



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



# POPULARIZACIÓN de la METEOROLOGÍA

EDUCACIÓN BÁSICA REGULAR PRIMARIA







# **Popularización de la meteorología en la Educación Básica Regular - Primaria**

**Guía para el docente**



*Popularización de la meteorología en la Educación Básica Regular - Primaria. Guía para el docente*

Segunda edición, Enero de 2019

© SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)

Jr. Cahuide 785 Jesús María. Lima 11, Perú

www.senamhi.gob.pe

(0051) 614 1414

### **Ministra del Ambiente**

Dra. Fabiola Martha Muñoz Dodero

### **Directivos del SENAMHI**

PRESIDENTE EJECUTIVO: Dr. Ken Takahashi Guevara

COORDINADORA TÉCNICA DEL PROYECTO CLIMANDES 2: Ing. Grinia J. Avalos Roldán

COORDINADORA DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO (MÓDULO 2) PROYECTO CLIMANDES 2: Ing. Teresa García Vilca

### **Equipo técnico**

RESPONSABLE PEDAGÓGICO: Nicéforo Ita Maguiña

INGENIERO METEORÓLOGO: Nicéforo Ita Maguiña

BACHILLER EN METEOROLOGÍA: Raquel K. Orozco Porta

LICENCIADO EN ARTE Y DISEÑO: Gustavo A. Vera Montalvo

Edición y Corrección del Texto: Lizzette J. Guzmán Del Giudice, Gerson Rivera Giraldo, Félix Cubas Saucedo

Esequiel Villegas Paredes, Nelson Quispe Gutierrez, Marlene Dapozzo Moali y Anabel Castro Narciso.

### **Asesora pedagógica**

PROF. Norma Maldonado Sánchez

Climandes es parte del programa Global de Cambio Climático y Medio Ambiente de la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE). Es una iniciativa que tiene como objetivo brindar servicios climáticos confiables y oportunos para la toma de decisiones en la búsqueda de un desarrollo más resiliente ante la variabilidad climática en alianza con los servicios meteorológicos de Perú (SENAMHI) y Suiza (MeteoSwiss), la academia, el sector privado y los ciudadanos. Se implementa en el contexto del Marco Mundial de Servicios Climáticos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente ni registrada o transmitida por cualquier sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro sin el permiso previo por escrito del SENAMHI.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-20269

MATERIAL DE CONSULTA

# Índice general

<b>Prólogo</b> .....	<b>11</b>
<b>Un día en la vida de Meteorito</b> .....	<b>13</b>
<b>Capítulo I. Influencia del tiempo y el clima en el hombre y la sociedad</b> .....	<b>21</b>
1. EL TIEMPO Y EL CLIMA .....	23
Autoevaluación.....	24
2. EL TIEMPO Y EL CLIMA EN LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS .....	25
2.1. Influencia en la agricultura .....	25
2.2. Influencia en la ganadería .....	29
2.3. Influencia en el turismo .....	31
Autoevaluación .....	35
3. EL TIEMPO Y EL CLIMA EN LA SALUD DE LAS PERSONAS .....	36
3.1. La radiación ultravioleta y nuestra salud .....	36
3.2. La contaminación atmosférica .....	37
Autoevaluación .....	37
4. EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS .....	39
Autoevaluación .....	41
5. DESASTRES DE ORIGEN CLIMÁTICO EN LA HISTORIA PERUANA.....	42
5.1. Los moche y el fenómeno de El Niño .....	42
5.2. La crisis del guano .....	43
5.3. El colapso pesquero de los setenta .....	44
Autoevaluación .....	45
6. USO DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL TIEMPO Y EL CLIMA .....	46
6.1. Conocimiento local sobre el tiempo y el clima .....	46
6.2. Monitoreo y pronóstico del tiempo y el clima .....	48
6.3. Monitoreo de la radiación ultravioleta .....	52
6.4. Aviso de eventos meteorológicos extremos .....	54
6.5. Fenómeno de El Niño: Índice Costero El Niño .....	56
Autoevaluación .....	58
<b>Capítulo II. Meteorología, variables meteorológicas y el sistema climático</b> .....	<b>59</b>
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PLANETA TIERRA .....	60
1.1. Tiempo geológico .....	63
1.2. Sistema de coordenadas .....	65
1.3. Líneas en un mapa .....	67
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE PERÚ .....	68

2.1. Nuestro territorio .....	69
2.2. Instituciones peruanas vinculadas al estudio del ambiente .....	73
2.3. Tipos de fuentes de información .....	75
2.4. Sistema de medidas .....	76
<b>3. INTRODUCCIÓN A LAS CIENCIAS ATMOSFÉRICAS .....</b>	<b>78</b>
3.1. Introducción a las ciencias de la Tierra .....	78
3.2. La atmósfera .....	81
Autoevaluación .....	83
<b>4. VARIABLES METEOROLÓGICAS.....</b>	<b>84</b>
4.1. La radiación solar .....	85
4.1.1. Balance de la radiación .....	85
4.1.2. El efecto invernadero .....	87
4.1.3. Variación latitudinal de la radiación .....	87
4.1.4. Las estaciones .....	88
4.1.5. Duración del día y radiación solar .....	90
4.1.6. Variación horaria de la radiación solar.....	91
4.1.7. La radiación solar y las nubes .....	91
Autoevaluación .....	92
4.2. La temperatura del aire .....	93
4.2.1. Variación diurna de la temperatura.....	94
4.2.2. Las mediciones de la temperatura .....	95
4.2.3. El rango de la temperatura .....	98
Autoevaluación .....	99
4.3. La presión atmosférica y el viento .....	100
4.3.1. Variación de la presión atmosférica con la altitud.....	100
4.3.2. El viento .....	102
Autoevaluación .....	103
4.4. El ciclo del agua .....	104
4.4.1. Midiendo la precipitación.....	105
4.4.2. Medidas de humedad .....	106
4.4.3. Observando las nubes .....	106
Autoevaluación .....	107
<b>Anexos y Actividades propuestas para el estudiante .....</b>	<b>109</b>
Anexo 1. Íconos para representar eventos meteorológicos extremos.....	110
Anexo 2. Mapa de clasificación climática .....	111
Anexo 3. Mapa de eventos meteorológicos extremos .....	112
Anexo 4. Principales líneas imaginarias en un mapa .....	113
Anexo 5. Zonas horarias del mundo (desglosable) .....	115
Anexo 6. Ciclo del agua (desglosable) .....	117
<b>Actividad 1. ¿Hablar de tiempo y clima es lo mismo? .....</b>	<b>120</b>

Actividad 2. Elaboremos un calendario agrofestivo .....	123
Actividad 3. ¿Cuánto ha llovido? .....	126
Actividad 4. Construyamos nuestro calendario atmosférico escolar .....	129
Actividad 5. Construyamos un termómetro .....	131
Glosario .....	134
Bibliografía .....	144
Índice de figuras .....	149
Índice de tablas .....	151



# Prólogo

Estimados profesores:

La Popularización de la Meteorología en la Educación Básica Regular es una iniciativa del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y tiene por finalidad fortalecer las competencias y capacidades de los docentes y estudiantes de Educación Primaria, sobre todo aquellas que están orientadas a los procesos de enseñanza y aprendizaje del área curricular de Ciencia, Tecnología y Ambiente, y a la educación comunitaria y ambiental, por vincularse significativamente con la meteorología.

El territorio peruano presenta una gran diversidad geográfica, biológica, climática y cultural muchas veces desconocida por sus habitantes. Por ello, es prioridad de la educación ambiental dar acceso a información sobre la realidad medioambiental nacional y propiciar la reflexión y elaboración de conocimientos sobre ello. En dicho contexto, esta guía tiene como objetivo complementar los conocimientos científicos de los docentes y, por extensión, de los estudiantes, sobre temas como el tiempo, el clima y el cambio climático, a fin de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre la meteorología, estrechamente relacionada con la educación ambiental.

Así, este texto está estructurado en dos capítulos. El capítulo I abarca contenidos sobre meteorología básica, específicamente sobre el tiempo y el clima, y muestra la influencia de estos en la vida de las personas con ejemplos sencillos y cotidianos y sin dejar de lado información histórica relevante. El capítulo II presenta explicaciones sobre temas puntuales de la meteorología y la climatología, sus relaciones en el sistema climático y los posibles usos de esta información para mejorar la calidad de vida de las comunidades. Adicionalmente hemos incluido algunas actividades que serán de utilidad para el docente en el desarrollo de sus clases.

Es nuestra intención que esta guía sea un gran apoyo para la planificación de las actividades educativas relacionados con el tiempo, el clima y el cambio climático. De igual modo, es nuestro deseo colaborar con la formación de ciudadanos informados, responsables y preparados para afrontar los efectos perjudiciales del tiempo y el clima, y capaces de promover una cultura de prevención ante los riesgos de desastres de origen climático. Esperamos unir esfuerzos en esta tarea y desde ya agradecemos su compromiso para llevar adelante la popularización de la meteorología en su institución educativa y en su comunidad.

**El equipo técnico**

## SENAMHITO

### 1. ¿Quién es Senamhito?

Es el Sol, el científico que todo lo observa y todo lo sabe.

### 2. ¿Qué función cumple?

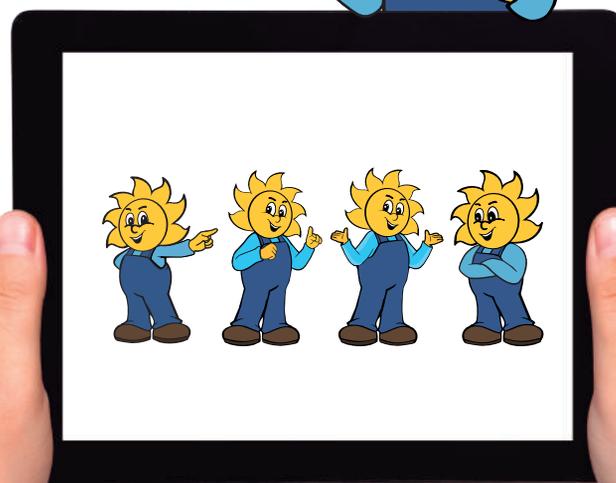
Irradia energía, dinamiza la atmósfera y observa el tiempo, el clima y la hidrología de todo el Perú.

### 3. ¿Cuáles son sus productos y servicios? ¿Qué nos brinda Senamhito?

Nos brinda información científica sobre los siguientes temas:

- Pronósticos del tiempo.
- Climas de todo el Perú.
- Avisos y boletines con los resultados de sus investigaciones.
- Estado de las condiciones meteorológicas, climatológicas, hidrológicas y agrometeorológicas.

### Los rostros de Senamhito:



### Los rostros de Killa y Meteorito:

## KILLA Y METEORITO

### 1. ¿Quién es Killa?

Es una niña, amiga de Meteorito que vive en los Andes peruanos.

### 2. ¿Quién es Meteorito?

Es un niño andino que vive mil aventuras y desafía al tiempo y el clima.

### 3. ¿Qué buscan?

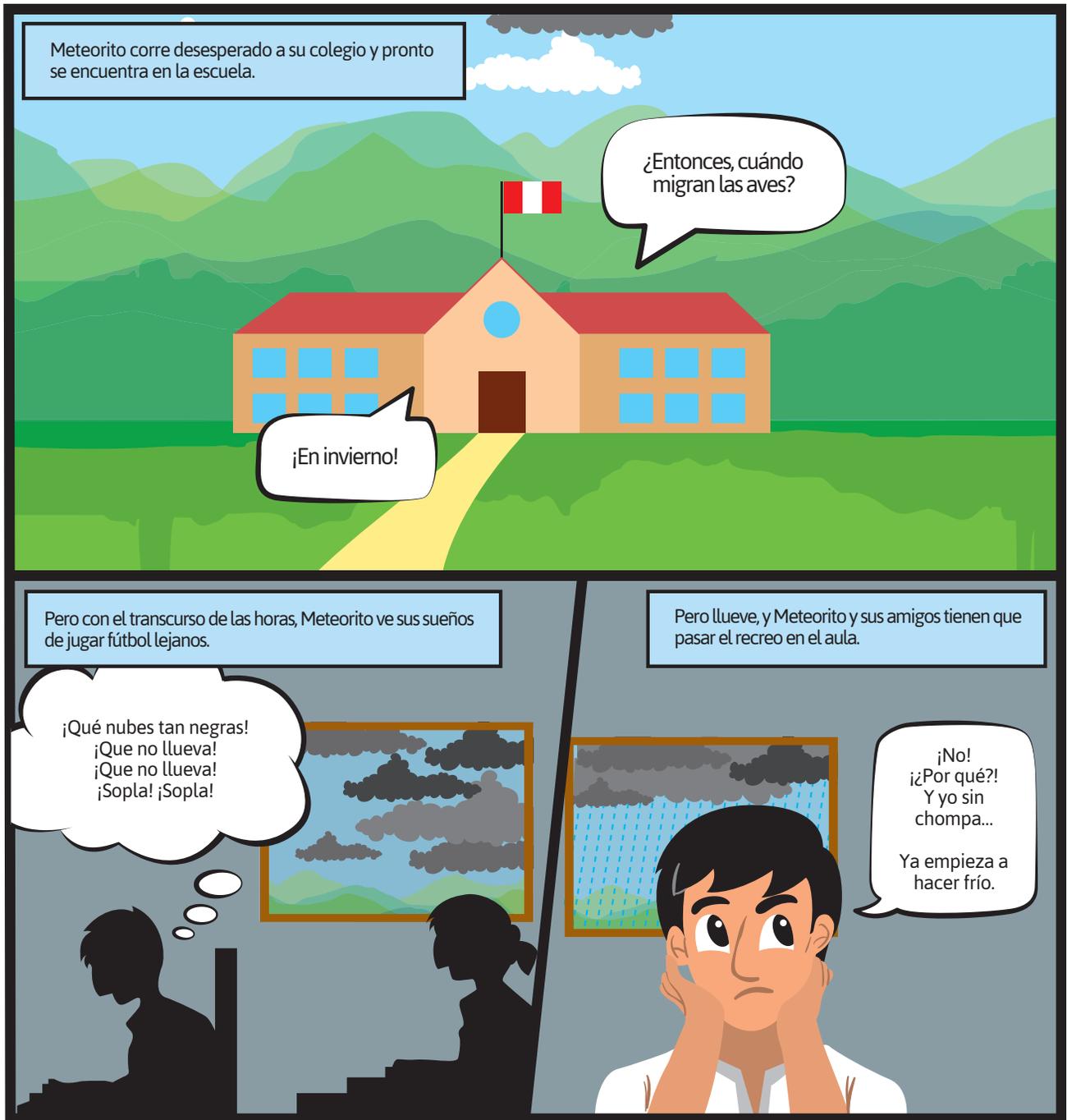
Comprender el tiempo y el clima global y hacer uso de la información para su beneficio y el desarrollo de su comunidad.



# Un día en la vida de Meteorito







Por fortuna, la lluvia no dura mucho y para el recreo siguiente los niños están listos para jugar.

¡Recreo!  
¡Fútbol!

¡Niños, no jueguen fútbol, la cancha está mojada!

Por no escuchar las advertencias del profesor, terminan empapados y temblando en clase. Ahora están mojados y algunos no tienen chompa.

¡No quiero que se resfríen!  
Así que los enviaré a casa.  
Pero si vuelven a desobedecer...

Cuando llega a casa, se cambia rápido de ropa para que su mamá no lo regañe.

Igual se va a molestar cuando vea mi ropa sucia y mojada.

¡La lluvia!  
¡El frío!  
¡La gripe!

No me siento muy bien.

Con las advertencias del profesor retumbándole en la cabeza, Meteorito regresa triste a casa.









# Capítulo I.

**Influencia del tiempo  
y el clima en el hombre  
y la sociedad**

**C**omo vimos en la historieta, el tiempo y el clima nos obligan a tomar decisiones diariamente, aunque no lo notemos: desde las más simples, como escoger la ropa que usaremos hoy, hasta las más complejas, como adelantar las cosechas o distribuir los gastos del mes. Para tomar conciencia, solo debemos pensar en cómo se desarrollan nuestras actividades.

Cuando se acerca el verano o el invierno, salimos a comprar ropa adecuada para la estación; de otro modo, sentiríamos mucho calor o mucho frío. En situaciones extremas, incluso podríamos sobrecalentarnos en verano o alcanzar la hipotermia en invierno. También nuestros alimentos cambian con la estación: disfrutamos de ciertas frutas en verano, y de mates o sopas calientes en invierno. Incluso nuestras casas se construyeron pensando en el clima de la región. ¿No son nuestros hogares el refugio contra el mal tiempo (granizo, lluvias fuertes, viento, etc.)?

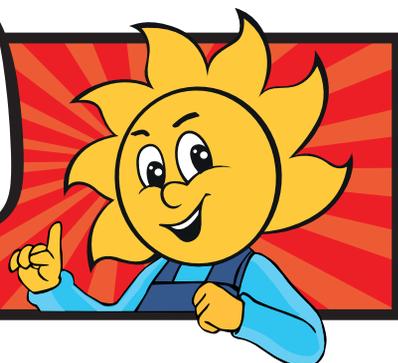
Para el docente no es una novedad la influencia que tienen el tiempo y el clima en sus actividades. Planifican sus salidas de campo de acuerdo con el clima de su región o localidad; en algunos casos, incluso aprovechan las condiciones atmosféricas para desarrollar sus unidades didácticas.

Pero también se ven afectados de forma negativa: ¿cuántas veces tuvieron que suspender las clases por el mal tiempo (tormentas, huaicos o crecidas de ríos)? ¿Cuántas clases perdieron los estudiantes por algunas enfermedades respiratorias, predispuestos por las olas de frío?

La meteorología es una ciencia relativamente nueva en el país si se compara con otras ciencias, como la astronomía, la física, la medicina; pero como parte de los intereses humanos se remonta a tiempos inmemoriales. Ese es el caso de las culturas precolombinas: en tanto conseguían su sustento por recolección y caza, sus actividades estaban condicionadas a los caprichos del tiempo y del clima, por ello desarrollaron progresivamente una sensibilidad casi intuitiva para comprender los fenómenos atmosféricos y convivir con ellos. Es decir, se adaptaron al tiempo y el clima.

Actualmente la población es cada vez más sensible a los caprichos del tiempo y el clima, debido a sus impactos en las actividades productivas y de servicios. Por ello, la información sobre el clima se está incorporando en la planificación de diversas actividades económicas y en la formulación del proyecto educativo de las instituciones educativas.

Hemos mencionado repetidas veces al tiempo y el clima, pero quizás aún no sea claro para nosotros por qué no los usamos como sinónimos. En el día a día usamos indiscriminadamente las palabras *tiempo* y *clima*. Sin embargo, estos términos, si bien están relacionados, son diferentes.



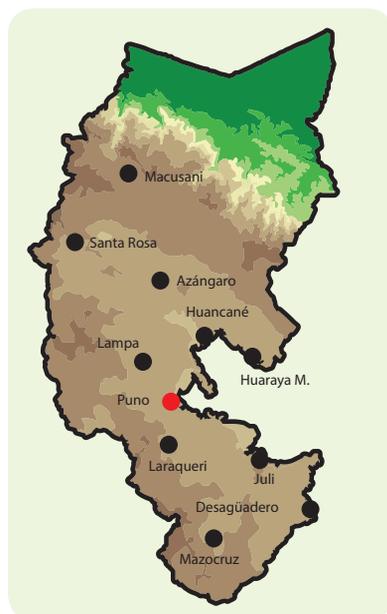
## 1. EL TIEMPO Y EL CLIMA

Por un lado, el tiempo meteorológico refleja las condiciones atmosféricas en un corto periodo de tiempo (minutos, horas o días) y un lugar determinado. Por otro lado, el clima muestra el comportamiento promedio de la atmósfera en periodos largos de tiempo (años, décadas, etc.) y en una región determinada.

Como podemos observar en la **figura 1**, el tiempo puede estar representado por la temperatura media de hoy en la estación meteorológica de Puno (10,5 °C), mientras que el clima está representado por la temperatura promedio en la región Puno (cuadro de la derecha). Esto significa que se tuvieron que promediar las temperaturas mensuales de cada estación desde 1981

hasta 2010 de los datos temperatura del aire correspondiente a la Estación Meteorológica de Puno.

Ahora que ya entendemos la diferencia entre tiempo y clima, podemos entender la diferencia entre meteorología y climatología. La meteorología es la ciencia que estudia la atmósfera y los fenómenos que ocurren en ella, como los friajes, las heladas, las olas de calor, las tormentas, los vientos fuertes, etc. Estos fenómenos meteorológicos ocurren en un momento y lugar específicos. Por otro lado, la climatología estudia las condiciones del tiempo promedio de un lugar y de un determinado periodo de tiempo largo. Es decir, la acumulación de eventos meteorológicos diarios y estacionales.



Tiempo	
Temperatura media de hoy	
Estación	T (°C)
Puno	10,5

Clima				
Promedio de la temperatura media (°C) mensual durante 30 años				
Mes	1981	...	2010	Prom.
Enero	10,4	...	11,9	10,5
Febrero	9,5	...	11,9	10,4
Marzo	9,4	...	12,0	10,2
Abril	8,1	...	11,0	9,5
Mayo	6,8	...	8,9	7,9
Junio	5,0	...	8,8	6,5
Julio	5,6	...	7,9	6,4
Agosto	6,2	...	9,1	7,5
Setiembre	7,0	...	10,3	8,8
Octubre	9,1	...	11,3	10,0
Noviembre	10,6	...	11,7	10,6
Diciembre	10,7	...	11,7	10,9
Promedio anual 1981-2010				9,1

Figura 1. Tiempo y Clima: temperatura (°C) para Puno

Cuando determinamos las variables climatológicas de una región o localidad, lo hacemos a través de los promedios. A estas variables climatológicas se les conoce como **normales** y se obtienen promediando 30 años de datos. Se considera que este periodo de tiempo es representativo del clima de una región. Por ejemplo, las

normales de las temperaturas máximas mensuales se obtienen promediando las temperaturas máximas mensuales de 30 años (en la figura 1, de 1981 al 2010). Se realiza el mismo procedimiento con las demás variables. De esta manera tenemos una idea de cómo se comporta el clima en una determinada región o localidad.



## Autoevaluación

- Responde la siguiente pregunta: ¿cómo se describe el tiempo meteorológico?
- Si tuvieras 10 años de datos de las temperaturas medias mensuales, ¿podrías calcular las normales de las temperaturas medias mensuales? Justifica tu respuesta.

## 2. EL TIEMPO Y EL CLIMA EN LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Para nosotros, como docentes, no es una novedad la influencia que tienen el tiempo y el clima en nuestras actividades. Planificamos nuestras salidas de campo de acuerdo con el clima de nuestra región o localidad, en algunos casos incluso aprovechamos las condiciones atmosféricas para desarrollar nuestras unidades didácticas.

Pero también nos vemos afectados de forma negativa. ¿Cuántas veces tuvimos que suspender las clases por el mal tiempo (tormentas, huacos o crecidas de ríos)? ¿Cuántas clases perdieron los estudiantes porque contrajeron enfermedades respiratorias, predispuestos por las olas de frío?

Así como las actividades educativas se ven afectadas por el tiempo y el clima, las actividades económicas también dependen del tiempo y el clima. Las principales actividades económicas de nuestro país son la minería, la agricultura y la pesca. Sin embargo, existen otras actividades, como el turismo, la forestería, la ganadería o las comunicaciones que también se ven afectadas por las condiciones meteorológicas y climáticas.

### 2.1. Influencia en la agricultura

La agricultura es una práctica ancestral en nuestro país. Por cientos de años nuestras comunidades agrícolas han mejorado sus técnicas y conocimientos (Earls, 1998). El éxito de la agricultura en los Andes ha dependido y aún depende de nuestra capacidad para adaptarnos a las condiciones meteorológicas y climáticas.

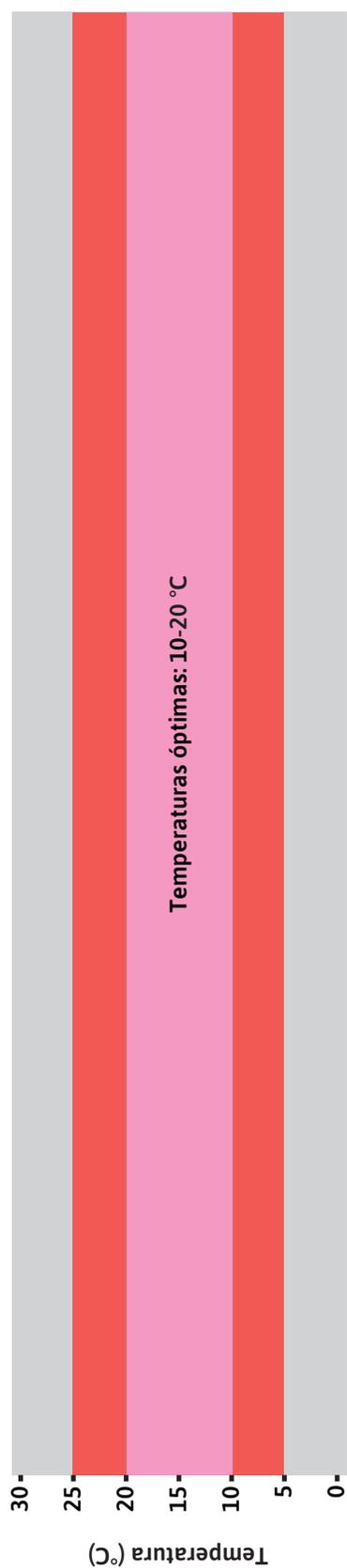
Es por ello que comprender el tiempo y el clima es parte importante de la práctica agrícola. Para demostrarlo, nos centraremos en el cultivo de la papa.

La papa, como cualquier otra planta, presenta diferentes etapas de desarrollo; estas se conocen como fases fenológicas. La suma de las **fases fenológicas** representa el **periodo vegetativo** de la planta. Ver **figura 2**, en cada fase fenológica las plantas presentan características y requerimientos particulares.

Los requerimientos se refieren a las características ambientales necesarias para que el cultivo crezca y se desarrolle adecuadamente. Estas son características específicas, como el tipo de suelo, la cantidad de agua y las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad y precipitación).

Estas variables afectan a los cultivos en múltiples procesos fenológicos, como la germinación, velocidad de crecimiento, transpiración, respiración, fotosíntesis y absorción de agua y nutrientes. Se identificaron condiciones óptimas y condiciones críticas:

- Las **condiciones óptimas** permiten un buen desarrollo del cultivo y, por lo tanto, un buen rendimiento productivo.
- Las **condiciones críticas** solo permiten la supervivencia del cultivo, lo que resulta en una producción significativamente afectada. Si la planta es expuesta a condiciones fuera del rango óptimo, es probable que muera.



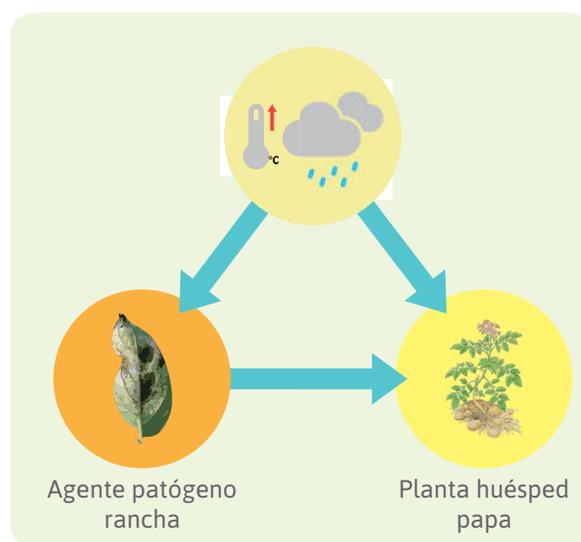
Periodo	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Desarrollo vegetativo (temperaturas óptimas: 10-20 °C)								
<b>Fase fenológica</b>	Emergencia	Brotes laterales	Botón floral	Floración	Floración	Floración	Maduración	Maduración
<b>Aérea</b>	Aparición de las primeras hojas.	Ramificación del tallo.	Aparición de los botones florales.	Apertura de las flores.	Apertura de las flores.	Apertura de las flores.	Cambio de color de las hojas.	Cambio de color de las hojas.
<b>Subterránea</b>	Desarrollo de las raíces.	Formación de rizomas.	Crecimiento de los estolones.	Llenado de estolones.	Llenado de estolones.	Llenado de estolones.	Maduración de los tubérculos.	Maduración de los tubérculos.

**Figura 2. Fases fenológicas de la papa.** Desarrollo aproximado de este cultivo en un periodo de ocho meses (SENAMHI y Minag, 2011). Tanto las condiciones óptimas y críticas como el periodo de desarrollo vegetativo varían de acuerdo con la variedad de papa.

Tomando en cuenta que las condiciones meteorológicas óptimas son distintas para las diferentes variedades de papa, en general la papa requiere de 10 a 20 °C para su crecimiento y la formación de tubérculos. Menores temperaturas retrasan la germinación y alargan el periodo de crecimiento vegetativo (emergencia y brotes laterales). Mayores temperaturas inhiben el desarrollo de los tubérculos, aunque pueden favorecer el crecimiento de tallos y hojas si no se superan las temperaturas críticas (Minagri, 2013).

Con respecto a la precipitación, la papa se desarrolla adecuadamente entre los 500 y 1200 mm de lluvia por campaña agrícola. Si la precipitación es menor, el crecimiento se ve afectado y los tubérculos son pequeños. Por otro lado, si hay exceso de lluvia, la raíz se puede pudrir por sobresaturación o pueden aparecer enfermedades.

En la **figura 3** se puede apreciar que la temperatura, la precipitación y la humedad afectan el desarrollo de la papa (de los cultivos en general) y de los agentes patógenos. En este caso, la rancha afecta el desarrollo de la planta, lo cual repercute finalmente en la productividad.



**Figura 3. La papa y su relación con las condiciones meteorológicas.** Condiciones atmosféricas (temperatura, precipitación, humedad), enfermedades, plagas.

Las enfermedades de la papa, como la rancha, la roña o el virus de la papa, también son susceptibles a las condiciones meteorológicas (Egúsqüiza y Catalán, 2011). La rancha, por ejemplo, es una enfermedad

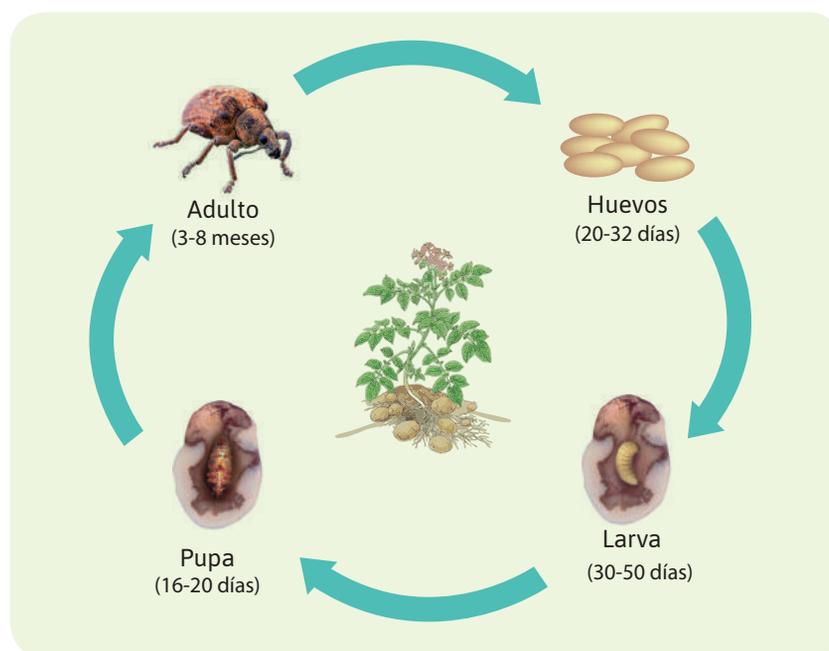
que pudre a la planta (**figura 4**); se puede observar como manchas húmedas de color marrón. Se desarrolla entre los 15 y 20 °C en ambientes de alta humedad debido a lluvias continuas o niebla permanente.



**Figura 4. La rancha.** Efecto de la rancha (*Pjhytohptora infestans*) en las hojas de papa.

El gorgojo de los Andes (**figura 5**) es un insecto cuya plaga aparece con el inicio de las lluvias. Sus larvas se desarrollan durante la maduración de los tubérculos y en los meses fríos; cuando no hay cultivo de papa, esperan debajo de la tierra en

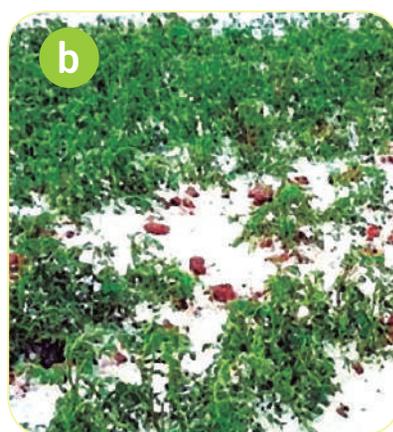
forma de pupa para volver a emerger en la próxima temporada de lluvia. Los gorgojos adultos dañan las hojas de la papa, mientras que las larvas se desarrollan dentro del tubérculo, afectando la producción.



**Figura 5. El gorgojo de los Andes.** Ciclo de vida del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes latithorax*).

Según SENAMHI y Minag (2011), además de la información de las condiciones meteorológicas óptimas y críticas, no se puede evadir los efectos, los eventos meteorológicos

extremos: sequías, granizadas o heladas (**figura 6**).



**Figura 6. Efectos de los eventos meteorológicos extremos en el cultivo de la papa.** [a] Sequía; [b] granizada; [c] helada.

Las sequías prolongadas combinadas con altas temperaturas marchitan las plantas y reducen significativamente la producción.

Las granizadas destruyen los tallos y las hojas de las plantas. Del mismo modo, la helada es bastante perjudicial en la

época de floración, pues incentiva que los botones florales y las flores caigan. Si las temperaturas son menores a  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , incluso pueden helar el tubérculo, retrasando y disminuyendo la producción.

Por otra parte, se pueden aprovechar las heladas y la alta radiación de los meses de julio y agosto para acabar con los focos de infestación del gorgojo de los Andes, a través de la rotación del suelo. Esto expone a las pupas del gorgojo al frío y a la luz directa del Sol, que las desaparece.

## 2.2. Influencia en la ganadería

En nuestro país se desarrollan tres tipos de ganadería: la ganadería comercial, la pequeña y media ganadería y la ganadería de familias campesinas. La ganadería comercial consiste en la crianza de ganado especializado (productor de leche, carne o lana) y el uso de tecnología avanzada; esta se desarrolla principalmente en la costa. La pequeña y mediana ganadería se enfoca en la crianza de ganado criollo mejorado y hace uso tecnología media.

Finalmente, la ganadería de familias campesinas consiste en la crianza de ganado criollo y hace uso de tecnología de bajo nivel; sin embargo, este tipo de ganadería representa el 70 % de la producción a nivel nacional (Comisión Técnica Plan Ganadero Nacional, 2006).

El grueso de la ganadería practicada por las comunidades campesinas se encuentra en los Andes y consiste principalmente en la crianza de ganado vacuno, ovino y porcino.

Dependiendo de la especie, los animales se desarrollan y rinden adecuadamente dentro de un **rango óptimo de temperatura**. Por ejemplo, la máxima producción de leche se logra entre los  $4$  y  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Vélez de Villa, 2013). A mayor temperatura, las vacas consumen menos alimento; por lo tanto, la producción de leche disminuye. Y a menor temperatura, el alimento que el ganado consume es usado para subir su temperatura corporal y no para producir leche; como resultado, la producción de leche también disminuye (figura 7).

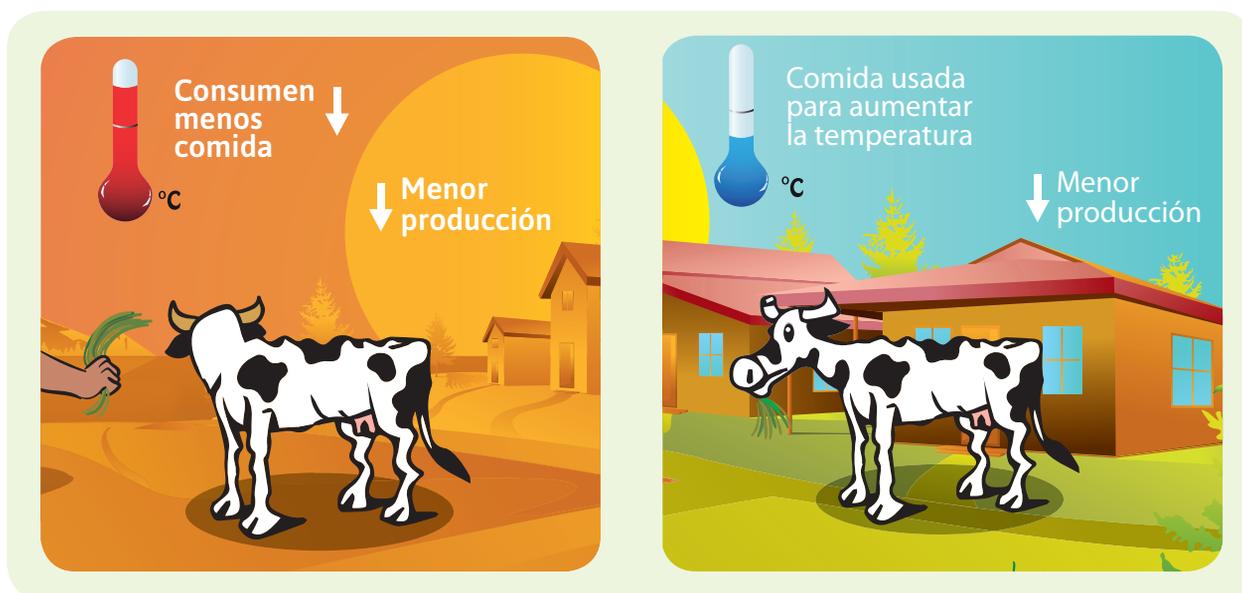
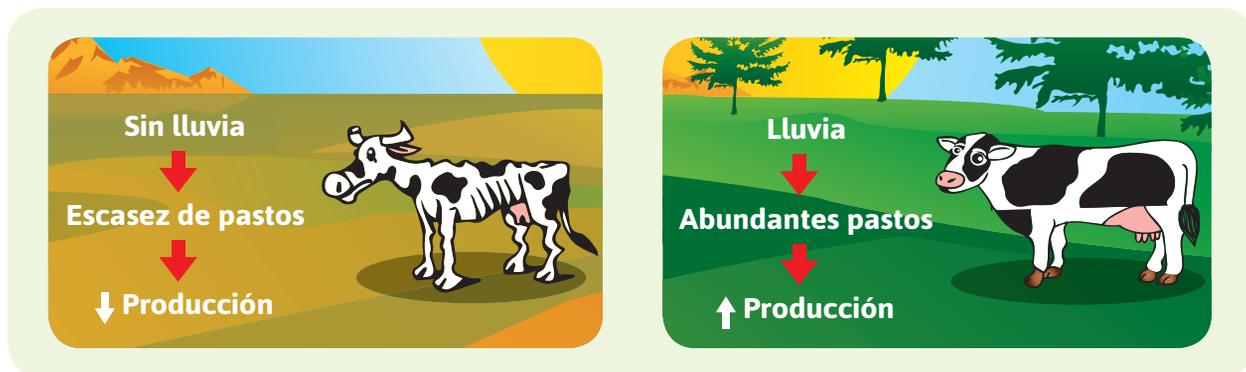


Figura 7. Efecto de la temperatura en la producción de leche

Entonces, una buena alimentación permite una buena producción de leche, y ésta depende de la temperatura. Pero existe un factor climático que también puede interferir con la buena alimentación del ganado: En el periodo seco, afecta la calidad nutritiva del pasto y la disponibilidad de agua. Si

el ganado no tiene suficiente agua, reducirá su peso. Este efecto combinado no solo afecta la producción de leche, sino también retarda el crecimiento y desarrollo de las vacas. **(figura 8)**.

Existen otros factores relacionados con la radiación que también afectan la salud y reproducción del ganado: el

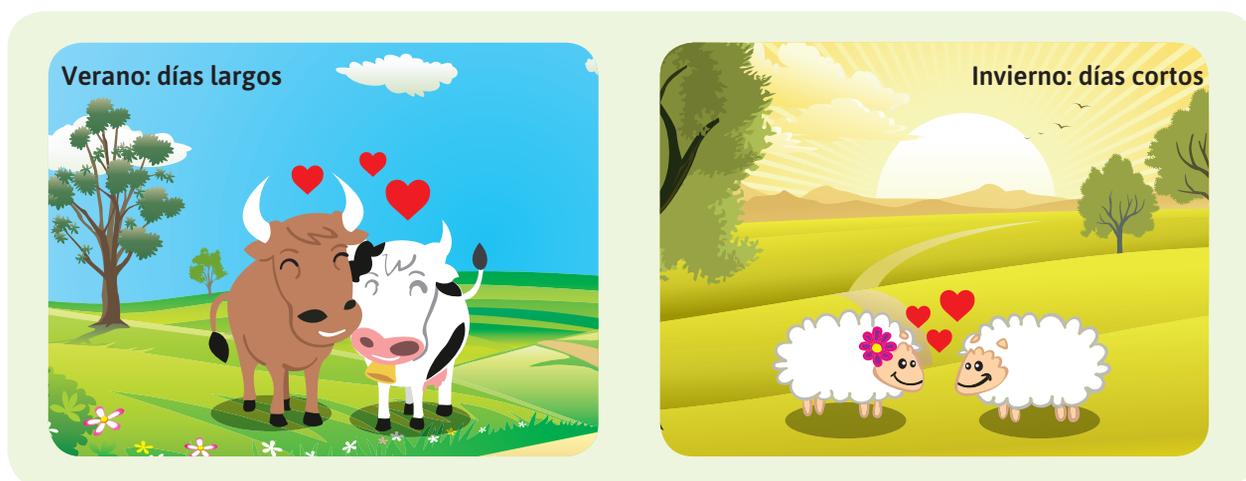


**Figura 8. Efecto de la sequía en el ganado**

fotoperiodo (duración del día solar). Según (Echevarría y Miazzo, 2002), determina los tiempos de reproducción.

En general, el ganado ovino y caprino se reproduce cuando el fotoperiodo es corto (invierno), y el ganado vacuno y equino se reproduce cuando las horas de sol son largas (verano) **(figura 9)**.

La lluvia y el viento también son variables meteorológicas importantes cuando se trata de la seguridad y producción del ganado (Gomes, 2006). En condiciones de lluvia y viento, como cuando hay tormentas, las vacas no se alimentan y la producción disminuye. Además, las tormentas eléctricas amenazan su seguridad.



**Figura 9. Influencia del fotoperiodo en la reproducción del ganado**



### 2.3. Influencia en el turismo

Según el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2014), Perú posee un enorme potencial como destino turístico. Somos uno de los 7 focos originarios de cultura en el mundo, estamos entre los 17 países megadiversos del mundo, contamos con una gastronomía reconocida, poseemos 11 lugares inscritos como patrimonio de la humanidad. En fin, ciertamente contamos con los recursos suficientes para el desarrollo del turismo.

Para entender la influencia del tiempo y el clima en esta actividad económica, centrémonos en el Cusco y recordemos algunos episodios recientes.



En febrero de 2013, el poder ejecutivo declaró en estado de emergencia por 60 días a varios distritos de Cusco, entre ellos Urubamba y Ollantaytambo, que son importantes destinos turísticos.

En los veranos del 2010, 2011 y 2012, algunos fenómenos naturales (deslizamientos, inundaciones y huaicos) no permitieron que cientos de turistas extranjeros continuaran con su circuito turístico: en el mejor de los casos sus actividades solo se vieron retrasadas, y en el peor de los casos tuvieron que ser evacuados de las zonas de desastre (**figura 10**). Incluso Machu Picchu tuvo que ser cerrado en varias oportunidades a causa de las condiciones atmosféricas.



© Agencia EFE.

**Figura 10. Turismo afectado por fenómenos naturales.** Un grupo de turistas es evacuado a causa de las lluvias torrenciales que aíslan Aguas Calientes en Cusco.

Identificamos a los agentes que intervienen en esta actividad: el empresario y el turista. El empresario ofrece productos y servicios turísticos, como transporte, alojamiento o entretenimiento; mientras que el turista se muda temporalmente a un destino que satisfaga sus necesidades personales, aprovechando los productos y servicios del empresario.

En nuestras vacaciones de enero queremos realizar un viaje en enero y tenemos tres opciones: Iquitos, Cajamarca y Paracas.

La primera tarea es escoger nuestro destino turístico: este es el **proceso de decisión**. Buscamos un lugar donde nuestros hijos se diviertan, realicemos actividades al aire libre y también podamos descansar. Satisfacer estas necesidades no solo es importante para nosotros, sino para los empresarios que ofrecen sus servicios. Mientras nosotros nos preguntamos dónde podemos ir de vacaciones, los empresarios se preguntan qué nos pueden ofrecer para que deseemos vacacionar con ellos (**figura 11**).



**Figura 11. Proceso de decisión.** Para promover un destino turístico, los empresarios no solo toman en consideración las instalaciones y actividades que ofrecen, sino también el tiempo y el clima de la zona.

Veamos las ventajas de cada destino:

- En **Cajamarca** nos ofrecen una topografía interesante para realizar actividades al aire libre y los famosos baños del Inca, para relajarnos. Como precaución frente a las fuertes lluvias estacionales, el hotel cuenta con un *spa* muy moderno para realizar actividades en el interior, además de un techo a dos aguas y un sistema de calefacción y aire acondicionado.
- **Paracas** nos ofrece visitas culturales a la Reserva Nacional de Paracas, y siempre están sus hermosas playas. Debido al clima caluroso, el hotel nos ofrece aire acondicionado y un moderno *spa* para relajarnos.
- **Iquitos** nos ofrece una impresionante biodiversidad y varios circuitos turísticos, todos ellos con largas caminatas. Debido a las fuertes lluvias de verano, el hotel también posee un moderno *spa* y una piscina bajo techo.

Ya poseemos la información básica de nuestros posibles destinos turísticos y empezamos descartando Iquitos. En enero

las lluvias son muy fuertes y continuas, y probablemente tengamos que pasar la mayor parte del tiempo en el hotel. Nuestros hijos no nos lo agradecerán. Entonces, nos quedan Paracas y Cajamarca. Difícil decisión, pero terminamos escogiendo Cajamarca porque siempre quisimos visitar los baños del Inca. Pasamos por alto las lluvias estacionales en Cajamarca y el buen tiempo de Paracas durante esta época del año.

Faltando una semana para nuestra partida, nos toca planear el viaje: este es el **proceso de planificación**. Nuestros hijos ya buscaron en internet y están decididos a realizar caminatas, ciclismo de montaña y parapente (**figura 12**).

Nosotros también estamos decididos, pero a disfrutar de los baños termales y del *spa* del hotel. Entonces, consultamos el pronóstico del SENAMHI para tener una idea del tiempo que nos espera porque nuestras actividades dependen de ello. Para practicar parapente necesitamos un viento moderado (10-20 km/h) y para las caminatas y el ciclismo de montaña necesitamos que no haya lluvias fuertes.



**Figura 12. Proceso de planificación.** El turista decide las actividades que desea realizar de acuerdo con el clima del lugar.

Pero el SENAMHI nos alerta que es probable que se presenten lluvias fuertes en nuestra semana de viaje. Aun así, decidimos continuar con los planes.

Ahora solo nos queda disfrutar de nuestras vacaciones; ya en el aeropuerto el avión no puede partir a Cajamarca debido al mal

tiempo. La tormenta retrasa nuestro vuelo por casi dos horas. Por fin, ya en nuestro hotel nos sentimos reconfortados porque es todo lo que esperábamos: buen servicio, excelente *spa* y lejos de la ciudad.

Nos preparamos para las actividades del día siguiente, pero parece que la tormenta se intensifica. En efecto, debido a las fuertes lluvias tuvimos que quedarnos en el hotel. Nosotros podemos disfrutar del *spa*, pero nuestros hijos no están felices.

Al día siguiente, un desastre: las fuertes lluvias provocaron huaicos en las áreas de caminata y será otra actividad que no podremos realizar. Afortunadamente, los dueños del hotel sí pensaron en el tiempo y el clima de la región y construyeron el hotel en un lugar seguro.

Ya solo nos quedan dos días de vacaciones y el tiempo solo mejoró lo suficiente para ir a los baños del Inca. Regresamos a nuestro hogar algo decepcionados por no aprovechar al máximo nuestras vacaciones. Al final del día comprendimos que fue un error no prestar atención al tiempo y clima de la región: debimos escoger Paracas. **(figura 13).**



**Figura 13. El tiempo y las actividades de recreación.** El tiempo determina cómo se llevarán a cabo estas actividades planificadas.

El clima también influye en distribución de la biodiversidad. Así, los empresarios utilizan la información del clima para decidir la infraestructura de sus hoteles o el tipo de actividades a realizar. Conocen los problemas que se pueden presentar y por ello desarrollan actividades bajo techo en caso de que las

actividades al aire libre deban ser canceladas por el mal tiempo, como las lluvias fuertes. De esta manera protegen a sus clientes porque las necesidades del turista son la razón de ser de esta actividad **(tabla 1).**

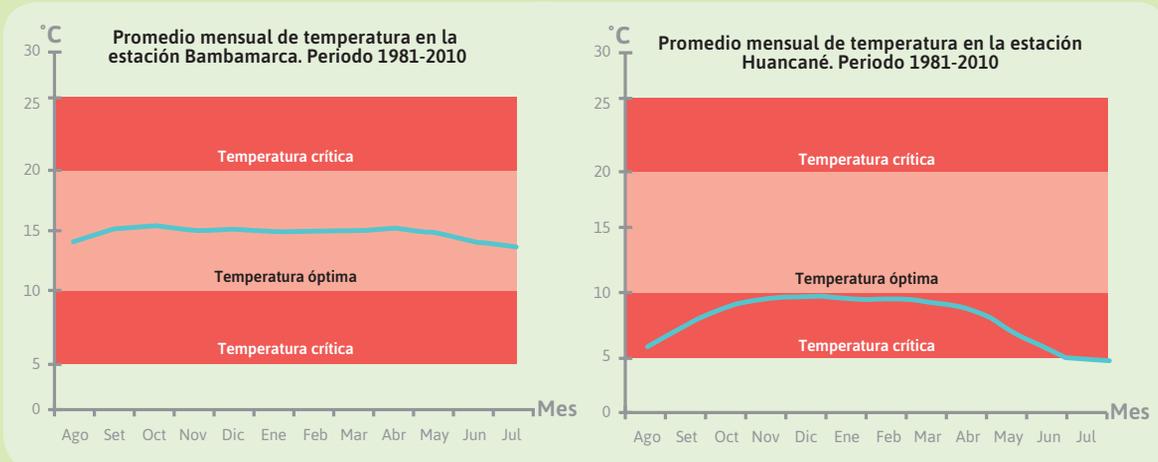
Necesidades del turista	¿En qué grado afectan el tiempo y el clima la satisfacción de estas necesidades?		
	Bajo	Medio	Alto
Necesidades culturales	X		
Necesidades de cambio de lugar y actividad			X
Necesidades de entretenimiento y relajación		X	X
Necesidades de seguridad			X

**Tabla 1. Necesidades del turista.** Cómo el tiempo y el clima afectan la satisfacción de las necesidades del turista (Gómez, 2005).



## Autoevaluación

- A continuación mostramos gráficos de temperatura media (línea de color celeste) de dos lugares: Bambamarca en Cajamarca y Huancané en Puno. Además, mostramos las temperaturas óptimas (rosado) y críticas (rojo) para el cultivo de papa.



- Según los gráficos responde y fundamenta:
  - › ¿Dónde se espera una mayor producción de papa?
  - › De acuerdo con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), la papa altiplano tiene un periodo vegetativo de 120 días (4 meses) y la papa puneña un periodo vegetativo de 160 días (más de 5 meses). ¿Cuál variedad de papa es más apropiada para Huancané?
  - › Sabemos que la máxima producción de leche del ganado vacuno se alcanza entre los 4 y 21 °C. De acuerdo con los gráficos, ¿dónde se espera una mayor producción de leche?

### 3. EL TIEMPO Y EL CLIMA EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

Anteriormente hemos revelado cómo el tiempo y el clima influyen en nuestras actividades económicas y en nuestra vida cotidiana. Hemos mencionado cómo los fenómenos atmosféricos afectan directamente el crecimiento, desarrollo y salud de las plantas y animales. Del mismo modo, el tiempo y el clima afectan nuestra salud produciendo desde enfermedades estacionales (alergias, resfríos o epidemias) hasta lesiones permanentes causadas por las inundaciones, los deslizamientos o la radiación ultravioleta.

#### 3.1. La radiación ultravioleta y nuestra salud

La radiación ultravioleta (UV) es parte de la radiación emitida por el Sol, así como también lo es la luz visible (**cap. II, secc. 4.1.**). Esta radiación es absorbida en su mayoría por la capa de ozono, pero parte de ella logra alcanzar la superficie terrestre (longitudes de onda mayores a 300 nm, aproximadamente) (**figura 14**). Esta pequeña cantidad de radiación UV que nos alcanza es la que puede afectar nuestra salud.

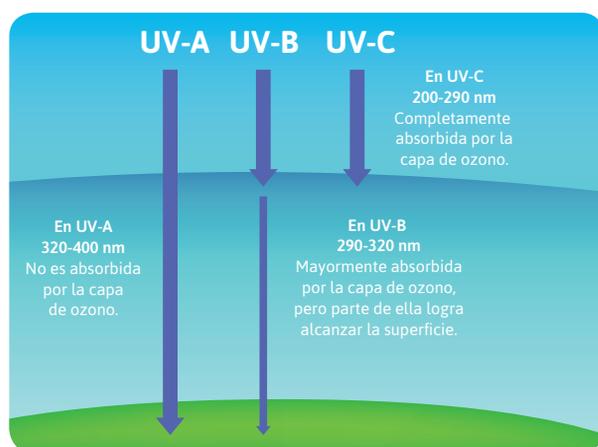


Figura 14. Tipos de radiación ultravioleta

La radiación UV-C es absorbida por la capa de ozono, lo cual es una fortuna, porque es muy peligrosa para los seres vivos: puede dañar la córnea de los ojos, destruir organismos unicelulares e incluso mutar

cromosomas. Por otro lado, una pequeña parte de la radiación UV-B alcanza la superficie y penetra la piel causando quemaduras, supresión del sistema inmune y cáncer a la piel. Alrededor del 90 % de cáncer a la piel está relacionado con la radiación UV-B (Ahrens, 2009). Finalmente, la radiación UV-A representa más del 95 % de toda la radiación UV que alcanza la superficie. Se pensaba que esta solo causaba enrojecimiento de la piel, pero estudios (Grujil, 1999) indican que largas exposiciones también pueden causar vejez prematura, supresión del sistema inmune, problemas oculares (cataratas o degeneración macular) y cáncer a la piel.

El daño causado por la radiación UV depende del tiempo de exposición y el tipo de piel. No olvidemos que nuestra piel está adaptada a la continua exposición a la radiación UV, y que absorbe parte de esta a través de unos pigmentos oscuros llamados **melanina**. Es así como se produce el bronceado: a mayor exposición al Sol, mayor producción de pigmentos y mayor oscurecimiento de la piel. Las pieles oscuras hacen un mejor trabajo protegiendo sus células que las pieles claras; incluso se cree que el incremento de cáncer a la piel se debe a la migración de personas de piel clara hacia regiones subtropicales o tropicales, donde la radiación es mayor. Sin embargo, sin importar el color de piel, la sobreexposición a la radiación UV puede producir los efectos antes mencionados.

A pesar de que la radiación UV causa problemas de salud, la radiación UV-B es importante para la fortificación de nuestros huesos porque activa la provitamina D en la piel, que finalmente se convierte en vitamina D, responsable de la fijación del calcio.

Desafortunadamente, es difícil determinar exactamente cuántas horas de exposición al Sol necesitamos para ayudar a la producción de vitamina D, ya que depende del tipo de

piel y otros factores; pero se ha encontrado que una mayor exposición al Sol no significa necesariamente una mayor producción de vitamina D (Olds, 2008).

### 3.2. Contaminación atmosférica

El tema de la contaminación ambiental se volvió popular después de enfrentar las consecuencias de la Revolución Industrial y la Segunda Guerra Mundial. Un evento que causó impacto en la ciencia, en la percepción pública y el sistema legislativo fue la gran niebla (*Great Smog*) de 1952 en Londres, Inglaterra (Bell, 2004). Debido a condiciones atmosféricas particulares, la polución producida por las industrias fue atrapada en la ciudad por 4 días, produciendo una niebla química que afectó la salud de su población. Se calculó que más de 4000 personas murieron prematuramente de problemas respiratorios en las semanas siguientes. La evidente relación entre polución y salud llevó al Gobierno inglés a regular las actividades industriales para prevenir futuros eventos.

Se puede decir que todo material se puede convertir en contaminante cuando este se encuentra fuera de su medio natural o en concentraciones más altas de lo normal. Si estos son capaces de causar efectos adversos en el ambiente o representar un riesgo para los organismos vivientes, son llamados contaminantes o polutos (Brusseau, 2004).

Estos contaminantes se pueden encontrar en el aire, el agua o el suelo, pero ahora solo estamos interesados en la contaminación del aire porque es la que se relaciona con la atmósfera. El aire limpio de la atmósfera es una mezcla de gases (**cap. II, secc. 3.2.**) que está compuesto en un 99 % de nitrógeno y oxígeno, pero son los gases que se encuentran en menor proporción los que pueden causar desequilibrios en el ambiente y, por tanto, afectar la salud de las personas. Los gases que son parte de la atmósfera, como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ), pueden ser considerados contaminantes cuando sus concentraciones exceden el promedio. Pero también existen otros gases que son introducidos a la atmósfera y que son contaminantes, como el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) o el monóxido de carbono (CO).

De acuerdo con la Agencia de Protección del Ambiente (EPA por sus siglas en inglés: Environmental Protection Agency), existen seis gases que representan un real peligro para la atmósfera (**tabla 2 de la página siguiente**). Estos gases no solo causan problemas de salud, sino también daño a la propiedad y ponen en riesgo el ambiente natural (flora y fauna). Debemos considerar que estos contaminantes no solo son un producto de la naturaleza, sino que también las actividades humanas son responsables de ellos. Es un claro ejemplo de cómo el tiempo y el clima nos afectan, y cómo nosotros podemos también afectarlos.



### Autoevaluación

- Haz un listado de las enfermedades producidas por una constante exposición al Sol. ¿Qué medidas de prevención podrías emplear?
- El SENAMHI hace un monitoreo de los siguientes contaminantes: monóxido de carbono (CO), ozono superficial ( $\text{O}_3$ ), óxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), partículas finas y material particulado. Clasifícalos dentro de los grupos mencionados en esta sección.

Contaminante	Descripción	Fuentes	Efectos
Ozono superficial O <sub>3</sub>	No es introducido directamente en el aire, es creado por reacciones químicas entre óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en la presencia de calor o luz.	Motores desgastados, vapores de gasolina, fábricas, vertederos y los solventes industriales son las fuentes más importantes de NO <sub>x</sub> y el COV.	Irrita el tracto respiratorio. Produce susceptibilidad a infecciones pulmonares. Provoca mal funcionamiento de los pulmones e inflamación. Agrava el asma, la bronquitis y el enfisema. Puede reducir el rendimiento de la agricultura y dañar la vegetación.
Monóxido de carbono CO	Gas incoloro e inodoro que resulta de la combustión incompleta.	Motores, procesos industriales e incineradores. Altas concentraciones pueden ser encontradas en espacios cerrados como garajes, túneles y en el congestionamiento vehicular.	Deteriora la capacidad de la sangre de transportar oxígeno a tejidos vitales, lo que afecta los sistemas cardíaco, pulmonar y nervioso. Los síntomas incluyen dolor de cabeza, fatiga, náuseas, deterioro visual y de la memoria, y disminución del control muscular.
Dióxido de nitrógeno NO <sub>2</sub>	Pertenece a la familia de gases reactivos llamados óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ). Formado cuando un combustible es quemado a altas temperaturas.	Motores, plantas de energía y calderas industriales.	Irrita y causa daños a los pulmones, y baja su resistencia a infecciones respiratorias, como la influenza. Contribuye a la formación de ozono y lluvia ácida, lo que afecta a los sistemas terrestres y acuáticos.
Material particulado	Mezcla de partículas sólidas y líquidas en el aire. Incluye ácidos, metales, químicos orgánicos y polvo. Pueden ser visibles o microscópicas.	Vendavales de polvo. Operaciones de trituración y molienda. Carreteras sin pavimentar. Combustión de combustibles y de estufas de leña. Arado y quemado de campos. A partir de gases como SO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> .	Irritación de ojos, nariz y garganta. Disminuye la función pulmonar. Agrava la bronquitis y el asma. Los niños, los ancianos y las personas con problemas del corazón y pulmones se encuentran en mayor riesgo. Reduce la visibilidad. Acidifica el agua y consume los nutrientes del suelo.
Dióxido de azufre SO <sub>2</sub>	En bajas concentraciones es inodoro, pero en altas concentraciones es picante. Se produce cuando se queman combustibles con contenido de azufre.	Combustión de combustible, plantas de energía, refineries de petróleo, fábricas de papel y plantas químicas.	Causa problemas respiratorios, agrava las condiciones cardiovasculares y el asma. Puede formar aerosoles ácidos y ácido sulfúrico, los cuales están relacionados con la acidificación de los lagos y la corrosión de materiales; también con la reducción de la visibilidad.
Plomo Pb	Metal pesado que puede causar serios problemas si se respira o ingiere.	Suelos, pinturas, combustibles, fundiciones y combustión de basura con contenido de plomo.	Se acumula en los huesos. Dependiendo de la exposición, puede causar daño en el sistema nervioso, los riñones, la sangre y la digestión. Ocasiona la pérdida de biodiversidad y el cambio en la composición de la comunidad ecológica.

Tabla 2. Los seis contaminantes más importantes del aire. Información de acuerdo con Environmental Protection Agency (2012).

## 4. EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

Los eventos meteorológicos, como las tormentas, las heladas, la niebla, los vientos fuertes, etc., afectan nuestra vida diaria y las actividades de nuestra comunidad (agricultura, ganadería, pesca, comercio, etc.). Sin embargo, existen eventos que tienen efectos devastadores en nuestra sociedad, es decir, daños materiales o ecológicos que representan miles o millones de soles en pérdidas, o la pérdida de vidas humanas. Estos eventos son conocidos como **eventos meteorológicos extremos**.

Los eventos meteorológicos extremos se definen como fenómenos raros para un lugar y tiempo determinados. Esto significa que no existe una definición universal consistente de *extremo*; por tanto, su definición variará de acuerdo con el tiempo y el espacio. Por ejemplo, las personas que vivimos en la ciudad de Lima estamos acostumbradas a temperaturas que se encuentran entre 11 y 30 °C aproximadamente. Para los limeños 5 °C representa una temperatura mínima extrema. Sin embargo, para la ciudad de

Puno, esos mismos 5 °C se encuentran entre su rango de temperatura normal (de -5 °C a 19 °C). Para los puneños no representaría una temperatura mínima extrema.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, se consideran eventos meteorológicos extremos las olas de calor o de frío, las heladas, las precipitaciones extremas, las sequías, las inundaciones, las tormentas severas, el viento intenso, los maretaos causados por vientos fuertes, etc. (Anexo 1). En este capítulo solo mencionaremos algunos de los eventos meteorológicos extremos más comunes en nuestro país y sus consecuencias.

Como podemos observar en la **tabla 3**, los eventos meteorológicos extremos son estudiados de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia y su magnitud. Por tanto, es importante conocer las condiciones normales de la localidad o la región. (Anexo 2). Cualquier desviación de las condiciones normales y que cumpla con las definiciones presentadas, representa un evento meteorológico extremo. (Anexo 3).

Evento meteorológico extremo	Definición	Consecuencias
Lluvias torrenciales	Lluvias intensas de corta ó prolongada duración que supera el promedio climático.	Deslizamientos o huaicos. Inundaciones. Debilitamiento de construcciones.
Friajes	Ingreso de masa de aire frío polar hacia la amazonia.	Las bajas temperaturas favorecen las enfermedades respiratorias.
Heladas	Ocurre cuando la temperatura desciende a 0 °C ó menos.	La planta o parte de ella muere cuando la exposición es intensa y prolongada. Enfermedades respiratorias. Baja productividad ganadera.
Sequías	Reducción o ausencia de precipitación.	Pérdida de cultivos. Baja producción del ganado. Escasez de alimentos.
Granizadas	Agua congelada que cae en forma de granos de hielo.	Daños a construcciones. Pérdida de cultivos.

**Tabla 3. Eventos meteorológicos extremos en el Perú y sus consecuencias.** Según SENAMHI (2013) e Indeci (2006).

El **friaje** es un fenómeno meteorológico que se produce por el ingreso de aire polar a la selva, lo que ocasiona el descenso de la temperatura del aire en solo horas (**figura 15**). La temperatura normal de esta región se encuentra entre 22 y 36 °C; durante un friaje las temperaturas pueden disminuir hasta los 11 °C ó más. Las regiones más afectadas son Madre de Dios, Ucayali, Loreto y la selva de Cusco, Puno, Pasco, Huánuco y San Martín. Por lo general, los friajes provocan infecciones respiratorias agudas (IRAS), y debido a los vientos fuertes y lluvias intensas, pueden generar daños materiales.



**Figura 15. Friaje en la selva peruana.** Según SENAMHI.

La **helada** es un evento meteorológico extremo frecuente en la zona altoandina (>3000 m. s. n. m.) que ocurre cuando las temperaturas descienden hasta los 0°C ó debajo de esta. De acuerdo con el SENAMHI, por encima de los 3000 m de altitud ocurren aproximadamente 65 días de heladas al año; y por arriba de los 3300 m, este número se eleva a 115 días al año. En nuestro país, las heladas afectan a más de 193 distritos y las actividades económicas,

como la agricultura y ganadería. En el 2013, se perdieron 6111 hectáreas de cultivos y 25 000 cabezas de ganado.

Las **lluvias intensas** también son eventos meteorológicos extremos importantes por la diversidad de consecuencias que conllevan: huaicos, deslizamientos, debilitamiento de viviendas, inundaciones, pérdidas de cultivos, erosión, interrupción de carreteras, enfermedades, plagas, escasez de alimentos, etc. De acuerdo con el SENAMHI, más del 40 % de las víctimas de desastres naturales son causadas por las inundaciones; esto se debe a que la mayoría de personas vive cerca de ríos o lagunas (**figura 16**).



**Figura 16. Inundación en Aguas Calientes.** Cusco en el verano del 2010.

Un evento meteorológico extremo que es difícil de definir es la **sequía**. Si bien el Indeci lo define como la ausencia o escasez de lluvia, la sequía se representa mejor a través de indicadores que incluyen la precipitación, la temperatura, la humedad del suelo y el caudal. Y es que la sequía, como cualquier otro evento meteorológico extremo, depende de la escala de tiempo, la región y la estación del año.

Es así como los eventos meteorológicos extremos afectan nuestra sociedad. Pero también existen eventos climáticos que afectan nuestras actividades económicas.

El más representativo es el fenómeno de El Niño porque ha sido parte de nuestra

historia desde antes de la creación de nuestra república.



## Autoevaluación

- Con los datos que se presentan a continuación (normales), determina en qué localidades podrían considerarse las siguientes condiciones como eventos meteorológicos extremos:
  - › Temperatura mínima (T mín) de 1 °C en un día de mayo.
  - › Temperatura máxima (T máx) de 23 °C en un día de septiembre.
  - › Precipitación (PP) máxima de 50 mm en un día de abril.

Bambamarca, Cajamarca				
Mes	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T media (°C)	pp (mm)
Ene	19,6	10,2	14,9	72,2
Feb	19,5	10,5	15,0	98,7
Mar	19,7	10,4	15,0	111,5
Abr	19,8	10,6	15,2	79,1
May	20,0	9,7	14,8	40,4
Jun	19,7	8,4	14,1	18,7
Jul	19,8	7,6	13,7	11,6
Ago	20,5	8,2	14,3	12,1
Set	20,7	9,6	15,1	47,2
Oct	20,7	10,2	15,4	95,0
Nov	20,7	9,5	15,1	86,2
Dic	20,2	10,1	15,2	81,1

Granja Kcayra, Cusco				
Mes	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T media (°C)	pp (mm)
Ene	20,0	7,5	13,7	156,3
Feb	20,1	7,2	13,6	120,3
Mar	20,2	6,7	13,4	101,9
Abr	20,7	4,3	12,5	39,1
May	21,2	0,8	11,0	5,0
Jun	20,6	-1,0	9,8	4,9
Jul	20,6	-1,6	9,5	3,3
Ago	21,3	0,4	10,8	5,3
Set	21,5	3,2	12,4	16,0
Oct	21,7	5,4	13,5	47,9
Nov	21,6	6,2	13,9	78,9
Dic	20,9	6,7	13,8	109,8

Puno, Puno				
Mes	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T media (°C)	pp (mm)
Ene	15,5	5,6	10,5	173,7
Feb	15,3	5,4	10,4	149,2
Mar	15,2	5,2	10,2	131,3
Abr	15,3	3,7	9,5	58,9
May	14,9	0,8	7,9	8,8
Jun	14,0	-0,9	6,5	5,7
Jul	14,1	-1,3	6,4	2,5
Ago	14,9	0,0	7,5	12,1
Set	15,9	1,7	8,8	23,5
Oct	16,5	3,4	10,0	53,0
Nov	16,8	4,3	10,6	54,4
Dic	16,6	5,3	10,9	87,2

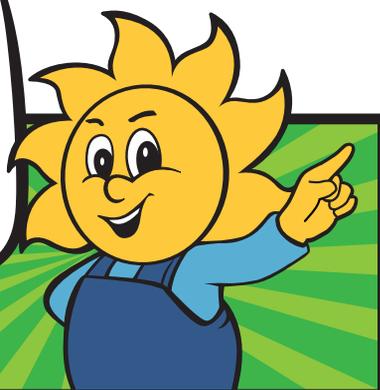
- › T media: Temperatura promedio
- Haz un listado de los eventos meteorológicos extremos más frecuentes en tu localidad.

## 5. DESASTRES DE ORIGEN CLIMÁTICO EN LA HISTORIA PERUANA

El Niño es parte de la variabilidad climática de nuestro país. Su impacto en Perú puede ser tanto positivo como negativo. Entre los impactos positivos podemos mencionar la aparición de nuevas especies pelágicas, la regeneración de los bosques secos en la costa norte, la recarga de los acuíferos y la disminución de heladas en la sierra norte y central. Entre los impactos negativos

consideramos la aceleración del retroceso glaciar, la destrucción de infraestructura y carreteras debido a las lluvias intensas, la migración de especies animales, la baja producción ganadera y agrícola sensible a las altas temperaturas y el incremento de enfermedades infecciosas (malaria, cólera, entre otros).

Hemos convivido con estos fenómenos desde mucho antes de convertirnos en una república. La mayoría de episodios El Niño no han representado una amenaza: ocasionales lluvias torrenciales o la aparición de peces tropicales en aguas costeras. Pero aproximadamente una vez por generación, un fenómeno de El Niño severo causa drásticos cambios en el tiempo, ecológicos y sociales.



### 5.1. Los moche y el fenómeno de El Niño

La civilización moche se desarrolló a lo largo de la costa norte de Perú entre los años 100 y 800 d. C. Su gobierno estaba basado en una pirámide social en la que miles de agricultores y pescadores vivían bajo la autoridad de un pequeño número de sacerdotes o señores moche. Cada uno de estos gobernantes, como los actuales alcaldes, supervisaba un territorio específico o “distrito”. Y su trabajo consistía en comunicarse con los dioses para que estos los proveyeran de agua y alimento tanto en años de sequía como en periodos de inundación. El prestigio de los señores moche dependía, entonces, de su capacidad para asegurar agua y alimento.

Bajo estas condiciones, todos los años los pobladores se veían obligados a construir pirámides, canales de irrigación y pagar

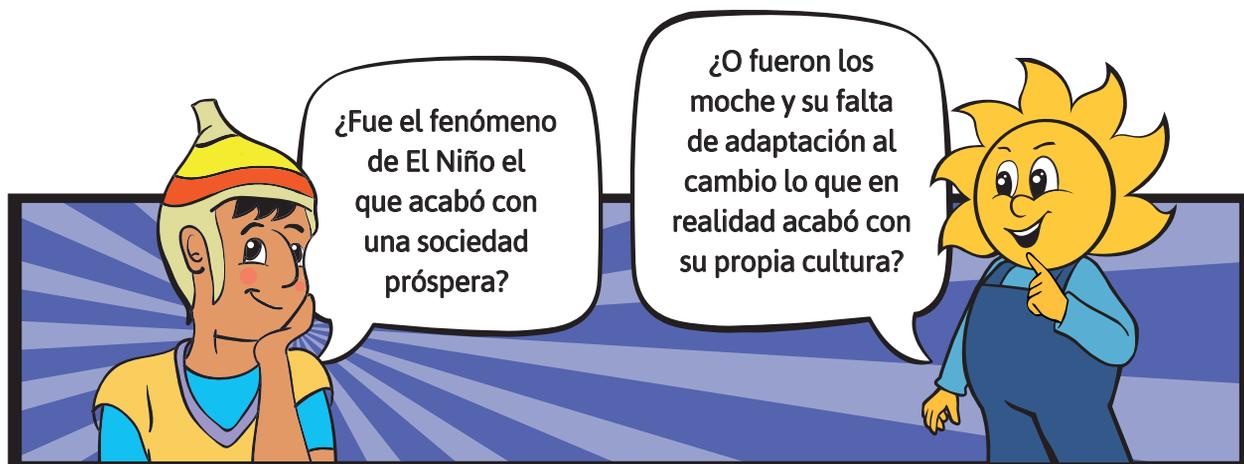
impuestos para cubrir las necesidades de un Estado que les aseguraba bienestar. Y es que parecía que los gobernantes hacían bien su trabajo: el clima era bastante estable, los ocasionales periodos de sequía y lluvias no representaban una amenaza, su tecnología agrícola solo mejoraba con los años y la población crecía rápidamente porque contaba con una dieta abundante y nutritiva. Atrás quedaron las historias de sus antepasados sobre catástrofes climáticas, hambre y muerte. Era una época de abundancia, y siendo expertos en agricultura y extremadamente productivos en pesquería, los moche se concentraron en satisfacer a sus gobernantes.

Pero sus gobernantes vivían en continuo conflicto en búsqueda de la supremacía, obligando a la población a explotar sus recursos al máximo y a participar en las guerras. Tanta era la abundancia de aquella

nación que se concentraron en sus guerras y olvidaron prepararse para posibles eventos adversos de la naturaleza. Entonces, en algún momento del siglo VI, tuvieron que enfrentarse a severas sequías y luego afrontar un fenómeno de El Niño extraordinario que trajo consigo catastróficas inundaciones. Los cultivos fueron destruidos al igual que los canales de riego, el poco alimento no era capaz de sostener a una población tan

densa, la malnutrición y las enfermedades se extendieron por todo el Estado y la anchoveta se alejó de la costa debido a lo cálido de las aguas.

Este evento tomó a los moche por sorpresa: sus gobernantes no estaban cumpliendo con sus promesas. El estrés de esta crisis destruyó su credibilidad y marcó el principio del fin de la civilización moche.



## 5.2. La crisis del guano

El uso del guano como fertilizante es una práctica muy antigua en el Perú. Incluso las civilizaciones alejadas de la costa aprovechaban este abundante recurso para mejorar la productividad de sus tierras. El guano era tan importante para los incas que la caza de aves guaneras se penaba con la muerte. Es así como la práctica del uso del guano pasó de generación en generación hasta ser una práctica común en Perú.

Pero no fue hasta la década de 1830 que la comunidad internacional empezó a mostrar interés por este recurso. En aquella época el guano era abundante. El excremento de las aves guaneras que anidaban en las islas se había acumulado por miles de años. Todo esto gracias a las aguas frías de nuestra costa que proveían de suficiente alimento (anchoveta) a esta población inmensa de aves.

Entonces, en 1840, empezó la real explotación y exportación del guano. Los agricultores de Norteamérica no podían creer las bondades de este recurso, en algunos casos incluso cuadruplicaron su producción. Gracias al mercado europeo y norteamericano, el país obtuvo, en esos años, la mayor parte de sus divisas exportando guano. Las décadas de 1840, 1850, incluso hasta finales de 1860, fueron años de abundancia.

Fue entonces cuando un devastador fenómeno de El Niño hizo su aparición: lluvias torrenciales arrasaron con el guano acumulado en las islas, la anchoveta migró al sur a causa de la invasión de la corriente de El Niño y millones de aves guaneras murieron de hambre. Todo esto en unos pocos meses. Luego de ese evento, las exportaciones de guano nunca volvieron a ser las mismas.

Por aquel entonces aún no se comprendía la relación entre la temperatura del mar y la muerte masiva de aves guaneras. Sin embargo, esta situación marcó el comienzo de la investigación de este inusual comportamiento de la atmósfera y el primer acercamiento hacia la comprensión del fenómeno de El Niño.

### 5.3. El colapso pesquero de los setenta

Existen cinco regiones de abundancia pesquera en el mundo: las costas de Perú, California, Namibia, Mauritania y Somalia. La productividad pesquera de Perú se debe a la corriente de Humboldt y los afloramientos. Las aguas frías de la corriente de Humboldt proveen las condiciones ideales para la diversidad de especies de agua fría, como la anchoveta; y los afloramientos proveen los nutrientes necesarios para que estas especies se puedan desarrollar. Por lo tanto, sin corriente de Humboldt o afloramientos no tendríamos esa diversidad de especies ni la productividad pesquera con la que contamos.

La pesca, por lo tanto, ha sido y es una de las actividades económicas más importantes de nuestro país. Sin embargo, la verdadera explotación de nuestro mar no comenzó hasta los treinta del siglo pasado. Fue impulsada por la Segunda Guerra Mundial

y las condiciones estables de los cuarenta y cincuenta, esto permitió el crecimiento de la industria pesquera. Por muchos años explotamos nuestro mar sin tomar en consideración los peligros potenciales del fenómeno de El Niño. En 1956, Perú se convirtió en el país pesquero número uno en Sudamérica; en 1957, los primeros en Latinoamérica; en 1959 éramos el quinto país pesquero en el mundo; en 1960, los terceros, y en 1963 nos convertimos en la primera nación pesquera del mundo.

Desafortunadamente, el devastador fenómeno de El Niño de 1972-1973 contribuyó al colapso de la industria pesquera de nuestro país. La sobrepesca de los años anteriores mermó nuestro recurso pesquero y la migración de los peces debido al advenimiento de las aguas cálidas terminó por menguar la pesca. La población de anchoveta pasó de 20 millones de toneladas a solo 2 millones de toneladas, lo que significó también una disminución en las especies marinas que consumían anchoveta, como la sardina.

Haciendo caso omiso de las sugerencias de las instituciones de investigación, como Imarpe, se continuó depredando el mar los años siguientes; ello llevó al colapso pesquero más importante de nuestro país. Durante El Niño de 1982-1983, se registraron las capturas más bajas de nuestra historia (**figura 17**).

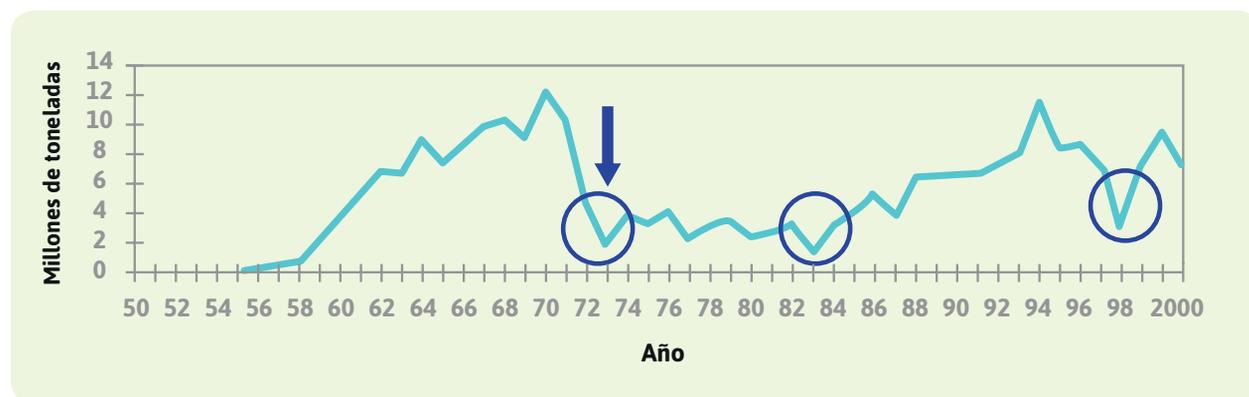


Figura 17. Colapso pesquero durante El Niño de 1982-1983. Relación entre los recursos pelágicos peruanos y el fenómeno de El Niño (Ñiquen, 2002).

A pesar de que el fenómeno de El Niño es un fenómeno regional, su influencia va mucho más allá de nuestro país. Por ello, es de suma importancia conocer las bases científicas de este evento y su impacto alrededor del mundo. De esta manera, seremos capaces de mitigar las consecuencias o adaptarnos al evento climático.



El fenómeno de El Niño es parte de nuestra historia, pero su influencia no se limita a nuestro país, pues es igual de importante en otras partes del mundo. Durante El Niño de 1972-1973, una sequía catastrófica afectó América central, África occidental, India, Australia y China. La Unión Soviética tuvo una cosecha tan desastrosa que tuvieron que importar maíz y trigo de Estados Unidos. El fenómeno de El Niño significa tormentas severas en México, California y el Pacífico noroeste; inviernos húmedos y templados para Chicago y New York; tormentas de invierno severas en Brasil, Chile y Argentina; enormes incendios forestales en Indonesia y sequías en la India.

Entendemos ahora cómo el tiempo y el clima están presentes en cada aspecto de nuestra vida. Nuestras actividades diarias se ven tan afectadas por estos elementos que tomamos las medidas pertinentes para hacerles frente. Migramos a climas que nos resultan más cómodos para vivir o más convenientes para desarrollar nuestras actividades económicas; construimos nuestros hogares para guarecernos de los fenómenos atmosféricos o desarrollamos la tecnología que nos permite soportarlos; escogemos el tipo de cultivo de acuerdo al clima de la región o creamos cultivos resistentes a las condiciones locales (sequías o inundaciones). Hemos intentado adaptarnos o ajustarnos al tiempo y al clima desde antes del desarrollo de nuestras civilizaciones.

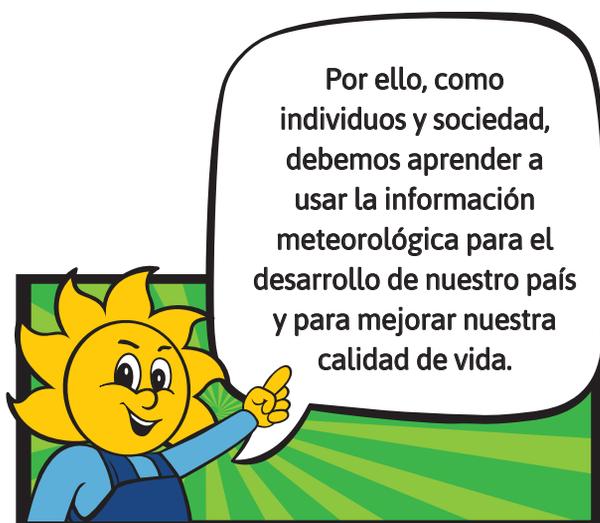


## Autoevaluación

- Haz un listado de los efectos del fenómeno de El Niño en tu localidad y región.
- Ahora que sabemos que el fenómeno de El Niño es un evento recurrente, piensa en las medidas que podemos tomar para mitigar sus efectos o adaptarnos a ellos.

## 6. USO DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL TIEMPO Y EL CLIMA

Ahora comprendemos que nuestra sociedad y nosotros somos vulnerables al tiempo y el clima. Demostramos cómo los fenómenos atmosféricos afectan nuestra vida diaria y de qué manera a lo largo de la historia sufrimos las consecuencias del cambio climático y de eventos meteorológicos extremos.



### 6.1. Conocimiento local sobre el tiempo y el clima

El uso de la información sobre el tiempo y el clima no es una práctica nueva. Muchas civilizaciones valoraron el conocimiento de su ambiente y lo usaron para desarrollar la agricultura, escoger zonas de pastoreo, diseñar sus ciudades, programar su calendario de rituales o mejorar su calidad de vida.

El Perú no fue la excepción: los incas explotaron su conocimiento del tiempo y el clima al máximo. Un claro ejemplo era el uso de andenes para crear microclimas que les permitieran cultivar una gran variedad de plantas y mejorar su producción.

Después de la Conquista, perdimos mucho de nuestro conocimiento ancestral.

Sin embargo, aún en la actualidad, las comunidades campesinas poseen algunos de esos conocimientos que han pasado de generación en generación. Y aunque parezcan desactualizados a los ojos de nuestra sociedad actual, son útiles para mejorar el sistema de pronóstico meteorológico actual, los sistemas de manejo de riesgo, y las estrategias de adaptación frente al cambio climático.

En las últimas décadas se ha vuelto a rescatar el conocimiento ancestral y se han realizado esfuerzos para reunir información acerca de las prácticas ancestrales usadas en las comunidades del país. Por ejemplo, se ha recopilado información sobre indicadores (plantas, animales, estrellas, fenómenos atmosféricos) de buen o mal año en la agricultura, para la prevención y mitigación de eventos meteorológicos extremos y el pronóstico del clima. Estos indicadores son observaciones cualitativas que permite identificar cambios en el tiempo o el clima.

Presentamos algunos ejemplos de conocimiento local sobre tiempo y clima en el Valle del Mantaro.

En la página siguiente, la **tabla 4** muestra los indicadores usados para pronosticar el clima, basados en la idea de un buen o mal año para la agricultura. Es decir, que el valle cuente con suficiente lluvia, que esta llegue a tiempo (a partir de septiembre) y sin interrupciones (sin veranillos<sup>1</sup>). La **tabla 5** muestra los indicadores usados para pronosticar los eventos meteorológicos extremos más comunes de la región, y la **tabla 6** muestra las acciones que realizan los pobladores del Valle del Mantaro para evitarlos o mitigarlos.

<sup>1</sup>Para Martínez et ál., el veranillo es la falta de lluvia por más de una semana en temporada de lluvias ya iniciadas.

Categoría	Indicador	Descripción
Indicadores astronómicos	Posición de las pléyades (del 24 de junio al 24 de julio)	Si la estrella más grande se encuentra al este, las lluvias llegarán a tiempo.
	Posición de la Luna	Si la Luna se ve inclinada, será un buen año.
Indicadores biológicos	Comportamiento de la fauna	Si el aullido del zorro es grueso, será un buen año.
	Estado de la flora local	Una buena floración de cactus y juncos significa que será un buen año.
		Si la ramilla ( <i>Senecio Rudbeckia folius</i> ) florece intensamente en agosto, habrá sequía.
	Si el cushuro ( <i>Nostoc commune Vauch</i> ) crece abundantemente en las piedras del río, habrá una buena producción agrícola.	
Indicadores hidro-meteorológicos	Indicadores hidrológicos	Si el río suena fuerte, será un buen año.
		Si los pozos de agua se llenan de arena, será un buen año.
	Indicadores meteorológicos	Si nieva entre junio y julio, será un buen año.
		Si en las primeras lluvias hay granizo, será un buen año.
		Si caen rayos en agosto, significa que será un mal año.

**Tabla 4. Pronóstico del clima en el valle del Mantaro de acuerdo con el conocimiento local.** Según Martínez et ál. (2012).

Evento	Indicadores
Veranillos	Si la nieve cae de color blanco resplandeciente. Si las neblinas son de color anaranjado.
Sequías	Si el sol resplandeciente tiene un arcoíris alrededor. Si cae helada en enero, febrero o marzo. Si en una noche estrellada se puede observar un arado de estrellas. Si las nubes tienen forma de ramas o son amarillentas y anaranjadas. Si las hojas de eucalipto se marchitan, toman un color amarillo y caen.
Lluvias	Si la luna en creciente se ve inclinada. Si los sapos croan a partir de las 6 p. m. Si los colores del arcoíris son menos intensos.
Heladas	Si el cielo está despejado; y la noche, estrellada. Si sopla un fuerte viento del sur en la tarde, el cielo está despejado y se ven las estrellas.
Granizadas	Si las nubes son negras o plomas y sopla un fuerte viento. Si la neblina es espesa. Si en los meses lluviosos cae el sol fuertemente. Si al mediodía suenan fuertes truenos.

**Tabla 5. Pronóstico de eventos meteorológicos extremos de acuerdo con el conocimiento local en el valle del Mantaro.** Según Martínez et ál. (2012).

Evento	Medidas para evitar	Medidas para mitigar
Veranillos y sequías	Recoger agua de lagunas en recipientes de barro. Quemar material para formar nubes. Lanzar con honda sal negra a las lagunas, siete veces.	-
Heladas	Quemar pasto o chala. Vestirse de negro.	Tener chacras a diferentes alturas y sembrar cultivos variados o tolerantes.
Granizadas	Esparcir tierra negra en dirección del granizo. Quemar objetos. Que las personas que nacieron en los meses de verano soplen al aire. Hacer aullar a los perros.	-
Rayos	Quemar material y humear.	Usar prendas de plástico o jebe. Evitar las partes altas de los cerros. No llevar metales.

**Tabla 6. Medidas para evitar o mitigar eventos meteorológicos extremos de acuerdo con el conocimiento local en el Valle del Mantaro.** Según Martínez et ál. (2012).

Hay que tomar en cuenta que los conocimientos locales que se han presentado no han sido comprobados, pero forman parte de la cultura y costumbres de la región. Esto no significa que algunos de ellos puedan carecer de bases científicas, pero aún no se han desarrollado suficientes estudios que los verifiquen.

Dicha información solo es una pequeña parte de los datos reunidos por las diferentes instituciones, pero nos da una idea de cuánto dependen las comunidades de nuestro país del tiempo y el clima y cuánto podemos

aprender de ellas, aunque no se encuentren en nuestra propia región.

## 6.2. Monitoreo y pronóstico del tiempo y el clima

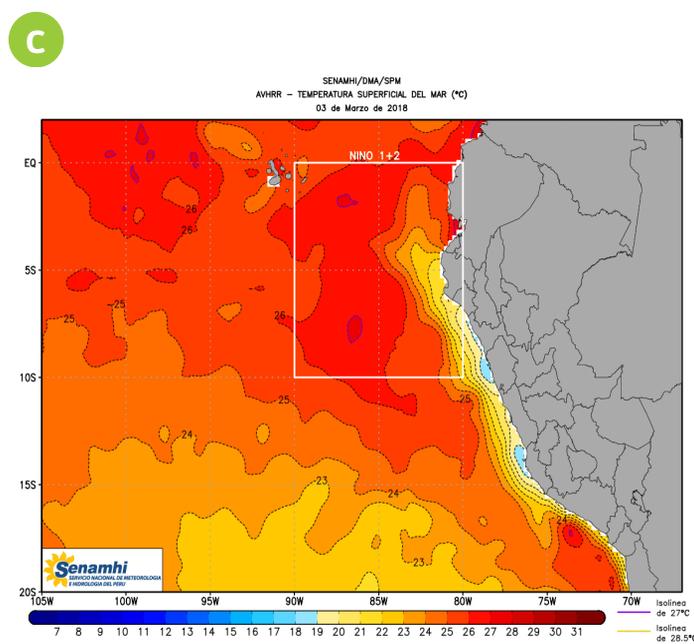
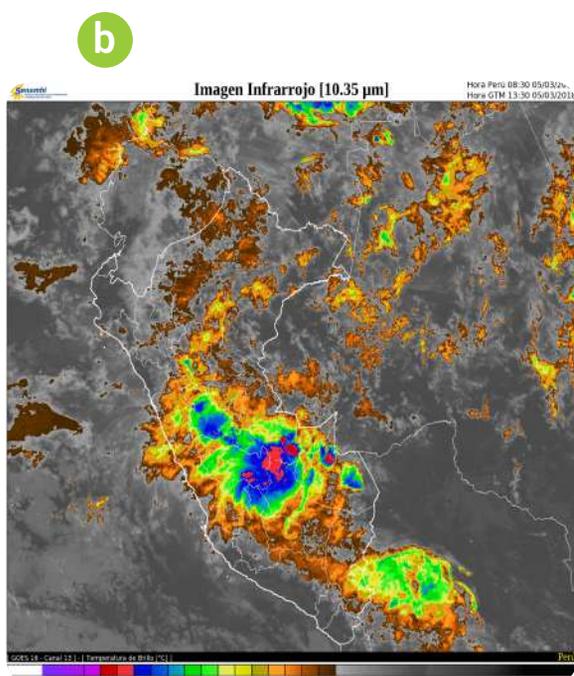
Conscientes de la influencia del tiempo y el clima en el desarrollo de nuestras actividades, nos hemos visto en la necesidad de monitorear las variables meteorológicas que describen estos fenómenos atmosféricos. Para ello, se han establecido redes de observación y monitoreo en todo el mundo, tanto de variables meteorológicas como de otras variables que ayudan a entender mejor estos eventos (caudal, temperatura superficial del mar, contaminantes, etc.).

En nuestro país también funciona una red de estaciones meteorológicas con instrumentos que miden la radiación, las horas de sol, la temperatura, la presión, la humedad, la precipitación, la velocidad y la dirección del viento. También se realizan observaciones de cobertura de nubes en estación y a través de imágenes satélite. Esta información es recopilada por el servicio meteorológico (SENAMHI) para llevar a cabo el respectivo procesamiento de datos y análisis, y



finalmente, crear productos útiles y comprensibles para los diferentes sectores de

la sociedad (**figura 18**). Así, nos informamos sobre el tiempo en nuestra región.



**Figura 18.** Algunos productos del SENAMHI que nos informan sobre las condiciones actuales del tiempo. [a] Datos en tiempo real de estaciones automáticas a nivel nacional; [b] imagen de satélite GOES 16; [c] temperatura superficial del mar diaria (SENAMHI).

Pero no solo medimos estas variables para conocer las condiciones actuales. Año tras año las estaciones meteorológicas recopilan sus datos, y cuando obtienen un registro lo

suficientemente largo, de al menos 30 años (**cap. I, secc. 1.**), lo usan para describir el clima de la localidad o región (**tabla 7**).

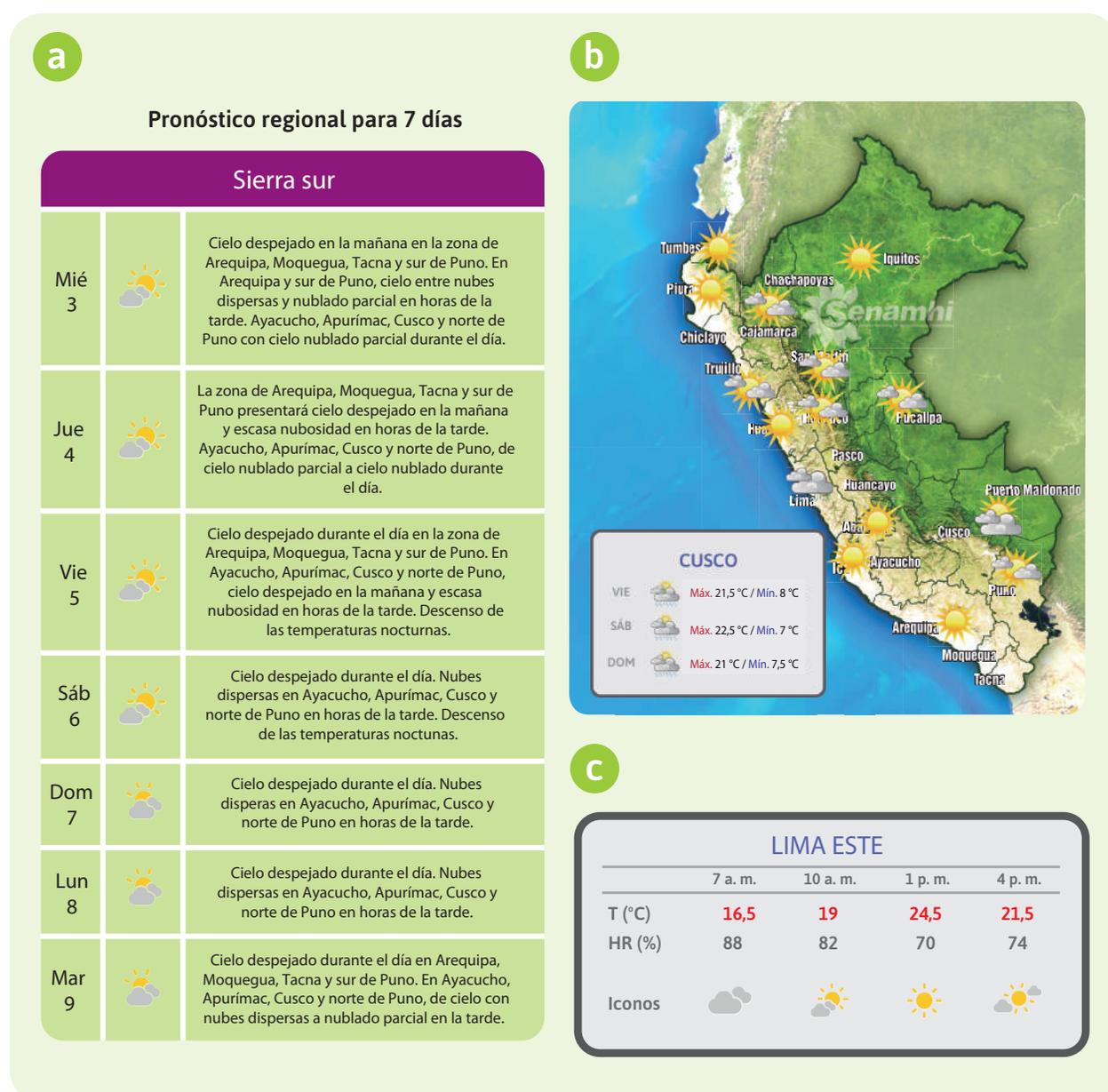
Mazo Cruz, Puno												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T máx. (°C)	19,1	18,6	18,7	18,6	18,1	17,3	17,4	18,5	19,4	20,9	21,2	21,0
T mín. (°C)	-4,9	-5,2	-5,8	-11,0	-16,1	-19,0	-19,7	-18,8	-17,2	-15,4	-13,4	-9,9
pp (mm)	134,7	119,5	89,8	26,6	4,9	2,9	3,1	7,4	6,5	18,4	28,5	67,3

**Tabla 7.** Condiciones normales de una localidad de los Andes, 1981-2010. Según SENAMHI.

Las normales nos indican cuáles son las condiciones promedios climáticos o esperadas en la localidad. Cuando las comparamos con las condiciones actuales podemos determinar cuánto se desvían estas de las condiciones normales; esta desviación se conoce como anomalía y nos indica si las condiciones actuales son más frías o más calientes de lo normal, más húmedas o más secas de lo normal, o con mayor precipitación o menor precipitación de lo normal. Si bien es importante conocer el tiempo y el clima, su pronóstico es igual de significativo para la planificación de actividades cotidianas, la

confección del calendario agrícola, el cálculo del riesgo de enfermedades, la prevención de eventos meteorológicos extremos, la adaptación al cambio climático e incluso para la protección de la vida y la propiedad.

Por esta razón, el SENAMHI también se encarga de proporcionar los pronósticos del tiempo y el clima (**figura 19**). Estos se pueden proyectar unas horas, días, meses, o años. Se realizan gracias a las observaciones de las condiciones atmosféricas actuales, el análisis de los datos y el uso de modelos numéricos.



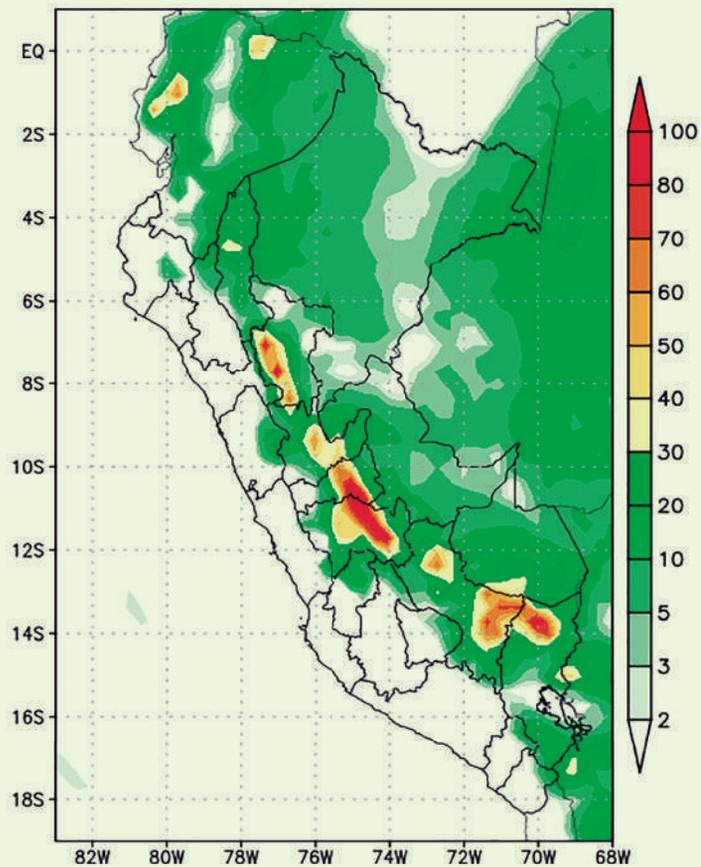
**Figura 19. Algunos productos del SENAMHI que nos informan sobre el pronóstico del tiempo. [a]** A nivel regional extendido a 7 días; **[b]** a nivel nacional; **[c]** horario a nivel local; **[d]** de radiación ultravioleta; **[e]** haciendo uso del modelo ETA (SENAMHI).

d

Junín (Prov. Yauli)	Tacna	Piura	Moquegua	Lima	Ica	Cusco	Cajamarca	Arequipa
Índice UV <b>12</b>	Índice UV <b>7</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>6</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>11</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>11</b>
Muy alto	Moderado	Alto	Alto	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto

e

Centro de predicción numérica del SENAMHI - Modelo ETA 32 km  
Precipitación acumulada (últimas 24 horas, mm)  
Análisis: 12 UTC 6/Ene/2016 Valido: 12 UTC 11/Ene/2016



Los pronósticos no siempre son precisos, debido a nuestra complicada fisiografía, la falta de estaciones meteorológicas o la escasez de datos. Sin embargo, en los últimos años se han hecho importantes avances en nuestra comprensión de la atmósfera, así como en el uso de instrumentos y herramientas para el monitoreo y pronóstico del tiempo y el clima, como las imágenes satelitales.



### 6.3. Monitoreo de la radiación ultravioleta (UV)

La radiación UV tiene efectos tanto positivos como negativos en nuestra salud. La exposición a la radiación UV-B nos proporciona vitamina D, pero también nos puede causar quemaduras solares si nos exponemos por demasiado tiempo. Desafortunadamente, no podemos separar los beneficios de los daños porque son causados por la misma radiación, pero sí podemos tomar medidas de protección.

El SENAMHI monitorea el comportamiento temporal de la radiación UV-B en las ciudades de Arequipa, Cajamarca, Cusco, Ica, Junín, Lima, Moquegua, Piura, Puno y Tacna e informa al público al respecto a través de un índice de radiación (IUV) (tabla 9). Este índice es calculado para el mediodía porque es la hora de máxima radiación; también, representa diferentes respuestas para los diferentes tipos de piel (tabla 8).

Tipo de piel	Descripción	Respuesta a la exposición solar
I	Piel blanca con pecas	Siempre se quema fácilmente. Nunca se broncea.
II	Piel blanca	Siempre se quema fácilmente. Se broncea mínimamente.
III	Trigueño claro	Puede quemarse moderadamente. Puede broncearse gradualmente.
IV	Trigueño	Puede quemarse mínimamente. Siempre se broncea.
V	Moreno	Muy rara vez se quema. Se broncea muy fácilmente.
VI	Negro	Nunca se quema. Se broncea profundamente.

Tabla 8. Tipos de piel y su respuesta a la exposición solar. Según Universidad Santiago de Compostela (SENAMHI, 2007).

El SENAMHI informa acerca del IUV de algunas ciudades del Perú. Podemos tener una idea del IUV de nuestra localidad tomando en cuenta la ciudad más cercana o la que tiene una altitud que se aproxime a la de nuestra región. De esta manera, conociendo el IUV, podemos tomar las medidas de prevención necesarias para evitar cualquier problema de salud provocado por una prolongada exposición solar.

Conociendo el IUV, podemos tomar las medidas de prevención necesarias para evitar cualquier problema de salud provocado por una prolongada exposición solar.



Índice UV-B	Nivel de riesgo	Tiempo máximo sugerido de exposición al Sol			Acciones de protección
		Piel I y II	Piel III y IV	Piel V y VI	
1-2	Mínimo	< 1 hora	< 2 horas	< 2 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ninguna.</li> </ul>
3-5	Bajo	40 min	< 1 hora	< 1 hora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar factor de protección solar.</li> </ul>
6-8	Moderado	25 min	40 min	50 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar factor de protección solar.</li> <li>Usar sombrero.</li> </ul>
9-11	Alto	15-20 min	25-30 min	35-40 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar factor de protección solar.</li> <li>Usar sombrero.</li> <li>Usar gafas con filtro UV-A y UV-B.</li> </ul>
12-14	Muy alto	10-15 min	15-20 min	20-30 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar factor de protección solar.</li> <li>Usar sombrero.</li> <li>Usar gafas con filtro UV-A y UV-B.</li> </ul>
> 14	Extremo	< 10 min	< 15 min	< 20 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar factor de protección solar.</li> <li>Usar sombrero.</li> <li>Usar gafas con filtro UV-A y UV-B.</li> <li>Limitar el tiempo de exposición.</li> </ul>

Tabla 9. Índice de radiación UV y acciones de protección. Según SENAMHI (2007).

#### 6.4. Aviso de eventos meteorológicos extremos

Anteriormente hemos definido los eventos meteorológicos extremos y cómo afectan nuestra vida y a la sociedad en la que vivimos. Estos eventos, que son recurrentes en nuestra región, no dejarán de suceder, se presentarán una y otra vez. Por esta razón, debemos aprender a adaptarnos a ellos, lo cual significa estar preparados para cuando ocurran.

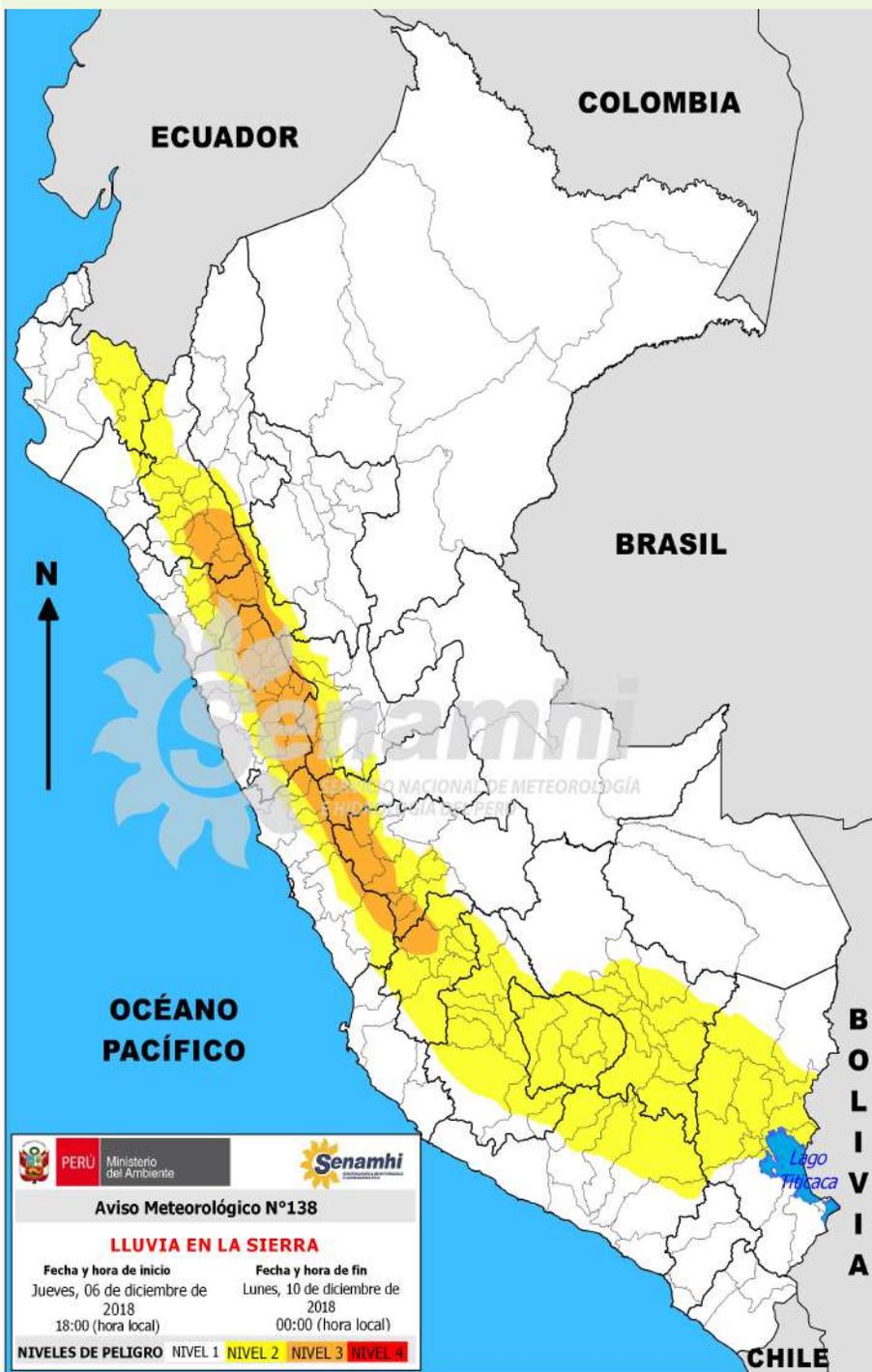
El primer paso es estar informados, pues si no recibimos el aviso de la llegada de un posible evento extremo, no podremos prepararnos para las posibles consecuencias. Entonces, debemos recurrir a la institución encargada de informarnos, el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Independientemente del medio de comunicación que se utilice (radio, televisión o internet) debemos aprender a usar la información que nos brinda SENAMHI para prevenir las consecuencias del evento.

El SENAMHI proporciona avisos meteorológicos, que son pronósticos especiales de eventos meteorológicos extremos, emitidos con días u horas de anticipación. En ellos nos informa acerca del tipo de evento, su intensidad, las áreas que serán afectadas y el tiempo de duración. Para ello, se han establecido niveles de peligro (**tabla 10**) que hacen referencia a cuánto nos puede afectar determinado evento. Cada nivel tiene un color característico que es usado en los mapas para poder representar las áreas de mayor peligro (**figura 20**).

Nivel	Definición	Significado
1	No es necesario tomar precauciones.	<b>No preocuparse.</b>
2	Sea prudente si realiza actividades al aire libre que puedan acarrear riesgos en caso de mal tiempo. Pueden ocurrir fenómenos meteorológicos peligrosos que, sin embargo, son normales en esta región. Manténgase al corriente del desarrollo de la situación meteorológica.	<b>Precaución.</b> Manténgase informado.
3	Se predicen fenómenos meteorológicos peligrosos. Manténgase al corriente del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades.	<b>Alerta.</b> Tome las medidas de precaución recomendadas. Manténgase informado.
4	Sea extremadamente precavido; se predicen fenómenos meteorológicos de gran magnitud. Manténgase al corriente en todo momento del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades.	<b>Peligro.</b> Tome las medidas de precaución recomendadas. Manténgase informado.

Tabla 10. Niveles de peligro usados en los avisos meteorológicos del SENAMHI



## NIVELES DE PELIGRO

### NIVEL 1

No es necesario tomar precauciones especiales.

### NIVEL 2

Sea prudente si realiza actividades al aire libre que puedan acarrear riesgos en caso de mal tiempo, pueden ocurrir fenómenos meteorológicos peligrosos que sin embargo son normales en esta región. Manténgase al corriente del desarrollo de la situación meteorológica.

### NIVEL 3

Se predicen fenómenos meteorológicos peligrosos. Manténgase al corriente del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades.

### NIVEL 4

Sea extremadamente precavido; se predicen fenómenos meteorológicos de gran magnitud. Este al corriente en todo momento del desarrollo de la situación y cumpla los consejos e instrucciones dados por las autoridades.

**PERÚ** Ministerio del Ambiente

**Aviso Meteorológico N°138**

**LLUVIA EN LA SIERRA**

Fecha y hora de inicio	Fecha y hora de fin
Jueves, 06 de diciembre de 2018 18:00 (hora local)	Lunes, 10 de diciembre de 2018 00:00 (hora local)

**NIVELES DE PELIGRO** NIVEL 1 **NIVEL 2** NIVEL 3 NIVEL 4

Figura 20. Mapa de aviso meteorológico del SENAMHI. Aviso de lluvias intensas.

En el caso de las heladas, existe una clasificación de su intensidad (**tabla 11**) de acuerdo con las temperaturas mínimas alcanzadas. De esta manera, podemos saber cuáles son las temperaturas aproximadas cuando el SENAMHI nos informa sobre el grado de intensidad.

Intensidad	Intervalo de temperaturas
Suaves	De 0 a -1,9 °C
Moderadas	De 2 a -3,9 °C
Fuertes	De 4 a -5,9 °C
Muy fuertes	De 6 a -7,9 °C
Severas	De 8 a -9,9 °C
Muy severas	Menor a -10 °C

**Tabla 11. Clasificación de severidad de heladas.** Según DaMotta (SENAMHI, 2010).

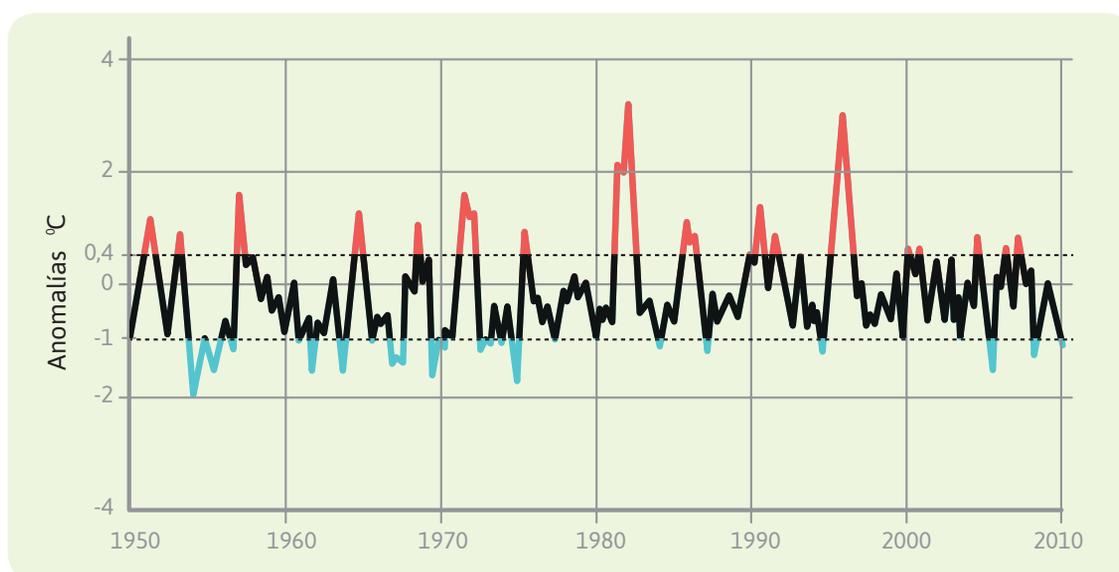
Una vez informados, tomaremos las medidas de prevención necesarias. Estas medidas pueden ser las tradicionalmente usadas en nuestra comunidad (**cap. I, secc. 6.1.**) o las recomendadas por la institución encargada de la gestión del riesgo: el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci). El Indeci se encarga de la preparación (antes del evento), respuesta (durante el evento) y rehabilitación

(después del evento) de las consecuencias de los desastres naturales, incluidos los eventos meteorológicos extremos.

### 6.5. Fenómeno de El Niño: Índice Costero El Niño

El Niño entró al terreno de la ciencia en 1891, gracias a la recién formada Sociedad Geográfica de Lima. Los geógrafos fueron los primeros en establecer la relación entre las torrenciales lluvias que ocurrían en la costa norte del Perú y la presencia simultánea de agua caliente anómala en la costa. Desde entonces, se ha estudiado el fenómeno de El Niño desde diferentes perspectivas y se han desarrollado métodos para pronosticar su llegada, intensidad e impacto en nuestro país.

Si bien la comunidad científica internacional ha desarrollado sus propios métodos de pronóstico, en el Perú el Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno de El Niño ha desarrollado un índice (**figura 21**) que define la ocurrencia e intensidad del fenómeno de El Niño en la región costera del Perú, denominado **Índice Costero El Niño (ICEN)**.



**Figura 21. Índice Costero El Niño.** Indica la ocurrencia de condiciones Niño (rojo) y condiciones Niña (azul) (Enfen en SENAMHI, 2014).

Este índice se basa en observaciones de la temperatura superficial de mar (TSM) en la región específica conocida como Niño 1+2

(figura 22). Son varias las regiones de monitoreo del fenómeno de El Niño, pero el ICEN solo considera las TSM de esta región.

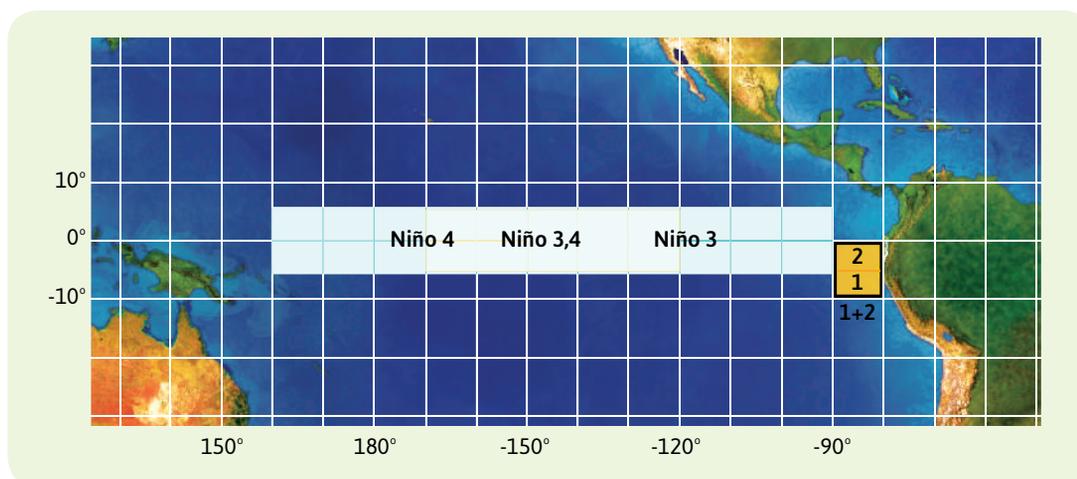


Figura 22. Regiones de monitoreo del fenómeno de El Niño

Ellos calculan las anomalías de la TSM. Una anomalía, en este caso, es cuánto se desvía la TSM actual de la TSM climatológica calculada para un periodo determinado. Por ejemplo, si la TSM climatológica calculada para el mes de enero es 24 °C y la TSM

actual en enero es de 23 °C, significa que la anomalía es de -1 °C. El signo indica que la temperatura actual es más fría de lo esperado. De hecho, es 1 °C más fría de lo esperado. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Anomalía de TSM} = \text{TSM actual} - \text{TSM climatológica}$$

Una vez calculadas las anomalías, se otorgan límites para definir la intensidad de las condiciones cálidas y frías (tabla 12). Entonces, a través del ICEN, podemos saber

si las condiciones son más cálidas o más frías de lo esperado. Así, podemos tomar las medidas de precaución necesarias para evitar o disminuir los efectos del fenómeno.

Categorías	Valor mensual del ICEN (anomalías)
Cálida extraordinaria	Mayor de 3,0
Cálida fuerte	Mayor de 1,7 y menor o igual a 3,0
Cálida moderada	Mayor de 1,0 y menor o igual a 1,7
Cálida débil	Mayor de 0,4 y menor o igual a 1,0
Neutras	Mayor de -1,0 y menor o igual a 0,4
Fría débil	Mayor de -1,2 y menor o igual a 1,0
Fría moderada	Mayor de -1,4 y menor o igual a 1,2
Fría fuerte	Menor de -1,4

Tabla 12. Categorías de las anomalías de la TSM. Según el ICEN (Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno de El Niño, 2012).

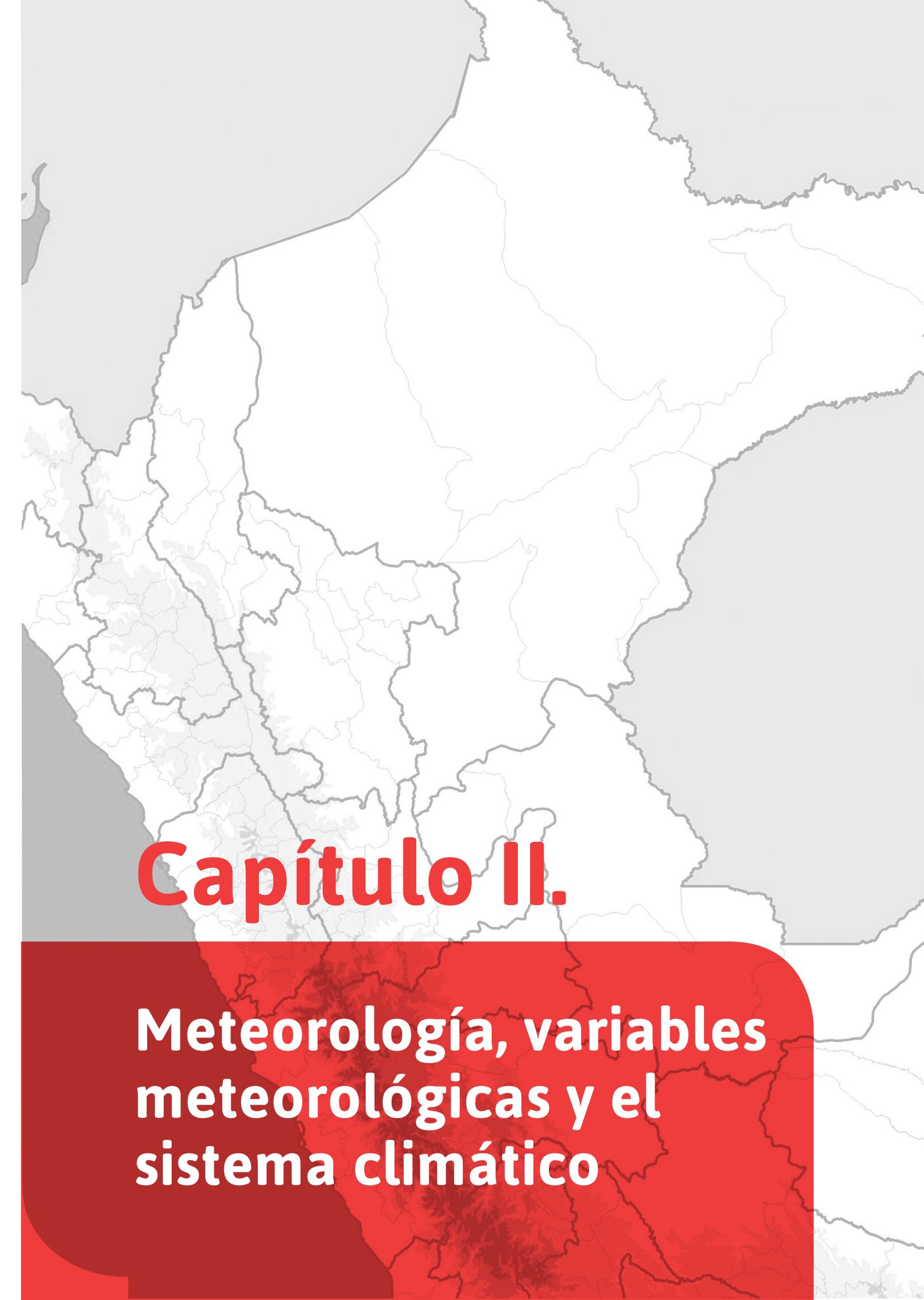


## Autoevaluación

- Ahora que reconocemos la importancia del conocimiento local sobre el tiempo y el clima, ayuda a recopilar información y crea tu propia base de datos tomando en cuenta las siguientes categorías:
  - › Indicadores usados para pronosticar el tiempo o el clima.
  - › Indicadores usados para pronosticar eventos meteorológicos extremos.
  - › Prácticas que se realizan para prevenir o mitigar los eventos meteorológicos extremos.
- Identifica las variables meteorológicas que son relevantes en tu vida diaria y determina cómo te gustaría recibir dicha información.
- Revisa nuevamente la **tabla 8** y determina tu tipo de piel.
- A continuación te mostramos la información que se presenta en la página web del SENAMHI. De acuerdo con los IUV de la capital de tu región, haz un listado de las medidas de prevención que debes tomar de acuerdo con tu tipo de piel.

Junín (Prov. Yauli)	Tacna	Piura	Moquegua	Lima	Ica	Cusco	Cajamarca	Arequipa
Índice UV <b>12</b>	Índice UV <b>7</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>6</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>11</b>	Índice UV <b>10</b>	Índice UV <b>11</b>
Muy alto	Moderado	Alto	Alto	Moderado	Alto	Alto	Alto	Alto

- Responde la siguiente pregunta: ¿qué es el ICEN?
- ¿Qué significan las anomalías mayores a 2 °C?

A map of Mexico is shown in the background, with a red overlay at the bottom. The map is white with black outlines for state boundaries. The red overlay is a solid red shape with rounded corners, covering the bottom portion of the map. The text is overlaid on this red area.

# Capítulo II.

**Meteorología, variables meteorológicas y el sistema climático**

Para construir adecuadamente lo que serán nuestros nuevos conocimientos sobre meteorología necesitamos compartir previamente información básica. A continuación te la presentaremos.



## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PLANETA TIERRA

Nuestro estudio se centra en los fenómenos que ocurren en la Tierra, por ello debemos empezar por recordar las características generales de nuestro planeta. Es importante ubicar la Tierra

dentro del sistema solar y comparar sus principales características físicas con los otros planetas del sistema solar (figura 23).

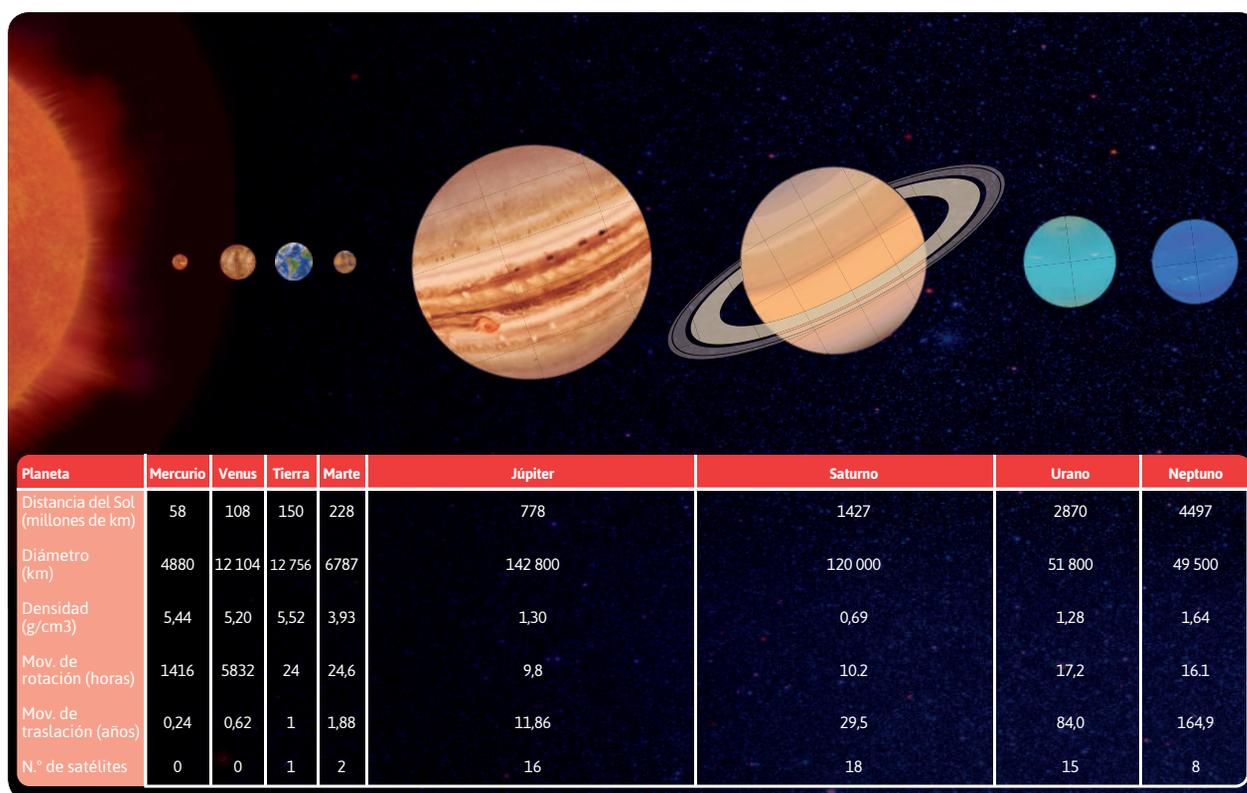


Figura 23. Algunas características físicas de los planetas del sistema solar. Según Hubbart (2010).

La Tierra es el tercer planeta del sistema solar, el quinto más grande de los planetas y el más denso. Se mueve alrededor del Sol en una trayectoria elíptica que se conoce como movimiento de traslación

y que toma 365 días en completarse (**figura 24**). Además, también gira sobre sí misma; a este movimiento se le conoce como movimiento de rotación y toma 24 horas en completarse (**figura 25**).

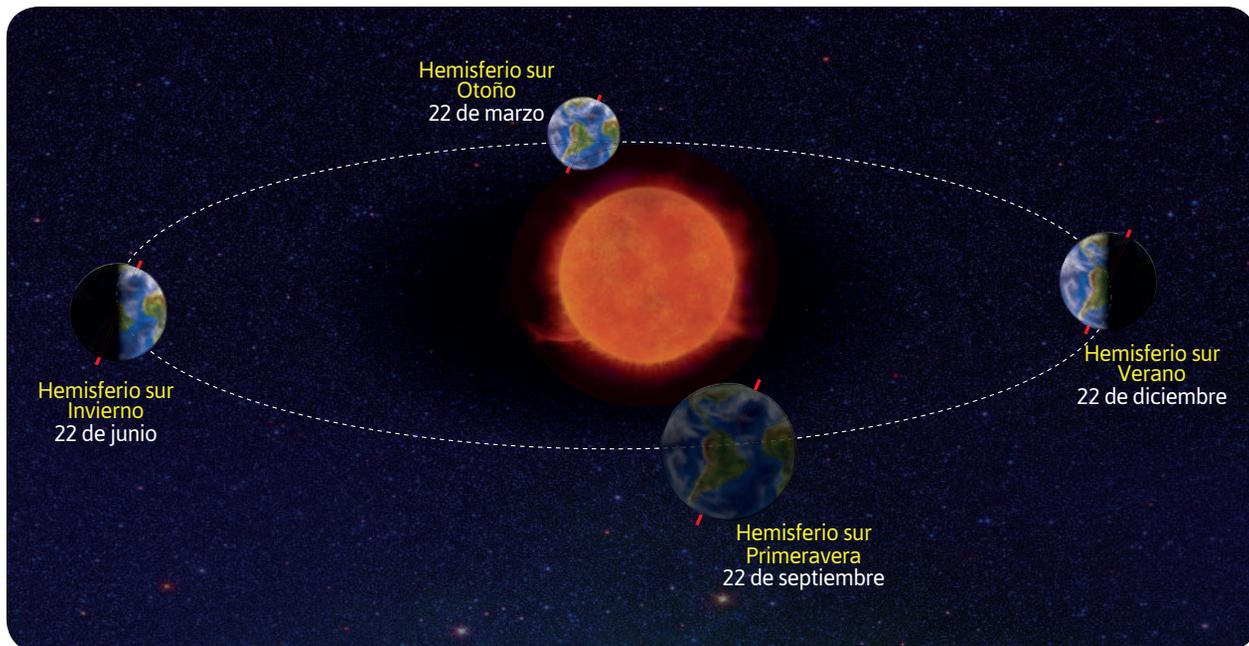


Figura 24. Movimiento de traslación y las estaciones en el hemisferio sur. Las estaciones son definidas por el ángulo de inclinación de la Tierra.



Figura 25. Movimiento de rotación de la Tierra y el ciclo día-noche

También es importante recordar que la Tierra es un planeta rocoso, cuya estructura interna se ha dividido en tres capas para lograr un mejor estudio: la corteza, el manto y el núcleo (**figura 26**). Existe una clasificación diferente de la estructura interna de la Tierra, usada por los especialistas (geólogos), pero

su conocimiento no es requerido para nuestro estudio. Sin embargo, dentro de esta clasificación, existe una capa que será mencionada repetidas veces en los capítulos siguientes: la litósfera. Esta capa está compuesta por la corteza y la capa más externa del manto.

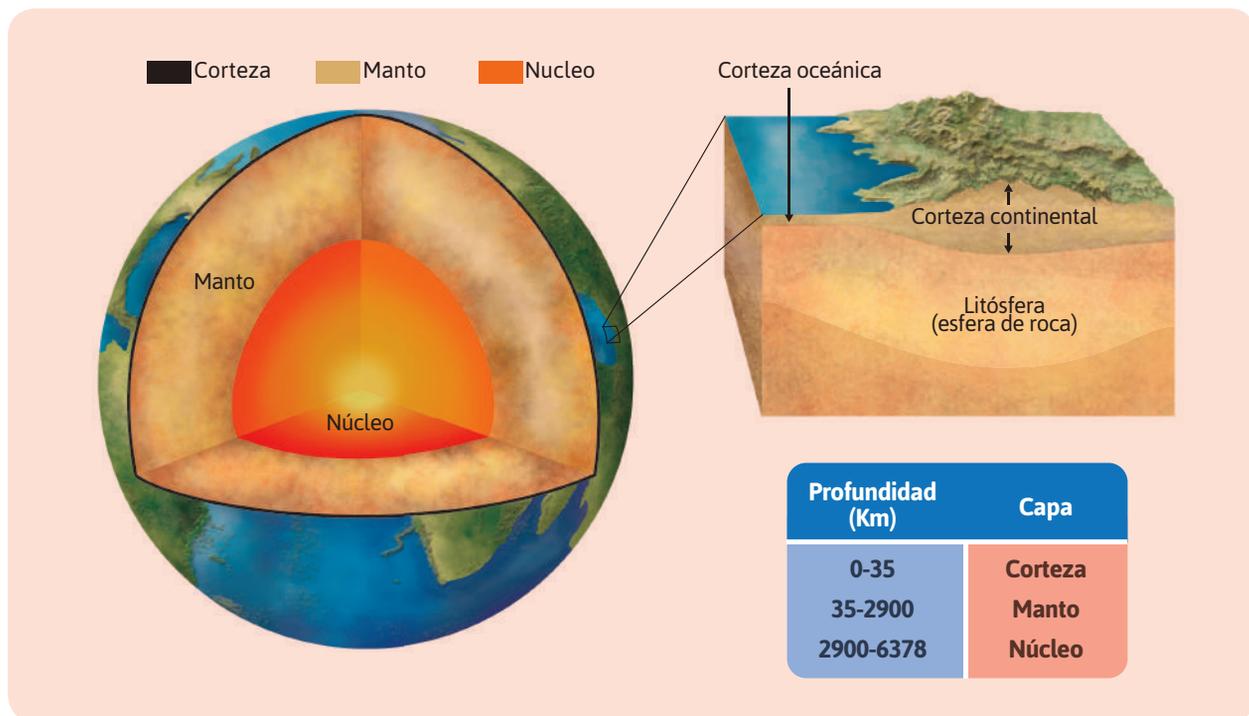


Figura 26. Estructura interna de la Tierra. Según Tarbuck, 2000.

Finalmente, cabe mencionar que la Tierra es geológicamente activa, lo cual significa que su superficie se ha modificado a lo largo del tiempo. Esto se debe a que la litósfera se encuentra

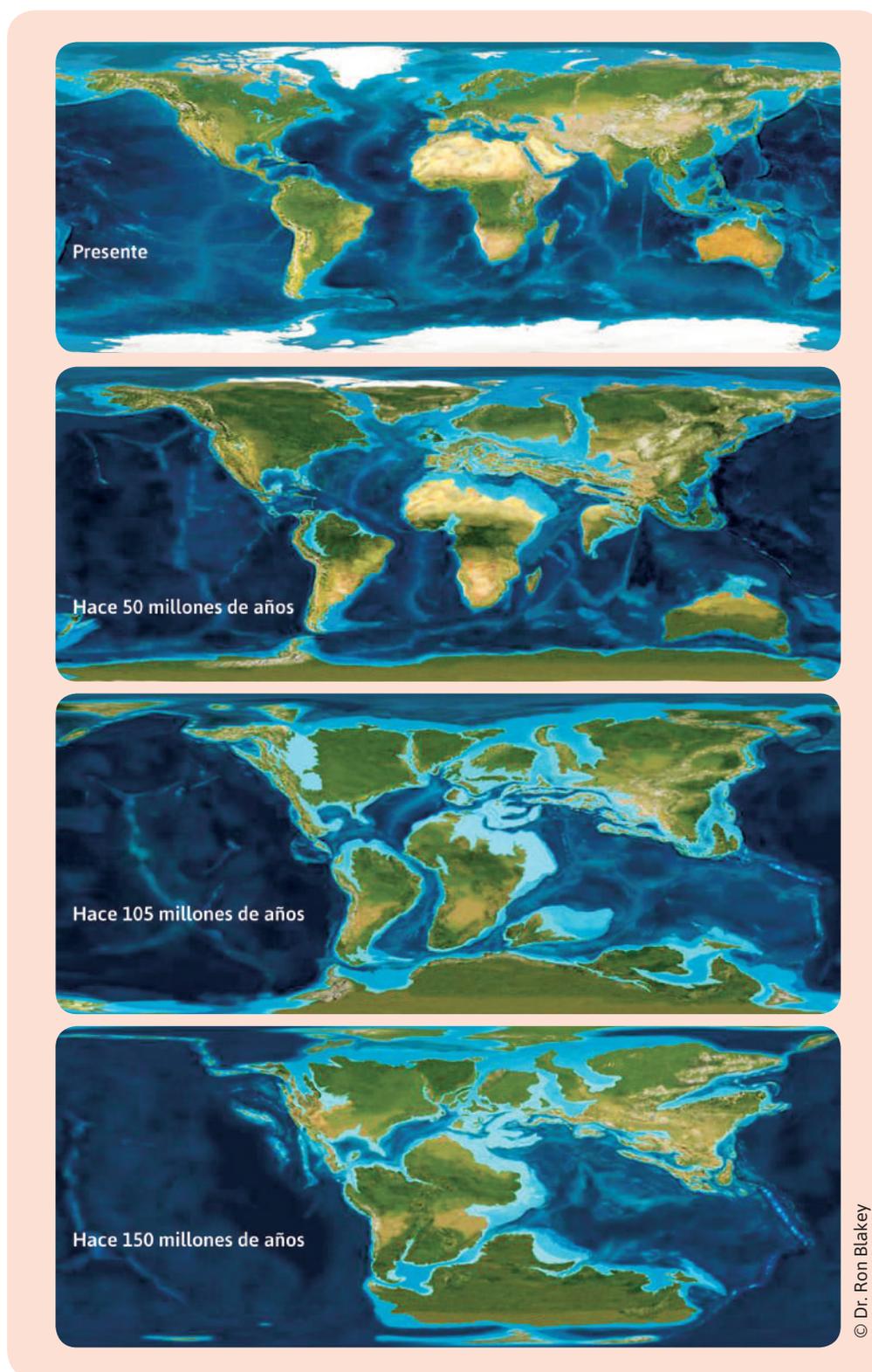
fragmentada en placas tectónicas y estas se desplazan lentamente. Por ello, el movimiento de las placas no puede ser observado a simple vista, porque les toma millones de años moverse.

Entonces tenemos que pensar en otra escala de tiempo, porque no es a la que estamos acostumbrados. No son los años en el transcurso de nuestra vida ni los milenios de nuestra historia; estamos hablando de millones de años. Porque así de "vieja" es la Tierra y por ello se crearon periodos de tiempo más largos para poder estudiarla.

### 1.1. Tiempo geológico

Los procesos geológicos son tan graduales que necesitan grandes lapsos de tiempo para ser observables. Si bien nuestra historia como especie nos parece larga, es

un tiempo insignificante si pensamos en los millones de años que le tomó a la superficie terrestre ser como la conocemos (**figura 27**) o el tiempo que le tomó a los seres vivos evolucionar. Es por eso que necesitamos conocer el tiempo geológico (**figura 28**).



**Figura 27. Transformación de la superficie terrestre.** Cambios en los últimos 150 millones de años debido al movimiento de placas tectónicas.

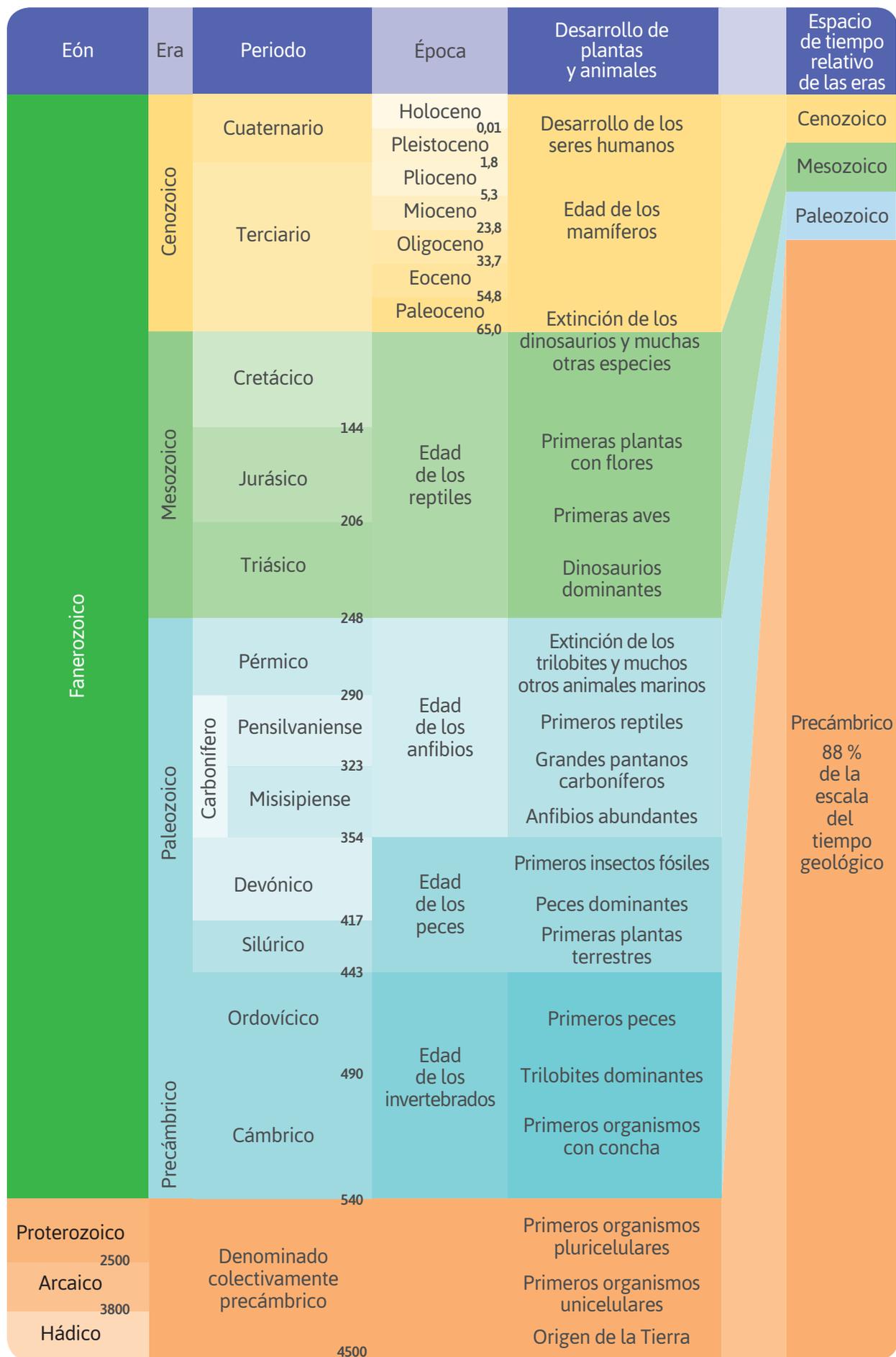


Figura 28. Escala de tiempo geológico. La Tierra se formó hace 4500 millones de años y estuvo dominada por los primeros organismos unicelulares y pluricelulares el 84 % del tiempo (Tarbuck, 2000).

La Tierra se formó hace 4500 millones de años y estuvo dominada por los primeros organismos unicelulares y pluricelulares el 84 % del tiempo geológico. Esto pone en perspectiva nuestro tiempo en la Tierra. Si comprimiéramos estos 4500 millones de años en un solo año, nuestra historia como especie humana representaría solo un minuto del año.

Ahora que ya nos ubicamos en el tiempo geológico, volvamos al tiempo presente y ubiquémonos en el espacio.

### 1.2. Sistema de coordenadas

Cuando nos preguntan dónde nos encontramos podemos responder, por ejemplo, que estamos trabajando en nuestra institución educativa o que nos encontramos comiendo en la casa de un amigo. De esta manera, nos estamos ubicando de acuerdo a nuestras actividades. También podemos decir que estamos en la costa o en la selva y nos ubicaremos de acuerdo a nuestras regiones naturales. Otra manera de responder a esta pregunta es decir que nos encontramos en Arequipa o Cajamarca. Esto significa que recurrimos mentalmente a un mapa político para ubicarnos.

Sin embargo, ubicarnos en el mundo desde estas perspectivas tiene algunos inconvenientes: no conocemos todos los nombres de lugares del mundo o regiones; tampoco conocemos todas las instituciones educativas del Perú. Pero existe una forma infalible de ubicarnos y es a través de un sistema de coordenadas. Con ella no existe equivocación alguna respecto a nuestra ubicación porque las coordenadas de un punto en el planeta nunca serán iguales a las de otro punto.

Por tanto, nosotros y nuestros estudiantes debemos estar familiarizados con el uso de las coordenadas geográficas y el sistema de coordenadas **universal transversal de Mercator (UTM)**. Respecto a las coordenadas geográficas (**figura 29**), debemos ser capaces de ubicarnos usando los grados de latitud (norte y sur) y longitud (este y oeste), y además identificar los paralelos y meridianos. Respecto al sistema de coordenadas UTM (**figura 30**), es importante ubicarnos usando la distancia (metros) con relación al meridiano central y la línea ecuatorial; además, identificar los husos o zonas (de 0 a 60), las bandas (de C a X) y el punto de origen de la zona UTM.

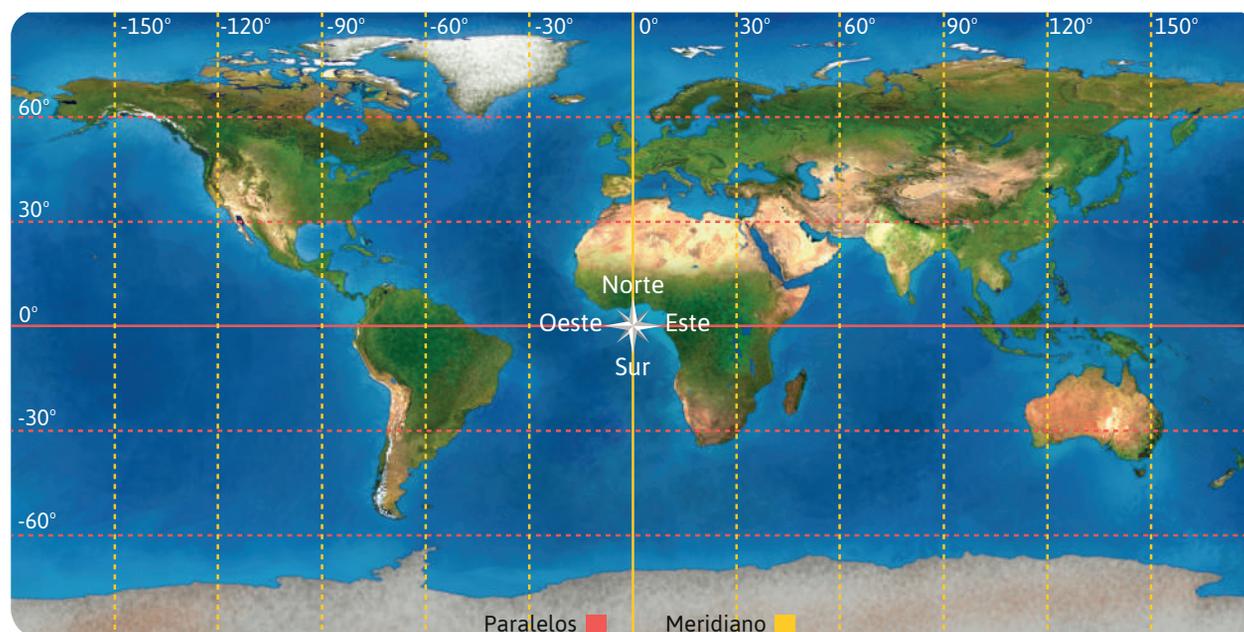
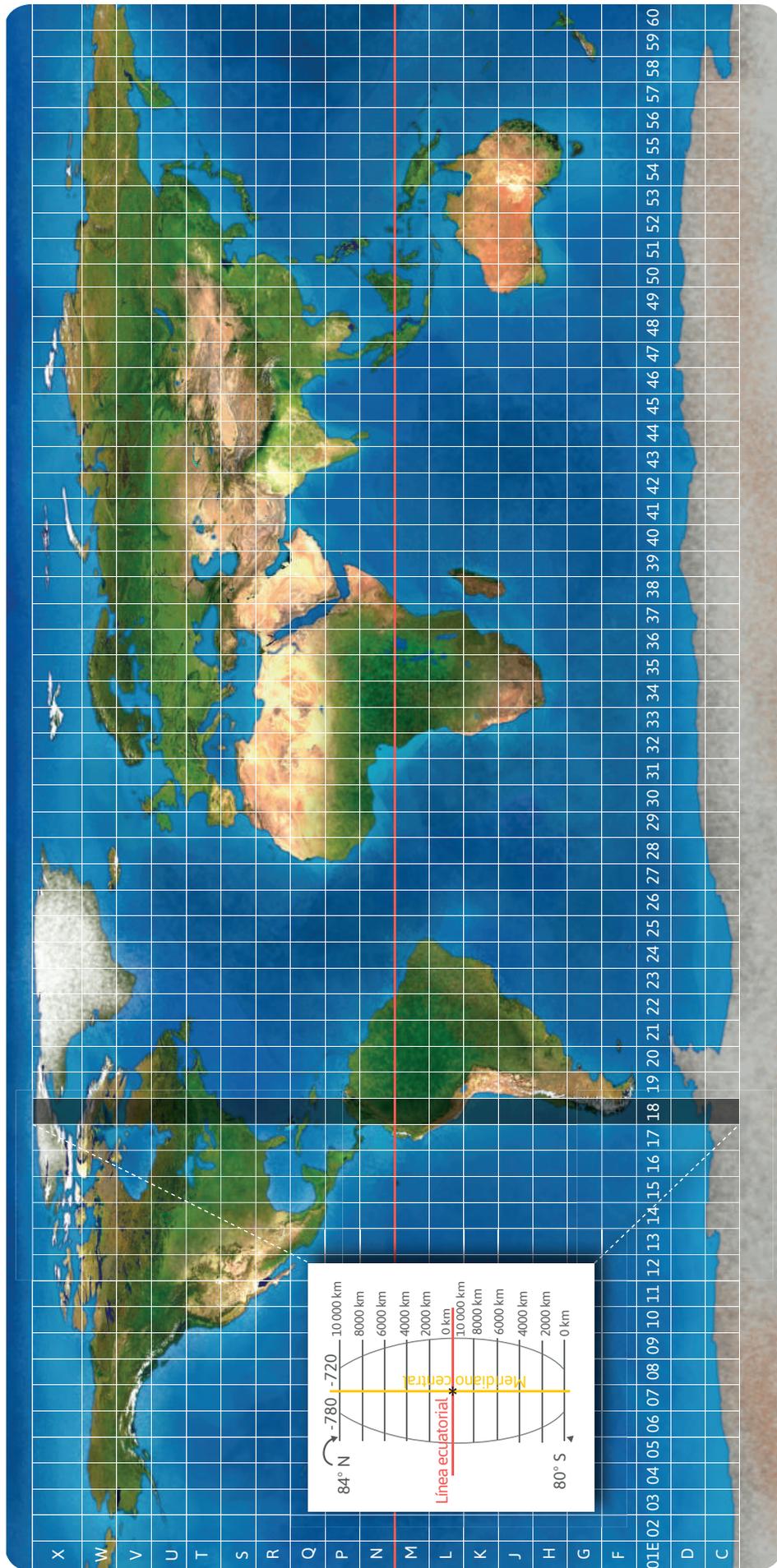


Figura 29. Sistema de coordenadas geográficas



**Figura 30. Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM).** Es importante ubicarnos usando la distancia (metros) en relación con meridiano central y la línea ecuatorial; además, identificar los husos o zonas (de 0 a 60), las bandas (de C a X) y el punto de origen de la zona UTM.

### 1.3. Líneas en un mapa

Además de nuestra habilidad para ubicarnos en un mapa, debemos ocuparnos de conocer sus líneas convencionales o imaginarias (**figura 31 y anexo 4**), que facilitan nuestra comprensión y comunicación. Sin importar si usamos

el sistema de coordenadas geográficas o el sistema de coordenadas UTM, el principal paralelo es la línea ecuatorial o ecuador y el principal meridiano es el de Greenwich. Además debemos ubicar e identificar los trópicos, los círculos polares y los hemisferios. Ver zona horario del mundo. (Anexo 5).

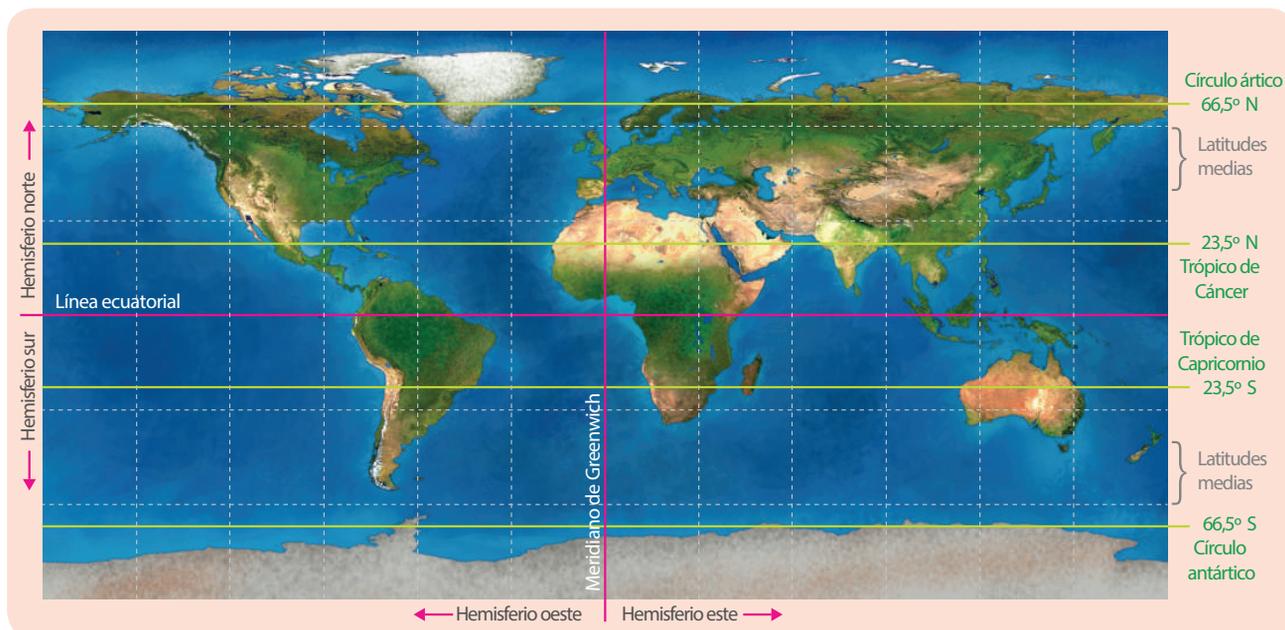
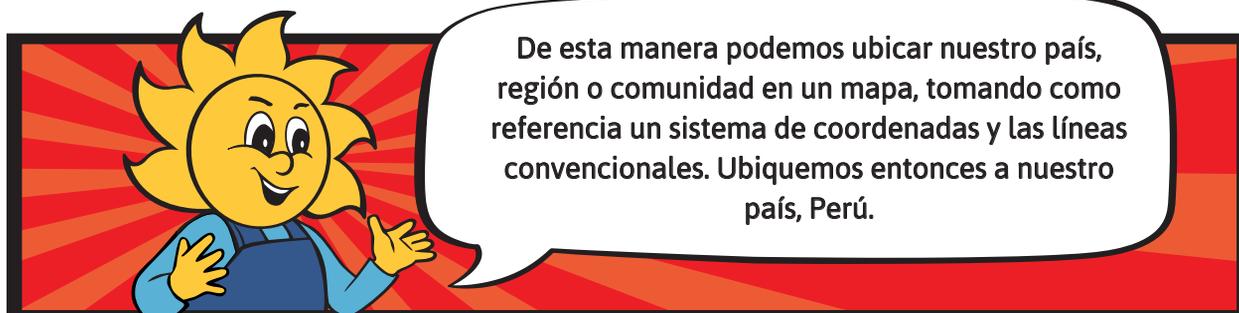


Figura 31. Principales líneas imaginarias en un mapa y las áreas que forman



## 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE PERÚ

Perú se encuentra en el hemisferio occidental y sur. Para ser más específicos, entre 0,03° y 18,35° de latitud sur, y 68,66° y 81,34° de longitud oeste. Tiene una superficie de 1 285 215,60 km<sup>2</sup>.

Dentro de este hermoso territorio que es nuestro país, existe una gran diversidad biológica, genética y ecológica. Nos encontramos entre los 17 países **megadiversos**<sup>2</sup> del mundo. Somos el quinto país con mayor diversidad de reptiles (365 especies), el tercero en mamíferos (460 especies) y anfibios (332 especies), el segundo en aves (1736 especies) y el primero en peces (cerca de 2000 especies marinas y continentales).

Poseemos 25 000 especies de plantas; el 30 % de ellas son endémicas, lo cual nos hace el quinto país con mayor diversidad de plantas en el mundo. Somos el primer país con mayor cantidad de plantas con propiedades conocidas y utilizadas por la población (4400 especies) y el primero en plantas nativas domesticadas (128 especies). Perú es el primer país en variedades de papa, ají, maíz, granos andinos, tubérculos y raíces andinas: “De los cuatro cultivos más importantes para la alimentación humana en el mundo (trigo, arroz, papa y maíz), el Perú es poseedor de una alta diversidad genética de dos de ellos, la papa y el maíz” (Conam, 2001, p. 24).

Toda esta diversidad se debe a que Perú cuenta con una gran diversidad climática, y por tanto, también ecológica.

Por encontrarnos a bajas latitudes, deberíamos de tener un clima tropical, pero poseemos 84 **zonas de vida**<sup>3</sup> de las 104 existentes en el mundo (Holdridge en Brook, 2006). Y esto gracias a dos características físicas: la cordillera de los Andes y las corrientes marinas de El Niño y de Humboldt.

La **cordillera de los Andes** es un conjunto de cadenas montañosas que se extiende desde Venezuela hasta el sur del continente. En el Perú, la cordillera de los Andes se divide en los Andes del norte, del centro y del sur, y están delimitados por los nudos de Pasco y de Vilcanota. Además, determina tres grandes regiones de nuestro territorio: costa, sierra y selva.

La **corriente de El Niño** transporta aguas cálidas desde el Pacífico oeste a las costas del norte del Perú. Gracias a esta corriente contamos con una pequeña zona de mar tropical frente a las costas de Tumbes y del norte de Piura, cuya temperatura oscila entre 25 y 26 °C. La temperatura superficial del mar frente a la costa de Perú por debajo de los 5°S oscila entre 18 y 22 °C. Esto se debe a la corriente de Humboldt y a los afloramientos: la **corriente peruana** o de Humboldt transporta aguas frías desde altas latitudes a lo largo de la costa oeste de Sudamérica hasta los 5° S aproximadamente, y es responsable de la diversidad de peces. Los **afloramientos**, por otro lado, son movimientos ascendentes de masas de aguas profundas hacia la superficie. Estas aguas son frías y ricas en nutrientes, razón por la que sostienen nuestra diversidad marina.

<sup>2</sup> De acuerdo con Mittermeier (Brooks, 2006), es un grupo de países que poseen una gran biodiversidad. Estos son Australia, Brasil, China, Colombia, República Democrática del Congo, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, India, Indonesia, Madagascar, Malasia, México, Papúa Nueva Guinea, Perú, Sudáfrica y Venezuela.

<sup>3</sup> Cada zona de vida relaciona una asociación vegetal específica con un tipo específico de clima.

## 2.1. Nuestro territorio

El espacio geográfico de Perú está comprendido por cuatro regiones: el mar territorial, la costa, la sierra y la selva (**figura 32**). El mar territorial abarca 200 millas (370,4 km) desde el litoral y posee 28 islas y 124 islotes. Su riqueza depende de la biodiversidad; ello nos coloca entre las cinco zonas pesqueras más ricas del

mundo. La costa se extiende desde el litoral marino hasta los 500 m. s. n. m. y en sus valles se desarrolla la agricultura más productiva del país. La sierra abarca los Andes, desde los 500 m. s. n. m. del flanco oeste de la cordillera occidental hasta los 1000 m. s. n. m. del flanco este de la cordillera oriental, pasando por las cadenas montañosas y los valles interandinos.



**Figura 32. Algunas características físicas del Perú.** La cordillera de los Andes (que delimita la geografía del país) y las corrientes marinas de El Niño y de Humboldt.

Los Andes representan la fuente de agua de nuestro país y es donde se encuentran nuestros recursos minerales y energéticos. Finalmente, la selva se extiende al este de los Andes y representa el espacio geográfico más extenso del país (57,6 %).

La Amazonía es el foco de nuestra biodiversidad. Esta diversidad de la que tanto hablamos nos ha impulsado a proteger nuestros recursos y crear áreas naturales protegidas (**figura 33**).

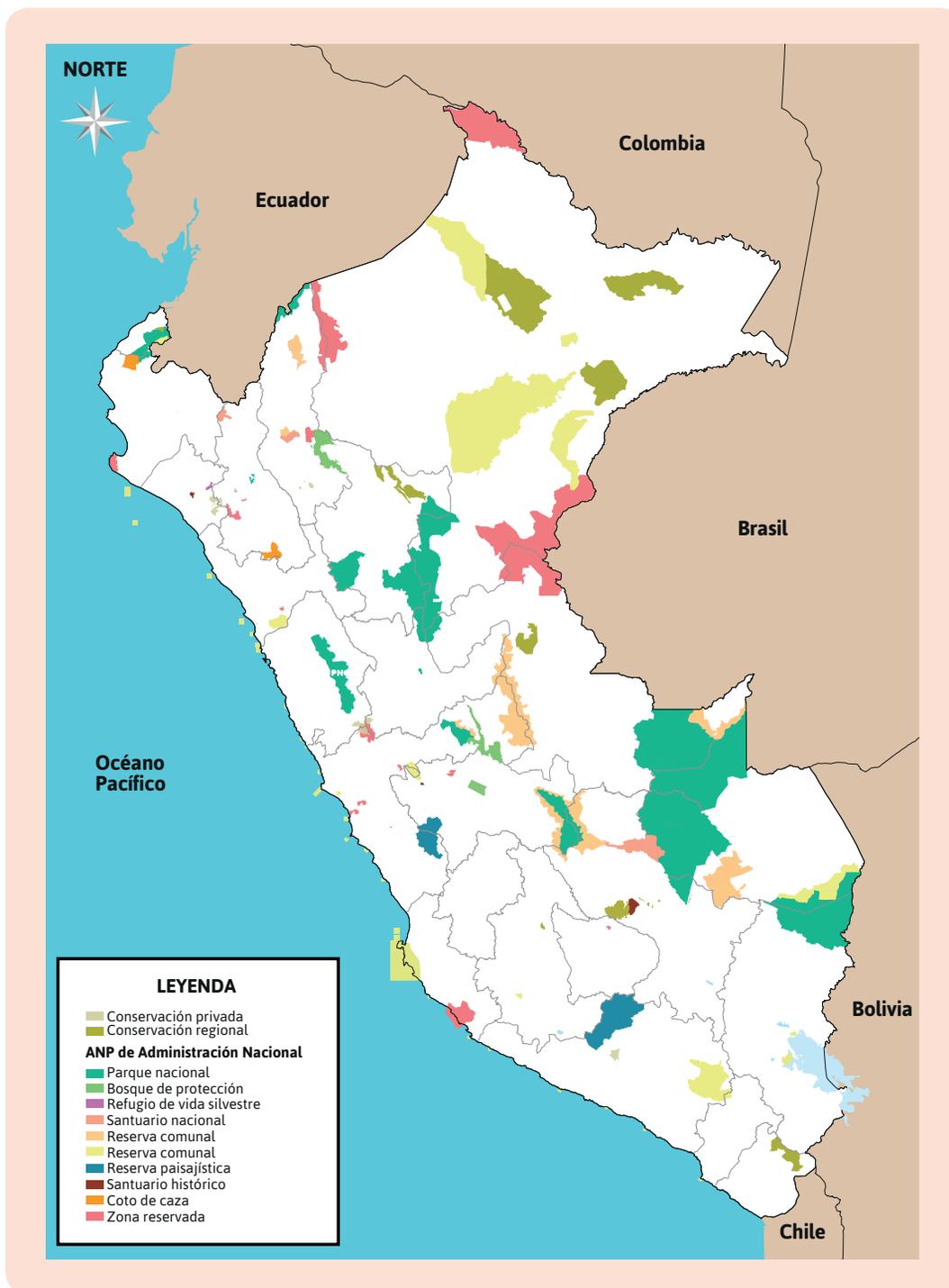
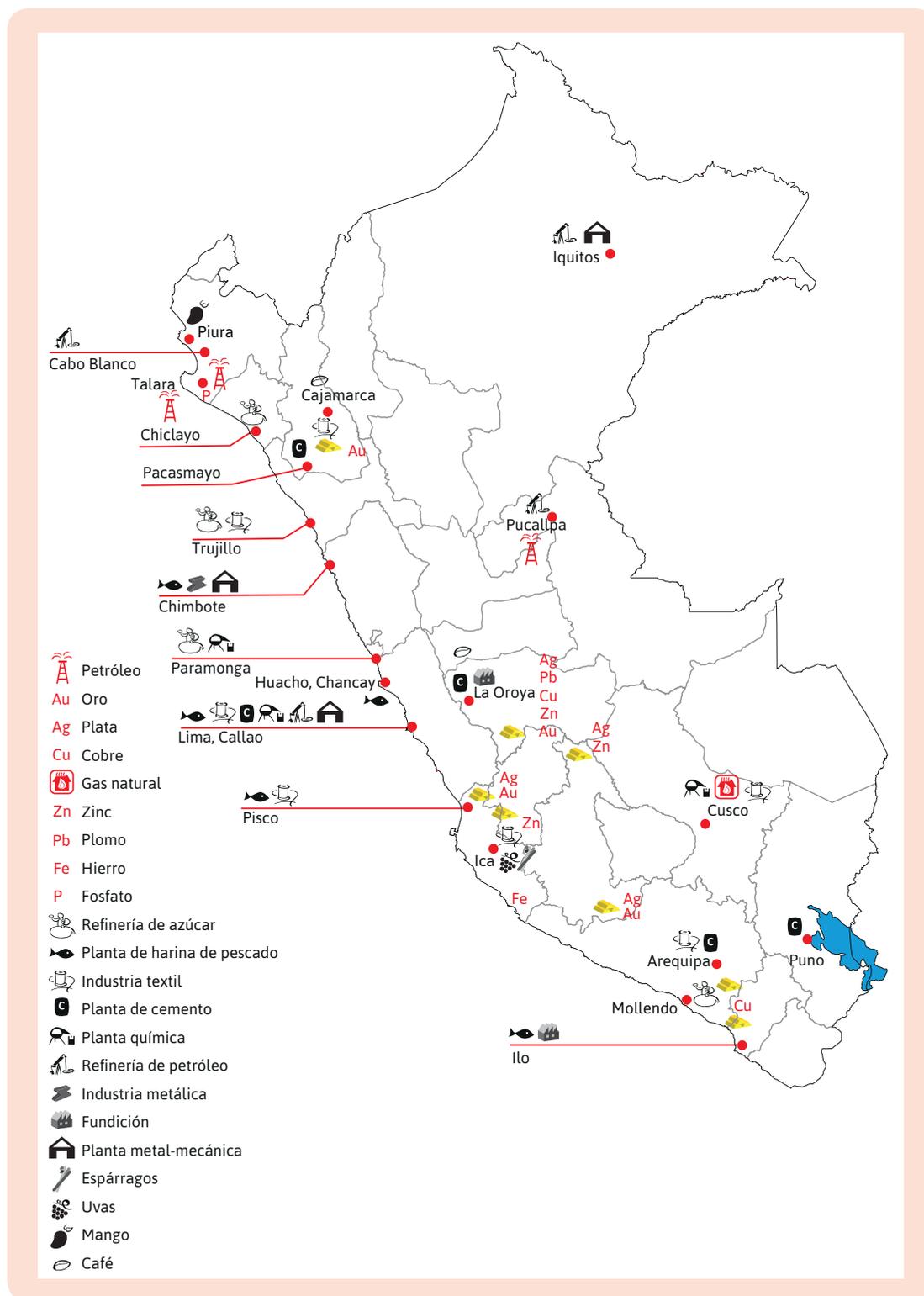


Figura 33. Áreas naturales protegidas de Perú. Según Sernanp, 2011.

Como podemos ver, cada una de estas regiones no solo son diferentes por su topografía, biodiversidad o clima, sino también por sus características culturales, sociales y económicas. Por ello, es importante conocer los aspectos socioeconómicos básicos del país, como las principales

actividades económicas de nuestra región (**figura 34**) y la distribución de su población (**figura 35**). Según el INEI, Perú tiene una población estimada de 31 826 018 habitantes y Lima representa el 30,8 % que nos da una perspectiva social del territorio y del manejo de los recursos.



**Figura 34. Principales actividades económicas en las distintas regiones de Perú.**  
Según el Ministerio de Relaciones Exteriores (2014).

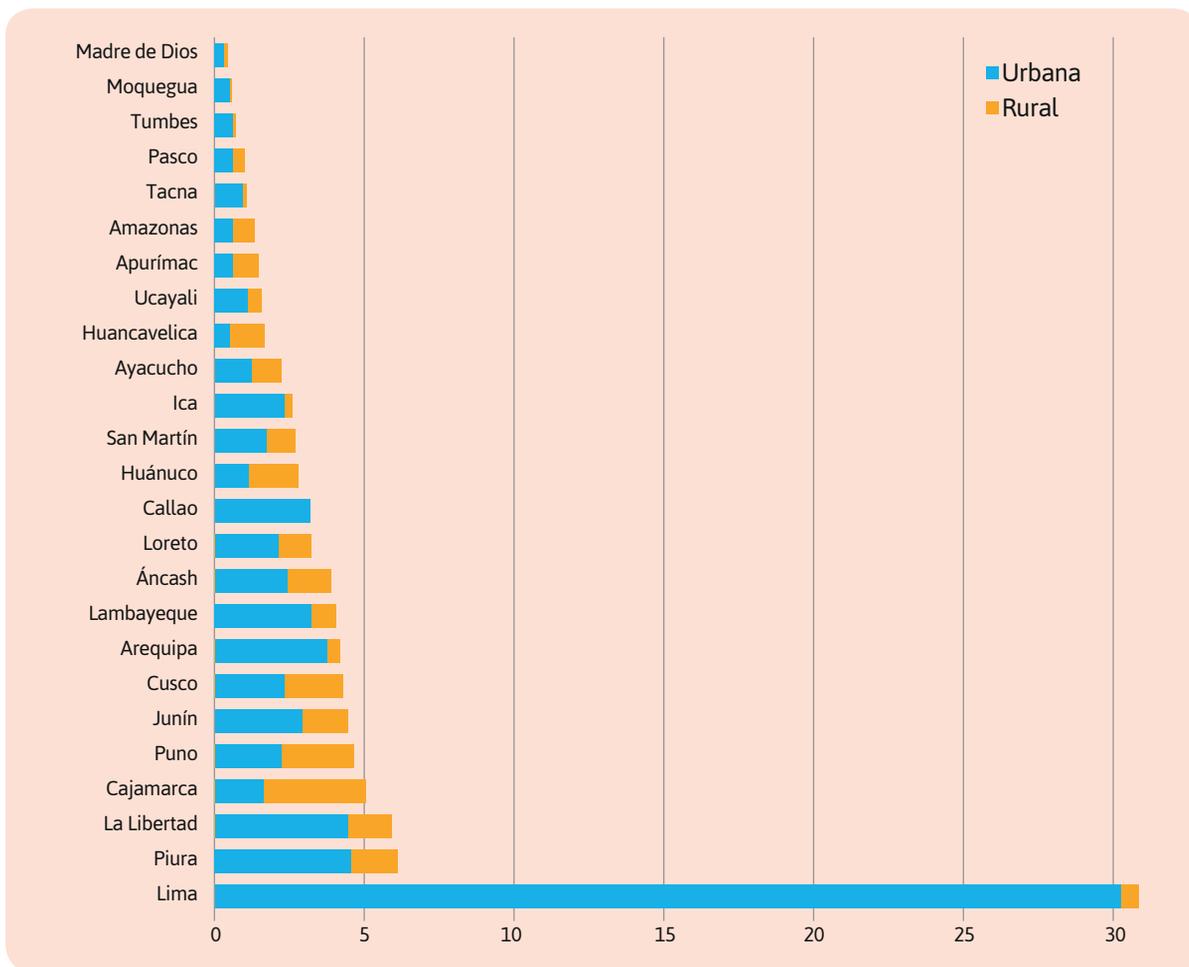
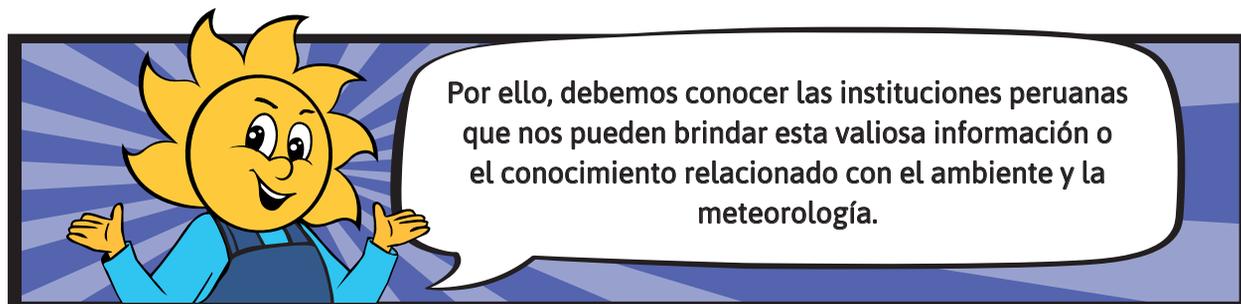


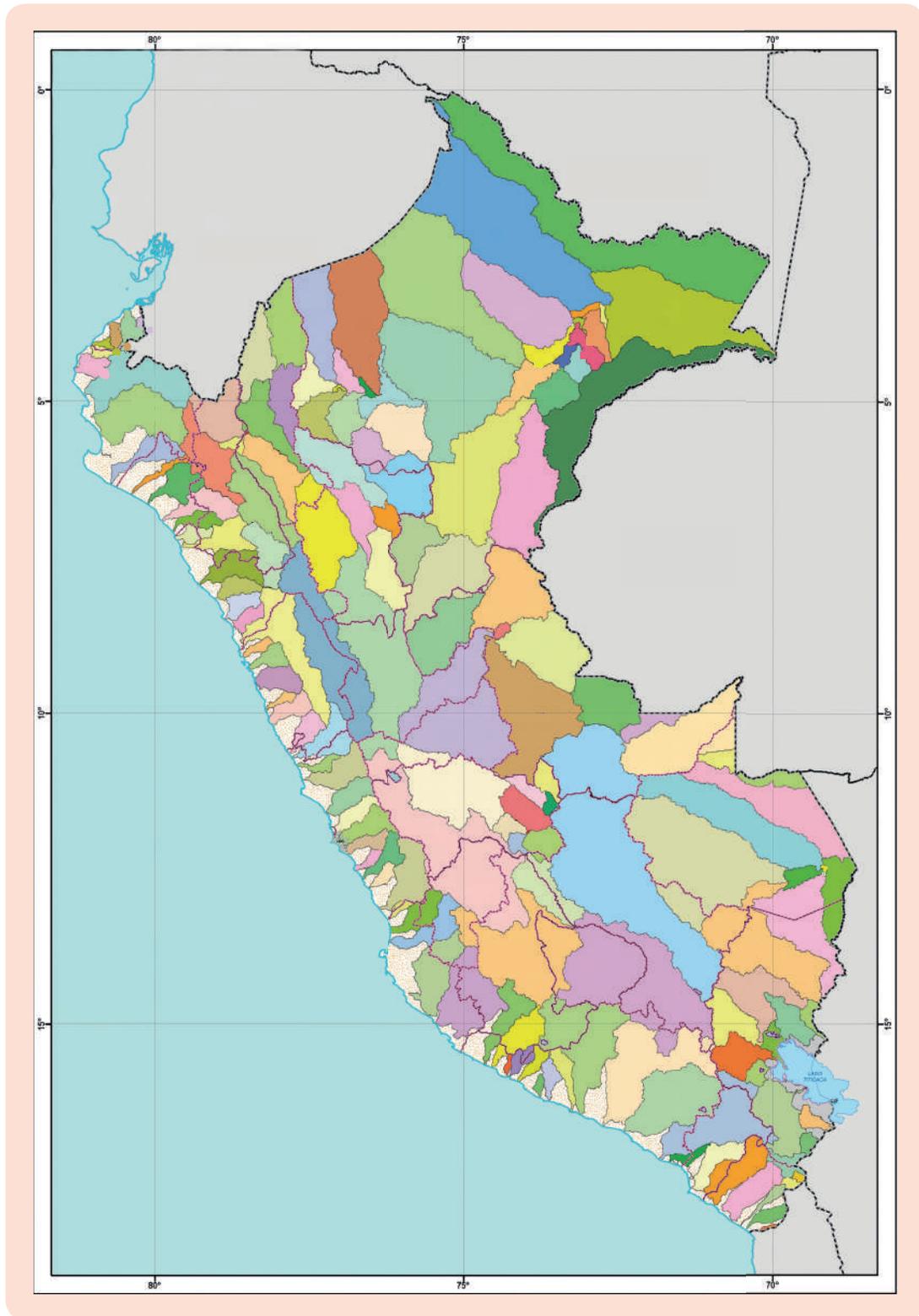
Figura 35. Distribución de la población peruana (%) de acuerdo con el censo del 2007. Según INEI, 2008.

Las regiones que mencionamos responden al ordenamiento jurídico de Perú; son Gobiernos autónomos que manejan sus propios asuntos políticos y administrativos. De igual manera, las provincias y distritos representan unidades jurídicas menores que facilitan la administración de las regiones. Sin embargo, para administrar los recursos naturales y el ambiente ecológico necesitamos divisiones también naturales, y estas son creadas por las cuencas hidrográficas. Las cuencas no solo son sistemas biológicos y físicos, también

son sistemas económicos y sociales porque dentro de esos espacios la población de desarrolla y aprovecha los recursos (figura 36).

Estos conocimientos básicos acerca de nuestro territorio nos pondrán en contexto cuando hablemos de meteorología, ya que aprenderemos cómo los fenómenos atmosféricos afectan nuestra región. Además, aprenderemos a usar la información sobre el tiempo y el clima para mejorar nuestra calidad de vida y contribuir al desarrollo de nuestro país.





**Figura 36. Cuencas hidrográficas e intercuenas de Perú.** Según Ministerio de Agricultura, 2009.

## 2.2. Instituciones peruanas vinculadas al estudio del ambiente

Para asegurar el adecuado desarrollo de los ciudadanos y el desarrollo sostenible del país, el Gobierno promueve un ambiente

saludable y la protección de sus recursos naturales. Para lograr estos objetivos se creó el Ministerio del Ambiente, el cual, a través de sus instituciones adscritas, permite incrementar el conocimiento sobre la contaminación ambiental, los fenómenos

atmosféricos, los recursos hídricos y naturales, la diversidad biológica, las áreas naturales protegidas, el cambio climático y las políticas ambientales (**tabla 13**).

Ministerio del Ambiente <a href="http://www.minam.gob.pe/?el-ministerio=organismos-adscritos">http://www.minam.gob.pe/?el-ministerio=organismos-adscritos</a>		<p>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú</p> <p>Se encarga de la investigación y vigilancia atmosférica, además de proporcionar información pertinente a través de sus servicios y productos meteorológicos, hidrológicos y climáticos.</p> <p>Principal: <a href="http://www.senamhi.gob.pe/">http://www.senamhi.gob.pe/</a>  Pronóstico del tiempo: <a href="http://www.senamhi.gob.pe/?p=0101">http://www.senamhi.gob.pe/?p=0101</a>  Aprendiendo: <a href="http://www.senamhi.gob.pe/?p=1003">http://www.senamhi.gob.pe/?p=1003</a></p>
		<p>Instituto Geofísico del Perú</p> <p>Estudia los fenómenos relacionados con la estructura, las condiciones físicas y la historia evolutiva de la Tierra: terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, huacos y deslizamientos de tierra.</p> <p>Principal: <a href="http://www.igp.gob.pe/">http://www.igp.gob.pe/</a></p>
		<p>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana</p> <p>Promueve las metodologías adecuadas para el aprovechamiento eficiente y ordenado de los recursos naturales y del territorio amazónico peruano.</p> <p>Principal: <a href="http://www.iiap.org.pe/">http://www.iiap.org.pe/</a></p>
		<p>Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental</p> <p>Verifica el cumplimiento de la legislación ambiental por todas las personas naturales y jurídicas.</p> <p>Principal: <a href="http://www.oefa.gob.pe/">http://www.oefa.gob.pe/</a>  Normas: <a href="http://www.oefa.gob.pe/normas-y-proyectos-normativos">http://www.oefa.gob.pe/normas-y-proyectos-normativos</a></p>
		<p>Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado</p> <p>Asegura la conservación de las áreas naturales protegidas del país, su diversidad biológica y el mantenimiento de sus servicios ambientales.</p> <p>Principal: <a href="http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/">http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/</a>  Listado oficial de áreas naturales protegidas:  <a href="http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/mapas/ListaAnps_18092014.pdf">http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/mapas/ListaAnps_18092014.pdf</a></p>
		<p>Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles</p> <p>Se encarga de la revisión y aprobación de los estudios detallados de impacto ambiental de los proyectos de inversión pública, privada o de capital mixto que puedan causar impactos ambientales significativos.</p> <p>Principal: <a href="http://www.senace.gob.pe/">http://www.senace.gob.pe/</a>  Normas: <a href="http://www.senace.gob.pe/normativa/">http://www.senace.gob.pe/normativa/</a></p>
		<p>Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña</p> <p>Fomenta y expande la investigación científica y tecnológica en el ámbito de los glaciares y los ecosistemas de montaña, promoviendo su gestión sostenible en beneficio de las poblaciones que viven en o se benefician de dichos ecosistemas.</p> <p>Principal: <a href="http://www.inaigem.gob.pe">http://www.inaigem.gob.pe</a></p>

**Tabla 13. Instituciones adscritas al Ministerio del Ambiente.** Funciones y principales enlaces (Minam, s/f).

De igual manera, existen otros ministerios e instituciones que nos proporcionan información acerca de los diferentes

elementos del ambiente. Algunas de ellas poseen bibliotecas virtuales y material educativo relevante (**tabla 14**).

Institución	Información
Dirección de Hidrografía y Navegación	Realiza actividades relacionadas con las ciencias del ambiente en el ámbito acuático. Proporciona información sobre el diagnóstico y el pronóstico del estado del mar, difunde cartas de inundación, da avisos a los navegantes, alerta sobre tsunamis y oleajes, etc. <a href="https://www.dhn.mil.pe/">https://www.dhn.mil.pe/</a>
Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres	Es un organismo público ejecutor que conforma el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se encarga de la estimación de riesgo, la prevención y la reconstrucción después del desastre. <a href="http://www.cenepred.gob.pe/">http://www.cenepred.gob.pe/</a>
Instituto del Mar del Perú	Genera conocimiento científico y tecnológico para el uso sostenible de los ecosistemas marinos y de las aguas continentales. <a href="http://www.imarpe.gob.pe/">http://www.imarpe.gob.pe/</a>
Instituto Nacional de Defensa Civil	Se encarga de la preparación, respuesta y rehabilitación ante la ocurrencia de un peligro inminente o desastre. <a href="http://www.indeci.gob.pe/">http://www.indeci.gob.pe/</a>
Instituto Nacional de Innovación Agraria	Propicia la innovación tecnológica agraria para incrementar su productividad y sostenibilidad. Nos proporciona información sobre el manejo de cultivos, la diversidad genética, el riego, etc. <a href="http://www.inia.gob.pe/">http://www.inia.gob.pe/</a>
Ministerio de Agricultura y Riego	Genera bienes y servicios para los sectores productivos agrarios. <a href="http://www.minagri.gob.pe/portal/">http://www.minagri.gob.pe/portal/</a>

**Tabla 14. Instituciones que nos proporcionan productos y servicios relacionados con el ambiente**

Si bien cualquier tema puede ser encontrado fácilmente en internet, debemos asegurarnos de brindar a nuestros estudiantes información

confiable y actualizada; y esto lo podemos lograr recurriendo a estas instituciones y usando sus productos y servicios.



### 2.3. Tipos de fuentes de información

Una fuente de información es el lugar o documento donde se encuentran los datos útiles para ampliar nuestro conocimiento. En la actualidad, los medios de comunicación han incrementado el número de estas fuentes. La información proviene de: libros, artículos científicos, periódicos, internet, hasta experiencias personales, y opiniones de expertos.

Todas estas fuentes de información se clasifican en tres tipos:

- **Fuentes primarias:** son materiales originales hechos por personas que experimentan el evento o investigan el fenómeno directamente.
- **Fuentes secundarias:** estos materiales describen, analizan, interpretan, evalúan o comentan las fuentes primarias.
- **Fuentes terciarias:** estos materiales son una recolección de las fuentes primarias y secundarias. Por lo general, no son consideradas como fuentes de información académica. Nos proveen de información general acerca de un tema.

Es importante que enseñemos a nuestros estudiantes a escoger las fuentes de información apropiadas para el trabajo, la práctica, el proyecto o la tarea que realizarán. Las fuentes primarias son las más importantes cuando se trata de ciencia, por ejemplo, los libros de ciencia, los artículos científicos o las publicaciones de organizaciones especializadas. No

permitamos que nuestros estudiantes usen fuentes poco confiables, tanto las que les damos como las que ellos descubran, y aseguremos de revisar todas las fuentes que les recomendemos.

#### 2.4. Sistema de medidas

Cuando hablemos sobre la medición de las variables meteorológicas tendremos que usar unidades de medida. Desafortunadamente, alrededor del mundo se usan diferentes sistemas de unidades y eso nos puede causar problemas en el análisis de datos. Por este motivo, debemos estar familiarizados con un sistema que puede ser usado en cualquier parte del mundo: el **Sistema Internacional de Unidades (SI)**.

El SI es la forma moderna del sistema métrico y es el más usado en el comercio y las ciencias. Este sistema consiste en 7 **unidades fundamentales (tabla 15)**, que son los bloques para la construcción de otras unidades de medida llamadas **unidades derivadas (tabla 16)**.

Unidades fundamentales		
Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Corriente eléctrica	Amperio	A
Temperatura	Kelvin	K
Intensidad luminosa	Candela	cd
Cantidad de sustancia	Mol	mol

**Tabla 15. Sistema Internacional de Unidades: unidades fundamentales**

Unidades derivadas		
Magnitud	Unidad	Símbolo
Área	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Volumen	Metro cúbico	m <sup>3</sup>
Densidad	Kilogramo por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
Velocidad	Metros por segundo	m/s
Fuerza	Newton	N = kg · m/s <sup>2</sup>
Presión	Pascal	Pa = N/m <sup>2</sup> = kg/(s <sup>2</sup> · m)
Energía/trabajo/calor	Joule	J = N · m = kg · m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Radiación por unidad de área	Watts por metro cuadrado	W/m <sup>2</sup> = kg/s <sup>3</sup>

Tabla 16. Sistema Internacional de Unidades: unidades derivadas

Por otro lado, en ocasiones necesitamos expresar magnitudes muy grandes o muy pequeñas. Para ello usamos prefijos

que añadimos al nombre para producir múltiplos o submúltiplos de la unidad original (tabla 17).

Múltiplos		
Prefijo	10 <sup>n</sup>	Símbolo
<i>deca</i>	10 <sup>1</sup>	da
<i>hecto</i>	10 <sup>2</sup>	h
<i>kilo</i>	10 <sup>3</sup>	k
<i>mega</i>	10 <sup>6</sup>	M
<i>giga</i>	10 <sup>9</sup>	G
<i>tera</i>	10 <sup>12</sup>	T
<i>peta</i>	10 <sup>15</sup>	P
<i>exa</i>	10 <sup>18</sup>	E
<i>zetta</i>	10 <sup>21</sup>	Z
<i>yotta</i>	10 <sup>24</sup>	Y

Submúltiplos		
Prefijo	10 <sup>n</sup>	Símbolo
<i>deci</i>	10 <sup>-1</sup>	d
<i>centi</i>	10 <sup>-2</sup>	c
<i>mili</i>	10 <sup>-3</sup>	m
<i>micro</i>	10 <sup>-6</sup>	μ
<i>nano</i>	10 <sup>-9</sup>	n
<i>pico</i>	10 <sup>-12</sup>	p
<i>femto</i>	10 <sup>-15</sup>	f
<i>atto</i>	10 <sup>-18</sup>	a
<i>zepto</i>	10 <sup>-21</sup>	z
<i>yocto</i>	10 <sup>-24</sup>	y

Tabla 17. Sistema Internacional de Unidades: múltiplos y submúltiplos

Ahora contamos con las herramientas necesarias para continuar con nuestro aprendizaje. Esta información básica no solo es necesarios para facilitar esta nueva experiencia de aprendizaje, sino también para hacerla significativa, porque la meteorología juega un rol importante en nuestra vida cotidiana y nuestra sociedad.

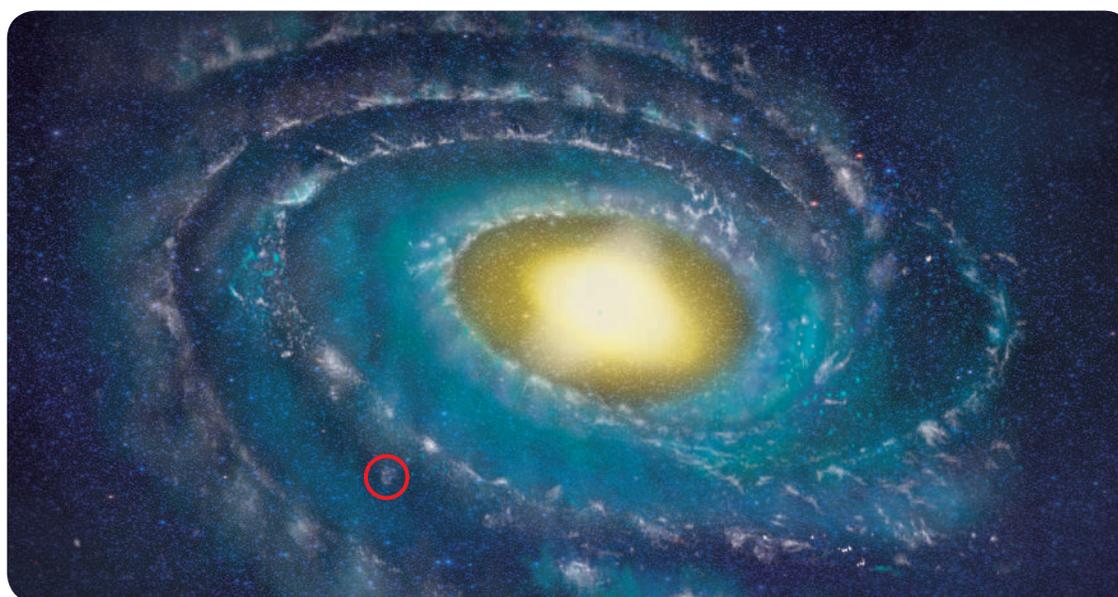


### 3. INTRODUCCIÓN A LAS CIENCIAS ATMOSFÉRICAS

Cualquiera sea nuestra especialidad como docentes, sabemos que nuestro objetivo es que nuestros estudiantes entiendan el mundo que nos rodea: el universo. Pero el universo, infinito como es, no puede ser estudiado o comprendido en su totalidad por una sola persona o una sola ciencia. Por ello, se ha dividido el universo para facilitar su comprensión, y cada “pedazo” de universo es estudiado por una ciencia en particular.

Nuestro planeta, la Tierra, es un “pedazo”

de ese universo (**figura 37**). Es un sistema que unifica diversos elementos que se encuentran en: el aire, las nubes, el océano, los ríos, las capas de hielo, las montañas, los valles, los animales, las plantas y todo lo que podemos observar. Pero todo lo que podemos observar aún es demasiado para ser estudiado por una sola ciencia; es por ello que existen las ciencias de la Tierra, un grupo de ciencias que se encargan de estudiar cada parte de ella.



**Figura 37. Ubicación de la Tierra en la Vía Láctea**

#### 3.1. Introducción a las ciencias de la Tierra

Para un mejor estudio de la Tierra, esta ha sido dividida en subsistemas: la litósfera, la hidrósfera, la biósfera, la criósfera y la atmósfera (**figura 38** en la siguiente página). La **litósfera** está compuesta por la corteza sólida y rocosa de la Tierra. La **hidrósfera** está compuesta por toda el agua del planeta, en todos sus estados (sólida, líquida y gaseosa). La **biósfera** está compuesta por todos los organismos vivos, los cuales ocupan una capa muy delgada de aire (atmósfera), agua (hidrósfera) y tierra (litósfera). Se denomina **criósfera** al conjunto de las diferentes formas en que el agua puede conservarse en estado

sólido en la cordillera (glaciares, glaciares rocosos, nieve y permafrost). Finalmente, la **atmósfera** es la capa gaseosa que rodea el planeta, donde ocurren el tiempo y el clima.

Estos subsistemas están bien definidos y parecen no tener relación el uno con el otro. Pero la Tierra es un sistema unificado y sus subsistemas no solo están relacionados, sino que pueden interactuar. Esta interacción se lleva a cabo a través de procesos de transporte de materia y energía de un sistema a otro.

Para entender la interacción entre estos subsistemas, empezamos hablando de la atmósfera. Está compuesta por diversos gases que son aprovechados por los organismos que

se encuentran en la biósfera. Los organismos, como nosotros, hacemos uso de los nutrientes de la litósfera y el agua de la hidrósfera. También somos afectados por eventos que ocurren en estos subsistemas, como las sequías, los huaicos o las inundaciones. Y como sabemos, recientemente hemos descubierto el impacto de nuestras actividades en los sistemas de la Tierra; incluso somos capaces de afectar el clima.

Así como interactúan los subsistemas de la Tierra, también lo hacen las ciencias que los estudian.

Tomemos como ejemplo la lluvia. El agua de lluvia es parte de la hidrósfera; también se encuentra en la atmósfera y es una variable muy importante, tanto para la hidrología como para la meteorología. Cuando la lluvia cae es capaz de desgastar y erosionar la superficie de la tierra, de modo que transforma el paisaje (litósfera) y crea una variedad de hábitats para las diversas especies de plantas y animales (biósfera). La biogeografía se encarga de estudiar la relación entre los organismos y su ambiente físico, y lo hace a través del uso de la meteorología.

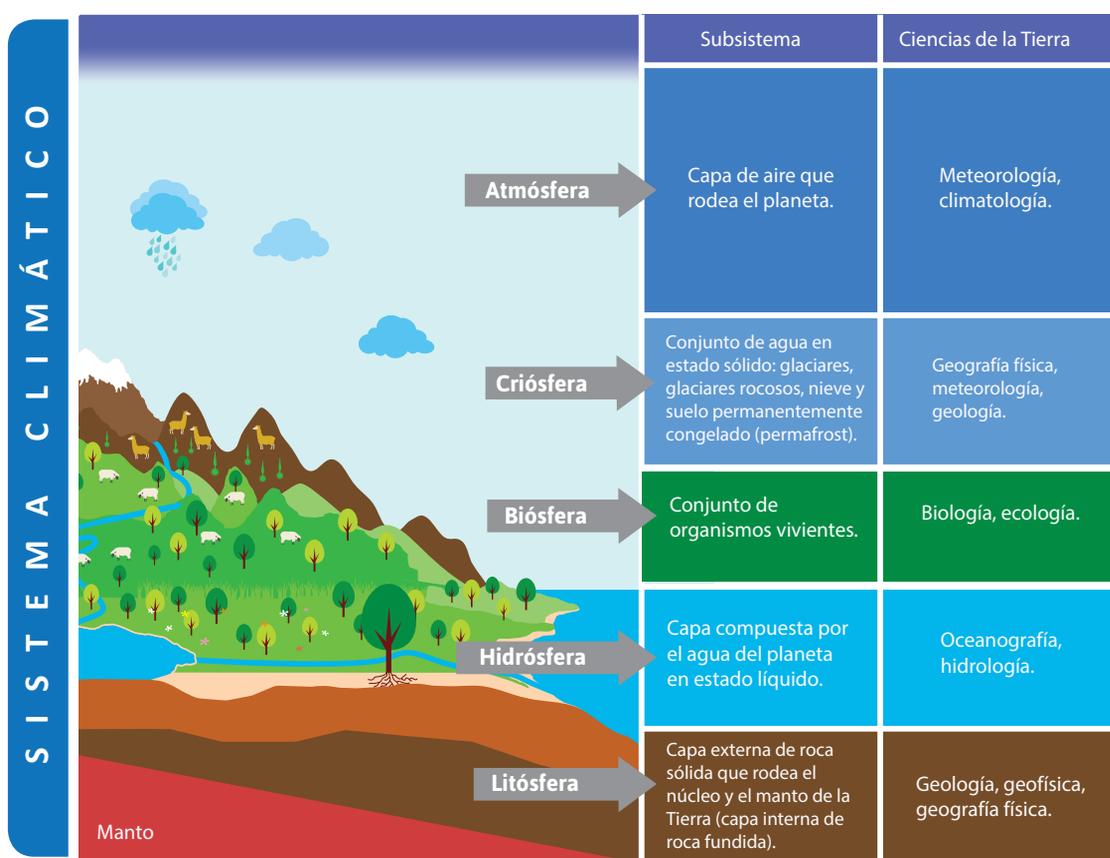


Figura 38. Subsistemas de la Tierra y algunas ciencias que los estudian

Como podemos observar, cada subsistema es estudiado por algunas ciencias en particular y es entre ellos que encontramos a la meteorología. En la **figura 39** y **anexo 6**, mostramos un mapa conceptual del sistema Tierra.

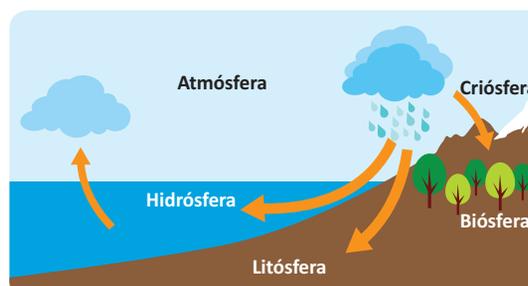


Figura 39. Mapa conceptual de la interacción de los sistemas de la Tierra



## Autoevaluación

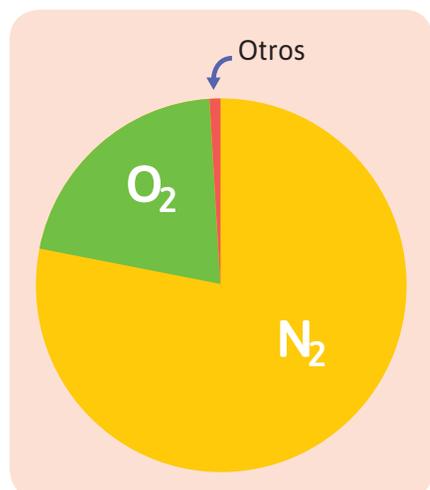
- Elabora una lista con cinco ejemplos de cómo los humanos podemos afectar los sistemas de la Tierra.
- Observa la representación de la represa Huascacocha, en Junín, y describe todas las interacciones posibles.



### 3.2. La atmósfera

La atmósfera es la delgada capa gaseosa que rodea la Tierra. Su límite superior alcanza 1000 km de altura aproximadamente; sin embargo, el 97 % de ella se encuentra en los primeros 30 km. La atmósfera está compuesta principalmente de nitrógeno

(78 % aproximadamente) y oxígeno (21 % aproximadamente); y aunque los otros gases solo representen una pequeña fracción (ppm: partes por millón), los cambios en su concentración pueden tener efectos profundos en el tiempo y el clima (**tabla 18**).



Constituyente	Composición Química	Concentración Por Volumen
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78,08 %
Oxígeno	O <sub>2</sub>	20,95 %
Argón	Ar	0,93 %
Vapor de agua	H <sub>2</sub> O	0-5 %
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	380 ppm
Neón	Ne	18 ppm
Helio	He	5,0 ppm
Metano	CH <sub>4</sub>	1,75 ppm
Kriptón	Kr	1,0 ppm
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0,5 ppm
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	0,3 ppm
Ozono	O <sub>3</sub>	0-0,1 ppm

**Tabla 18. Composición química de la atmósfera.** Gases de mayor concentración en la atmósfera (Wallace y Hobbs, 2006).

La composición de la atmósfera no es homogénea. Tampoco lo son otras de sus características, como la densidad, la presión o la temperatura. Por ello, se ha dividido la atmósfera en capas de acuerdo con la distribución vertical de su temperatura

La capa más cercana a la superficie es la **tropósfera** y llega a una altitud aproximada entre 15 - 20 km en la zona tropical. En ella la temperatura disminuye con la altitud. Esto sucede porque la superficie absorbe la energía que proviene del Sol (radiación solar) para luego emitir su propia radiación y calentar el aire que se encuentra próximo a ella. Por lo tanto, cuanto más cerca a la superficie, mayor es la temperatura.

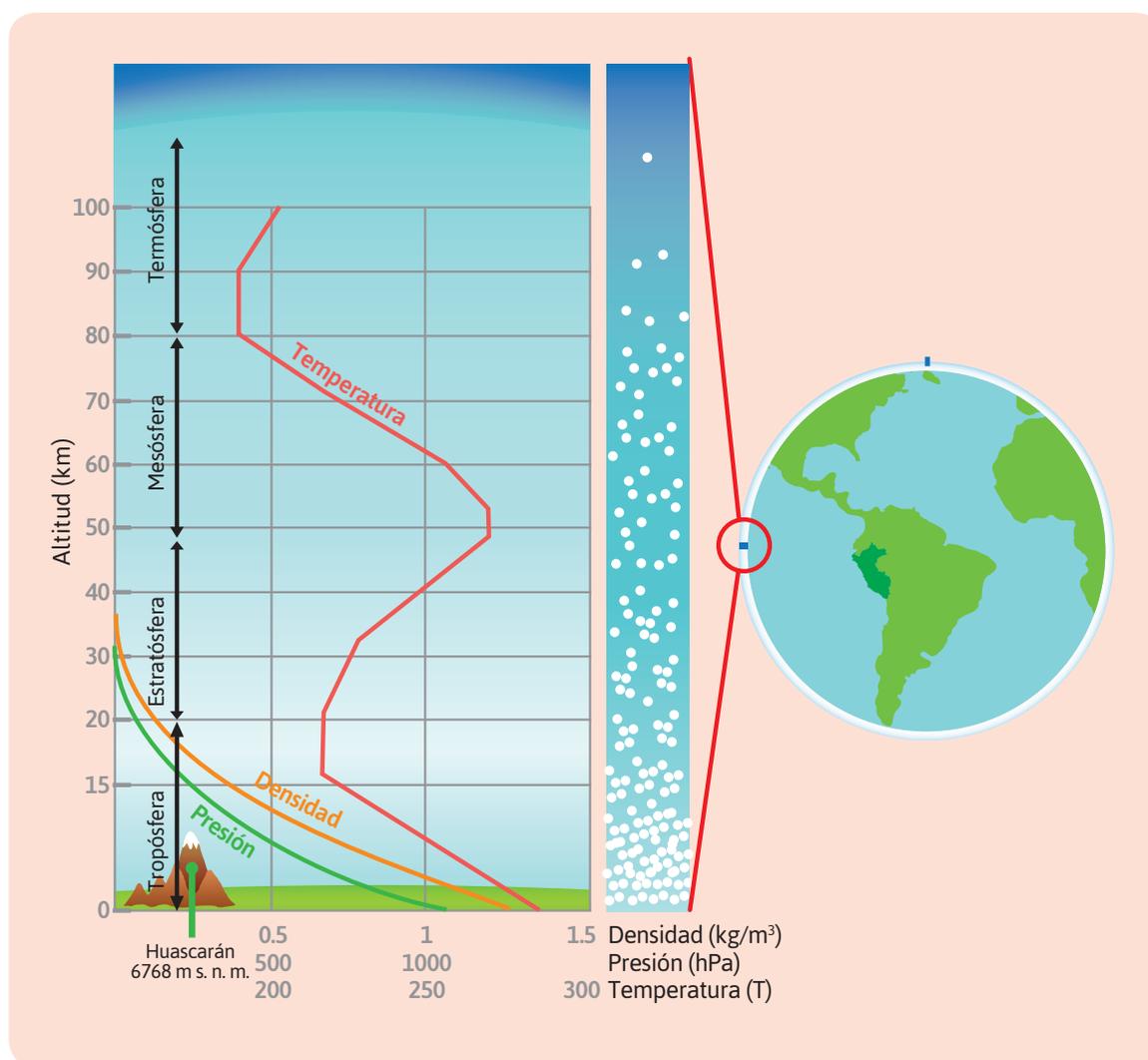
La siguiente capa es la **estratósfera** y se encuentra a entre 15-20 km y 50 km de altura

aproximadamente. Esta capa se caracteriza por tener mayor concentración de ozono, gas que captura la radiación ultravioleta del Sol. Así, esta **capa de ozono** nos protege de la radiación UV. El ozono también explica por qué en la estratósfera la temperatura aumenta con la altura. Debido a que el ozono hace un buen trabajo absorbiendo la radiación ultravioleta, el ozono que se encuentra en los niveles superiores absorbe la mayor parte de esta radiación y calienta así el aire circundante. Entonces, no llega tanta radiación a los niveles inferiores, lo que significa menos absorción y menor calentamiento.

En contraste, en la **mesósfera** la temperatura disminuye con la altitud. Esto se debe en parte a la casi inexistencia de ozono en esta

capa; pero además aquí tampoco hay vapor de agua (que absorbe más radiación que cualquier otro componente), nubes o polvo que absorban la radiación solar y calienten el aire. Por lo tanto, la temperatura solo disminuye con la altura, que en esta capa va hasta 85 km aproximadamente.

Por último, la capa más externa de la atmósfera es la **termósfera**. Aquí la temperatura aumenta rápidamente con la altitud porque en esta capa las concentraciones de oxígeno libre (O) van en aumento. Este, al igual que el ozono, absorbe la radiación ultravioleta y calienta el medio que lo rodea (**figura 40**).



**Figura 40. Estructura vertical de la atmósfera.** Perfil vertical de la presión atmosférica, densidad del aire y temperatura del aire.

Entendemos pues que todas las capas de la atmósfera cumplen un rol específico e importante. Sin embargo, la tropósfera es de particular importancia porque en ella ocurren todos los fenómenos meteorológicos con los que estamos familiarizados: tormentas, vientos fuertes, brisas, heladas,

nieblas, etc. Estos fenómenos afectan nuestra vida diaria y las actividades de nuestra comunidad (agricultura, ganadería, pesca, comercio, etc). Por ello, debemos tener una idea general de cómo ocurren estos fenómenos para conocer sus peligros y beneficios.



## Autoevaluación

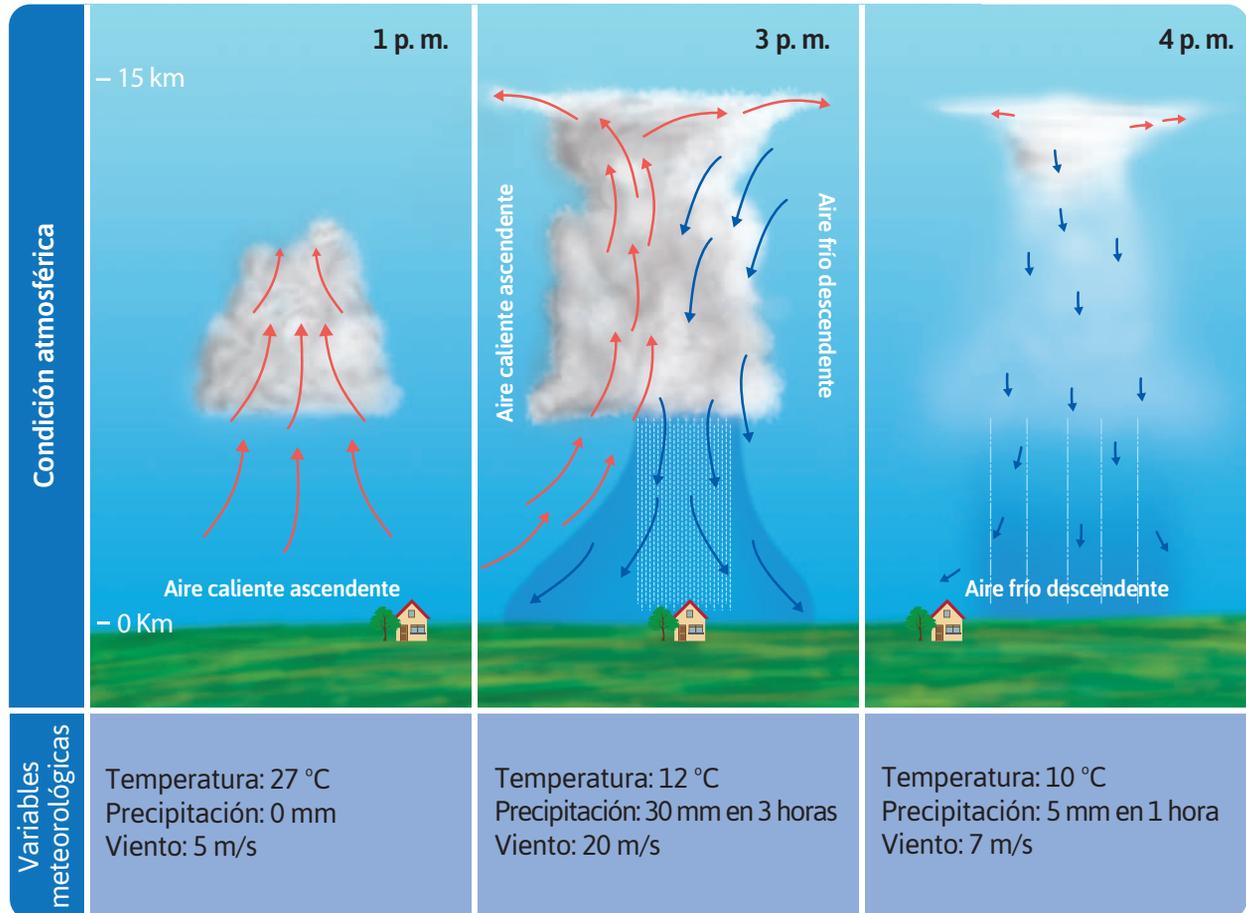
- Haz un listado de los cuatro gases más abundantes de la atmósfera.
- Explica la importancia de la estratósfera para los seres vivos.
- Describe las cuatro capas de la atmósfera e identifica cuál de ellas es la más importante cuando se trata de contaminación del aire.
- Responde lo siguiente: ¿cuál de los constituyentes de la atmósfera absorbe más radiación?



## 4. VARIABLES METEOROLÓGICAS

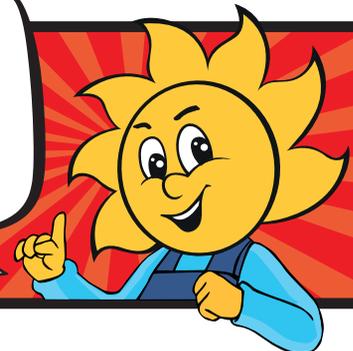
¿Cómo ocurren los fenómenos meteorológicos? No podemos responder sin antes definir las propiedades de la atmósfera que describen estos fenómenos meteorológicos: radiación, temperatura,

precipitación, humedad, presión, viento y nubosidad. Estas propiedades son conocidas como variables meteorológicas y describen las condiciones de la atmósfera (**figura 41**).



**Figura 41. Evolución de una tormenta estacionaria.** Descripción de este fenómeno atmosférico a través de tres condiciones atmosféricas (a la 1 p. m., a las 3 p. m. y a las 4 p. m.) definidas por tres variables meteorológicas: temperatura, precipitación y viento (Ahrens, 2009).

Empecemos entonces esta parte de nuestro aprendizaje por la variable meteorológica más importante: la radiación solar. Ella es la fuente primaria de energía de la atmósfera y la generadora de los procesos meteorológicos que dan origen a los fenómenos atmosféricos.



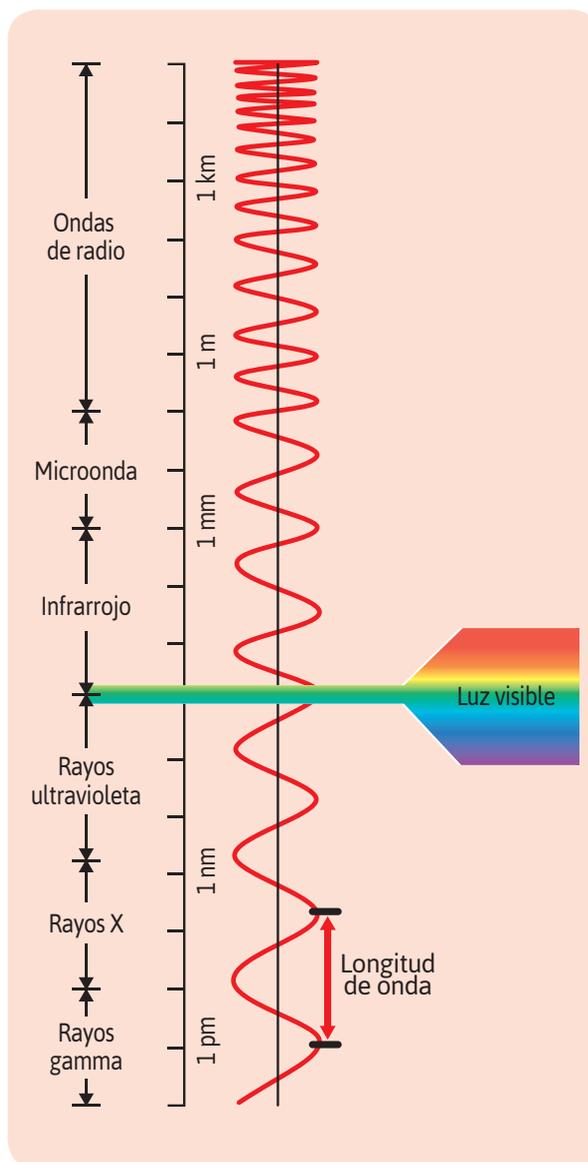
#### 4.1. La radiación solar

La radiación solar es la energía que emite el Sol. Como sabemos, la energía es la capacidad de realizar un trabajo; esto significa que la energía es capaz de generar movimiento, transformación, calor o reacción. Por tanto, la radiación solar es la generadora de los fenómenos meteorológicos en la atmósfera.

La radiación es un tipo especial de energía: energía radiante. Esta energía viaja por el espacio a la velocidad de la luz en forma de ondas, y debido a que estas ondas poseen propiedades eléctricas y magnéticas, se les conoce como ondas electromagnéticas. Estas **ondas electromagnéticas** se definen por su longitud de onda, la cual es la distancia que existe de la cresta de una onda a la otra. Esta puede ser infinitamente pequeña (rayos gama) o infinitamente grande (ondas de radio).

Todos los cuerpos que poseen una temperatura mayor al cero absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) emiten radiación. Y como podemos ver en la **figura 42**, el Sol irradia la mayor parte de su energía a longitudes de onda menores a los  $2\ \mu\text{m}$  (micrómetros). Por eso, a la radiación solar también se la conoce como radiación de onda corta (**ROC**) y es, en su mayoría, radiación ultravioleta (**UV**) y luz visible. Por otro lado, la Tierra también emite radiación, pero lo hace en el espectro infrarrojo. Ya que la radiación que emite la Tierra es de longitudes de onda larga, la mayor parte de ella está entre los  $5$  y  $25\ \mu\text{m}$ . Por ello se le conoce como radiación de onda larga (**ROL**).

En general, existe un balance entre la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra (ROC) y la radiación emitida al espacio por la Tierra (ROL). Aún debe quedar suficiente energía en la atmósfera para mantener una temperatura adecuada que permita la vida en el planeta. Como



**Figura 42. Espectro de radiación electromagnética.**

Los rayos gamma poseen una longitud de onda muy pequeña, entre  $10$  y  $12\ \text{m}$  (1 picómetro), mientras que las ondas de radio pueden alcanzar una longitud de onda de más de  $1000\ \text{m}$ .

sabemos, la temperatura varía alrededor de la Tierra (los polos son más fríos y los trópicos más calientes), pero en promedio la temperatura de la Tierra es de  $15^{\circ}\text{C}$ . Por tanto, esta temperatura representa el equilibrio de energía del planeta y se alcanza a través de un balance de energía.

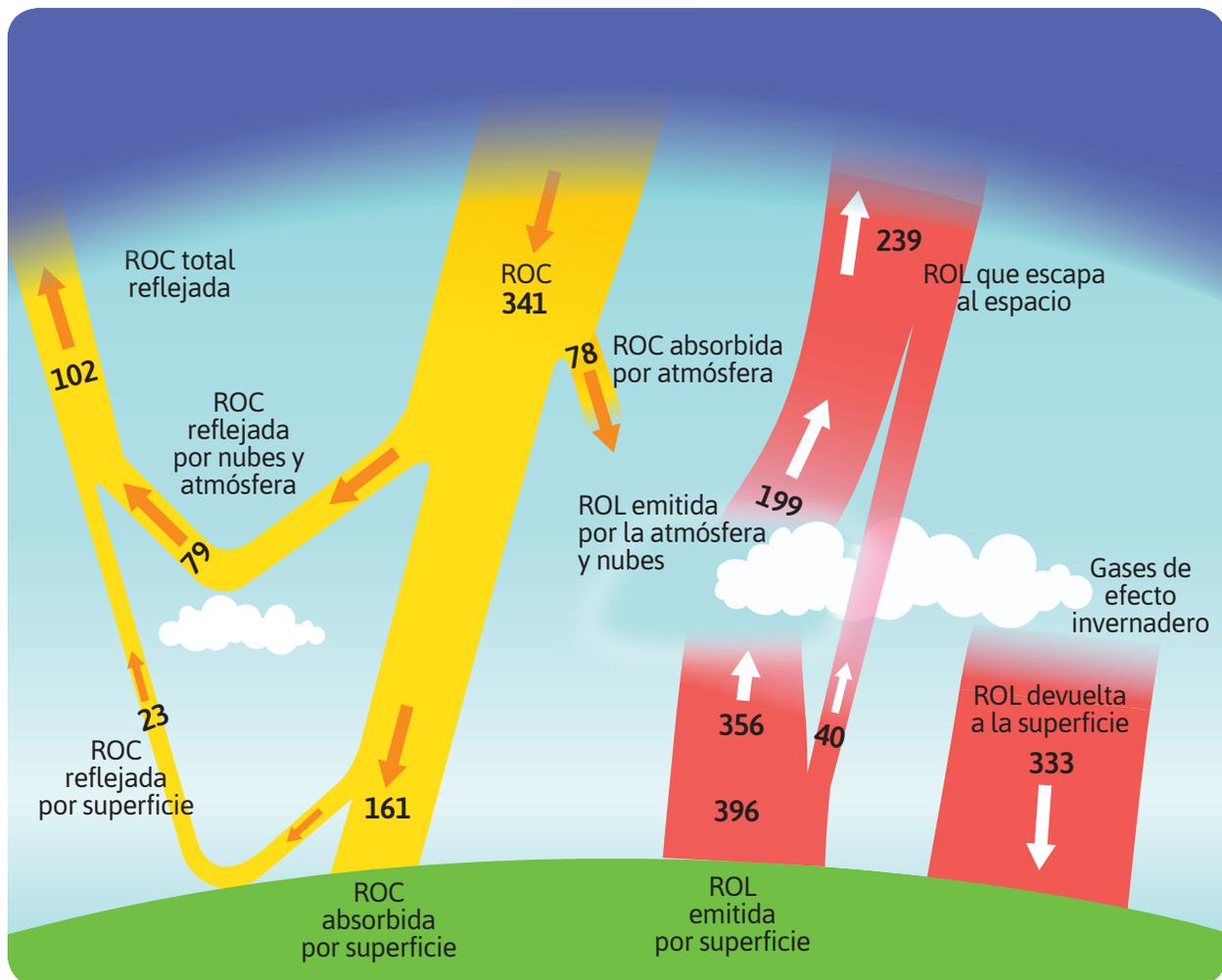
##### 4.1.1. Balance de la radiación

De la **sección 3.2.** entendimos que no toda la radiación solar que llega a los niveles superiores de la atmósfera alcanza los

niveles inferiores de esta. Esto significa que no toda la energía que llega al tope de la atmósfera alcanza la superficie de la Tierra. Esto se debe a que los gases constituyentes de la atmósfera absorben, dispersan o reflejan la energía solar. El ozono, por ejemplo, absorbe la radiación ultravioleta. Por otro lado, las nubes reflejan la radiación solar y la devuelven.

Como vemos en la **figura 43**, solo el 48 % de la ROC es absorbida por la superficie terrestre, el 23 % es absorbida por los

constituyentes de la atmósfera y el 29 % es reflejado nuevamente al espacio por las nubes, algunos gases atmosféricos y la superficie terrestre. Por otro lado, la radiación que emite la Tierra, que incluye la energía que absorbió del Sol, es devuelta a la atmósfera (92 %) o escapa al espacio exterior (8%) en forma de ROL. Finalmente, la atmósfera y las nubes también emiten energía de onda larga (ROL). Una parte es devuelta a la superficie terrestre (62 %) y otra parte escapa hacia el espacio exterior (38 %).



**Figura 43. Balance de la radiación en  $W/m^2$ . Según Trenberth (2009).**

En general, existe un balance entre la radiación que entra al sistema de la Tierra y la radiación que sale de ella. Pero existe una energía en particular que es conservada en el planeta y gracias a la cual todos los organismos puedan sobrevivir.

Esta energía proviene de la ROL que la atmósfera devuelve a la superficie terrestre. Este fenómeno se da porque existen gases particulares en la atmósfera conocidos como **gases de efecto invernadero**.

### 4.1.2. El efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son aquellos gases atmosféricos que absorben la radiación de onda larga (ROL). Se encuentran, en su mayoría, en la tropósfera y su concentración disminuye con la altitud. Estos gases son principalmente el vapor de agua ( $H_2O$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y el metano ( $CH_4$ ).

Los gases de efecto invernadero impiden que la ROL que emite la superficie terrestre escape totalmente hacia el espacio exterior (**figura 44**). Cuando estos gases absorben la radiación infrarroja, su temperatura

aumenta e irradian esta energía en todas direcciones. La energía que es irradiada hacia niveles superiores es capturada por otros gases de efecto invernadero; estos también irradian su energía en todas direcciones y la energía que es irradiada a niveles superiores vuelve a sufrir el mismo proceso. Por eso la energía que alcanza niveles superiores es cada vez menor. Además, a mayor altitud, los gases invernadero son cada vez más escasos, por lo que la energía que alcanza niveles superiores puede finalmente escapar de la atmósfera.

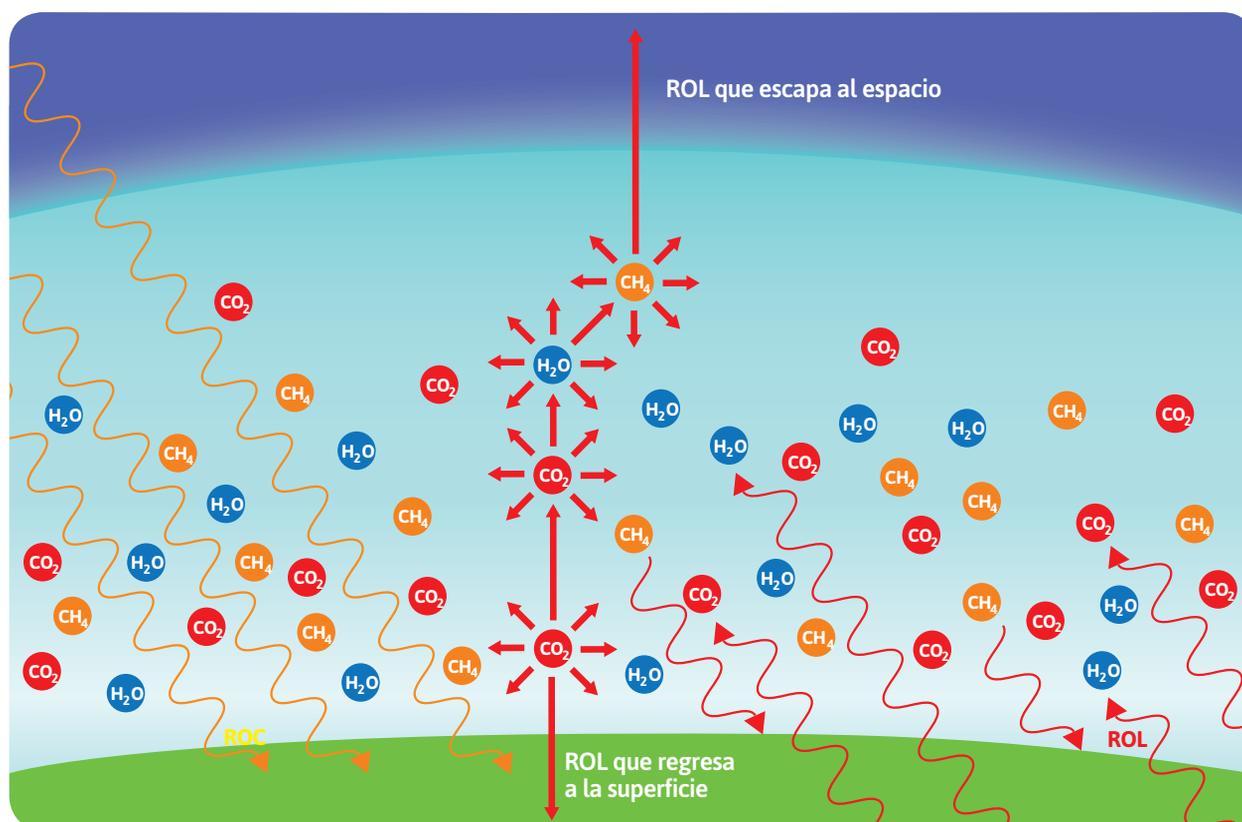


Figura 44. Comportamiento de la ROL y los gases de efecto invernadero

Por otro lado, la energía que fue irradiada a niveles inferiores puede alcanzar la superficie terrestre y por lo tanto aumentar su temperatura. De esta manera, los gases de efecto invernadero hacen posible que existan las condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida en la Tierra. A este proceso se le conoce como el efecto invernadero.

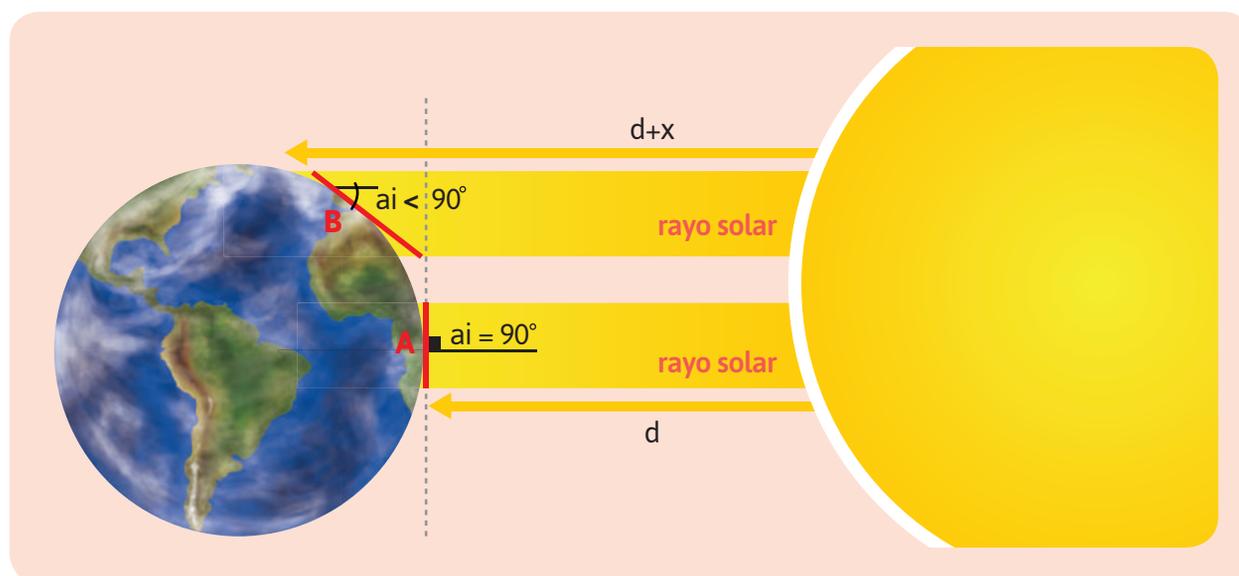
### 4.1.3. Variación latitudinal de la radiación

Entendemos, entonces, que la radiación solar es la principal fuente de energía de la atmósfera. Pero esta energía no se distribuye de manera homogénea en la Tierra. Debido a que la Tierra es casi redonda existen zonas que reciben más

radiación (los trópicos) y otras que reciben menos (los polos).

Como podemos observar en la **figura 45**, consideramos la misma cantidad de radiación para los trópicos y cerca de los polos. Sin embargo, el área sobre la que incide la radiación es diferente. A bajas latitudes (trópicos), el área sobre la que incide la radiación solar es más pequeña porque los rayos solares inciden perpendicularmente sobre la superficie;

mientras que a mayores latitudes, el área sobre la que incide la radiación es mucho más grande ( $A < B$ ) porque el **ángulo de incidencia**<sup>4</sup> ( $ai$ ) es menor a  $90^\circ$ . Además, los rayos solares que inciden en el trópico tienen que recorrer una menor distancia ( $d$ ) que los que inciden a latitudes altas ( $d+x$ ). Esto significa que las latitudes cercanas a los polos reciben menor radiación que los trópicos porque se pierde una cantidad considerable de energía antes de tocar la superficie.



**Figura 45. Variación latitudinal de la radiación solar incidente**

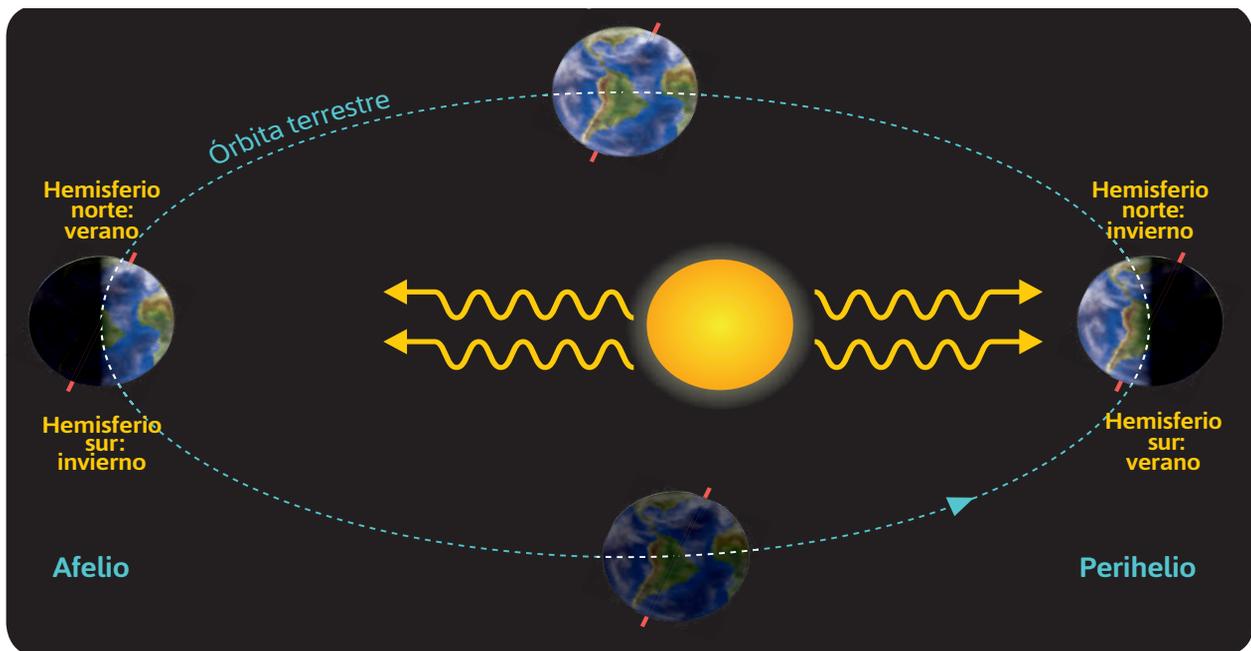
En resumen, los trópicos (latitudes bajas) reciben mayor radiación que los polos (latitudes altas). Entonces, cuanto más alejada está nuestra ciudad o comunidad de la línea ecuatorial, menor radiación solar recibiremos.

Pero la radiación solar que recibimos no solo depende de la latitud, sino también de la ubicación de la Tierra en su órbita. Y es que durante el movimiento de traslación de la Tierra, la distancia entre el Sol y nuestro planeta varía día a día, de estación en estación, lo que significa que la radiación solar que recibimos también varía.

#### 4.1.4. Las estaciones

Pensemos entonces en el movimiento de traslación. Como sabemos, a la Tierra le toma 365 días completar su viaje alrededor del Sol; pero su órbita no es una circunferencia, sino una elipse (**figura 46**). Por lo tanto, en algún momento de su recorrido se encontrará más cerca al Sol (perihelio). Esto ocurre los primeros días de enero, cuando la distancia entre el Sol y la Tierra es de 147,5 millones de km. En oposición, en los primeros días de julio la distancia entre el Sol y la Tierra es máxima (152,6 millones de km) y se denomina afelio.

<sup>4</sup> El ángulo de incidencia es el ángulo que existe entre la superficie horizontal y la radiación solar incidente (**figura 43**).

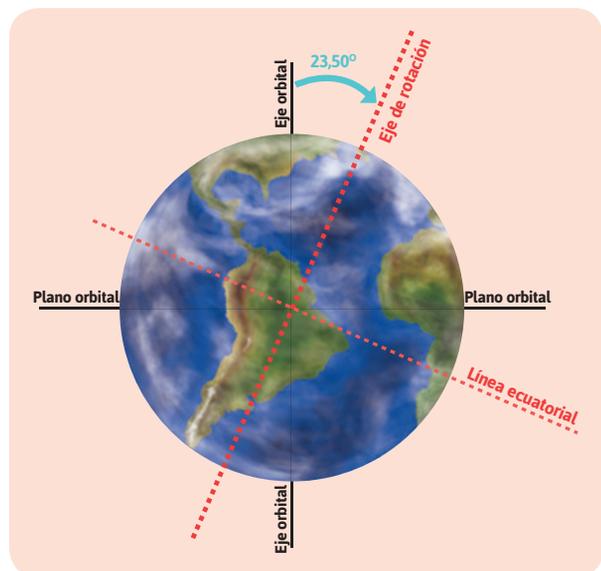


**Figura 46. Las estaciones.** Las estaciones son definidas por el ángulo de inclinación de la Tierra.

Analizando lo expresado anteriormente, podríamos decir que durante el perihelio la Tierra recibe más energía que durante el afelio, lo que sugiere que durante el perihelio debería ser verano en toda la Tierra y durante el afelio debería ser invierno en toda la Tierra; pero sabemos que esto no es así. Y es que aún no hemos considerado una característica crucial de la Tierra: su ángulo de inclinación.

En la **figura 47**, observamos que el eje de rotación de la Tierra no es el mismo que su eje orbital. En realidad, la Tierra se encuentra inclinada aproximadamente  $23,5^\circ$  respecto al eje orbital. Esto significa que, durante el movimiento de traslación de la Tierra, un hemisferio recibirá más radiación que otro.

Veamos otra vez la **figura 46**. Durante el perihelio, el hemisferio sur se encuentra inclinado hacia el Sol y los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el trópico de Capricornio, lo que ocasiona el verano en el hemisferio sur (verano austral). Por el contrario, el hemisferio norte se encuentra más alejado del Sol y la radiación solar incidente es menor. Esto ocasiona el invierno en el hemisferio norte.



**Figura 47. Ángulo de inclinación de la Tierra.** Las estaciones definidas por el ángulo de inclinación de la Tierra.

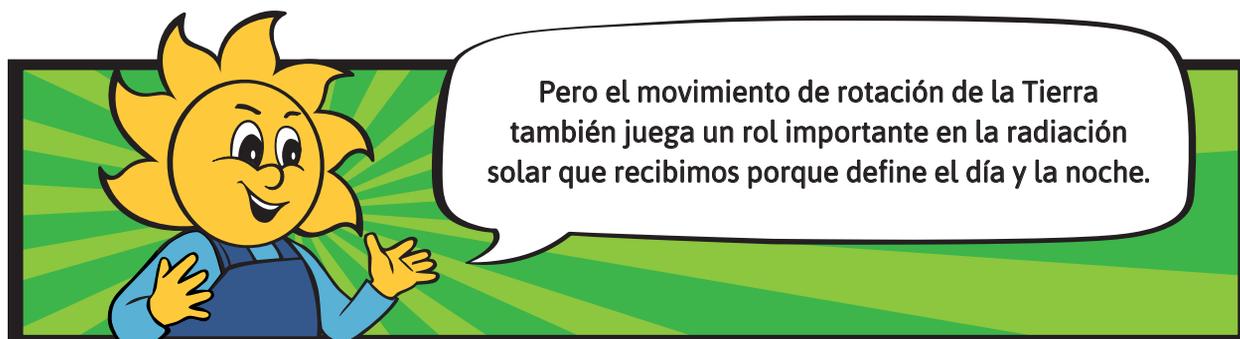
Ocurre lo contrario durante el afelio (julio). Es esa época, es el hemisferio norte el que se encuentra inclinado hacia el Sol. Es el verano boreal y es el turno del trópico de Cáncer de recibir mayor cantidad de radiación solar. Mientras tanto, el hemisferio sur se encuentra alejado del Sol, lo que da paso al invierno.

Por otro lado, los meses que se encuentran entre el perihelio y el afelio son los meses

de transición: primavera y otoño. En estos meses la radiación solar incidente no alcanzará ni su máximo ni su mínimo.

De esta manera, descubrimos que es la inclinación de la Tierra la que realmente

define las estaciones. Por tanto, la radiación solar que recibimos no solo depende de la latitud, sino también de la posición de la Tierra durante su movimiento de traslación (estaciones).



#### 4.1.5. Duración del día y radiación solar

La cantidad de radiación solar que recibimos depende de la duración del día solar o **fotoperiodo**: a mayor duración del día, mayor radiación solar recibimos. Pero la duración del día solar no es igual durante todo el año ni en todas partes del mundo. Recuerda que siempre es mayor la duración del día solar durante el verano; incluso en los polos existen días de verano en los que nunca es de noche (fotoperiodo = 24 horas). Es decir, la duración del día depende del lugar donde vivimos (latitud).

Como expusimos en la **sección 4.1.4.**, debido a la inclinación de la Tierra, en ciertas épocas del año un hemisferio recibe más energía que otro. Podemos observar en la **figura 48** que, durante el verano austral, el hemisferio sur se encuentra inclinado hacia el Sol. En este caso, cuanto más cerca nos encontremos al polo sur, mayor será la incidencia de radiación solar y mayor la duración del día. Y en el caso extremo de encontrarnos en el polo norte, no recibiríamos ninguna radiación solar porque en ese momento del año siempre es de noche (fotoperiodo = 0).

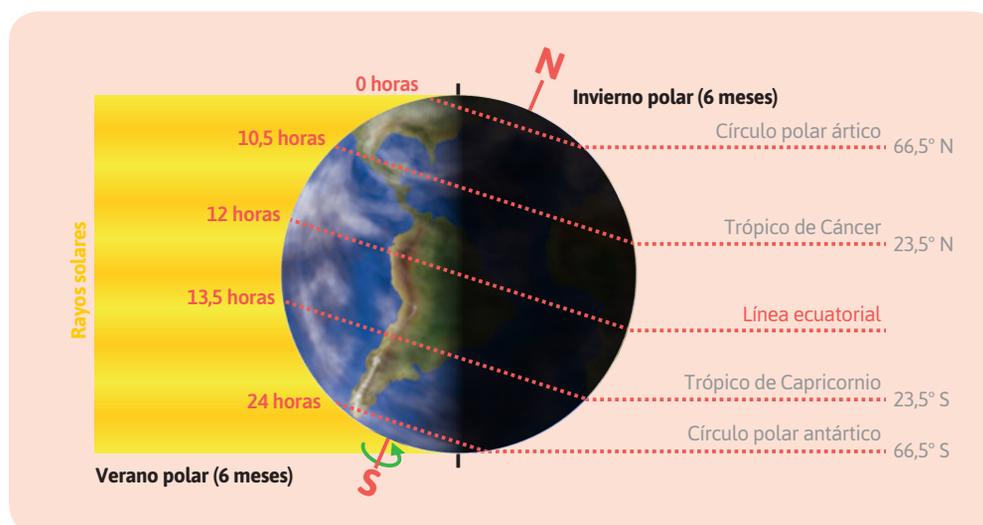


Figura 48. Duración del día solar respecto a la latitud

Ahora observemos otras latitudes. Por ejemplo, en latitudes medias la duración del día varía de 10,5 horas (durante invierno) a 13,5 horas (durante el verano). Pero en los trópicos la duración del día no varía mucho (fotoperiodo = 12 horas) porque su exposición al Sol tampoco varía significativamente durante todo el año.

Ahora que ya estamos más familiarizados con algunos de los factores que influyen en la cantidad de radiación solar que recibimos, como el lugar donde vivimos, las estaciones y la duración del día, queda todavía por responder por qué durante un

día, la radiación solar que recibimos es diferente a cada hora.

#### 4.1.6. Variación horaria de la radiación solar

Recibimos una cantidad diferente de radiación solar a diferentes horas del día debido al movimiento aparente del Sol. Decimos que es aparente porque en realidad el Sol no se mueve, es la Tierra la que lo hace cuando realiza su movimiento de rotación. A nosotros nos parece que el Sol sale por el este, alcanza una máxima altura (mediodía) y atraviesa el cielo para ponerse al oeste (**figura 49**).

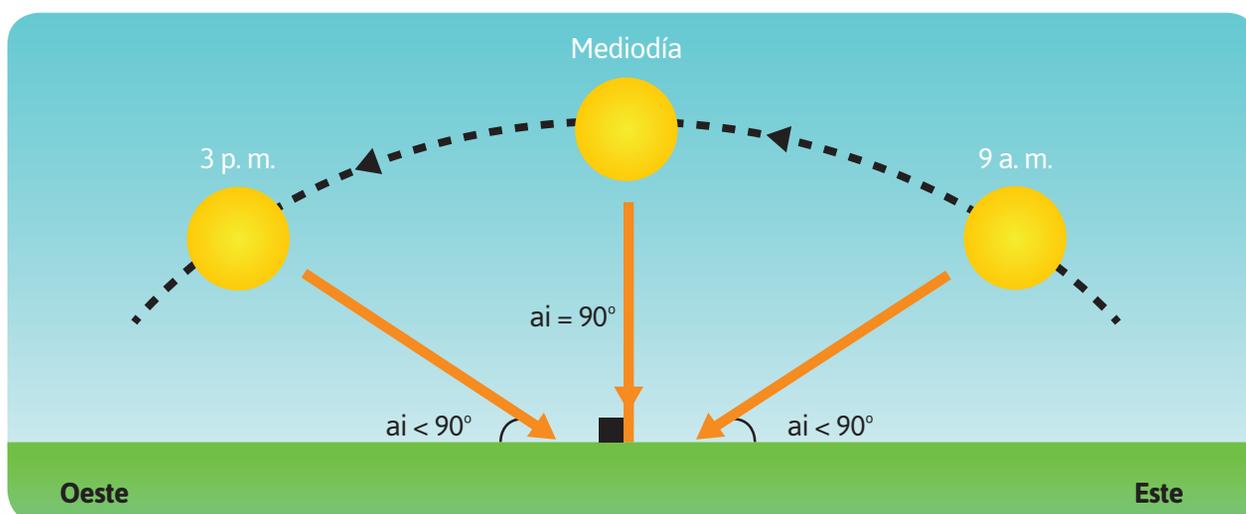


Figura 49. Movimiento aparente del Sol y la radiación incidente

Podemos observar que la ROC recorre una mayor distancia cuando se encuentra al extremo este y al oeste; además, alcanza la superficie con un ángulo de incidencia menor a  $90^\circ$ , lo que implica una menor radiación solar en las primeras y últimas horas del día. Mientras, al mediodía los rayos solares inciden directamente sobre la superficie y tienen que recorrer una menor distancia. Esto hace que al mediodía exista una mayor radiación solar incidente. Es así como la radiación que recibimos también varía en el transcurso del día.

Es natural suponer que deberíamos poder saber la cantidad de radiación que recibiremos con solo saber en qué latitud

nos encontramos, la fecha y la hora del día. Sin embargo, podemos percibir que esto no siempre es así en la superficie terrestre. Por ejemplo, en un día de verano aún podemos sentir frío porque no toda la radiación solar alcanza la superficie. Esto se debe a que existe un elemento muy importante que no hemos tomado aún en consideración: las nubes.

#### 4.1.7. La radiación solar y las nubes

Las nubes claramente influyen en la cantidad de radiación que recibimos en la superficie de la Tierra. Como podemos observar en la **figura 50**, en un día con cielo despejado la radiación solar

llega sin obstáculos a la superficie de la Tierra; mientras que la presencia de nubes disminuye la cantidad de radiación que llega

a la superficie, debido a que estas reflejan parte de la radiación solar al espacio.

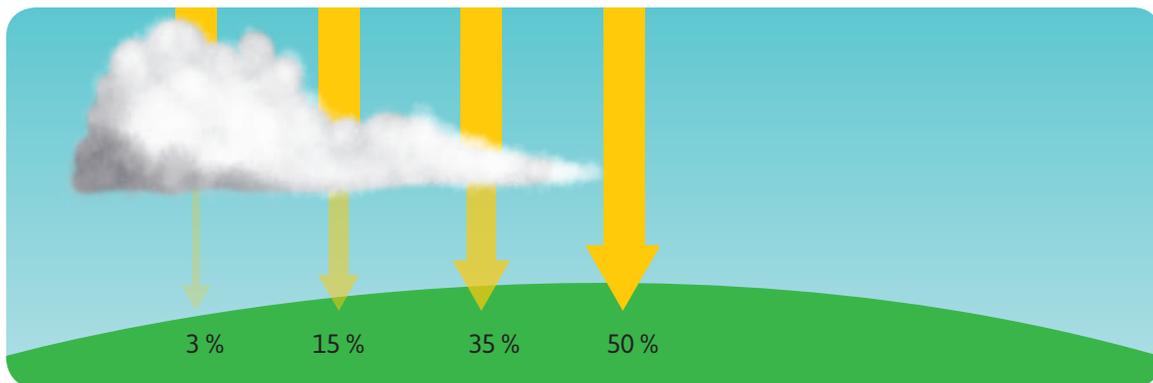


Figura 50. Influencia de las nubes en la radiación incidente. Según Ahrens (2009).

La cantidad de radiación que logre alcanzar la superficie dependerá del tipo de nube que impida su paso, pero de esto nos ocuparemos más adelante (**cap. II, secc. 4.4.3.**). Por ahora, solo diremos que cuanto mayor es el desarrollo vertical que tiene la nube, menos radiación solar alcanza la superficie. Entonces, aún si es verano, si el cielo se encuentra cubierto de nubes, menor radiación solar alcanzará la superficie y menor será la temperatura.

Anteriormente hemos destacado los factores que influyen en la radiación solar incidente. La cantidad de radiación solar que recibimos es muy importante porque es la energía que usa la atmósfera para incrementar su temperatura. Sin la radiación solar, la Tierra perdería energía; por tanto, su temperatura disminuiría lo suficiente para hacer imposible la vida en el planeta.

También hemos establecido que existe una relación íntima entre la radiación solar y la temperatura: a mayor radiación incidente, mayor temperatura del aire. Pero ¿qué es la temperatura?



## Autoevaluación

- Menciona tres factores que determinan la radiación solar que recibimos.
- Sabemos que el vapor de agua es el gas invernadero más importante porque retiene mayor cantidad de radiación, además de ser el más abundante. ¿Cuáles son los otros dos gases invernadero más importantes?
- Marca la palabra que corresponde y explica el significado de la siguiente oración: *Cuando el cielo está cubierto se recibe (mayor / menor) radiación solar.*

## 4.2. La temperatura del aire

En nuestro planeta, el aire está compuesto por átomos y moléculas. Estas moléculas se mueven en todas direcciones, a diferentes velocidades, chocando unas con otras. Lo que hace la temperatura es medir la velocidad promedio de estas moléculas: a mayor temperatura, mayor velocidad de las moléculas.

Pero la temperatura solo mide cuán frío o caliente se encuentra algo en relación con un valor estándar dentro de una escala de temperatura. Esto significa que debemos estar familiarizados con este valor estándar para poder entendernos unos a otros. Sin embargo, no existe solo un valor estándar, muchas sociedades han adoptado su propia escala de temperatura. Por ello, vamos a mencionar las escalas más usadas en el mundo de las ciencias: la escala kelvin, la escala Celsius y la escala Fahrenheit.

La **escala absoluta**, también conocida como **escala kelvin**, considera como cero a la temperatura en que las moléculas del aire ya no tienen movimiento ( $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Por ello, se le conoce como cero absoluto. La ventaja de esta escala es que no posee números negativos ya que los objetos no pueden ser más fríos.

La **escala Celsius**, considera el valor cero como la temperatura en la que el agua pura se congela (punto de fusión) y 100 como la temperatura en la que el agua pura hierve (punto de ebullición) al nivel del mar. Entre estos dos valores existen 100 divisiones, las cuales se conocen como grados Celsius.

La **escala Fahrenheit** ha asignado el valor de 32 a la temperatura en la que el agua se congela y el valor de 212 a la temperatura en la que hierve el agua. Entre estos dos valores existen 180 divisiones. (**figura 51**).

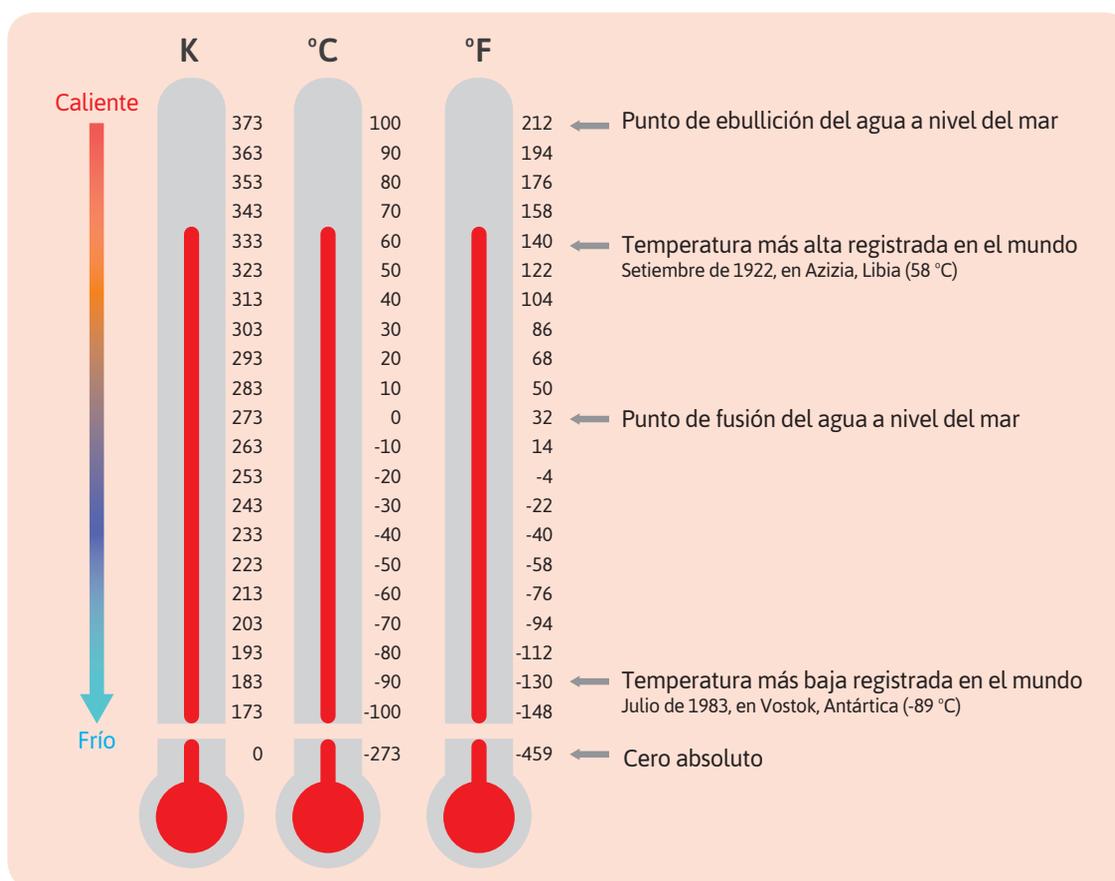


Figura 51. Comparación entre las escalas kelvin, Celsius y Fahrenheit

Ahora que conocemos las escalas de temperatura más usadas, debemos aprender a relacionarlas entre ellas.

De esta manera, podemos convertir las temperaturas de una escala a otra usando las siguientes fórmulas:

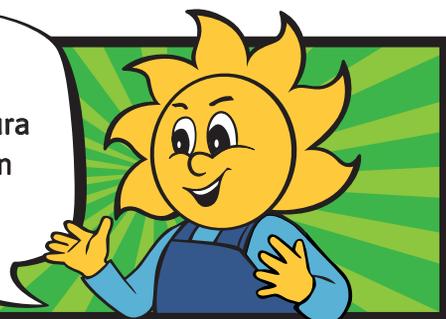
De kelvin a Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$
De kelvin a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = 32 + \frac{9}{5}(\text{K} - 273,15)$
De Celsius a kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$
De Celsius a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = 32 + \frac{9}{5}(^{\circ}\text{C})$
De Fahrenheit a kelvin	$\text{K} = \frac{5}{9}(^{\circ}\text{F} - 32) + 273,15$
De Fahrenheit a Celsius	$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(^{\circ}\text{F} - 32)$

En Perú hacemos uso del Sistema Internacional de Unidades, el cual adopta la escala kelvin. Se usa para facilitar los cálculos que realizan los científicos ya que no posee números negativos. Sin embargo, en el día a día estamos más familiarizados con la escala Celsius. Es así como nos informamos de la temperatura en nuestra ciudad o localidad.

Recordemos entonces que la temperatura del aire está relacionada con la radiación

solar incidente. Por lo tanto, así como esta, la temperatura varía con la latitud (el lugar donde vivimos), las estaciones y las horas. Respecto a la latitud, en general, las temperaturas son menores cuanto más nos alejamos de la línea ecuatorial. Respecto a las estaciones, en promedio, las temperaturas son más altas en verano. Sin embargo, respecto a la variación de la temperatura durante el día (hora a hora), la temperatura depende de otro factor, además de la radiación solar.

Nos haremos cargo de las temperaturas cercanas a la superficie, pues es aquí donde se desarrolla la vida y nuestras sociedades. Es aquí también donde la temperatura presenta las mayores variaciones debido a la interacción intensa entre la superficie terrestre y la atmósfera.



#### 4.2.1. Variación diurna de la temperatura

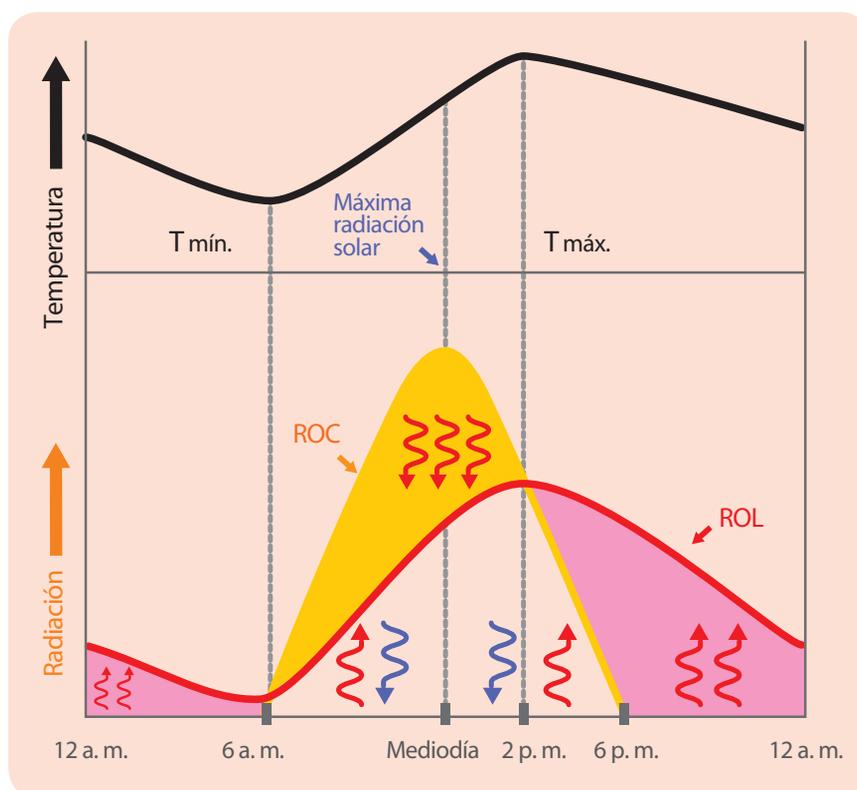
Así como explicamos en la **sección 4.1.6.**, debemos tomar en cuenta el movimiento aparente del Sol porque este define la variación horaria de la radiación solar incidente (ROC), que a su vez afecta la temperatura del aire. Pero también tenemos que considerar la radiación emitida por la Tierra (ROL) porque

también afecta la temperatura del aire. Recordemos que a pesar de ser emitida hacia el espacio, mucho de la ROL se queda atrapada en la atmósfera debido a los gases de efecto invernadero, lo que resulta en el calentamiento de la atmósfera.

Observemos la **figura 52 en la siguiente página.** En las primeras horas de la mañana, cuando la radiación solar aumenta, la temperatura también lo hace.

Esto se debe a que la superficie terrestre recibe la energía solar y empieza a calentar el aire cercano a la superficie. Luego, al mediodía, cuando la ROC alcanza su máximo, la temperatura aún no lo hace. De hecho, la temperatura continúa elevándose hasta alcanzar su máximo alrededor de las 2 p. m. Esto ocurre porque la superficie todavía continúa recibiendo energía del Sol después del mediodía, así que continúa calentando el aire unas horas más. Pensemos en la atmósfera como si fuera el interior de una olla: cuando apagamos el fuego, la olla continúa calentando los alimentos por algunos minutos más; recién luego de un tiempo

empieza a disminuir su temperatura. Es por ello que la temperatura máxima se alcanza unas horas después del mediodía. Sin embargo, al disminuir la ROC, llega un momento en que se pierde más energía de la que se recibe; entonces, la temperatura empieza a disminuir. Y cuando ya no recibe radiación solar, la superficie terrestre pierde más y más energía, por lo cual la temperatura continúa disminuyendo. Así, la temperatura alcanza su mínimo justo antes del amanecer, antes de que los rayos del Sol empiecen a calentar nuevamente la superficie terrestre. El ciclo se vuelve a repetir y de este modo la temperatura varía durante el día.



**Figura 52. Variación horaria de la temperatura del aire.** Relación entre la radiación incidente (ROC) y la radiación que emite la superficie (ROL).

#### 4.2.2. Las mediciones de temperatura

De la variación diurna obtenemos dos variables importantes: la **temperatura máxima** ( $T$  máx.) y la **temperatura mínima** ( $T$  mín.), es decir, la temperatura más alta que se alcanza en el día y la temperatura más baja registrada en un día. Podemos extender estas variables

y aplicarlas a diferentes periodos de tiempo. Por ejemplo, podemos obtener la temperatura mínima mensual solo con determinar la menor temperatura mínima ocurrida durante el mes (**tabla 19**, en celeste). De igual manera, podemos obtener la temperatura mínima anual determinando cuál es la temperatura mínima mensual más baja (**tabla 19**, en rojo).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	6,6	10,2	9,4	10,4	5,4	3,8	3,8	4,8	7,2	9,4	5,4	10,0
2	9,2	9,0	11,0	10,0	8,6	4,8	3,4	4,2	6,4	-	5,2	8,4
3	8,6	10,4	11,2	9,2	7,0	8,6	3,6	3,6	5,0	6,8	6,0	9,6
4	10,2	10,8	9,2	9,0	7,2	4,4	3,2	4,0	4,6	9,6	7,0	-
5	7,8	11,4	11,4	10,6	6,6	5,6	4,2	4,8	4,8	8,8	7,8	6,0
6	7,4	10,6	10,4	8,4	7,0	5,4	6,8	5,0	4,4	10,2	6,2	10,2
7	10,6	9,6	10,2	10,0	7,6	4,6	7,6	5,4	5,8	8,4	7,0	7,8
8	10,8	10,4	9,0	8,4	8,0	5,4	5,8	5,6	5,4	9,6	9,2	10,2
9	9,8	10,8	10,0	10,2	10,4	5,0	5,4	5,2	7,2	5,8	7,8	9,4
10	8,0	11,4	9,4	10,4	6,4	4,6	5,0	4,4	6,4	7,0	8,6	9,8
11	7,8	9,8	10,4	10,8	9,0	3,4	4,2	5,2	4,4	9,6	7,2	9,2
12	10,0	8,0	11,0	10,6	8,0	5,2	4,4	4,8	4,0	7,6	4,8	10,0
13	9,4	7,4	9,4	9,2	6,4	4,0	3,8	5,4	5,0	8,4	5,2	9,2
14	7,2	6,4	9,6	8,4	5,2	3,2	4,2	5,2	5,4	9,0	2,4	6,8
15	6,8	10,4	8,8	7,4	6,8	3,8	4,8	6,0	7,4	7,2	4,0	9,6
16	6,4	7,4	10,6	10,0	6,6	1,8	5,0	5,2	6,8	7,6	3,6	10,8
17	9,8	10,6	8,6	8,8	11,0	2,8	4,8	5,0	5,8	8,8	3,2	9,4
18	9,6	9,6	8,8	8,2	2,2	2,6	4,4	6,0	7,8	7,4	5,6	7,4
19	10,4	9,2	7,8	10,2	4,4	3,8	4,2	7,6	7,2	7,2	4,4	9,2
20	10,8	12,4	9,8	8,0	7,2	3,8	2,4	6,6	8,0	8,2	3,2	8,2
21	11,2	10,4	10,8	7,4	4,2	4,6	3,0	5,4	6,4	6,2	2,8	9,0
22	9,0	11,4	8,8	7,0	9,0	4,8	2,4	6,0	7,0	6,0	3,8	9,8
23	11,2	11,0	11,2	9,4	7,8	4,2	2,8	6,2	8,2	6,6	3,6	7,0
24	7,4	10,8	12,2	10,2	7,2	4,4	3,8	6,8	7,6	6,2	5,0	8,6
25	12,0	11,2	-	10,4	7,0	3,8	4,2	5,4	8,8	6,4	6,8	8,4
26	11,0	11,4	11,4	7,2	7,2	4,0	4,4	5,0	5,8	7,0	7,4	7,8
27	8,8	10,2	12,2	6,8	4,6	6,8	4,0	4,8	6,0	5,0	6,2	10,6
28	11,2	10,0	11,0	7,0	6,2	6,2	3,4	5,8	7,2	6,0	7,2	10,2
29	10,8	9,8	10,2	7,2	5,2	5,4	4,4	4,6	7,4	7,8	7,8	10,0
30	10,6	-	8,0	5,0	4,8	4,2	2,8	4,8	7,6	5,8	9,2	7,8
31	10,8	-	9,4	-	4,6	-	4,6	6,6	-	5,6	-	9,2

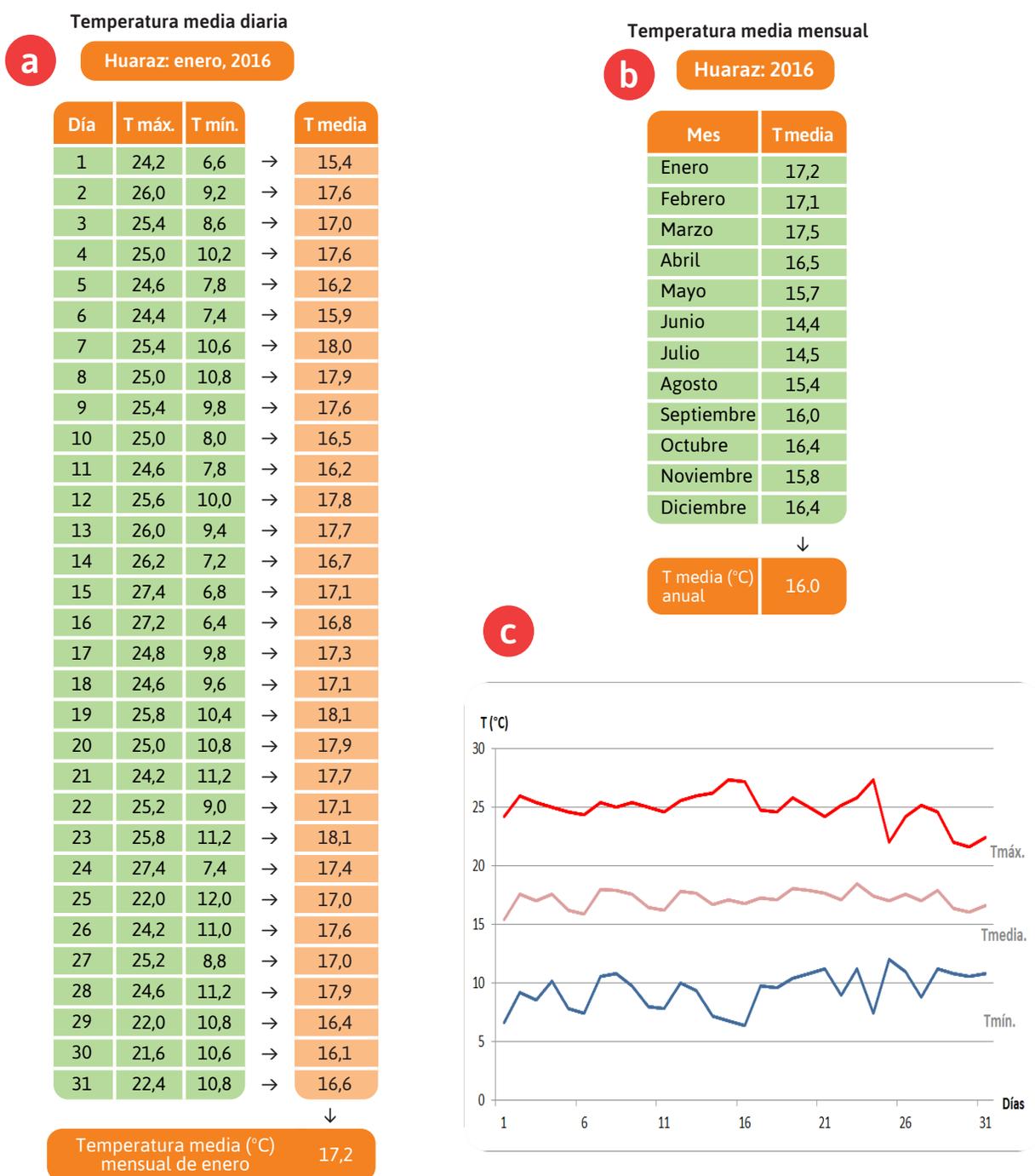
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T mín. (°C) mensual	6,4	6,4	7,8	5,0	2,2	1,8	2,4	3,6	4,0	5,0	2,4	6,0

↑  
T mín. anual

**Tabla 19. Temperaturas mínimas (°C) diarias de Huaraz, 2016.** Se determinan las temperaturas mínimas mensuales escogiendo la temperatura mínima más baja de cada mes (en celeste). La temperatura mínima anual se determina escogiendo la temperatura mínima mensual más baja del año (en azul) (SENAMHI).

Existe una variable importante denominada **temperatura media** que se obtiene promediando la temperatura máxima y la temperatura mínima del día (**figura 53[a]**). También podemos obtener la temperatura media mensual, promediando las temperaturas medias diarias del mes (**figura 53[b]**, cuadro

naranja inferior), y la temperatura media anual, promediando las temperaturas medias mensuales (**figura 53[b]**). Finalmente, existe una variable muy usada en la meteorología que nos informa cuánto varían las temperaturas en nuestra localidad: el rango de temperatura.



**Figura 53. Temperaturas medias (°C) diaria, mensual y anual de Huaraz, 2016.** [a] Cálculo de la temperatura media diaria (se calcula promediando la temperatura máxima y la temperatura mínima del día) y de la temperatura media mensual (se calcula promediando las temperaturas medias diarias); [b] la temperatura media anual (se calcula promediando las temperaturas medias mensuales); [c] variación de la T máx., T media y T mín. (SENAMHI).

### 4.2.3. El rango de temperatura

La diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima de un día en particular se conoce como rango de temperatura diurno.

$$\text{Rango diurno de } T = T \text{ máx.} - T \text{ mín.}$$

Esta variable, por extensión, también puede ser anual. El **rango de temperatura anual** se obtiene restando la temperatura máxima del mes más cálido y la temperatura mínima del mes más frío (**tabla 20**). En otras palabras, restando la temperatura mínima mensual más baja de la temperatura máxima mensual más alta.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T máx. (°C)	27,4	27,0	26,8	26,4	26,4	25,6	26,2	26,8	27,4	26,2	28,2	26,8
T mín. (°C)	6,4	7,4	7,8	7,0	4,2	1,8	2,4	3,6	4,0	5,0	2,4	6,0

$$28,2 - 1,8 = 26,4$$

T máx. mensual más alta - T mín. mensual más baja = Rango anual de temperatura

**Tabla 20. Cálculo del rango de temperatura (°C) anual en Huaraz, 2016** Según SENAMHI.

Esta variable nos indica cuánto variaron las temperaturas durante el día o durante el año. Esta información es de suma importancia porque nos permite conocer las condiciones del tiempo a las que tendremos que enfrentarnos.

Por ejemplo, si el rango de temperatura diurno es muy grande (ej.: 15 °C), significa que durante el día tendremos que enfrentarnos a temperaturas muy altas y muy bajas; necesitaremos ropa ligera de día, pero ropa abrigadora de noche. Por otro lado, si el rango de temperatura media anual es pequeño, como el de Huaraz en 2016 (3,1 °C), significa que durante todo el año la temperatura media mensual no variaron mucho con las estaciones. Pero cuidado, eso no significa que el rango de temperatura diurno no pueda ser grande en Huaraz. Debemos diferenciar ambos rangos de temperatura: uno es para ver cuánto varía la temperatura durante el día, en el mes de enero (21 °C) y el otro dato es para saber cuánto varía la temperatura durante el año (26,4 °C).

Los rangos de temperatura diurnos

más grandes ocurren en los desiertos, donde los cielos despejados permiten que la superficie se caliente y se enfríe rápidamente. En ellos, las temperaturas máximas sobrepasan los 35 °C y las temperaturas mínimas están por debajo de los 5 °C, lo que resulta en un rango de temperatura diurno mayor a 30 °C.

Los rangos de temperatura anual más grandes ocurren a altas latitudes (**figura 54**). En los trópicos el ángulo de incidencia no varía mucho durante el año, la radiación solar siempre llega casi perpendicular a la superficie; mientras que a altas latitudes, el ángulo de incidencia sí varía considerablemente en verano y en invierno. Por lo tanto se recibe mayor radiación en verano que en invierno, lo que se traduce en una gran variación de temperaturas a lo largo del año. Porejemplo, en Gobernador Gregores, Argentina (B), la temperatura media en enero (verano) es aproximadamente

15.5 °C y la temperatura media en julio (invierno) es 1.5 °C; esto implica un rango de temperatura anual de 14 °C. Mientras que en Quito, Ecuador (A), la temperatura media en enero es igual a la

temperatura media mensual fluctúa entre 14.1 °C (mayo) a 13.6 °C (junio) que conlleva a un rango de temperatura mensual de 0.5 °C; es decir que no existe variación de la media mensual.

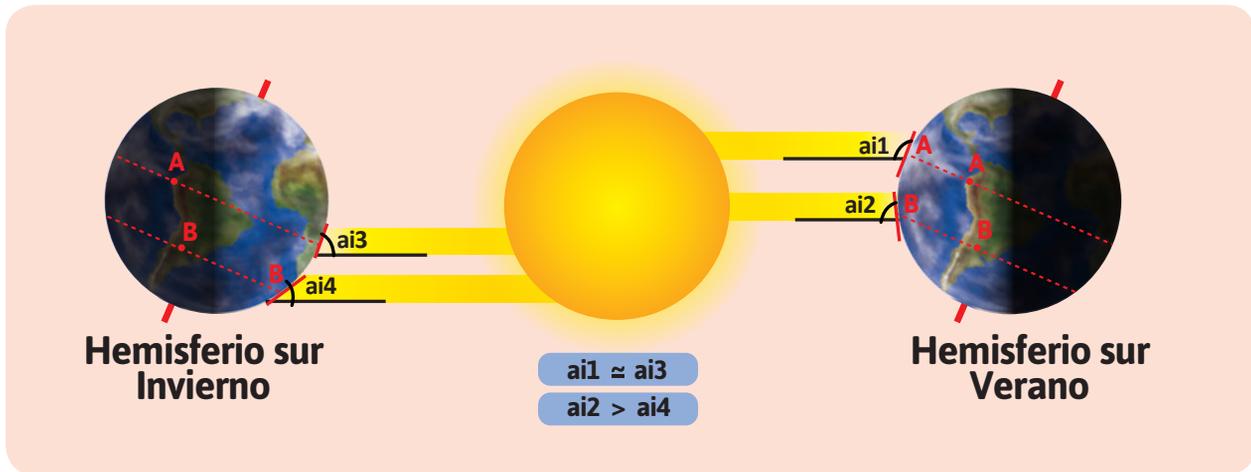


Figura 54. Efecto de la latitud en el rango de temperatura anual



## Autoevaluación

- Si comparamos las temperaturas medias mensuales de Tumbes y Tacna, ¿dónde habría un mayor rango de temperatura anual? Justifique su respuesta.

### 4.3. La presión atmosférica y el viento

La presión atmosférica y el viento son variables muy importantes en meteorología; sin embargo, requieren de un conocimiento más avanzado para poder entender sus mecanismos en toda su extensión. Por ello vamos a concentrarnos solo en su definición.

La presión atmosférica se puede definir simplemente como el efecto que tiene en nosotros la masa de aire que se encuentra sobre nuestras cabezas. Si bien no podemos ver o sentir el aire que nos rodea, sabemos que está allí porque podemos respirarlo. Como todas las cosas en este planeta, el aire también posee masa, es decir, se puede pesar. Esta pesada masa de aire que rodea la Tierra, a la cual llamamos atmósfera, se encuentra sobre nosotros ejerciendo una fuerza que nos aplasta. Entonces, la fuerza que ejerce la masa de aire sobre nosotros es lo que conocemos como presión. Sin embargo, para medir la presión atmosférica tenemos que ser más específicos. Diremos entonces que es la fuerza que ejerce una columna de

aire sobre un área determinada, la cual es  $1 \text{ m}^2$ . Es así como podemos medir la presión atmosférica en cualquier parte del mundo. (figura 55).

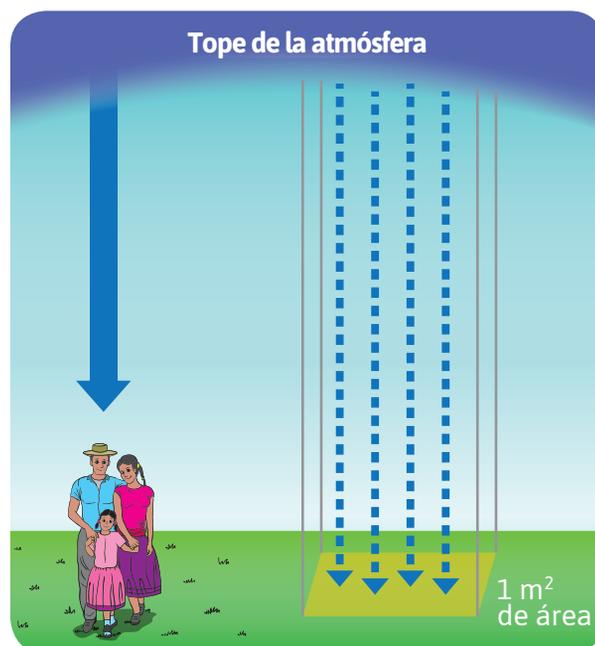
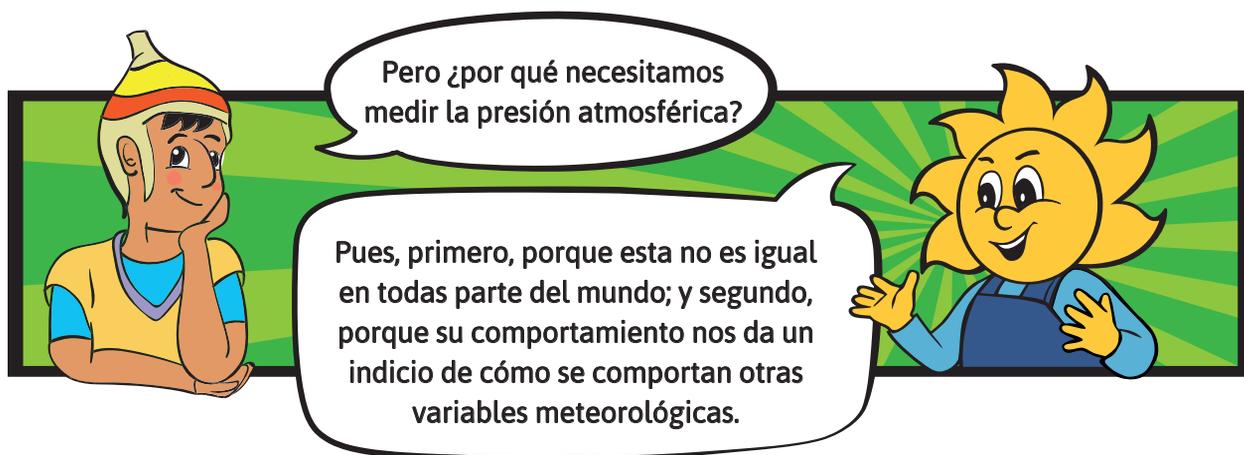


Figura 55. Presión atmosférica



#### 4.3.1. Variación de la presión atmosférica con la altitud

Ya que la presión atmosférica depende del peso de la masa de aire que se encuentra sobre nosotros, podemos deducir que a diferentes alturas esa masa de aire será diferente; por tanto, la presión atmosférica

también lo será (figura 56). A mayor altitud, la columna de aire es más pequeña; eso implica una menor presión atmosférica. Es por ello que la presión a nivel del mar es de 1013 hPa y en Cerro de Pasco (4330 m s. n. m.) es de 612 hPa aproximadamente.

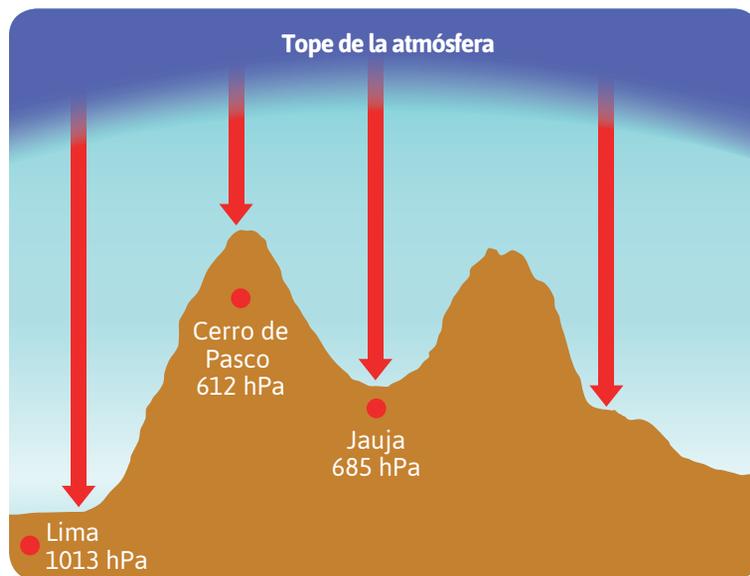


Figura 56. Variación de la presión atmosférica con la altura

Por lo explicado anteriormente podríamos decir que a la misma altura tendríamos la misma presión atmosférica, pero nos estaríamos equivocando, porque la presión también varía en una misma superficie horizontal. Recordemos que la presión depende del peso de la columna de aire; entonces, si el peso aumenta, la presión también lo hace, y si el peso disminuye, la presión también. ¿Pero cómo puede cambiar el peso de la misma columna de aire?

Observemos la **figura 57**. Las columnas de aire son iguales porque se encuentran a la misma altura. Sin embargo, la columna roja está

llena de aire caliente y la azul llena de aire frío. Sabemos que las moléculas del aire frío se encuentran más juntas, lo que hace al aire más denso y, en consecuencia, más pesado.

Por el contrario, el aire caliente es menos denso porque sus moléculas se encuentran más separadas unas de otras, lo que significa que será menos pesado. En otras palabras, aunque la columna de aire es igual, la azul es más pesada que la roja porque contiene mayor número de moléculas; por lo tanto, en el punto A la presión será mayor que en el punto B.

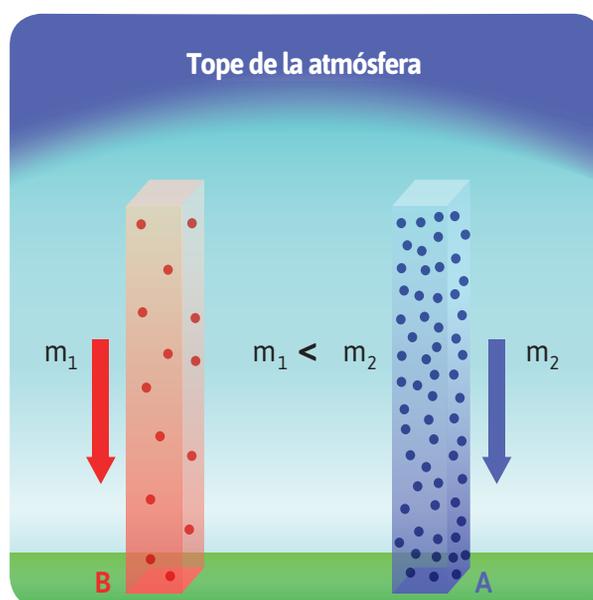
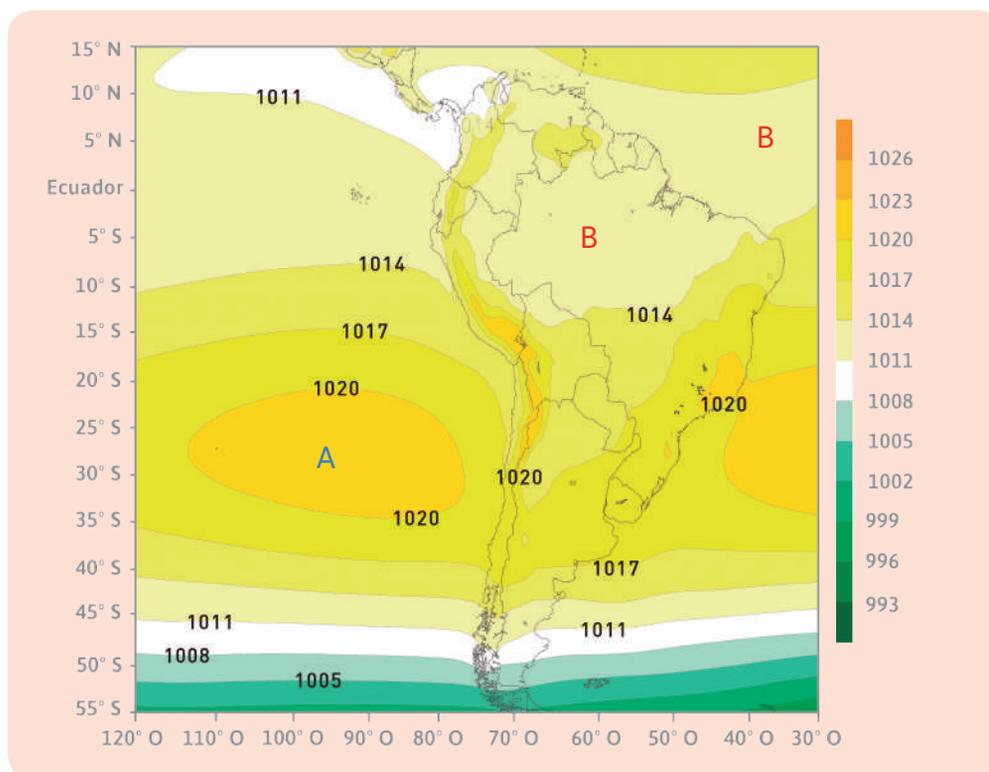


Figura 57. Variación de la presión atmosférica al mismo nivel de altura

Entonces, las áreas de bajas presiones son zonas cálidas; mientras que las áreas de altas presiones son zonas frías. Los meteorólogos señalan en mapas las zonas de bajas presiones con una B y las zonas de altas presiones con una A (**figura 58**).

Haciendo uso de estos mapas, tienen una idea del comportamiento de la temperatura y también del viento; conocer esto último les interesa porque el viento es el resultado de la diferencia de presiones.

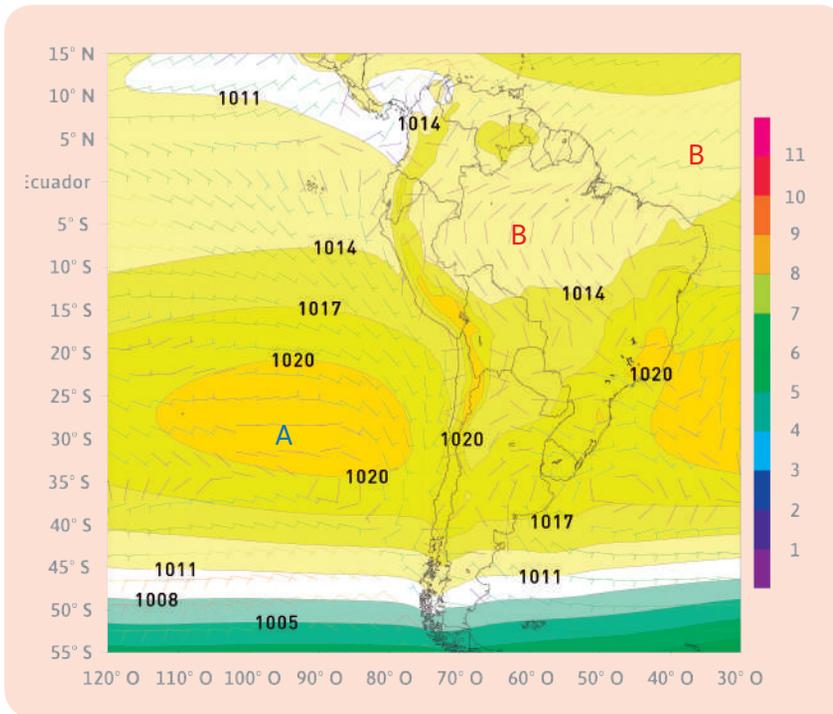


**Figura 58. Líneas de presión.** Mapa que muestra las líneas de presión (isóbaras) y las zonas de altas y bajas presiones

### 4.3.2. El viento

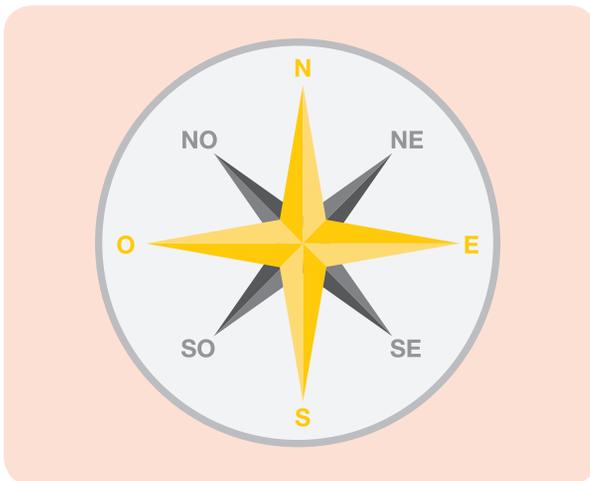
El viento es el movimiento del aire que resulta de la diferencia de presiones. Las masas de aire siempre se desplazan desde una zona de alta presión hacia una zona de baja presión (**figura 59**). Cuando la diferencia de presiones es muy grande (de 1028 a 980), la diferencia de temperaturas y la velocidad del viento también lo son, y cuando la diferencia de presiones es menor (de 980 a 1008), la diferencia de temperatura es pequeña y la velocidad de viento también.

El viento se representa con una línea con apéndices, la cual es conocida como **barba de viento**. La línea principal indica la dirección del viento y los apéndices la velocidad según las reglas de la **figura 59**; la dirección del viento sigue las reglas de la rosa de viento (**figura 60**): norte (arriba, N), sur (abajo, S), este (derecha, E) y oeste (izquierda, O).



Viento	Nudos	km/h
☉	Calma	Calma
—	< 5	< 4
├	5	5-13
└	10	14-23
┘	15	24-32
┌	20	33-41
┐	25	42-50
┑	30	51-60
┒	35	61-70
┓	40	71-79
└┐	45	80-87
└┘	50	88-97
└┌	55	98-107
└└	60	108-115
└└	65	116-124
└└	70	124-135
└└	75	136-143
└└	105	191-198

**Figura 59. Representación del viento.** Dirección y magnitud de vientos y su relación con la presión atmosférica.



**Figura 60. Rosa de viento**

Como vemos, la presión, la temperatura y el viento están relacionados. Es por ello que observando un mapa de presiones como el de la **figura 59** podemos deducir cómo se distribuye la temperatura y cuál es la dirección y magnitud de los vientos.



## Autoevaluación

- Explica por qué las presiones son más bajas a mayor altura.
- Representa por medio de barbas de viento las siguientes direcciones y magnitudes del viento: dirección SO y magnitud de 15 m/s; dirección NE y magnitud de 40 m/s, y dirección N y magnitud de 25 m/s.

#### 4.4. El ciclo del agua

Otras importantes variables meteorológicas son la precipitación, la humedad y la cantidad de nubes en el cielo. Vamos a estudiarlas en conjunto porque estas variables en realidad

son lo mismo: agua que se encuentra en diferentes estados, todos ellos parte del ciclo más importante de nuestro planeta, el ciclo del agua (**figura 61 y anexo 3**).

Existe una cantidad limitada de agua que

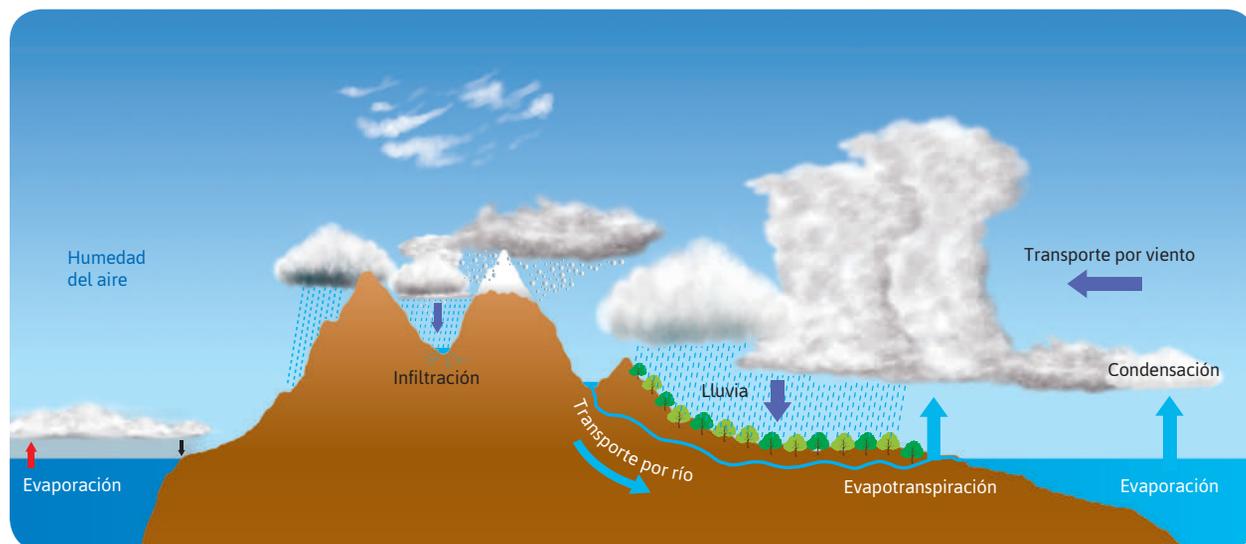


Figura 61. El ciclo del agua y sus principales componentes

se mantiene en movimiento en los sistemas de la Tierra. El agua que bebemos todos los días estuvo en el océano hace algunos meses, formó parte de algún río o laguna hace algunos días, cayó del cielo en forma de lluvia o nieve hace algunas décadas, se desplazó en forma de nube hace cientos de años, alimentó a alguna planta hace miles de años y probablemente estuvo entre las rocas hace millones de años. Esa misma agua que bebemos pudo haber sido bebida también por los primeros dinosaurios o los primeros *Homo sapiens* que llegaron a América. El agua se ha desplazado de un sistema a otro una y otra vez, siguiendo lo que conocemos como ciclo del agua.

Para poder trasladarse de un sistema a otro, o de un lugar a otro, el agua tiene que atravesar por diferentes procesos que le permiten cambiar de estado y continuar en movimiento. Para explicar los diferentes procesos y estados por los que atraviesa el agua, vamos a empezar por las nubes.

Una **nube** es un conjunto de gotitas de agua o cristales de hielo suspendidos en el cielo. Se forma cuando el vapor de agua que se encuentra en la atmósfera asciende tan alto, donde las temperaturas son tan frías, que se condensa formando pequeñas gotitas o cristales de agua o cristales de hielo. Cuando muchas de estas gotitas se unen se puede observar una nube.

A través del proceso de condensación, el agua en forma de nube pasa a formar parte de la atmósfera. De esta manera se puede desplazar grandes distancias gracias al viento. La nube transporta consigo el agua de un lugar a otro y luego la deja caer a la superficie en forma de precipitación.

La **precipitación** ocurre cuando las gotas de agua o los cristales de hielo crecen tanto que la nube ya no puede sostenerlos más. Entonces el agua cae a la superficie en forma de lluvia (agua líquida), granizo (agua sólida) o nieve (agua sólida). Entonces puede acumularse en los nevados, formar parte de los ríos o lagunas, o infiltrarse en el suelo para formar parte de la litósfera.

Una vez en la superficie, es aprovechada por las plantas, animales y por nuestra sociedad. El agua se puede quedar por algún tiempo en reservorios, como el océano o los lagos, o transportarse de un lugar a otro a través de los ríos. Luego vuelve a la atmósfera en forma de vapor de agua a través de la evaporación de las superficies húmedas y la transpiración de las plantas y animales. Una vez en la atmósfera puede mantenerse allí —eso es lo que conocemos como **humedad**— o puede condensarse para formar nubes. Es así como el ciclo vuelve a comenzar.

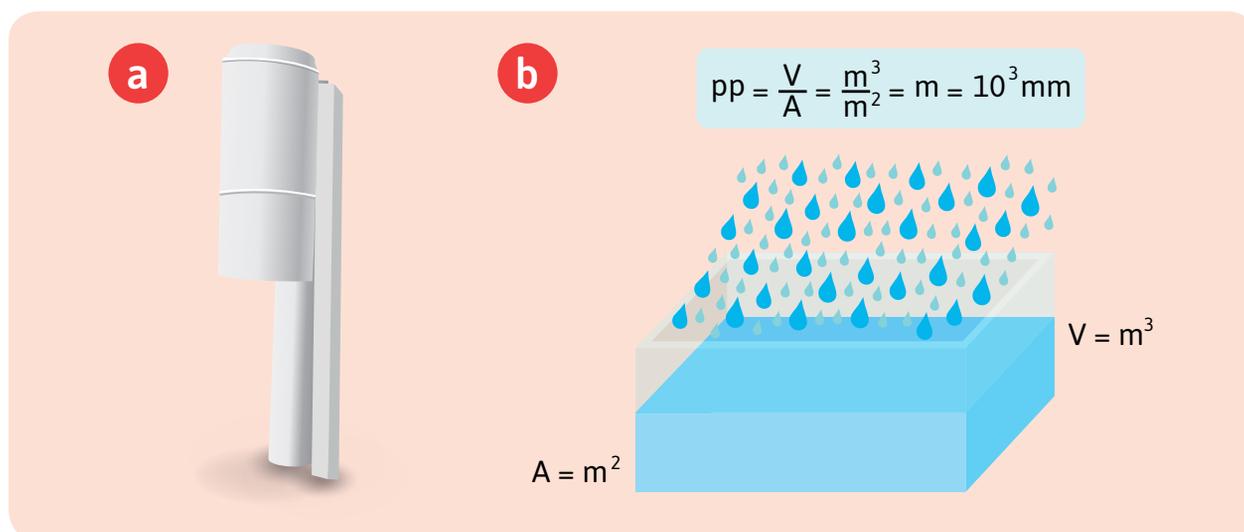
El agua está en todas partes, incluso en nosotros. Nuestra sangre está compuesta en un 82 % de agua y nuestro cerebro en un 95 %. El agua lubrica nuestros intestinos y regula nuestra temperatura. Si nos deshidratamos, podemos sufrir de fatiga y falta de concentración; en casos severos, de alucinaciones o incluso pérdida de la conciencia. Usamos el agua en nuestros cultivos, en nuestro ganado, en nuestra comida, en procesos industriales, para lavar, limpiar y hasta para bañarnos. Ya que usamos el agua en nuestra vida cotidiana y en nuestras

actividades económicas, debemos saber con cuánta agua contamos en nuestra localidad o nuestra región. De esta manera podremos cuidar este preciado recurso y distribuirlo conscientemente entre las actividades de nuestra comunidad.

#### 4.4.1. Midiendo la precipitación

En las estaciones meteorológicas se mide la precipitación diariamente con un instrumento llamado pluviómetro, cuya unidad de medida se expresa en milímetros (mm). La precipitación se mide como el volumen de agua que cae en un metro cuadrado (**figura 62**). Luego se adapta esta medida a el pluviómetro.

Sin importar la forma de los pluviómetros, estos están adaptados para representar la misma unidad de medida. Además, los pluviómetros se adaptan a la zona donde usan: los de la costa suelen ser más pequeños y de boca ancha para captar la mayor cantidad de lluvia porque la precipitación es mínima en esta región, pero en la selva los pluviómetros suelen ser grandes para poder



**Figura 62. Medición de la precipitación.** [a] Pluviómetro (aparato para medir la precipitación; [b] representación de la unidad de medida oficial de la  $pp=V/A$ ).

contener una mayor cantidad de lluvia. Las estaciones meteorológicas usan pluviómetros estándar que pasan por muchas pruebas de control para ser más precisos, registrándose la cantidad de lluvia acumulada en 24 horas.

Las estaciones automáticas cuentan con pluviómetros que van registrando la lluvia cada hora.

#### 4.4.2. Medidas de humedad

La medida de humedad más conocida es la **humedad relativa (HR)**. Para entender la real definición de esta variable tendríamos que entender conceptos más avanzados de meteorología, pero podemos simplificar esta definición diciendo que la humedad relativa es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire con respecto a la cantidad de agua que puede contener, una temperatura determinada y es expresada en porcentaje.

Si la humedad relativa es del 100 %, significa que el aire está saturado. En este caso, el aire contiene toda el agua que puede contener. Por lo tanto, la humedad relativa nunca puede ser mayor al 100 % porque no puede contener más agua de lo esperado. Es como una jarra de 1 litro: la jarra solo puede contener 1 litro, no puede contener más porque toda agua que se agregue se derramará. Si la humedad relativa es cercana al 100 % se dice que el aire es húmedo. Por otro lado, si el aire contiene menos del 40 % de vapor de agua, se considera que es seco. Por lo

$$HR = \frac{\text{cantidad de vapor de agua que contiene el aire}}{\text{cantidad de vapor de agua que puede contener el aire}} \cdot 100$$

general, las áreas cercanas a cuerpos de agua (océanos, o lagos) y los bosques tropicales poseen una alta humedad relativa. Por el contrario, los desiertos poseen humedades relativas muy bajas.

No olvidemos que este concepto de humedad relativa es una idea simple de la definición real. A pesar de ello, se incluyó la humedad relativa en este capítulo porque es una variable muy usada cuando se informa de las condiciones del tiempo a la población. Por tanto, es importante que nuestros estudiantes tengan una idea de qué significa, pero también deben saber que solo es una definición muy general.

#### 4.4.3. Observando las nubes

Anteriormente aprendimos que las nubes influyen significativamente en la radiación incidente, en la distribución de temperaturas y, en consecuencia, en las demás variables que dependen de ellas. Por esta razón es importante conocer la cantidad y el tipo de nubes que hay en nuestra localidad.

Para medir la cobertura, es decir, la cantidad de nubes que hay, debemos mirar al cielo y dibujar un círculo o bóveda celeste sobre nosotros (**figura 63[a]**). Luego dividimos el círculo en 8 partes iguales. Mentalmente juntamos

las nubes y contamos cuántas divisiones ocupan. Por ejemplo, en la **figura 63 [b]**, las nubes ocupan 3 divisiones de las ocho que existen; entonces decimos que hay tres oktas de nubes. Sin embargo, los Servicios Nacionales Meteorológicos (SNM) no nos informan sobre la cobertura de nubes con oktas, sino que lo hacen a través de un código, que podemos ver en la **tabla 21**. Por ejemplo, 3 significa parcialmente nublado.

El tipo de nubes también se determina por observación. Las nubes se clasifican en familias, géneros, especies y variedades. Pero en esta oportunidad solo nos enfocaremos en las familias de nubes, que están clasificadas de acuerdo con la altitud de sus bases. Las nubes bajas se denominan **estratos** (ej.: estratocúmulos) y se encuentran por debajo de los 2500 m de altitud. Las nubes en niveles medios se denominan **altos** (ej.: altocúmulos) y se encuentran a entre 2500 m y 7 km de altitud. Las nubes en niveles altos se denominan **cirros** (ej.: cirroestratos) y se encuentran entre 7 y 15 km de altitud. Finalmente, las nubes de desarrollo vertical se denominan **cúmulos** (ej.: cumulonimbos), y aunque sus bases pueden encontrarse en niveles bajos, sus topos pueden alcanzar los niveles más altos de la tropósfera (**figura 64**).

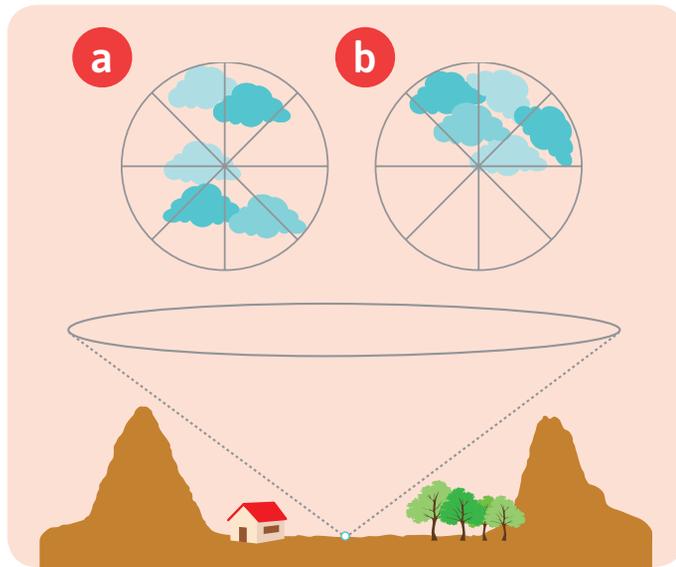


Figura 63. Uso de la bóveda celeste para medir la cantidad de nubes

Oktas	Definición	Observación
0	Despejado	Cielo despejado
1	1/8 cubierto de nubes	Nubes dispersas
2	2/8 cubierto de nubes	Nubes dispersas
3	3/8 cubierto de nubes	Parcialmente nublado
4	4/8 cubierto de nubes	Parcialmente nublado
5	5/8 cubierto de nubes	Parcialmente nublado
6	6/8 cubierto de nubes	Nublado
7	7/8 cubierto de nubes	Nublado
8	8/8 completamente cubierto	Cubierto

Tabla 21. Relación entre la cobertura de nubes y las oktas



## Autoevaluación

- Responde las siguientes preguntas: ¿de dónde viene el agua del caño de la escuela? ¿Hacia dónde va? ¿Cómo forma parte del ciclo del agua?

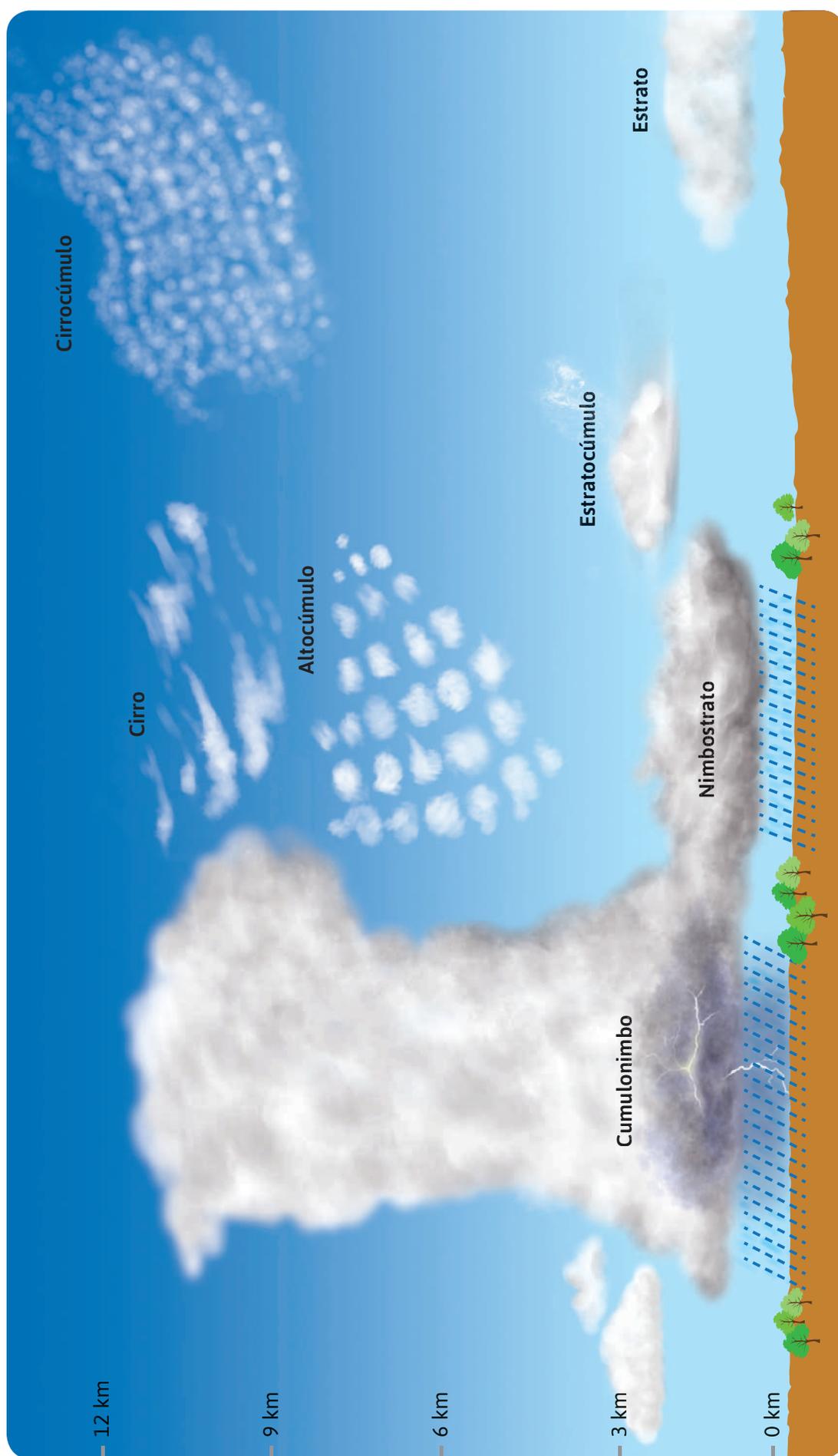


Figura 64. Clasificación de las nubes

# Anexos y actividades propuestas para el estudiante

## ANEXO 1. ÍCONOS PARA REPRESENTAR EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS



Lluvia persistente  
o fuerte



Nevada



Tormenta



Inundación



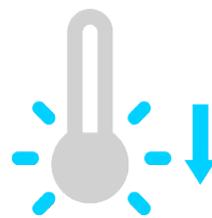
Friaje



Vientos fuertes



Olas de calor,  
T extrema

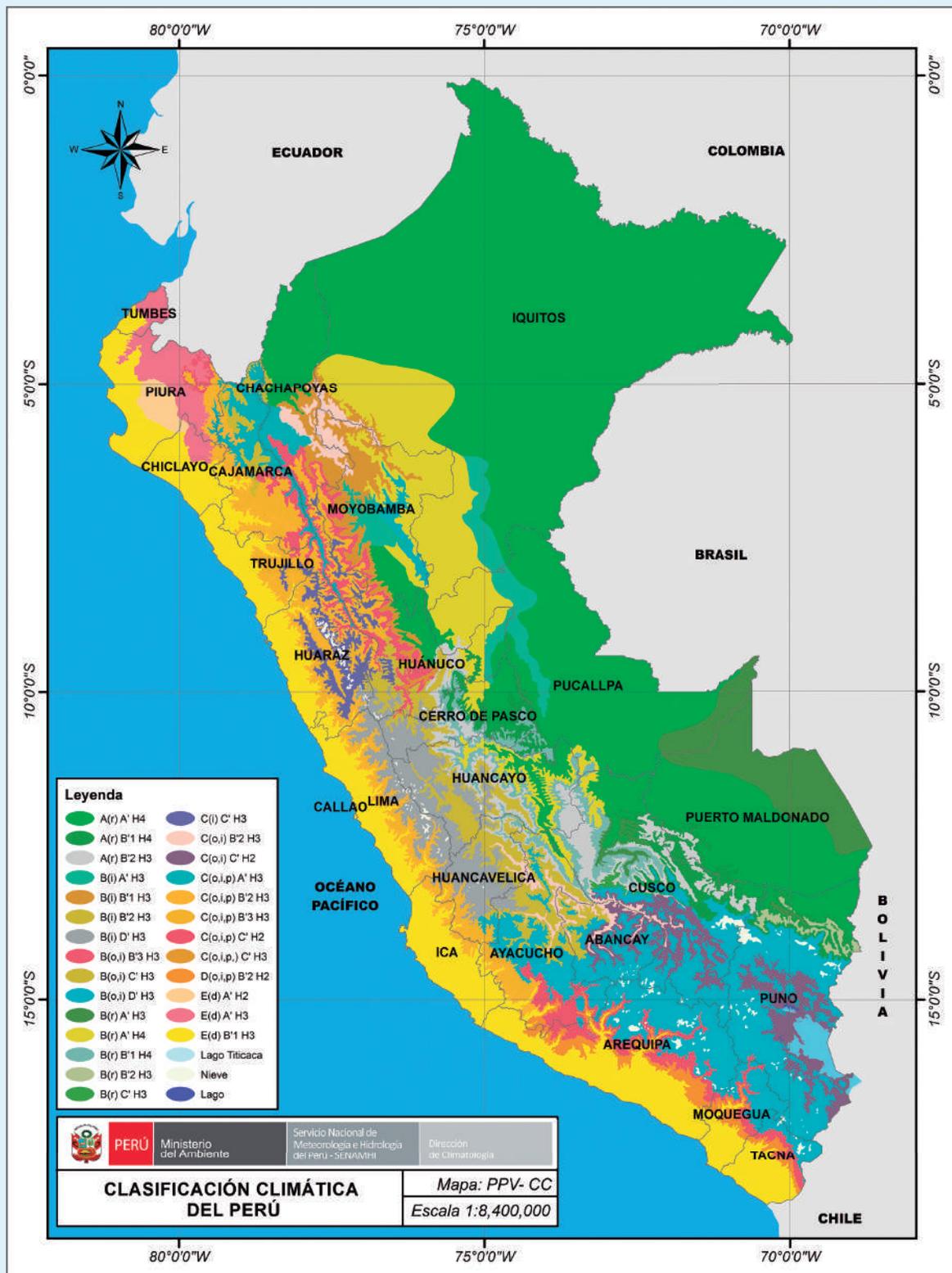


Heladas,  
T baja

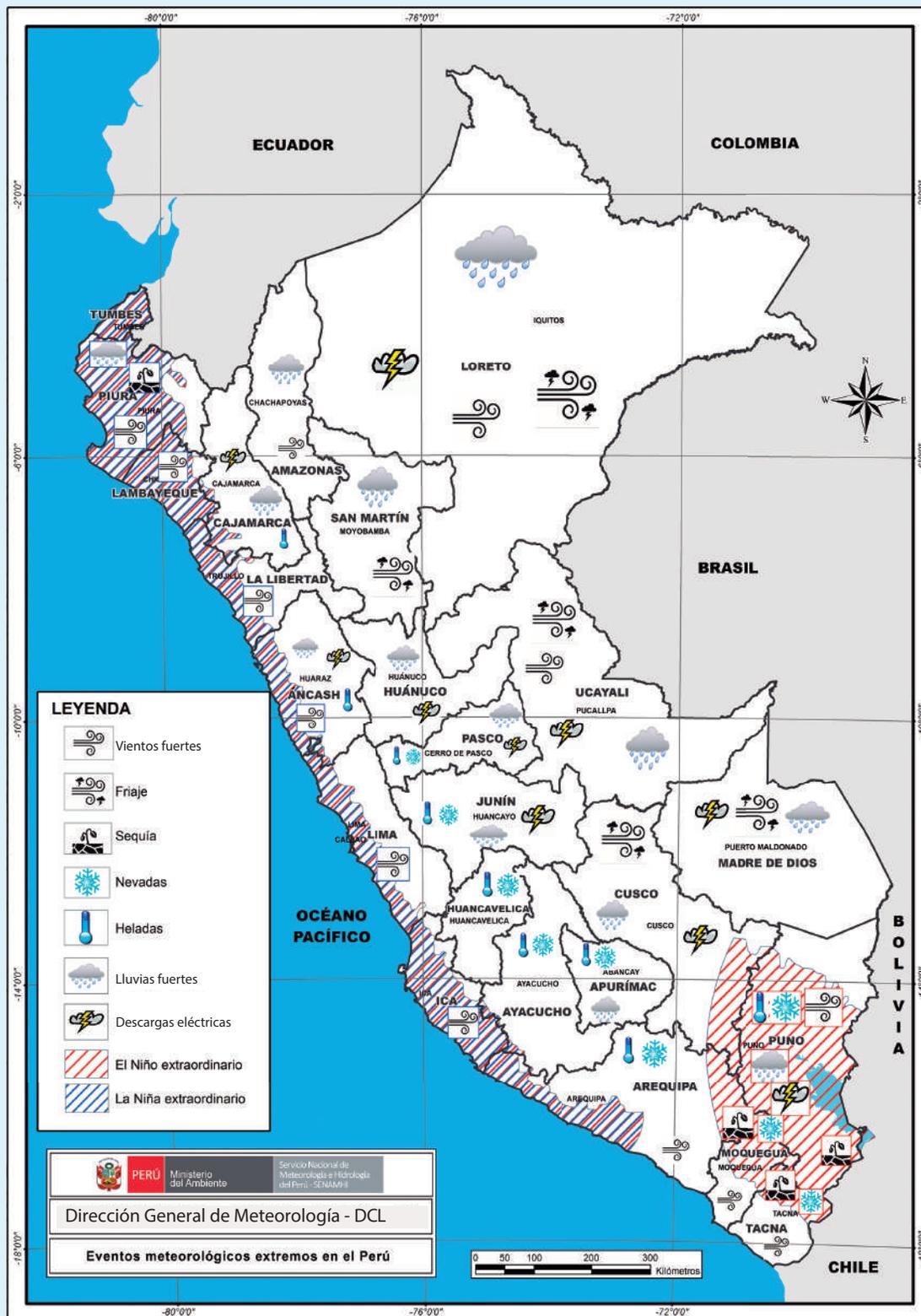


Sequía

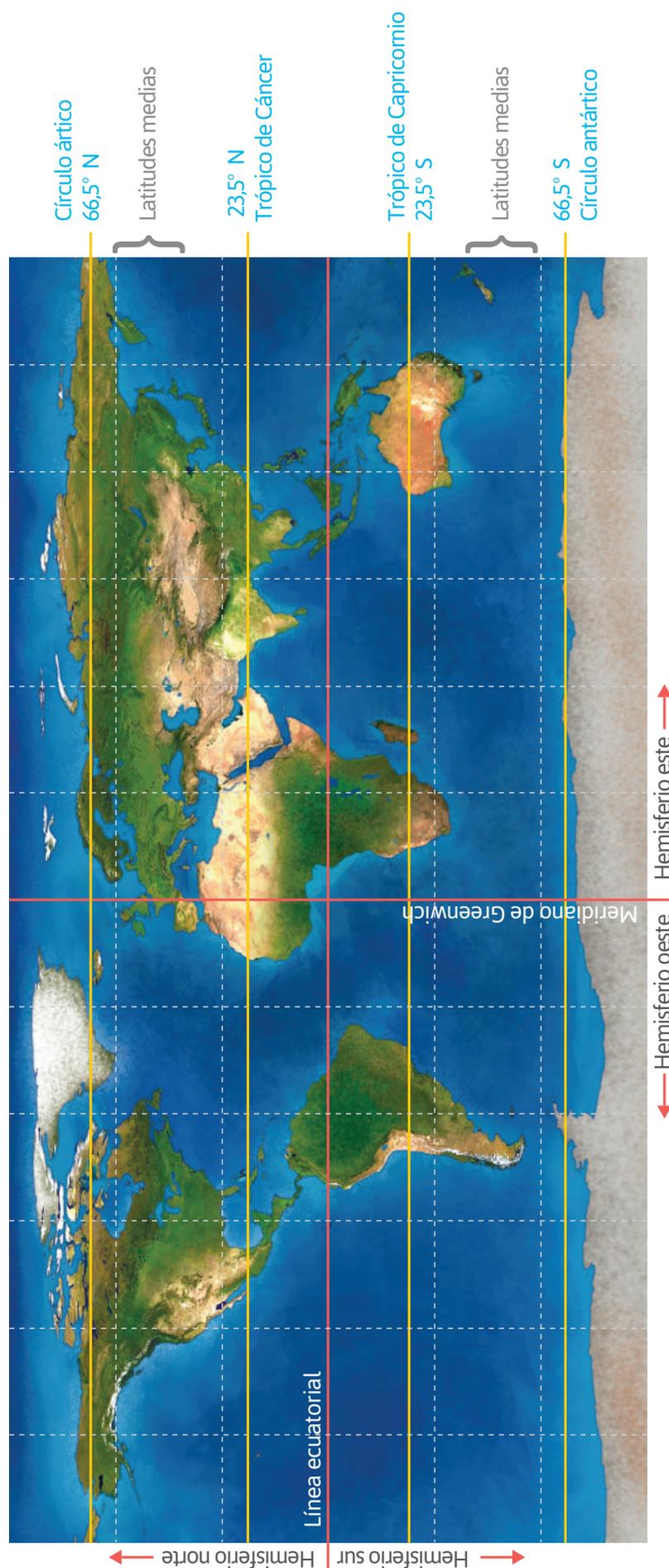
## ANEXO 2. MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA (1988)



## ANEXO 3. MAPA DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS



## ANEXO 4. PRINCIPALES LÍNEAS IMAGINARIAS EN UN MAPA





## ANEXO 5. ZONAS HORARIAS DEL MUNDO

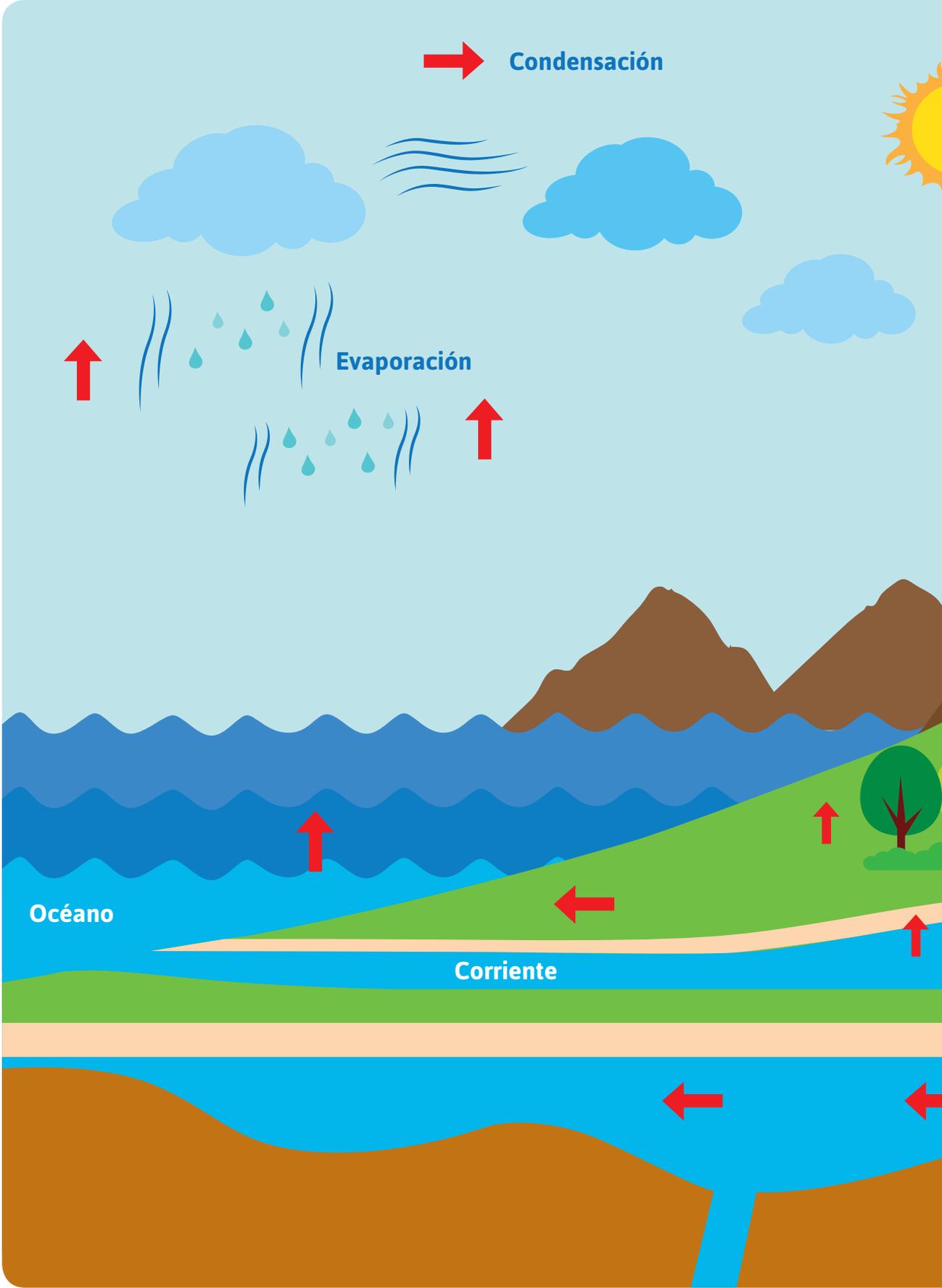


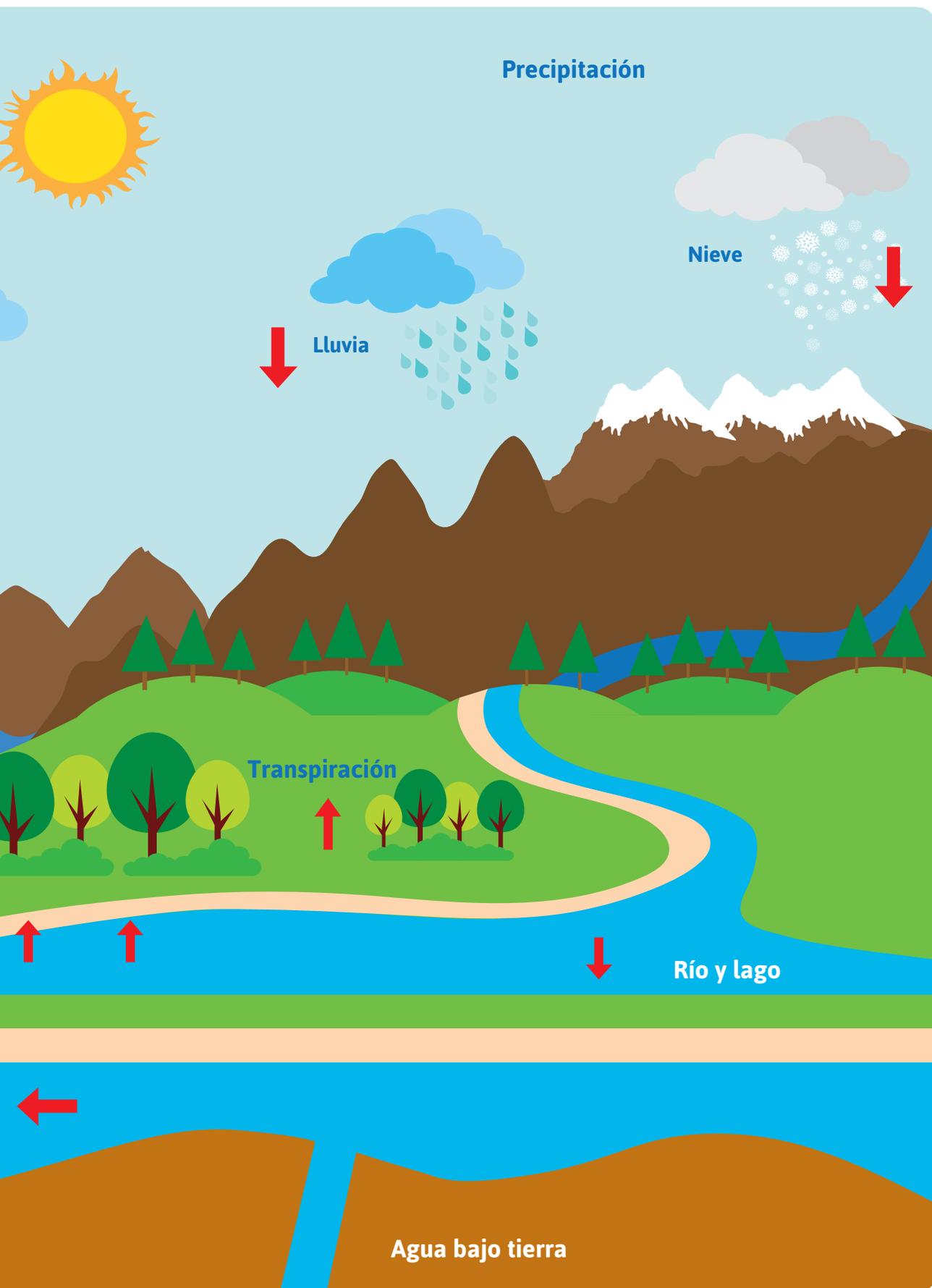






ANEXO 6. CICLO DEL AGUA



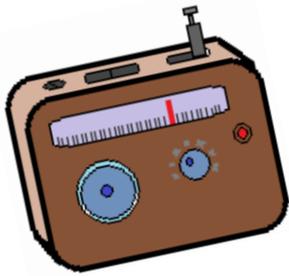








# ACTIVIDAD 1. ¿HABLAR DE TIEMPO Y CLIMA ES LO MISMO?

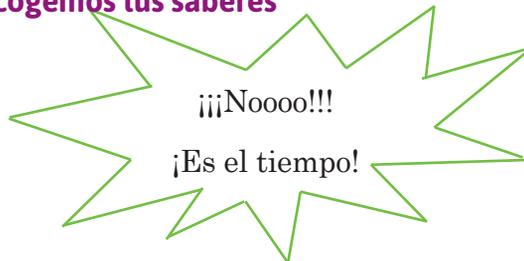


Lee y comenta con tus compañeros:

“El Clima indica para hoy una temperatura máxima de 14°C, cielo parcialmente nublado y chance de lluvias...”



Recogemos tus saberes



## Planteamiento del problema

¿Es lo mismo hablar de clima y tiempo? ¿por qué?

## Planteamiento de una explicación preliminar

Para plantear tus hipótesis responde las siguientes preguntas:

¿Cómo está el tiempo hoy? Describe.....

¿Qué es el clima? .....

¿Qué es el tiempo? .....

## Elaboración del plan de acción

Anota los pasos o acciones que deberías realizar para responder al problema.

● ¿Qué necesito saber para responder el problema planteado? .....

● ¿Cómo consigo la información? .....

● ¿Dónde puedo observar el tiempo y el clima? .....

## EL TIEMPO Y EL CLIMA

El tiempo y el clima nos obligan a tomar decisiones diariamente, aunque no lo notemos: desde las más simples, como escoger la ropa que usaremos, hasta las más complejas, como adelantar las cosechas o distribuir los gastos del mes.

Cuando se acerca el verano o el invierno, usamos ropa adecuada para la estación; de otro modo, sentiríamos mucho calor o mucho frío. También nuestros alimentos cambian con la estación: disfrutamos de ciertas frutas en verano, y de mates o sopas en invierno.

Con frecuencia usamos las palabras clima y tiempo como sinónimas pero son diferentes.

Cuando decimos «está lloviendo» «hace frío» o «está despejado», nos estamos refiriendo al *tiempo atmosférico*, que corresponde a las condiciones meteorológicas que definen el estado de la atmósfera en *un momento dado* para un determinado lugar.

No hace la misma temperatura a las 12 del mediodía que a las 6 de la mañana. Así pues, el tiempo traduce algo que es instantáneo, cambiante y en cierto modo irreplicable.



Tiempo	
Temperatura media de hoy	
Estación	T (°C)
Puno	10,5

El *clima* corresponde a las condiciones atmosféricas habituales de una determinada región durante un tiempo prolongado. El CLIMA es el tiempo PROMEDIO para un determinado lugar. Se define por lo general para un mes o una estación del año, y considera el promedio de los datos del tiempo de 30 años (en algunas circunstancias el plazo puede ser de 10 años), por ejemplo, clima tropical, las sequías o años extremadamente lluviosos, etc.

Podemos observar en la figura 1, el tiempo puede estar representado por la temperatura media de hoy en la estación meteorológica de Puno (10,5°C) mientras que el clima está representado por la temperatura promedio (9,1°C) en un periodo largo (1981-2010). Esto significa que se tuvieron que promediar las temperaturas de muchos años de cada estación y a su vez, las de todas las estaciones de la región Puno.

Clima				
Promedio de la temperatura media (°C) mensual durante 30 años				
Mes	1981	...	2010	Prom.
Enero	10,4	...	11,9	10,5
Febrero	9,5	...	11,9	10,4
Marzo	9,4	...	12,0	10,2
Abril	8,1	...	11,0	9,5
Mayo	6,8	...	8,9	7,9
Junio	5,0	...	8,8	6,5
Julio	5,6	...	7,9	6,4
Agosto	6,2	...	9,1	7,5
Setiembre	7,0	...	10,3	8,8
Octubre	9,1	...	11,3	10,0
Noviembre	10,6	...	11,7	10,6
Diciembre	10,7	...	11,7	10,9
Promedio anual 1981-2010				9,1

Figura 1. Tiempo y Clima: temperatura (°C) para Puno

### Recuerda:

Nos vestimos de determinada manera según la estación. También los alimentos cambian con la estación, incluso nuestras casas se construyen pensando en las condiciones de nuestras regiones.

El tiempo y el clima tienen una fuerte influencia en las actividades productivas y de servicios.

## Estructuración del saber construido

Establece la diferencia entre el tiempo y el clima

Tiempo	Clima

¿Cómo está el tiempo el día de hoy en tu localidad? Describe

.....  
.....  
.....  
.....

¿Será igual el tiempo para la semana que viene? .....¿por qué?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Escribo mis conclusiones de lo que he aprendido:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## ACTIVIDAD 2. ELABOREMOS UN CALENDARIO AGROFESTIVO

Observa las imágenes y comenta con tus compañeros

Imagen 1



Imagen 2



Describe cada imagen:

Imagen 1:.....

Imagen 2:.....

Recogemos tus saberes

### Planteamiento del problema

¿El tiempo y el clima como influye en el calendario agrofestivo?

### Planteamiento de hipótesis

¿En qué época se siembra?.....

¿Qué productos produce nuestra comunidad?.....

¿Qué festividades se celebran en nuestra comunidad?.....

### Elaboración del plan de acción

Organízate con tus compañeros para obtener la siguiente información, con sus fechas respectivas:

¿A quién o quiénes preguntarás?.....  
.....

Manos a la obra:

Calendario cívico escolar:

.....  
.....  
.....



### Calendario festivo:

.....

.....

.....

.....

## Recojo de datos y análisis de resultados

A nivel grupal:

- Comparen la información obtenida
- Organicen los datos por meses y completen el siguiente cuadro:

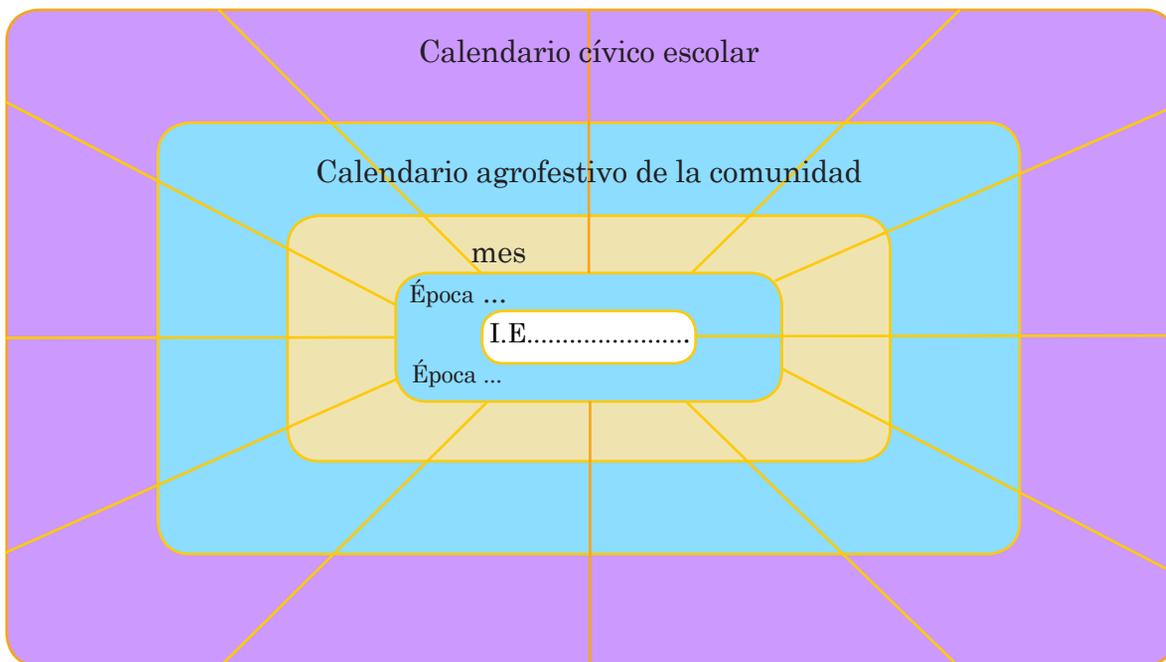
MES	FECHA	CALENDARIO CÍVICO ESCOLAR	CALENDARIO AGRO-FESTIVO
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			

Octubre			
Noviembre			
Diciembre			

## Estructuración del saber construido

A nivel grupal:

En un papelote o dos, construye un organizador visual “Calendario agrofestivo”, puedes guiarte con el siguiente esquema:



## Evaluación y comunicación

Pega en un lugar visible del aula y haz conocer tu trabajo a tus compañeros.

¿Qué aprendí con esta actividad?.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

## ACTIVIDAD 3. ¿CUÁNTO HA LLOVIDO?

Observa las imágenes y comenta con tus compañeros



Imagen 1



Imagen 2



### Recogemos tus saberes

- ¿Qué relación tiene las imágenes?.....  
.....
- ¿Qué tipo de fenómeno es? .....
- ¿En tu localidad o región, alguna vez se presentó este fenómeno atmosférico?.....
- ¿Cómo fue? .....

### Planteamiento del problema

¿Cómo podríamos medir la cantidad de lluvia de nuestra localidad?

### Planteamiento de soluciones tecnológicas

- ¿Cómo es la lluvia en nuestra localidad?.....  
.....
- ¿Es frecuente que llueva? .....

¿Qué podríamos hacer para saber cuánto llueve?.....  
.....  
.....

## Diseño de la solución tecnológica

Un pluviómetro es un aparato que sirve para medir la cantidad de precipitación caída durante un cierto tiempo. La idea base de este dispositivo descansa en el hecho de que la lluvia se mide por la cantidad de milímetros que alcanzaría el agua en un suelo perfectamente horizontal, que no tuviera ningún tipo de filtración o pérdida



Botella de plástico  
(sin tapa)



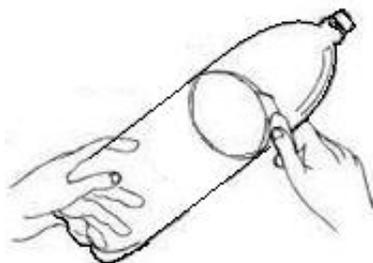
Jarra medidora



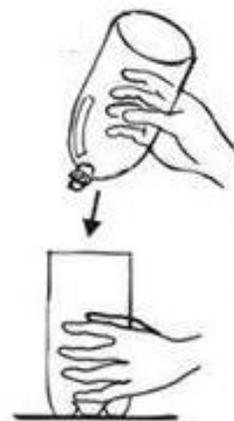
Cutter o tejera

## Construcción y validación del prototipo

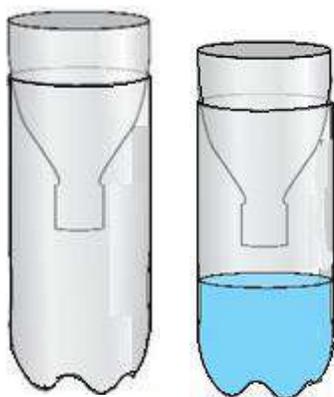
1. Divide la botella en dos partes haciendo un corte aproximadamente a  $2/3$  de longitud desde su base



2. Encaja boca abajo la parte superior de la botella (en forma de embudo), para disminuir la evaporación del agua que se vaya acumulando.



3. Coloca el pluviómetro en el exterior (un lugar donde se recepcione la lluvia. Trata de asegurarlo para que no se caiga).



4. Para que no se llene y derrame el agua de lluvia, revisa tres veces al día el recipiente.



5. En cada revisión, usa la jarra medidora y anota en una tabla el nivel que ha alcanzado el agua. (Vuelve a colocar en su lugar el pluviómetro vacío, tras cada revisión).

6. Suma las tres mediciones de cada día y anota en la tabla. Tendrás una idea de la cantidad de lluvia caída durante ese día, que te permitirá hacer comparaciones con las cantidades medidas otros días, siempre que utilices el mismo instrumento casero.

## Estructuración del saber construido

En la siguiente tabla realiza tus mediciones:

Fecha	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Total (suma)

- a) ¿Qué día hubo más precipitación?.....
- b) ¿Cuánto fue?.....
- c) ¿por qué crees que es importante conocer la cantidad de lluvia que cae en nuestra localidad? .....

## ACTIVIDAD 4. CONSTRUYAMOS NUESTRO CALENDARIO ATMOSFÉRICO ESCOLAR



Comenta con tus compañeros lo que observas en la imagen, ¿te gustaría registrar cómo está el tiempo en tu localidad?

### Planteamiento del problema

¿Cómo podemos registrar el tiempo de nuestra localidad?

### Planteamiento de hipótesis

¿Cómo está el tiempo de hoy? .....

¿Cómo estuvo el tiempo ayer? .....

¿Cuántos días llovieron al mes? .....

¿Dónde podríamos registrar estos datos? .....

### Elaboración del plan de indagación

¿Qué necesitamos para construir nuestro calendario atmosférico? .....

Ponte de acuerdo con tus compañeros y definan la hora que observarán el tiempo: .....

¿Quién será el responsable del registro diario? .....

## Recojo de datos y análisis de resultados

Localidad: .....

Grado: ..... Sección: .....

Año: ..... Mes: .....

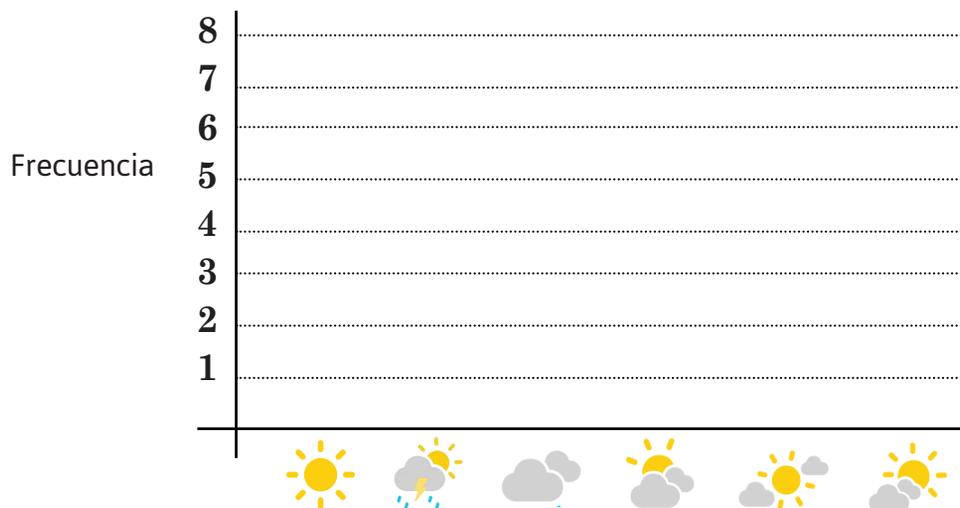
Hora de Observación: .....

Para el calendario dibujo los íconos para pronosticar el tiempo, por ejemplo:



CALENDARIO ATMOSFÉRICO ESCOLAR						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo

## Estructuración del saber construido

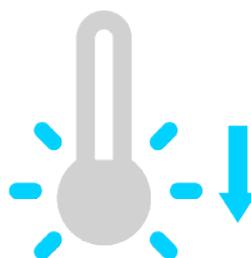


- ¿Cuántos días el cielo estuvo con nubes dispersas? .....
- ¿Cuántos días el cielo estuvo despejado? .....
- ¿Cuántos días el cielo estuvo nublado parcial con lluvia ligera? .....  
.....
- ¿Cuántos días el cielo estuvo nublado parcial? .....  
.....

## ACTIVIDAD 5. CONSTRUYAMOS UN TERMÓMETRO



Recogemos tus saberes



Observa las imágenes

¿Alguna vez usaste un termómetro?.....¿Por qué usaste? .....

¿Qué nos indica los termómetros de la imagen? .....

### Planteamiento del problema

¿Qué importancia tiene el uso del termómetro y cómo funciona?

### Planteamiento de soluciones tecnológicas

a) ¿Para que sirve un termómetro? .....

b) ¿Cómo funciona un termómetro? .....

c) ¿Es importante conocer la temperatura? ..... ¿por qué? .....

### Diseño de la solución tecnológica

● ¿Qué necesitas para construir un termómetro? .....

● ¿Cómo te organizarás? .....

- Dibuja cómo quedará el termómetro que construirás?

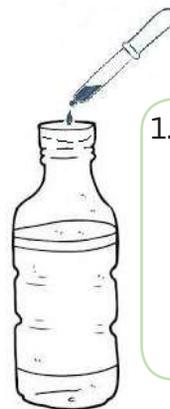


## Construcción y validación de la solución tecnológica

Para construir un termómetro necesitaremos:

- Una botella de plástico (pequeña)
- Un sorbete transparente
- Arcilla o plastilina
- Colorante vegetal (de preferencia rojo, verde o azul- solo un color)
- Agua
- Alcohol de 96°

2. En la tapa se perfora un agujero del diámetro del sorbete, de manera que este pase muy ajustado por el orificio. El sorbete debe llegar casi hasta el fondo del frasco, pero sin tocarlo.



1. Tape la botella y sellen perfectamente con la plastilina donde hizo el agujero (tapa) para evitar que pase el aire y se evapore el alcohol

5. Llenen el frasco con agua y alcohol (partes iguales) hasta una tercera parte de su capacidad. Eche unas gotas del colorante.



4. Con un plumón marca el nivel, este será nuestra temperatura base (temperatura ambiente 20°C)

3. Sopla suavemente por el sorbete hasta que suelte una burbuja de aire en el agua. Observarás que la columna de agua sube por el sorbete, soplen hasta que suba 1,5cm por arriba de la tapa.

### Verificando si funciona:

Lleva tu termómetro a un lugar muy caliente (como en el patio de la escuela a medio día), lugares frescos (una esquina del salón de clase). Observa qué sucede, mide con una regla cuantos milímetros subió o bajó.

El termómetro se base en la dilatación (aumento de volumen), cuando un cuerpo se calienta aumenta sus medidas, lo mismo pasa en nuestro termómetro a cambios de temperatura es muy sensible. Cuando acercamos la botella a un ambiente donde la temperatura es elevada, el líquido sube por el sorbete, permitiéndonos realizar una medida de temperatura. El proceso inverso ocurre en ambientes fríos.

Completa el cuadro (anota las mediciones en milímetros, cuántos milímetros subió o bajó).

Lugar		Temperatura
Patio (8:00am)		
Patio (10:00 am)		
Patio (12:00 pm)		
Salón de clase		
Agua caliente		
Hielo		

## Estructuración del saber construido

- a) ¿Para qué sirve un termómetro? .....
- b) ¿Qué sucede con el nivel de agua del sorbete cuando está en un lugar caliente? .....
- c) Con las mediciones que realizaste podrías decir ¿A qué hora la temperatura fue más alta? .....
- d) ¿En qué nos ayuda conocer la temperatura? .....

# Glosario

## Afelio

Punto de la órbita del planeta Tierra que está a mayor distancia del Sol.

## Afloramiento

Movimiento vertical ascendente de masas de agua fría y rica en nutrientes (nitratos, fosfatos, silicatos, etc.) desde el fondo marino hacia la superficie. Este movimiento es producido principalmente por los vientos.

## Anticiclón

Área de presión alta y circulación de viento; en el hemisferio norte, fluye en el sentido de las manecillas del reloj (anticiclónica) y en el hemisferio sur, en contra de las manecillas del reloj.

## Ángulo de incidencia

Ángulo que se forma entre la superficie terrestre y los rayos solares cuando estos llegan el suelo.

## Altitud

Es la distancia vertical entre el nivel medio del mar y un punto situado sobre la superficie terrestre o la atmósfera.

## Atmósfera

La capa de aire, vapor de agua y distintas partículas suspendidas que rodea a la Tierra. La atmósfera terrestre se extiende desde la superficie hasta una altura aproximada de 400 km.

## Baja presión

Presión más baja en un área en relación con su entorno. La circulación fluye en sentido horario. Este fenómeno provoca convergencia, por lo que se asocia a la presencia de gran nubosidad y chubascos.

## Biósfera

Capa de la Tierra en la que se desarrolla la vida (flora y fauna). La biósfera se extiende desde el fondo de los océanos hasta la tropósfera, e incluye la superficie terrestre.

## Calor

Energía que fluye de un objeto a otro por medio de la diferencia de la temperatura.

Es una forma de energía producida por la vibración electromagnética de las moléculas. La cantidad de calor depende de la intensidad de la vibración molecular. El calor se mide con calorímetros, unidades de calorías o Joules.

### **Calor sensible**

Energía requerida para elevar la temperatura de un cuerpo sin que este cambie de estado. Se evidencia en el cambio de temperatura del cuerpo.

### **Calor latente**

Energía requerida para cambiar el estado de un cuerpo sin que cambie de temperatura. Calor presente en los cambios de fase del agua (de gaseoso a líquido, de sólido a gaseoso, etc.).

### **Cambio climático**

Variaciones en los promedios de los valores de los elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad, etc.) de una región en un periodo largo de tiempo, las cuales provocan alteraciones en el clima original de esa zona.

### **Clima**

Estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un periodo largo de tiempo. El clima de una localidad viene determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad.

### **Climatología**

Ciencia dedicada al estudio de los climas en relación con sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes.

### **Condiciones atmosféricas**

Condiciones referidas a la temperatura, el viento, la humedad, la lluvia, etc., que cambian de hora a hora, de día a día, en un determinado lugar.

### **Congelación**

Cambio de estado de líquido a sólido.

### **Condensación**

Cambio de estado de gaseoso a líquido. Mediante la condensación se puede formar rocío, neblina o nubes.

### **Convergencia**

Condición en la que los movimientos atmosféricos resultan en una entrada neta de masa en una determinada área.

### **Criósfera**

Capa de agua sólida (hielos, nieves, glaciares). Se encuentra sobre la superficie terrestre, en ambos hemisferios, en las zonas de baja temperatura (polos, montañas, altas latitudes).

### **Deslizamiento**

Movimiento rápido de una masa de suelo, rocas o material suelto por una pendiente.

### **Densidad**

Cociente entre la masa de un objeto y su volumen:  $\rho = m/V$ .

### **Divergencia**

Condición atmosférica en la que se presenta una salida neta de masa de una área determinada.

### **Efecto invernadero**

Efecto por el cual la radiación electromagnética solar (alta energía), que ingresa a través de la atmósfera y es absorbida por la superficie terrestre, no puede volver a salir luego de ser radiada como energía infrarroja (baja energía), sino que es absorbida por la atmósfera, lo que aumenta la temperatura de la superficie.

### **Efecto Coriolis**

Fuerza aparente que desvía el viento, cualquier parcela de fluido o un objeto en movimiento hacia la izquierda en el hemisferio sur.

### **Elementos climatológicos**

VARIABLES originadas por los procesos de intercambio energético entre la Tierra y la atmósfera en un período largo. Pueden ser la temperatura, el viento, la nubosidad, la precipitación, la humedad del aire, etc.

### **Energía**

Capacidad de un sistema para hacer un trabajo.

### **Equinoccio**

Cualquiera de las dos fechas del año en que el Sol cruza aparentemente el ecuador celeste: del 20 al 21 de marzo y del 22 al 23 de septiembre. En la Tierra, la duración del día es igual a la de la noche.

## **Erosión**

Destrucción de la superficie causada por la acción de agentes externos, como el viento y el agua. También puede ser causada por el efecto de las actividades humanas, como la tala irracional de los bosques.

## **Espectro electromagnético**

Rango de frecuencia en que la radiación electromagnética se propaga. Las ondas electromagnéticas van, de las de más baja frecuencia a las de la más alta, como siguen: ondas de radio, microondas, rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioleta, rayos X y rayos Y. El rango que cubre este espectro va desde kilómetros (ondas de radio) hasta Angstroms (rayos gamma y rayos X).

## **Estación meteorológica u observatorio meteorológico**

Lugar representativo de una localidad donde se evalúan las condiciones presentes del tiempo. En ella se instalan instrumentos meteorológicos que permiten realizar las observaciones meteorológicas e instrumental adecuado para tomar las lecturas de los parámetros necesarios.

## **Estratósfera**

Capa atmosférica entre la tropósfera y la mesósfera (por arriba de los 50 km). Se caracteriza por un aumento continuo de la temperatura y por ser una región de estabilidad en la que no se pueden desarrollar movimientos convectivos en forma natural.

## **Estratopausa**

Región fronteriza entre la estratósfera y la mesósfera.

## **Evaporación**

Cambio de estado de la materia líquida a gaseosa como resultado de la separación de las moléculas del cuerpo líquido. Es el proceso por el cual el agua se convierte en vapor de agua y se transfiere a la atmósfera. Este proceso es opuesto al de la precipitación en la superficie terrestre.

## **Fases fenológicas**

Periodo durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. Tiempo de una manifestación biológica.

## **Fotoperiodo**

Duración del día desde la salida hasta la puesta del sol (duración del día solar).

## **Friaje**

Fenómeno meteorológico que se produce por el ingreso de masas de aire frío y seco a la selva, lo que ocasiona un descenso brusco de la temperatura del aire.

## **Gas**

Fluido que tiende a expandirse y que se caracteriza por su baja densidad, como el aire.

## **Gases de efecto invernadero**

Componentes atmosféricos (antropogénicos o naturales) que retienen la radiación de onda larga (infrarroja). Los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre son el  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $O_3$  y CFC.

## **Granizo**

Precipitación en forma de hielo, generalmente con la forma de pequeñas bolas de 5 mm de diámetro (más pequeñas que un copo de nieve). Se forma en las nubes convectivas.

## **Helada**

Condición meteorológica durante la cual la temperatura del aire está por debajo de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En la agricultura hay dos tipos de heladas muy comunes: la helada blanca y la helada negra.

### **Helada blanca**

Condición meteorológica que se caracteriza, además, por el aire húmedo. Con la temperatura por debajo de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el vapor de agua se congela directamente por el proceso de sublimación; es decir, pasa de gas (vapor de agua) a sólido (hielo) sin pasar por el estado líquido. Este tipo de helada no es muy severa, pues al formarse el hielo en la superficie de las plantas, se forma una capa protectora que impide que el organismo siga perdiendo calor.

### **Helada negra**

Condición meteorológica que se caracteriza, además, por el aire seco. Con la temperatura por debajo de los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la atmósfera seca no permite que se forme la capa de hielo que aparece durante la helada blanca, por lo que la planta pierde demasiado calor y finalmente muere (se aprecia en el cambio de color de claro a oscuro).

## **Hidrosfera**

Capa de agua líquida que rodea a la tierra sólida y cubre  $3/4$  partes de la superficie terrestre. Está conformada por los océanos, mares, lagos, ríos, acuíferos, etc.

## Humedad

Contenido de vapor de agua presente en el aire. Puede ser expresada como humedad absoluta, humedad específica, humedad relativa, o razón de mezcla.

## Humedad relativa

Cociente entre la cantidad de humedad en el aire y la cantidad de humedad que el aire puede contener a una temperatura dada. Se expresa en porcentajes.

## Huaico

Flujo de lodo y piedras con gran poder destructivo, muy comunes en el Perú. En quechua se dice *llocllas*.

## Inversión térmica

En la tropósfera, en condiciones normales, la temperatura decrece con la altura. Se dice que hay una inversión térmica cuando la temperatura aumenta con la altura. La inversión térmica se asocia siempre a un estado de estabilidad en la atmósfera.

## Inundación

Flujo o invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por acumulación en terrenos planos, ocasionados por falta o insuficiencia de drenaje tanto natural como artificial.

## Latitud

Distancia que existe entre un punto cualquiera y el ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

## Litósfera

Capa de tierra sólida (masas continentales) en nuestro planeta.

## Lluvia

Precipitación de partículas de agua en forma de gotas, cuyo diámetro mínimo es superior de 0,5 mm. Estas gotas tiene una distribución amplia, hay mucho espacio entre unas y otras.

## Longitud

Distancia que existe entre un punto cualquiera y el meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto.

## Longitud de onda ( $\lambda$ )

Se define como  $\lambda = v/f$ , donde  $v$  es la velocidad de fase y  $f$  es la frecuencia de la onda. Cada tipo de radiación tiene diferente longitud de onda. Las ondas de

radio tienen la longitud de onda más grande, mientras que los rayos gamma la tienen más pequeña.

### **Masa**

Cantidad de materia de un objeto. Es la medida de la inercia de un cuerpo dada por la aceleración que le comunica una fuerza.

### **Masa de aire**

Extensa porción de la atmósfera que presenta características homogéneas de temperatura y humedad.

### **Meteorología**

Ciencia del tiempo atmosférico. Trata del estudio de la atmósfera y de los fenómenos y procesos que en ella ocurren.

### **Mesósfera**

Capa atmosférica que se ubica a entre 50 y 80 km de altura y que se caracteriza por no presentar vapor de agua y por una disminución de la temperatura. Además, por efecto de la radiación solar, las moléculas de oxígeno se separan y dan lugar a las moléculas de ozono en esta capa.

### **Nubes**

Conjunto de diminutas gotas de agua líquida o sólida suspendido en la atmósfera.

### **Ozono**

Molécula triatómica de oxígeno ( $O_3$ ) que se produce principalmente en la alta estratósfera por la disociación de moléculas provocada por la radiación ultravioleta que emite el Sol. El ozono absorbe esta radiación a longitudes de onda de entre 0,2 y 0,3 micras. La mayor concentración de este elemento se encuentra a entre 20 y 25 km de altitud, en la ozonósfera.

### **Perihelio**

Punto en la órbita de un planeta en el que se encuentra más cercano al Sol. En el caso de la Tierra sucede a principios de enero.

### **Plano orbital**

Plano que describe la Tierra en su movimiento de traslación alrededor del Sol.

### **Pluviómetro**

Instrumento usado para medir la cantidad de agua (sólida o líquida) precipitada al suelo.

### **Presión atmosférica**

Peso de una columna de masa de aire atmosférica sobre un área.

### **Precipitación**

Partículas de agua líquidas o sólidas que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.

### **Promedio climático**

Media de una serie larga de datos sobre un elemento climático.

### **Pronóstico meteorológico**

Pronóstico del estado del tiempo, es decir, la predicción del estado futuro de las condiciones atmosféricas. Para esto se utilizan métodos observacionales o modelos computacionales y matemáticos.

### **Predicción meteorológica**

Estimación del estado futuro de la atmósfera con base en las condiciones meteorológicas presentes.

### **Radiación**

Forma en que la energía o las partículas se propagan. La transferencia de calor por radiación se da por medio de ondas electromagnéticas que pueden propagarse de igual manera en un medio material que en la ausencia de este. Los cuerpos oscuros absorben la mayor parte de la radiación que reciben, en cambio los más claros reflejan más radiación que la que absorben.

### **Radiosonda**

Instrumento de medida que se ata a un globo lleno con un gas ligero, con el objeto de realizar la medición de datos meteorológicos a diferentes alturas, los cuales transmiten a una estación receptora ubicada en superficie. La radiosonda incluye sensores para medir la presión, la dirección y velocidad del viento, la temperatura y la humedad.

### **Sequía**

Situación climatológica anormal que ocurre por la falta de precipitación en una zona durante un periodo de tiempo prolongado. Esta ausencia de lluvia presenta la condición de anómala cuando ocurre en el periodo normal de precipitaciones para una región bien determinada. Así, para declarar que existe sequía en una zona, debe tenerse primero un estudio de sus condiciones climatológicas.

### **Temperatura ambiente**

Temperatura del aire registrada en el instante de la lectura en un termómetro.

### **Temperatura máxima**

Mayor temperatura registrada en un día, que se presenta mayormente entre las 13:00 y 14:00 horas.

### **Temperatura media**

Promedio entre la temperatura máxima y la temperatura mínima del día.

### **Temperatura mínima**

Menor temperatura registrada en un día, que se presenta entre las 06:00 y 08:00 horas.

### **Termómetro**

Instrumento que se utiliza para medir la temperatura. Consiste en un tubo de cristal graduado que contiene otro tubo relleno de líquido. Este líquido se dilata o comprime según la temperatura y de acuerdo a la altura que marque al cambiar, se lee en la escala graduada.

### **Termósfera**

Capa atmosférica a entre 80 y 450 km de altura, que se caracteriza por el aumento continuo de la temperatura.

### **Tiempo**

Situación o estado de la atmósfera en un determinado momento y lugar. Refleja las condiciones atmosféricas: temperatura, humedad, viento, presión, etc. No debe confundirse con el tiempo que marca el reloj (tiempo astronómico).

### **Tormenta**

Precipitación en forma de chubasco acompañada por vientos fuertes y tormentas eléctricas provocada por una nube del tipo cumulonimbos.

### **Tropósfera**

Es la capa más baja de la atmósfera, donde la temperatura del aire normalmente decrece con la altura (hasta 7 u 8 km sobre los polos y 16 o 17 km en el ecuador). En promedio, la temperatura en esta capa disminuye a razón de 6,5 °C/km. En esta capa ocurren todos los procesos atmosféricos responsables del tiempo y el clima.

### **Tropopausa**

Región límite entre la tropósfera y la estratósfera.

### **Vapor de agua**

Vapor que proviene de la evaporación de las superficies acuáticas (mar, lagos, ríos, etc.) y la evapotranspiración de los organismos vivos. En nuestro planeta alcanza hasta 4 % de la composición atmosférica; sin embargo, este gas juega un papel muy importante en la formación de los fenómenos meteorológicos.

### **Viento**

Movimiento del aire que está presente en la atmósfera, especialmente en la tropósfera, producido por la variación de la presión atmosférica.

### **Vientos alisios**

Sistema de vientos relativamente constantes en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud hacia el ecuador con dirección noreste en el hemisferio norte y sureste en el hemisferio sur.

Adaptado de

- El tiempo - Tutiempo Network, S.L. (s/f).
- World Meteorological Organization (s/f).

## BIBLIOGRAFÍA

Ahrens, D. C., Peter Jackson y Christine Jackson (2009). *Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment*. Belmont: Brooks/Cole, Cengage Learning. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://www.nelsonbrain.com/content/ahrens00391\\_0176500391\\_02.01\\_chapter01.pdf](http://www.nelsonbrain.com/content/ahrens00391_0176500391_02.01_chapter01.pdf)>

Aksit, F. (2012). "Clarification of selected misconceptions in climate topic". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. s/l, volumen 46, pp. 4363-4368. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281201991X>>

Alexander, L. y C. Tebaldi (2012). "Climate and weather extremes: observations, modeling, and projections". En Henderson-Sellers, Ann y Kendal McGuffie (editores). *The future of the world's climate*. Waltham: Elsevier, pp. 253-288.

Arguez, A. y Russell Vose (2011). "The definition of the standard WMO climate normal: The key to deriving alternative climate normal". *Bulletin of the American Meteorological Society*. Boston, volumen 92, número 6, pp. 699-704

Barry, R., y Chorley, R. (2003). "Atmospheric composition, mass and structure". En Barry R. y R. Chorley. *Atmosphere, weather, and climate*. Londres, UK: Routledge, pp. 13-39.

Blakey, R. (s/f). [Mapas rectangulares de paleogeografía]. Colorado: Colorado Plateau Geosystems. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<https://www2.nau.edu/rcb7/globaltext2.html>>

Bell, M., D. Davis y T. Fletcher (2004). "A retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: The role on influenza and pollution". *Environmental Health Perspectives*. s/l, volumen 112, año 1, pp. 6-8.

Brooks, T. M. y otros (2006). "Global Biodiversity conservation priorities". *Science*. s/l. volumen 313, pp. 58-61.

Brusseau, M., G. Famisan y J. Artiola (2004). "Chemical contaminants". En Artiola J., I. Pepper y M. Brusseau. *Environmental monitoring and characterization*. Londres: Elsevier, pp. 299-312.

Caviedes, C. (1975). El Niño 1972: Its climatic, ecological, human, and economic implications. *Geographical Review*. s/l, volumen 65, número 4, pp. 493-509.

Centro de Estudios y Prevención de Desastres (Predes) (s/f). *Mapa de peligro*. Lima: Autor. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<https://www2.nau.edu/rcb7/globaltext2.html>>

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (2012). *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú*. Lima. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_comenf\\_not\\_tecni\\_enfen\\_09abr12.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_comenf_not_tecni_enfen_09abr12.pdf)>

Consejo Nacional del Ambiente (2001). *Perú: Estrategia nacional sobre diversidad biológica*. Lima: APECO.

DeVries, T. J. y otros (1997). "Determining the early history of El Niño". *Science*. s/l, volumen 276, pp. 965-967.

Earls, J. (1998). *The character of Inca and Andean agriculture*. Lima. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<http://macareo.pucp.edu.pe/~jearls/documentosPDF/theCharacter.PDF>>

Egúsqüiza, R. y W. Catalán (2011). *Manejo integrado de papa*. Cuzco. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJO\\_INTEGRADO\\_DE\\_PAPA.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJO_INTEGRADO_DE_PAPA.pdf)>

El tiempo - Tutiempo Network, S.L. (s/f). *Diccionario Meteorología*. s/l: TuTiempo.net. Consulta: 20 de enero de 2015. <[www.tutiempo.net/meteorologia/diccionario](http://www.tutiempo.net/meteorologia/diccionario)>

Environmental Protection Agency (2012). *What are the six common air pollutants*. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<http://www3.epa.gov/airquality/urbanair/>>

Fagan, B. M. (1999). *Floods, famines, and emperors: El Niño and the fate of civilizations*. New York: Basic Books.

Gomes, R. (2006). "Weather and climate and animal production". En World Meteorological Organization (editores). *Update of the guide to agricultural meteorological practices*. Ginebra: Autor.

Gómez, B. (2005). "Weather, climate and tourism: A geographical perspective". *Annals of Tourism Research*. s/l, volumen 32, número 3, pp. 571-591.

Gruen, G. E. (2000). "Turkish Waters: Source of Regional Conflict or Catalyst for Peace?". *Water, Air, & Soil Pollution*. s/l, volumen 123, número 1-4, pp. 565-579.

Grujil, F. R. (1999). "Skin cancer and solar UV radiation". *European Journal of Cancer*. s/l, volumen 35, número 14, pp. 2003-2009.

Huddart, D. y T. Stott (2010). *Earth Environments: Past, present and future*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Instituto Nacional de Defensa Civil (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.

Instituto Nacional de Innovación Agraria (2012). Catálogo de nuevas variedades de papa: sabores y colores para el gusto peruano. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<http://www.inia.gob.pe/prod-servicios/publicaciones/publicacion>>

Instituto Nacional de Innovación Agraria (2010). *Papa INIA 317-Altiplano: Variedad de alto rendimiento, adaptada al altiplano*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria Programa Nacional de Innovación Agraria en Papa.

Instituto Nacional de Innovación Agraria (2010). *Papa INIA 307-Puneñita: Nueva cultivar de papa con resistencia a nematodo rosario y tolerancia a sequía y granizadas*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria - Programa Nacional de Innovación Agraria en Papa.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2008). "Technical paper on climate change and water". 37 Session of the IPCC Bureau. Budapest.

Intergovernmental Panel on Climate Change (1992). *Climate Change 1992: The supplementary report to the IPCC scientific assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.

Martínez, A. y otros (2012). “Conocimiento local sobre tiempo y clima en el valle del Mantaro”. En Martínez, A. (editores). *Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, pp. 54-60.

Ministerio de Agricultura del Perú (2006). *Plan nacional de desarrollo ganadero 2006-2015*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura del Perú, Comisión Técnica Plan Ganadero Nacional.

Ministerio de Agricultura y Riego (2013). *Papa: Principales aspectos agroeco-nómicos*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego -Dirección de Información Agraria. <[http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/2014/papa\\_2014.pdf](http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/2014/papa_2014.pdf)>

Ministerio del Ambiente (s/f). "Organismos adscritos". Lima: Autor. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<http://www.minam.gob.pe/?el-ministerio=organismos-adscritos>>

Ñiquen, M. y M. Bouchon, M. (2002). “Interactions between distribution and concentration of main pelagic resources in Peruvian waters during 1983-2001”. *Investigaciones Marinas*. s/l, volumen 30, número 1. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-71782002030100084&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-71782002030100084&script=sci_arttext)>

Odada, E., L. Oyebande y J. Oguntola (2006). Lake Chad: Experience and lessons learned brief. Nairobi: Universidad de Nairobi. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://www.worldlakes.org/uploads/06\\_Lake\\_Chad\\_27February2006.pdf](http://www.worldlakes.org/uploads/06_Lake_Chad_27February2006.pdf)>

Office of Satellite and Product Operations (2012). Monthly Mean SST Charts (1984-1998). [Gráficos de temperatura superficial del mar globales mensuales]. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/monthly\\_mean.html](http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/monthly_mean.html)>

Olds, W. J. y otros (2008). “In vitro model of vitamin D3 (Cholecalciferol) synthesis by UV radiation: Dose-response relationships”. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. s/l, volumen 93, pp. 88-93.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2011). *Manual 10 preguntas 10 respuestas sobre: Sistemas de alerta Temprana*. s/l: Unesco. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>>

Organización de las Naciones Unidas (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015*. s/l.:Autor.

Rodríguez, A. (2007). Cambio climático, agua y agricultura. *Comunica*. s/l, volumen 1, número 2, pp. 13-23.

- Sanabria, J. (2003). *Impacto del evento Niño en la agricultura Peruana*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2014). *El fenómeno de El Niño en el Perú*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2013). *La contribución del SENAMHI para la prevención de desastres*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2007). *Evaluación y pronóstico de la radiación ultravioleta-B en las ciudades de Lima, Arequipa, Cajamarca y Puno*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://www.senamhi.gob.pe/pdf/bol\\_rad\\_solar.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/bol_rad_solar.pdf)>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2010). *Atlas de heladas del Perú*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y Food and Agriculture Organization.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y el Ministerio de Agricultura (2011). *Manual de observaciones fenológicas* (Publicación N°052-2011-AG-DVM). Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y Ministerio de Agricultura del Perú.
- Shiklomanov, I. (1998). *World water resources: A new Appraisal and assess-ment for the 21st century*. Paris: Naciones Unidas.
- Taddei, R. (2012). "The politics of uncertainty and the fate of forecasters". *Ethics, Policy and Environment*. s/l, volumen 15, número 2, pp. 252-267.
- Tarbuck E. J. y F. K. Lutgens (2000). *Ciencias de la Tierra: Una Introducción a la geología física*. Madrid: Prentice Hall.
- Tello Rojas, Ana María (2017). *Cuaderno de trabajo para el estudiante - Popularización de la Meteorología - Secundaria*. Lima: SENAMHI.
- Tibbetts, J. (1996). "Farming and Fishing in the Wake of El Nino". *BioScience*. s/l, volumen 46, número 8, pp. 566-569.
- Trenberth, K., J. Fasullo y J. Kiehl (2009). "Earth's global energy Budget". *Bulletin of the American Meteorological Society*. s/l, volumen 90, número 3, pp. 311-323.
- Uitto, J. (2002). "Management of transboundary water resources: lessons from international cooperation for conflict prevention". *The Geographical Journal*. s/l, volumen 168, número 4, pp. 365-378.
- Uitto, J. y A. Wolf (2002). "Water wars? Geographical perspectives: Introduction". *The Geographical Journal*. s/l, volumen 168, número 4, pp. 289-292.
- Unesco (2006). "The State of the Resource". En Autor. *Water, a shared responsibility*. s/l: Unesco - World Water Assessment Programme. Consulta: 1 de diciembre de

1015. <[http://www.unesco.org/bpi/wwap/press/pdf/wwdr2\\_chapter\\_4.pdf](http://www.unesco.org/bpi/wwap/press/pdf/wwdr2_chapter_4.pdf)>

U.S. Geological Survey (2013). *Professional Paper 1386-A. Chapter A-2 (Figure 40)*. s/l: Autor. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<http://pubs.usgs.gov/pp/p1386a/gallery2-fig40.html>>

United Nations Environment Programme (2010). *The greening of water law: Managing freshwater resources for people and the environment*. Nairobi: UNEP-Division of Environmental Law and Conventions.

University of Nebraska-Lincoln (s/f). Daylighthoursexplorer

Vannini, P. y otros (2011). "Making sense of the weather: Dwelling and weathering on Canada's rain coast". *Space and Culture*. s/l, volumen 20, número 10, pp. 1-20.

Vélez de Villa, E. (2013). *Factores de origen ambiental que afectan la producción de leche en vacunos bajo pastoreo semi-intensivo*. Lima: UNMSM. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <[http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/Articulo\\_velez.pdf](http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/Articulo_velez.pdf)>

Vuille, M. (2007). *Climate Change in the tropical Andes: impacts and consequences for glaciation and water resources*. Part I: The scientific basis. Reporte del Climate System Research Center. Massachusetts: Universidad de Massachusetts.

Vuille, M., Bradley, R., Werner, M., & Keimig, F. (2003). "20th century climate change in the tropical Andes: Observations and model results". *Climate Change*. s/l, pp. 59, 75-99.

Wallace, J. M. y P. V. Hobbs (2006). *Atmospheric Science: An introductory survey*. Burlington: Academic Press.

World Meteorological Organization (s/f). *Observation components of the global observing system*. Ginebra. Consulta: 1 de diciembre de 2015. <<https://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Gos-components.html>>

World Meteorological Organization (s/f). *Meteoterm*. s/l: WMO.multicorpora.net. Consulta: 20 de enero de 2015. <<http://wmo.multicorpora.net/MultiTransWeb/Web.mvc>>

World Resources Institute (2002). *People and Ecosystems: The Fraying Web of Life*. Washington: Autor.

Zilbert, L. (2012). *Sistemas de alerta temprana (SAT): Una herramienta para la gestión del riesgo*. Lima: Centro de Estudios y Prevención de Desastres.

# Índice de figuras

Figura 1.	Tiempo: temperatura de hoy en Puno .....	23
Figura 2.	Fases fenológicas de la papa .....	26
Figura 3.	La papa y su relación con las condiciones meteorológicas .....	27
Figura 4.	La rancha .....	27
Figura 5.	El gorgojo de los Andes .....	28
Figura 6.	Efectos de los eventos meteorológicos extremos en el cultivo de la papa .....	28
Figura 7.	Efecto de la temperatura en la producción de leche .....	29
Figura 8.	Efecto de la sequía en el ganado .....	30
Figura 9.	Influencia del fotoperiodo en la reproducción del ganado .....	30
Figura 10.	Turismo afectado por fenómenos naturales .....	32
Figura 11.	Proceso de decisión .....	32
Figura 12.	Proceso de planificación .....	33
Figura 13.	El tiempo y las actividades de recreación .....	34
Figura 14.	Tipos de radiación ultravioleta .....	36
Figura 15.	Friaje en la selva peruana .....	40
Figura 16.	Inundación en Aguas Calientes .....	40
Figura 17.	Colapso pesquero durante El Niño de 1982-1983 .....	44
Figura 18.	Algunos productos del SENAMHI que nos informan sobre las condiciones actuales del tiempo .....	49
Figura 19.	Algunos productos del SENAMHI que nos informan sobre el pronóstico del tiempo .....	50-51
Figura 20.	Mapa de aviso meteorológico del SENAMHI .....	55
Figura 21.	Índice Costero El Niño .....	56
Figura 22.	Regiones de monitoreo del fenómeno de El Niño .....	57
Figura 23.	Algunas características físicas de los planetas del sistema solar .....	60
Figura 24.	Movimiento de traslación y las estaciones en el hemisferio sur	61
Figura 25.	Movimiento de rotación de la Tierra y el ciclo día-noche .....	61
Figura 26.	Estructura interna de la Tierra .....	62
Figura 27.	Transformación de la superficie terrestre .....	63
Figura 28.	Escala de tiempo geológico .....	64

Figura 29. Sistema de coordenadas geográficas .....	65
Figura 30. Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM). .....	66
Figura 31. Principales líneas imaginarias en un mapa y las áreas que forman .....	67
Figura 32. Algunas características físicas del Perú .....	69
Figura 33. Áreas naturales protegidas de Perú .....	70
Figura 34. Principales actividades económicas en las distintas regiones de Perú .....	71
Figura 35. Distribución de la población peruana de acuerdo con el censo del 2007 .....	72
Figura 36. Cuencas hidrográficas e intercuencas de Perú .....	73
Figura 37. Ubicación de la Tierra en la Vía Láctea .....	78
Figura 38. Subsistemas de la Tierra y algunas ciencias que los estudian ..	79
Figura 39. Mapa conceptual de la interacción de los sistemas de la Tierra	79
Figura 40. Estructura vertical de la atmósfera .....	82
Figura 41. Evolución de una tormenta estacionaria.....	84
Figura 42. Espectro de radiación electromagnética .....	85
Figura 43. Balance de la radiación en W/m <sup>2</sup> .....	86
Figura 44. Comportamiento de la ROL y los gases de efecto invernadero ..	87
Figura 45. Variación latitudinal de la radiación solar incidente .....	88
Figura 46. Las estaciones .....	89
Figura 47. Ángulo de inclinación de la Tierra .....	89
Figura 48. Duración del día solar respecto a la latitud .....	90
Figura 49. Movimiento aparente del Sol y la radiación incidente .....	91
Figura 50. Influencia de las nubes en la radiación incidente .....	92
Figura 51. Comparación entre las escalas kelvin, Celsius y Fahrenheit ....	93
Figura 52. Variación horaria de la temperatura del aire .....	95
Figura 53. Temperaturas medias diaria, mensual y anual de Huaraz, 2016	97
Figura 54. Efecto de la latitud en el rango de temperatura anual .....	99
Figura 55. Presión atmosférica .....	100
Figura 56. Variación de la presión atmosférica con la altura .....	101
Figura 57. Variación de la presión atmosférica al mismo nivel de altura ...	101
Figura 58. Líneas de presión .....	102
Figura 59. Representación del viento .....	103

Figura 60. Rosa de viento .....	103
Figura 61. El ciclo del agua y sus principales componentes .....	104
Figura 62. Medición de la precipitación .....	105
Figura 63. Uso de la bóveda celeste para medir la cantidad de nubes .....	107
Figura 64. Clasificación de las nubes .....	108

## Índice de tablas

Tabla 1. Necesidades del turista .....	34
Tabla 2. Los seis contaminantes más importantes del aire .....	38
Tabla 3. Eventos meteorológicos extremos en el Perú y sus consecuencias .....	39
Tabla 4. Pronóstico del clima en el valle del Mantaro de acuerdo con el conocimiento local .....	47
Tabla 5. Pronóstico de eventos meteorológicos extremos de acuerdo con el conocimiento local en el valle del Mantaro ....	47
Tabla 6. Medidas para evitar o mitigar eventos meteorológicos extremos de acuerdo con el conocimiento local en el Valle del Mantaro .....	48
Tabla 7. Condiciones normales de una localidad de los Andes, 1981-2010 .....	49
Tabla 8. Tipos de piel y su respuesta a la exposición solar .....	52
Tabla 9. Índice de radiación UV y acciones de protección .....	53
Tabla 10. Niveles de peligro usados en los avisos meteorológicos del SENAMHI .....	54
Tabla 11. Clasificación de severidad de heladas .....	56
Tabla 12. Categorías de las anomalías de la TSM .....	57
Tabla 13. Instituciones adscritas al Ministerio del Ambiente .....	74
Tabla 14. Instituciones que nos proporcionan productos y servicios relacionados con el ambiente .....	75
Tabla 15. Sistema Internacional de Unidades: unidades fundamentales .	76
Tabla 16. Sistema Internacional de Unidades: unidades derivadas .....	77

Tabla 17.	Sistema Internacional de Unidades: múltiplos y submúltiplos .	77
Tabla 18.	Composición química de la atmósfera .....	81
Tabla 19.	Temperaturas mínimas diarias de Huaraz, 2016.....	96
Tabla 20.	Cálculo del rango de temperatura anual en Huaraz, 2016.....	98
Tabla 21.	Relación entre la cobertura de nubes y las oktas .....	107







# EL PERÚ PRIMERO

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
  
Swiss Confederation  
  
Federal Department of Home Affairs EDHA  
Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss

**MeteoSwiss**



 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Embajada de Suiza en el Perú**

**Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE**



**PERÚ**

**Ministerio  
del Ambiente**