

INTRODUCCIÓN. EL CICLO SIN FIN DEL AGUA

El agua existe en la Tierra en estado sólido (hielo), líquido o gaseoso (vapor de agua). Su distribución es bastante variada, ya que muchas regiones tienen en abundancia mientras que en otras su disponibilidad es escasa. En la Tierra, el agua está en continuo movimiento en sus diferentes estados. De hecho, los océanos, los ríos, las nubes y la lluvia, que contienen agua, están en frecuente proceso de cambio (el agua de superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se infiltra en el suelo, etc.). Sin embargo, la cantidad total de agua no cambia. La Tierra es esencialmente un "sistema cerrado".

Esto significa que el planeta, como un todo, ni gana ni pierde materia, tampoco agua. Aunque algo de materia, como los meteoritos del espacio exterior, pueden entrar en la Tierra, muy poco de las sustancias de la Tierra, como el agua, escapan al espacio exterior. De hecho, la misma agua que se formó hace millones de años en este planeta todavía está aquí.

De toda el agua del planeta, sólo el 3 % es agua dulce, y el 2,997 % es de muy difícil acceso, ya que es subterránea o se encuentra en los casquetes polares y en los glaciares, lo que

no facilita su utilización. Es decir que sólo el 0,003 % del volumen total de agua del planeta es accesible para el consumo de los seres humanos.

Gracias al ciclo del agua o ciclo hidrológico, este líquido vital continuamente se mueve de un lugar a otro y de un estado a otro. Un conocimiento profundo de los elementos de este ciclo es esencial, tanto para entender el impacto de las actividades humanas como para planificar el uso racional y eficiente del agua disponible. En las páginas siguientes conoceremos en detalle cada uno de los elementos del ciclo del agua.

AGUA DISPONIBLE

Agua de la Tierra

INUTILIZABLE POR HUMANOS
(por ser salada o de difícil acceso)

99,997%

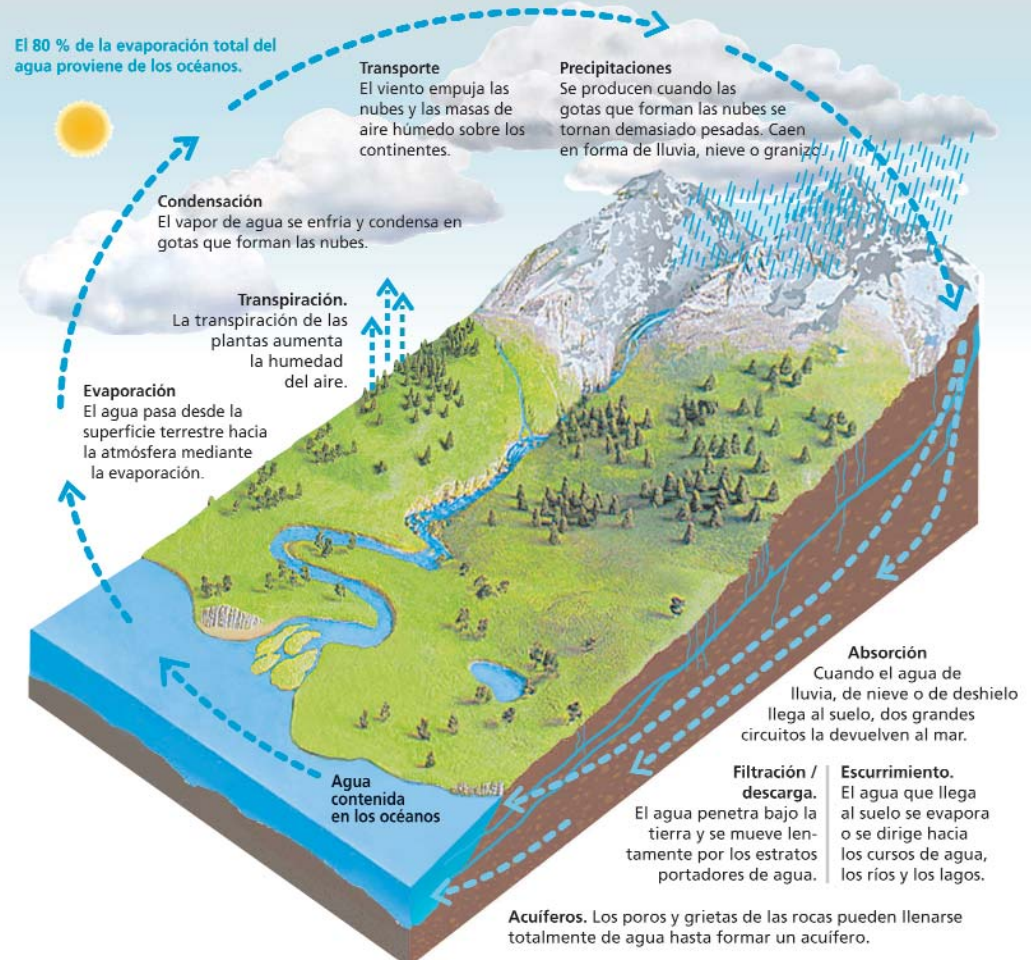
AGUA DULCE
accesible para
el consumo
humano 0,003%

Ubicación del agua
que utiliza el hombre

SUELO 93%
LAGOS 5%
RÍOS 2%

EL CICLO DEL AGUA

El agua de la Tierra está en continuo proceso de cambio. Se la encuentra en la atmósfera, en la superficie terrestre y en el suelo, en sus diferentes estados. La cantidad total de agua no cambia, ya que la Tierra es esencialmente un sistema cerrado.



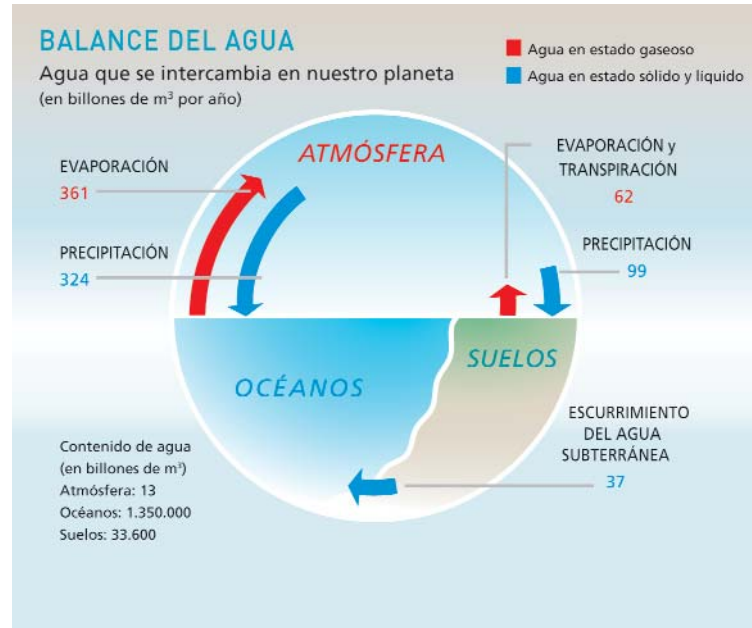
BALANCE DE AGUA GLOBAL

En la imagen se muestran los volúmenes de agua contenidos en el suelo, los océanos y la atmósfera. Las flechas indican el intercambio anual de agua entre los distintos reservorios. Si calculamos el intercambio neto de agua entre cada uno de los reservorios con los restantes, veremos que es nulo, lo que confirma el hecho de que en la Tierra no existen fuentes ni sumideros de agua. Los océanos contienen el 97,5 % del agua del planeta; las regiones continentales, el 2,4 %, mientras que la atmósfera contiene menos del 0,001 %, lo que puede parecer sorprendente debido a que el agua juega un rol importante en el acontecer de los fenómenos meteorológicos. Las precipitaciones anuales son más de 30 veces la cantidad total de agua presente en la atmósfera, lo que muestra la rapidez con que se recicla el agua entre la superficie terrestre y la atmósfera.

Para hacerse una idea de la cantidad de agua contenida en los reservorios basta imaginar que si las precipitaciones anuales sobre la superficie terrestre cayeran sólo sobre la provincia de Buenos Aires, todo el territorio estaría bajo 195 metros de agua y las sierras de Tandil y de la Ventana se verían como islas.

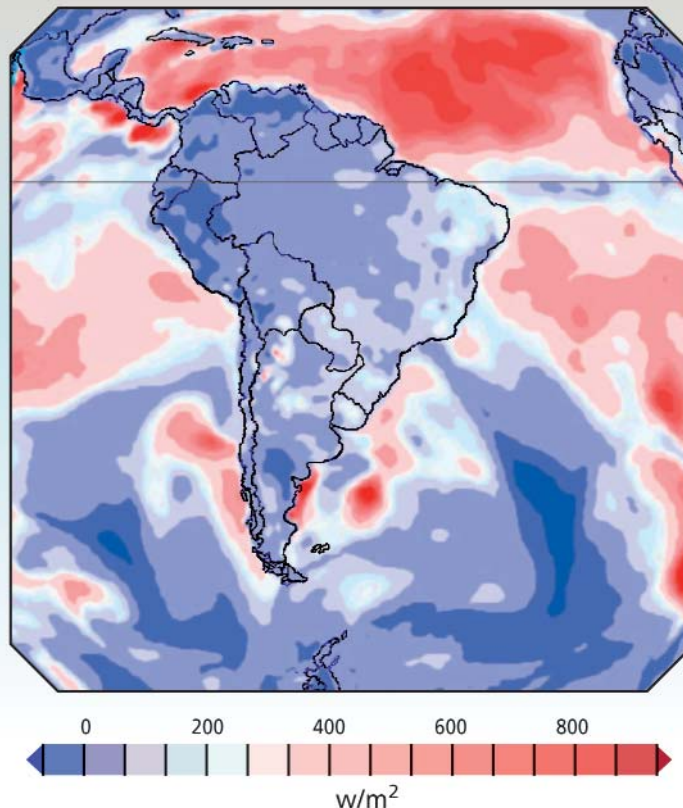
EVAPORACIÓN: LA ATMÓSFERA SE HUMEDECE

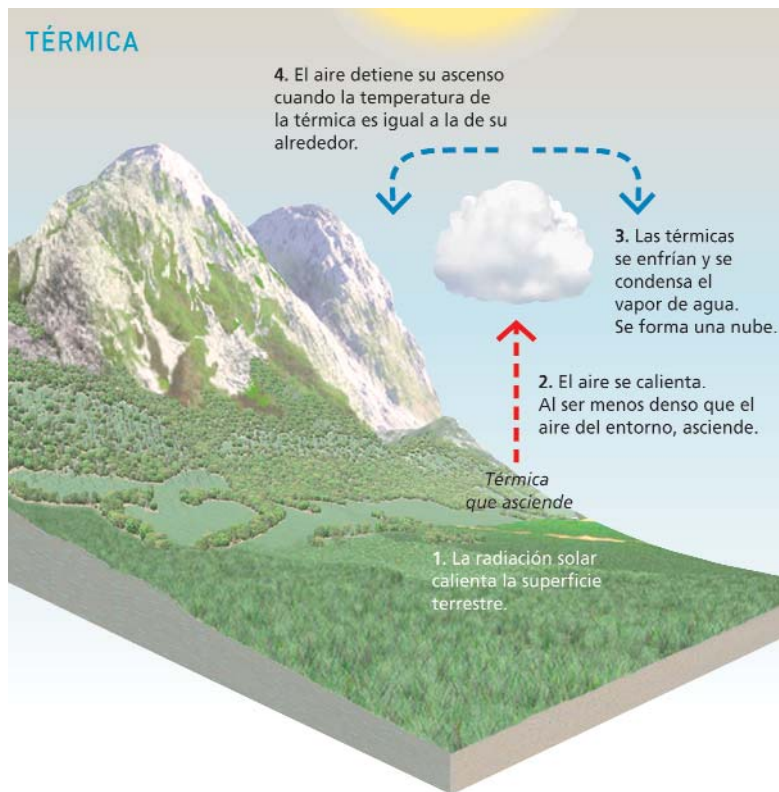
Desde la superficie de la Tierra se transfiere el agua hacia la atmósfera mediante la evaporación, proceso por el cual el agua superficial cambia del estado líquido al gaseoso. Aproximadamente el 80 % del agua evaporada total proviene de los océanos, mientras que el 20 % restante lo hace del agua de las regiones continentales y de la transpiración de la vegetación. Los vientos transportan el agua evaporada



EVAPORACIÓN

Cantidad representativa del agua evaporándose por segundo y por m² en la región aledaña de América del Sur el 22 de enero de 2003.





CONDENSACIÓN: "EL VAPOR HACE AGUA"

La condensación es el cambio del agua de su estado gaseoso (vapor de agua) a su estado líquido. Este fenómeno generalmente ocurre en la atmósfera cuando el aire caliente asciende, se enfría y disminuye su capacidad de almacenar vapor de agua. Como resultado, el vapor de agua en exceso condensa y forma las gotas de nube.

Los movimientos de ascenso que generan nubes pueden ser producidos por convección en aire inestable, convergencia asociada con ciclones, actividad frontal y elevación del aire por la presencia de montañas.

En meteorología se denomina convección a los movimientos del aire, principalmente en dirección vertical. A medida que la superficie se calienta por acción del Sol, las diferentes superficies absorben distintas cantidades de energía, y la convección puede ocurrir cuando la superficie se calienta muy rápidamente.

Cuando la superficie aumenta su temperatura, calienta el aire en la porción inferior de la atmósfera, y ese aire gradualmente se torna menos denso que el del entorno y comienza a ascender.

Las térmicas son burbujas de aire relativamente más cálido que su ambiente y que ascienden desde la superficie. Una demostración simple de condensación por la convección puede realizarse colocando una olla con agua sobre una hornalla de la cocina. La superficie del agua en ebullición representa el calentamiento de la superficie terrestre por el Sol, mientras que el aire que se halla por encima representa la atmósfera. El agua superficial en la olla (superficie terrestre) se evapora y el aire húmedo en contacto, más caliente y menos denso, asciende (térmica) dentro del aire más seco y frío por encima de la olla (atmósfera media). Esto causa el enfriamiento de la térmica y la condensación del vapor de agua que acarrea, formando una pequeña nube que es visible por

alrededor del globo y alteran la humedad del aire en cada lugar. Por ejemplo, los vientos húmedos tropicales provenientes del Atlántico y de la región amazónica que fluyen hacia el sur pueden provocar un típico día de verano, caluroso y húmedo en el centro de la Argentina.

La mayor parte del agua evaporada permanece en estado gaseoso en la atmósfera, fuera de las nubes. La evaporación es más intensa con temperaturas más cálidas. Esto se observa en el gráfico de la página anterior, donde se aprecia que la evaporación más intensa ocurre sobre los océanos y cerca del ecuador.

La transpiración es la evaporación de agua desde las hojas y los tallos de las plantas hacia la atmósfera. A través de sus raíces, las plantas absorben agua subterránea. Por ejemplo, las plantas de maíz tienen raíces que pueden alcanzar hasta 2,5 m de profundidad, mientras que en el desierto algunas plantas tienen raíces que penetran hasta 20 m en el suelo.

El agua es transportada desde las raíces hacia las partes aéreas de las plantas a través de tejidos especializados. Este transporte compensa la pérdida de agua por evaporación a través de los pequeños poros, llamados estomas, que se encuentran en la superficie de las hojas. La transpiración representa aproximadamente el 10 % de toda el agua evaporada que sube a la atmósfera.

La humedad es la cantidad de agua en estado gaseoso presente en el aire. Para cada temperatura hay una cantidad máxima de agua que puede estar en forma de vapor y esta cantidad aumenta con la temperatura. Si intentáramos agregar más vapor, de agua al aire, el vapor se condensaría formando agua líquida. La humedad relativa es la comparación entre la humedad existente y la máxima que podría haber a esa temperatura. Cuando el aire está tan húmedo que no puede aceptar más vapor de agua se dice que está saturado y que la humedad relativa es del 100 %.

encima de la olla de agua caliente de manera equivalente a lo que ocurre en la atmósfera real. En la fotografía tomada desde el trasbordador espacial se pueden observar los topes de nubes convectivas sobre la ciudad de San Pablo (Brasil), que ciertamente tienen la apariencia de las celdas que uno percibe en el interior de una olla donde hierve agua.

Los ciclones o centros de baja presión pueden causar que el aire ascienda. En los ciclones extratropicales, la fricción que ejerce la superficie terrestre sobre la baja atmósfera hace que el viento se desacelere y fluya hacia el centro del ciclón. Como consecuencia, allí se produce una mayor concentración de aire que necesariamente tiene que ascender, ya que no puede ir hacia abajo por la presencia de la superficie terrestre.

En la fotografía se puede ver la nubosidad asociada con un ciclón sobre el océano Pacífico Sur. Las nubes están orientadas de tal forma que permiten claramente identificar tanto la circulación del aire asociada con el ciclón, en el sentido de las agujas del reloj, característico de los ciclones del hemisferio sur, como la convergencia del aire hacia el centro del ciclón.

Los frentes son zonas limítrofes entre diferentes masas de aire. Una masa de aire es un volumen grande de aire de similar temperatura y humedad. Por ejemplo, pueden ser masas de aire cálido y húmedo provenientes de zonas tropicales o bien masas de aire frío y seco que llegan desde las zonas polares. Los frentes se definen en función de las masas involucradas y de la forma en que ellas se desplazan.

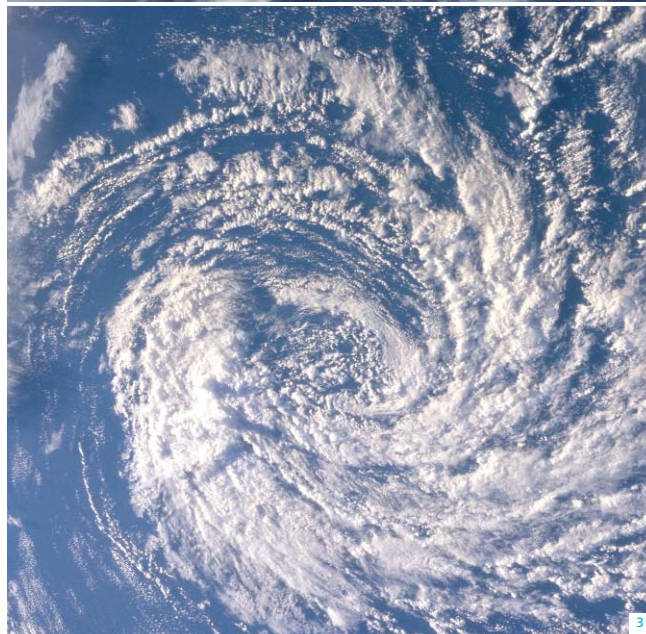
En el caso de los frentes fríos, el avance de la masa de aire más fresco y denso eleva la masa de aire húmedo y cálido que se halla por delante. A medida que el aire asciende se enfría y condensa su humedad para producir nubes y precipitaciones. Debido a la pronunciada inclinación que caracteriza los frentes fríos, el movimiento de ascenso es vigoroso y puede dar a lugar a chaparrones aislados y tormentas eléctricas.



1



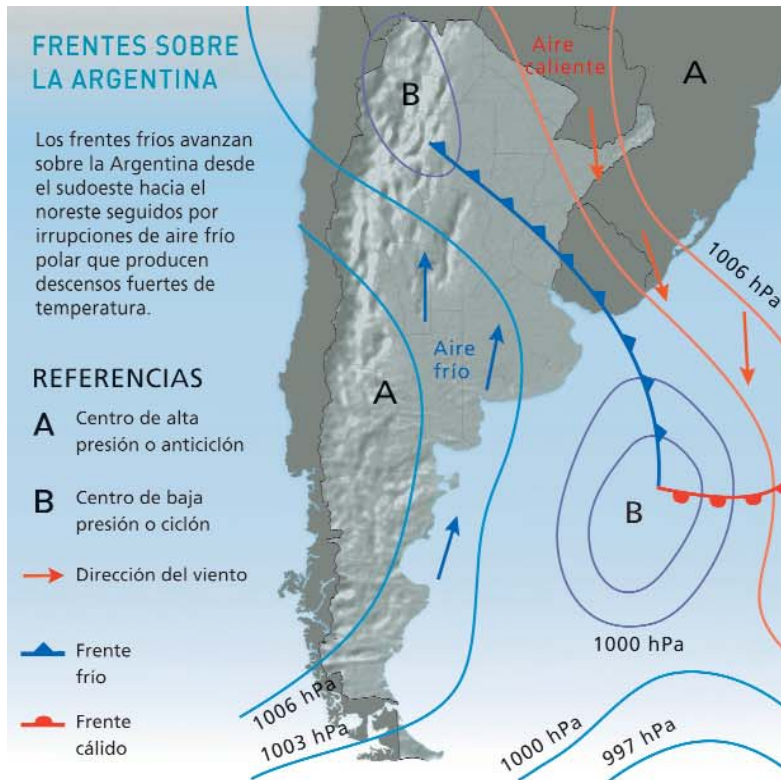
2



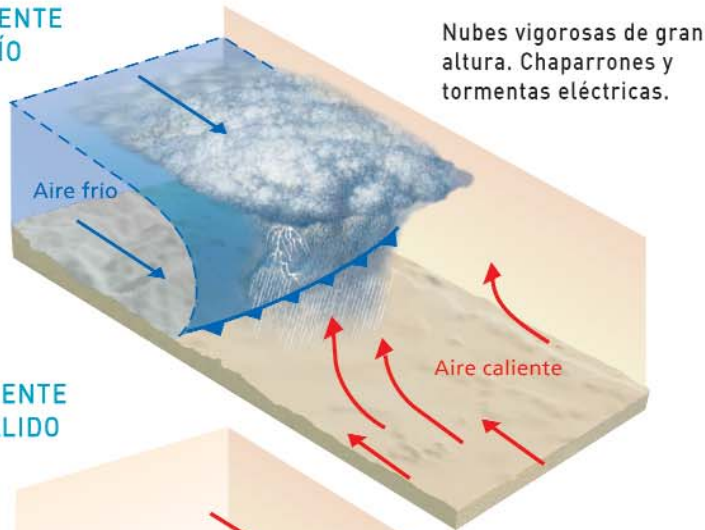
3

1 y 2. Nubes convectivas sobre la ciudad de San Pablo, Brasil.

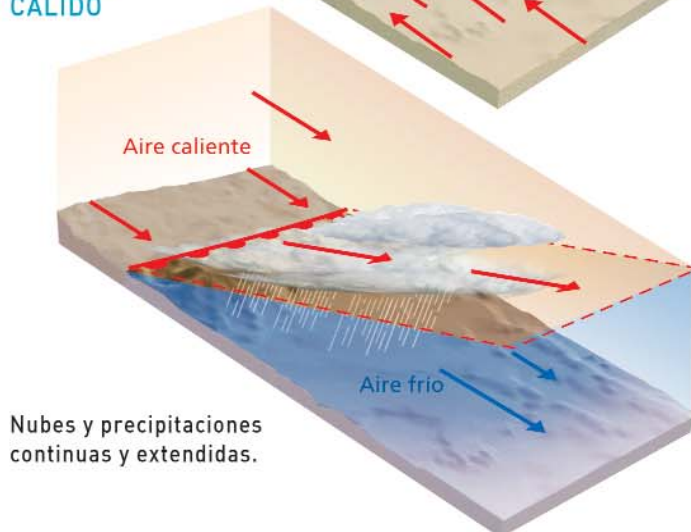
3. Nubes formadas por la actividad de un centro de baja presión en el océano Pacífico Sur.



FRENTE FRÍO



FRENTE CÁLIDO



En el caso de un frente caliente, la masa de aire de mayor temperatura que avanza, por ser menos densa, asciende por encima de la masa de aire más fría que se encuentra por delante. El aire caliente se enfría y condensa su humedad para producir nubes y precipitaciones. El frente caliente tiene menos inclinación y generalmente se mueve más despacio que el frente frío, por lo que el movimiento de ascenso es mucho más gradual y provoca precipitaciones más continuas y extendidas que las asociadas con frentes fríos.

El aire también puede ser elevado por la superficie terrestre. Cuando el aire encuentra una cadena montañosa, por ejemplo, es forzado a ascender por encima de las montañas y, si la elevación es suficientemente alta, el vapor de agua condensa y produce nubes orográficas. En la Argentina, los vientos en altura que prevalecen son de oeste a este, por lo que las nubes orográficas tienden a formarse del lado oeste de las montañas y a veces sobre las cimas, si no son muy altas, como en los Andes patagónicos. En la región de Mendoza y San Juan, en cambio, se produce un efecto diferente: los vientos del oeste cargados de humedad se ven forzados a ascender por la ladera chilena (occidental). Debido a la gran altura de las montañas en esa región, llegan a la cima prácticamente secos y descienden por la ladera oriental, del lado argentino, y su temperatura es anormalmente caliente. Este fenómeno típico del invierno es conocido en nuestro país como "viento Zonda", que puede elevar las temperaturas más de 20 °C.

Otro ejemplo de condensación y precipitación orográfica es la que se produce en la región de las Sierras Subandinas en Tucumán, donde el aire húmedo proveniente del Atlántico asciende sobre las laderas orientales y produce nubosidad y abundantes precipitaciones, las que a su vez favorecen el desarrollo de una densa vegetación. Las laderas occidentales no se ven favorecidas por tales procesos de condensación, por lo que su vegetación es la característica de climas más áridos.