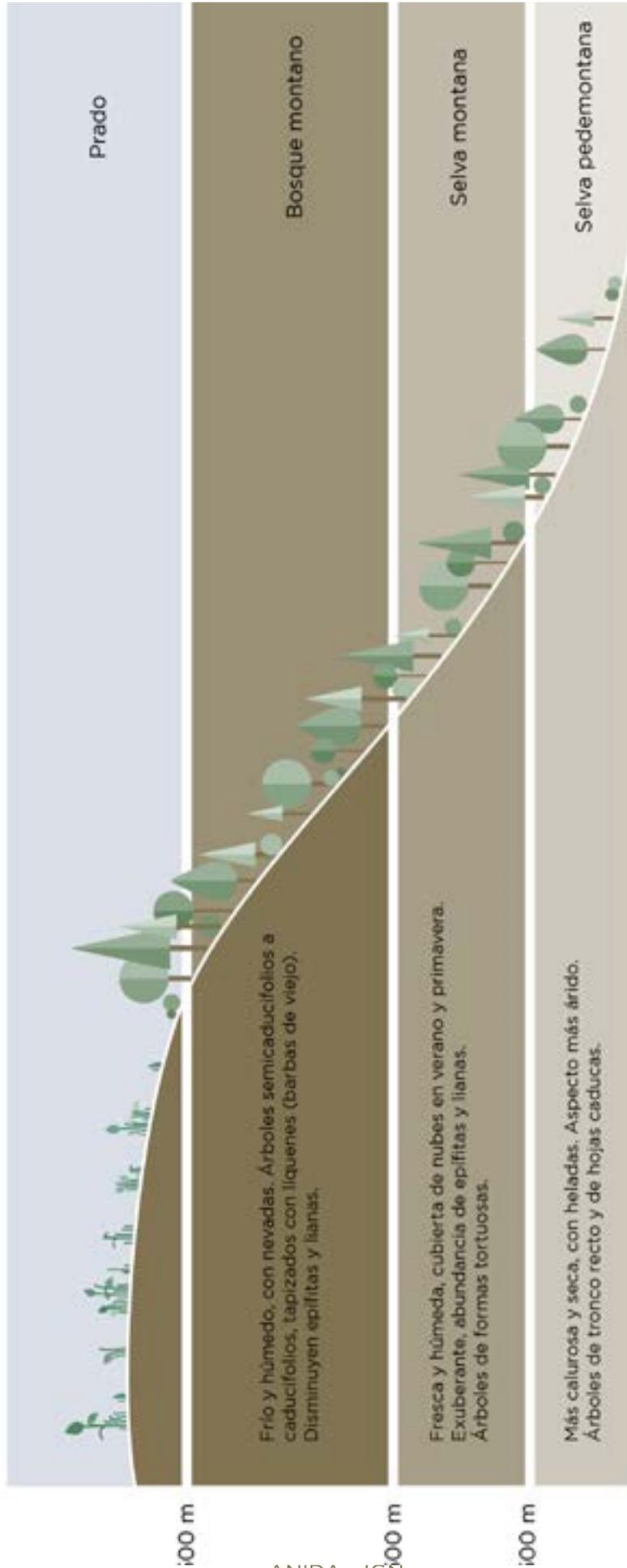
# Zonda



**Ciclo del agua**

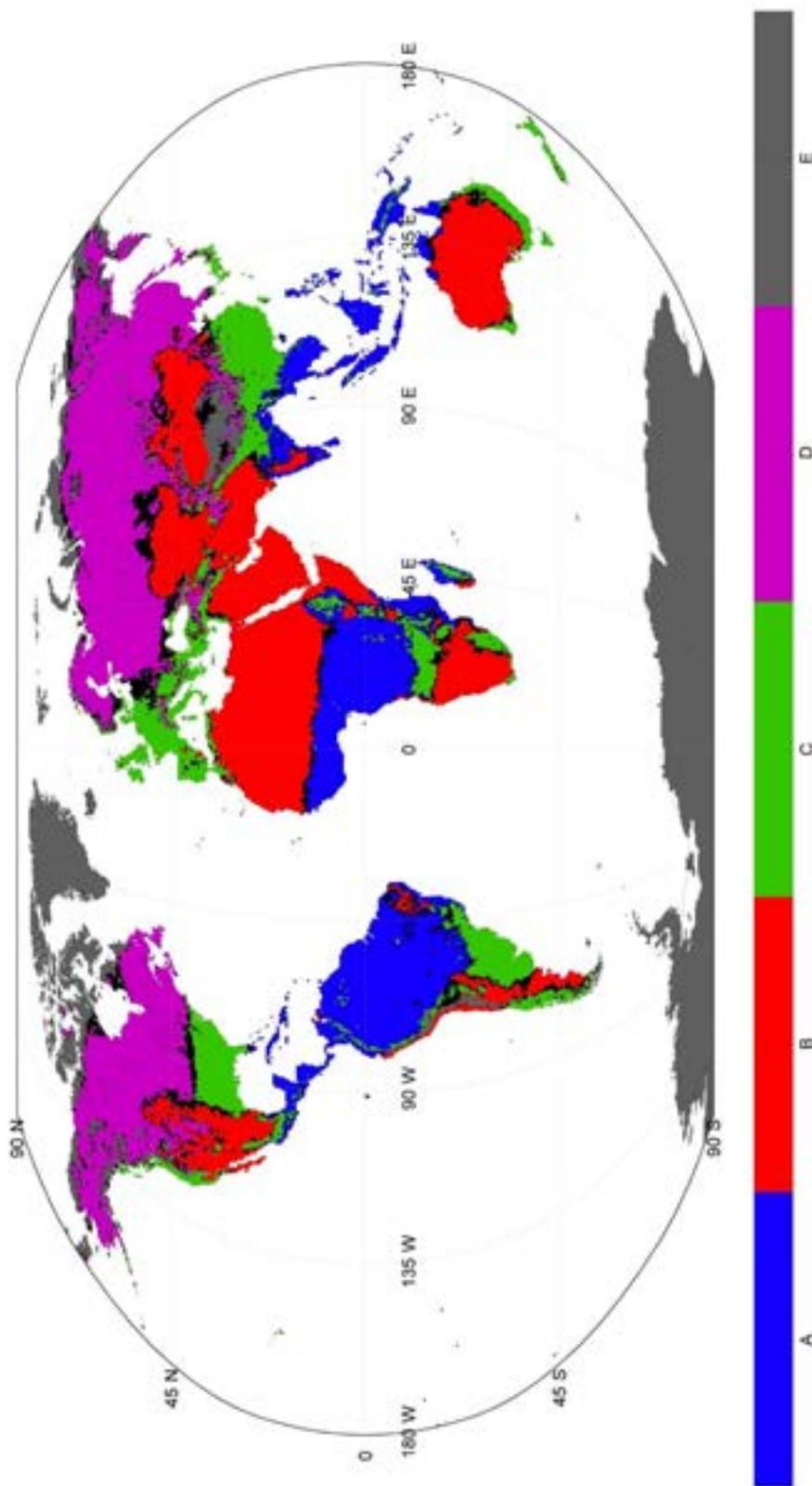


**Pisos de vegetación en la selva de las Yungas**



**Fuente:** adaptado de Pisos de vegetación en la selva de las Yungas [Esquema], *Parques Nacionales de Argentina*, Parque Nacional Baritú (<https://www.parquesnacionales.gob.ar/areas-protegidas/region-noroeste/pnbaritu/>)

Clasificación climática de Köppen (1901-2010)



Letra

- A: tropical
- B: desierto o estepa
- C: templado
- D: frío
- E: nival

**Escala temporal:** 30 años. El color negro indica las regiones donde hubo cambios en los tipos de clima según Köppen en el período 1901-2010. Los datos de **temperatura y precipitación de superficie** corresponden al período 1900-2010. Grillado mensual (V 3.01). Resolución 0,5 ° (latitud/longitud).

**Fuente:** adaptado de Chen, D y H. W. Chen, 2013. Using the Köppen classification to quality climate variation and change: An example for 1901-2010. *Environmental Development*, 6, 69-79, 10.1016/j.endev.2013.03.007.

## BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE DATOS

- A** Ackerman, J. y Knox, J. (2007).  
*Meteorology: understanding the atmosphere*.  
Thomson Higher Education. 576 p.
- Agosta, E. A. (2004).  
Variaciones del clima terrestre y rayos cósmicos galácticos durante el ciclo solar de 11 años.  
*Meteorológica*, 29 (1-2).  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-468X2004000100005](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-468X2004000100005)
- Ahrens (Ed.). (2008).  
*Meteorology today*.  
9th Edition, Brooks/Cole, Cengage Learning, 624 p.
- B** Barros y Perczyk (Eds.). (2006).  
*República Argentina: Vulnerabilidad a Cambios Climáticos e Hidrológicos*.  
Instituto Torcuato Di Tella; Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Bianchi, A.R. y Cravero, S.A.C. (2010).  
*Atlas Climático Digital de la República Argentina*.  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Bonan, L. (Coord.). (2009).  
*La evolución del clima a lo largo de la historia del planeta*.  
Comisión de Carreras de Profesorado de Enseñanza Media y Superior (CCPEMS) – UBA Exactas.  
[www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/1\\_histo\\_tierra/hist\\_tierra\\_cont/evol\\_clima.htm](http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/1_histo_tierra/hist_tierra_cont/evol_clima.htm)
- Bustos, M.L., Ferrelli, F. y Piccolo, M.C. (2017).  
Estudio comparativo de tres modelos climáticos en Argentina.  
*Anuário do Instituto de Geociências*, 40 (1), 34-43.
- C** Carslaw, K.S., Harrison, R.G. y Kirkby J. (2002).  
Cosmic Rays, Clouds and Climate.  
*Science*, 298, 1732-1737.
- Celis, A., Ostuni, F., Kisilevsky, G., Schwartz, E., Fernandez Bouzo, S. y Lopresti, L. (2009).  
*Documento País: Riesgos de Desastres en Argentina*.  
Cruz Roja Argentina, Centro de Estudios Sociales y Ambientales. 279 p.
- Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera. (2014).  
*Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático: Cambio Climático en Argentina, Tendencias y Proyecciones*.  
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Chen, D. y Chen, H. W. (2013).  
Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010.  
*Environmental Development*, 6, 69–79.
- Chiozza, E. (Dir.). (1981).  
*Atlas Total de la República Argentina*.  
Centro Editor de América Latina, Vol. 13, pp. 193-208.
- E** Ereño, C. (2013).  
Capítulo 8.2: *El Cambio Climático Global*. [Ficha de cátedra]  
Climatología, UBA (inédito).

- F** Falabella, V., Campagna, C. y Croxall, J. (Eds). (2009).  
*Atlas del Mar Patagónico: Especies y Espacios*.  
Wildlife Conservation Society y BirdLife International.  
<http://www.atlas-marpatagonico.org>
- Fröhlich, C. y Lean, J. (1998).  
Total solar irradiance variations: The construction of a composite and its comparison with models.  
En F. L. Deubner (ed.), *IAU Symposium 185: New Eyes to See Inside the Sun and Stars*. (pp. 89-102).  
Kluwer Academic Publ.
- G** Google Earth. (2018).  
<https://www.google.com/intl/es-419/earth/>
- I** Inzunza, J.B. (2006).  
*Meteorología Descriptiva y Aplicaciones en Chile*.  
Universidad de Concepción.
- IPCC. (2007).  
*Climate change. The physical science basic*.  
Cambridge University Press Cambridge, 996 p.
- IPCC. (2012).  
Glossary of terms. En C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, et al. (eds.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. (pp. 555-564).  
Cambridge, UK / New York, USA: Cambridge University Press / New York.  
[https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex\\_Glossary.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex_Glossary.pdf)
- K** Karger, D.N., Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E, Liner, H.P. y Kessler, M. (2017).  
Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific data*, 4, 170122.  
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1607/1607.00217.pdf>
- Kiehl, J. T. y Trenberth, K. E. (1997).  
Earth's annual global mean energy budget.  
*Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 78, 197-208.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. y Rubel, F. (2006).  
World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.  
*Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3), 259-263.
- L** Laing, A. y Evans, J.E. (2016).  
*Introducción a la Meteorología Tropical*. Capítulo 1. Libro de texto online e imprimible. Versión 4.0.  
Comet Program.  
[https://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook\\_2nd\\_edition\\_es/](https://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition_es/)
- M** Medeiros, E. (2009).  
Evolución de la temperatura media, en Bonan, L. (Coord.), s.f.  
*La evolución planetaria a gran escalada: la historia de la Tierra*, Facultad de Ciencias Exactas,  
Universidad de Buenos Aires.  
[http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/1\\_histo\\_tierra/hist\\_tierra\\_home.htm](http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDTierra/contents/1_histo_tierra/hist_tierra_home.htm)
- Menéndez, C. (2011).  
*El calentamiento observado durante el siglo 20, ¿puede ser explicado por la variabilidad natural del clima? ¿Puede un evento extremo individual ser explicado por el efecto invernadero?* [Conferencia]  
III Jornadas PIUBACC (inédito).
- Morello, J. y Matteucci, S.D. (2000).  
Singularidades territoriales y problemas ambientales de un país asimétrico y terminal, *Rev. Realidad Económica*, N° 169, pp.70-93.

- N** National Aeronautics and Space Administration (NASA).  
*NASA Ozone Watch*.  
<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2011).  
*El Niño Theme Page*.  
Pacific Marine Environment Laboratory.  
[www.pmel.noaa.gov/elnino/](http://www.pmel.noaa.gov/elnino/)
- Núñez, S., Ereño, C. y Gentile, E. (2016).  
*Nociones de climatología de Argentina*. [Apunte de cátedra]  
FFyL, UBA.
- P** Parques Nacionales de Argentina.  
*Parque Nacional Baritú*, Salta.  
<https://www.parquesnacionales.gob.ar/areas-protegidas/region-noroeste/pnbaritu/>
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. y McMahon, T. A. (2007).  
Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.  
*Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11 (5), 1633-1644.
- Proyecto ESOPO. (s.f.).  
*Espectro electromagnético*.  
<https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo>
- R** Rind, D. (2002).  
The Sun's role in Climate Variations.  
*Science*, 296, 673-677.
- Rodríguez Jiménez, R.M., Benito Capa, A. y Portela Lozano, A. (2004).  
Meteorología y climatología [unidad didáctica], *Semana de la Ciencia*.  
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, Ministerio de Educación y Ciencia.
- S** Servicio Meteorológico Nacional (SMN).  
*Atlas Climático Argentina*.  
<https://www.smn.gob.ar/clima/atlasclimatico>
- Strahler, A. (1986).  
Clasificación de los climas y regímenes climáticos.  
En A. Strahler y A.H. Strahler (ed.), *Geografía Física*. (pp. 235-253).  
Omega.
- T** The COMET<sup>R</sup>. (s.f.).  
[https://www.meted.ucar.edu/training\\_detail\\_es.php](https://www.meted.ucar.edu/training_detail_es.php)
- W** Wigley, T.M.L. y Raper, S.C.B. (1990).  
Climatic change due to solar irradiance changes.  
*Geophys. Res. Lett.*, 17, 2169-2172.
- World Maps of Köppen-Geiger Climate Classification.  
<http://koeppen-geiger.vuwien.ac.at/present.htm>

## COLABORADORES

**ELVIRA ELEONORA GENTILE**

Licenciada en Geografía, UBA.

Profesora Adjunta, Cátedra de Climatología, Departamento de Geografía, FFyL, UBA.  
Coordinadora de Proyectos en Ecoclimasol - Clámate Risk Magement Solutions.

[elviragentile@gmail.com](mailto:elviragentile@gmail.com)

**PAULA BEATRIZ MARTIN**

Doctora Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, UBA.

Profesora Titular Regular, Cátedra de Climatología, Departamento de Geografía, FFyL, UBA.  
Investigadora en el Servicio de Hidrografía Naval (Ministerio de Defensa) e Investigadora  
Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

[martinpaulabeatriz@gmail.com](mailto:martinpaulabeatriz@gmail.com)

**IGNACIO AGUSTÍN GATTI**

Licenciado en Geografía, UBA.

Ayudante de primera, Cátedra de Climatología, Departamento de Geografía, FFyL, UBA.  
Estudiante de Maestría, Facultad de Ciencias Fronterizas, Universidad de Tokyo, Japón.

[ignacio.a.gatti@gmail.com](mailto:ignacio.a.gatti@gmail.com)

## EQUIPO DE TRABAJO

PRESIDENTE DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
Agrim. Sergio Rubén Cimbaro

DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
Cdora. Ana Laura Paredes

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
Dra. Ana Paula Micou

COORDINACIÓN DEL ANIDA  
Analía Almirón

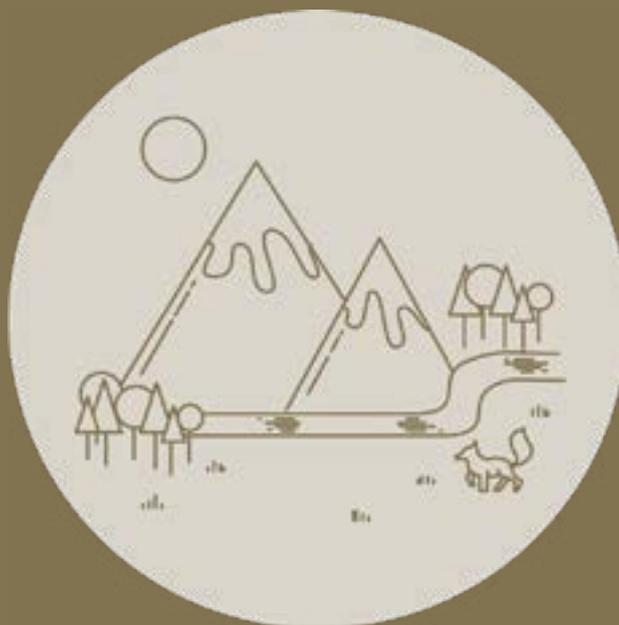
EDICIÓN  
Analía Almirón  
Melina López Calvo

BASE DE DATOS Y PREPARACIÓN CARTOGRÁFICA SIG  
Melina López Calvo  
Daniela Massone

PREPARACIÓN CARTOGRÁFICA DIGITAL  
Andrea Daffunchio  
María Isabel Sassone

DISEÑO GRÁFICO  
Eugenia Arnodo

ASISTENCIA EDITORIAL  
Eugenia Arnodo  
Daniela Massone



## **ARGENTINA FÍSICO-NATURAL**

Argentina presenta una amplia diversidad en sus condiciones físicas y naturales. Esta sección describe las características de los elementos y procesos físico-naturales del territorio argentino.