

TRANSPORTE DE SUSTANCIAS EN EL CICLO DEL AGUA

CAPÍTULO 5:



A:

¿CONSIDERAN FIJA LA CANTIDAD DE AGUA QUE HAY EN EL PLANETA TIERRA?



En los capítulos anteriores analizamos segmentos de la compleja ruta del ciclo del agua en el planeta Tierra. En este capítulo trataremos de integrar el cuadro completo que incluya el paso del agua a través de todos los sistemas terrestres: la hidrosfera, la geosfera, la biosfera y la atmósfera.

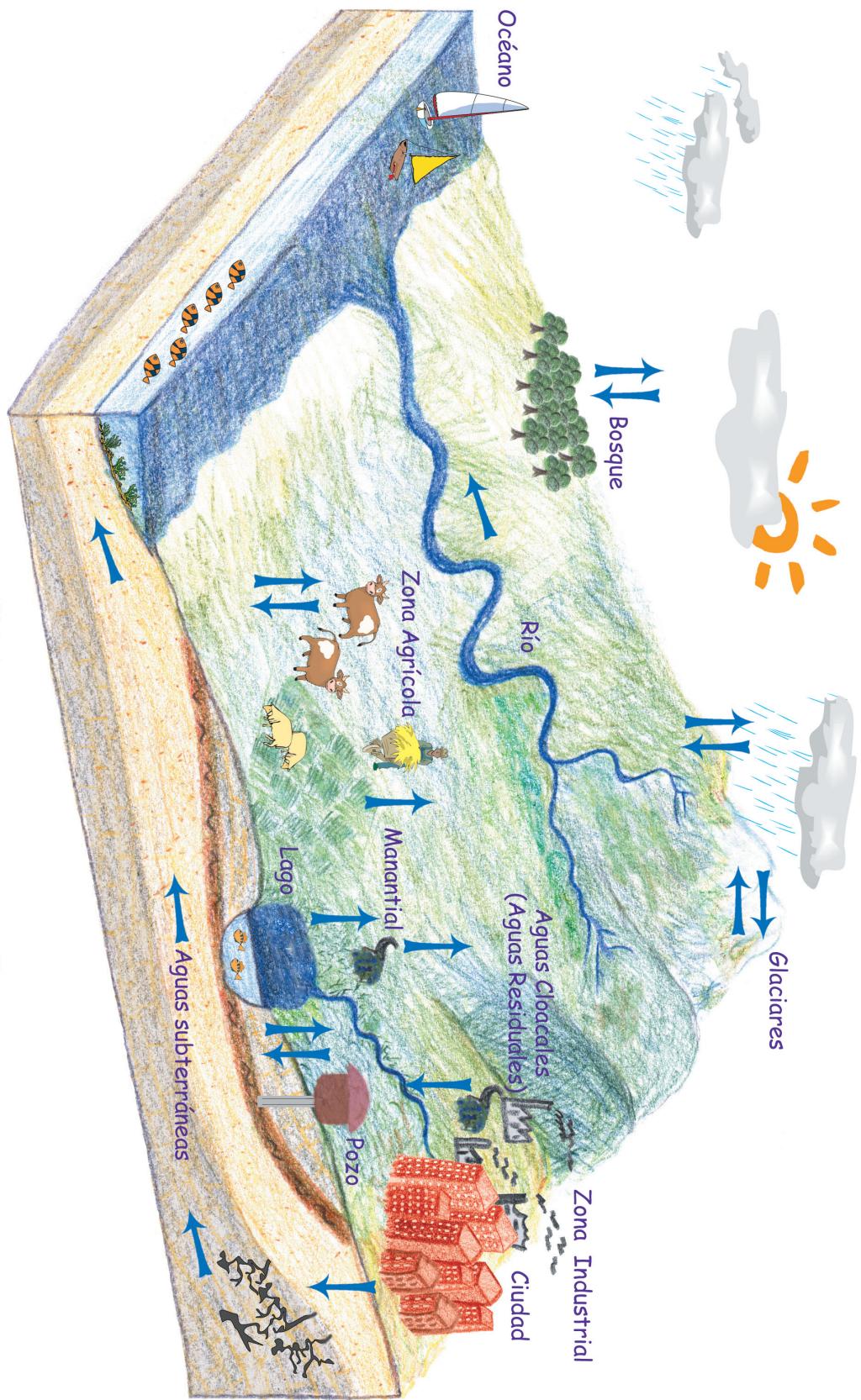
Actividad 1:

De nuevo al ciclo del agua en la naturaleza

1. En la página siguiente aparece una ilustración que describe el ciclo del agua en la naturaleza. Entre sitio y sitio hay flechas que indican el sentido de los flujos*. Anoten al lado de cada flecha el nombre del proceso que une a estos dos sitios.
2. Ayúdense con la siguiente lista de procesos:
 - Disolución
 - Evaporación
 - Fusión
 - Condensación
 - Infiltración
 - Transporte por corrientes subterráneas
 - Precipitaciones pluviales
 - Transporte por agua superficial o de escorrentía
 - Congelación
3. Escriban por lo menos tres pasajes que se llevan a cabo en el paso de un sitio a otro durante la travesía del agua por el planeta Tierra.

Nombre de la sustancia que se transporta	Del Sitio “A”	Al Sitio “B”	A través del proceso de
Ej.: el mineral calcita (CaCO_3)	Roca de piedra caliza	Aguas subterráneas	Disolución

* Flujo: cantidad de materia por unidad de área y de tiempo, por ejemplo $\text{g/m}^2 \text{ día}$.



Actividad 2:

Equilibrio en el ciclo de agua en la naturaleza

A continuación les presentamos un gráfico que describe las cantidades de agua que se evaporan, así como las cantidades de agua que caen durante un año en forma de precipitaciones, en el planeta Tierra.

Observen el gráfico y respondan a las siguientes preguntas.

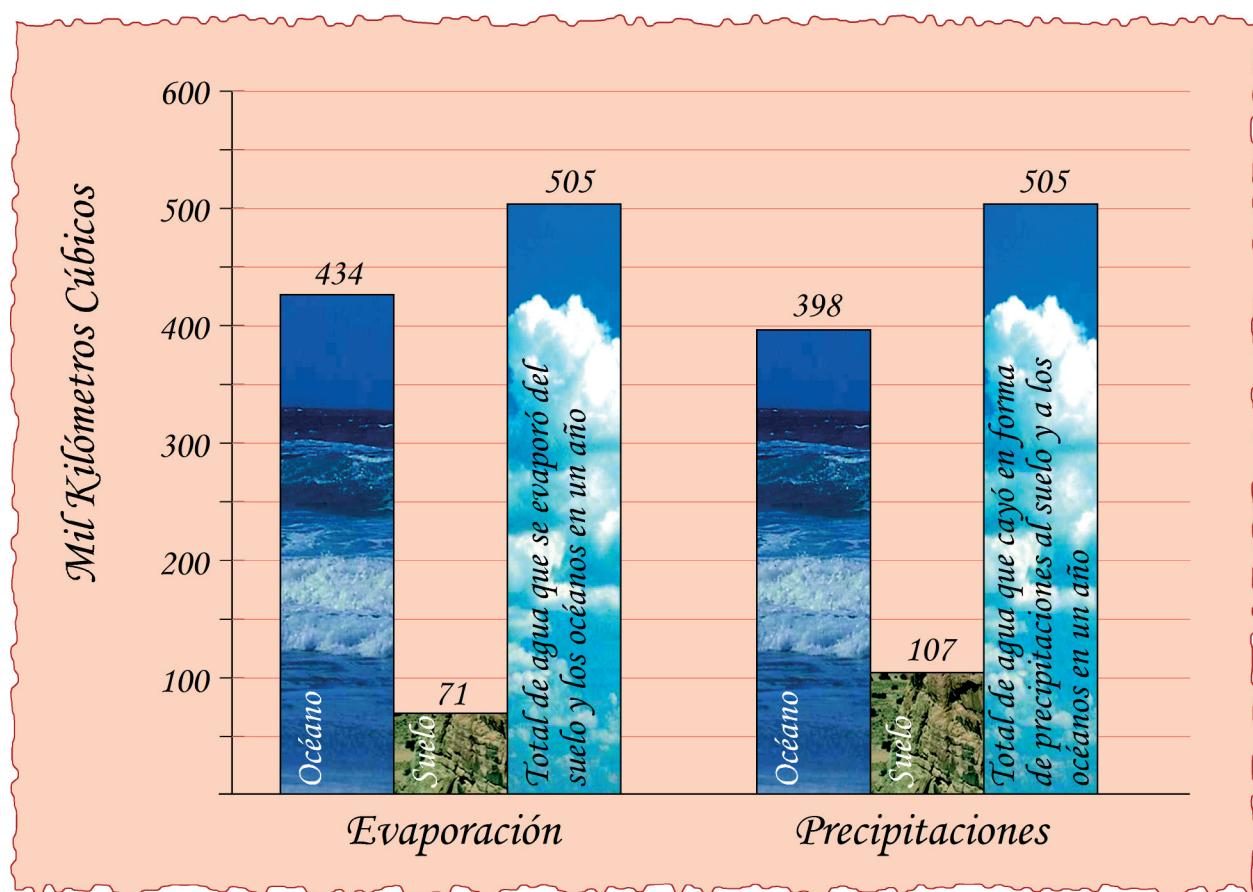


Gráfico: Equilibrio en el Ciclo de Agua en la Naturaleza

Datos del gráfico tomados de Press, F. and Siever, R. (2000). Understanding Earth. W.H. Freeman and Company. New York - ISBN 0716735040.



Análisis de gráficos

1. Escriban tres conclusiones, por lo menos, que se pueden deducir del gráfico.
2. Marquen con un círculo la respuesta correcta:
 - a. La cantidad de agua en el ciclo del agua en la naturaleza no es fija. [correcto/incorrecto](#)
 - b. La cantidad de agua que se evapora de los océanos es mayor que aquella que reciben éstos de las precipitaciones. [correcto/incorrecto](#)
 - c. La cantidad de agua que cae como precipitaciones sobre la superficie terrestre es siempre igual a la cantidad de agua que se evapora de la misma. [correcto/incorrecto](#)
 - d. En el ciclo del agua, la cantidad total de agua que se evapora en un año, es igual a la cantidad de agua que cae anualmente como precipitaciones. [correcto/incorrecto](#)
3. La cantidad de agua en el ciclo completo del agua, es fija. Sin embargo, de los océanos se evaporan cada año 40.000 kilómetros cúbicos **más** de agua que la cantidad que reciben directamente como resultado de las precipitaciones. ¿Cómo se puede explicar esto?

Pista: recuerden la información sobre la formación de nubes (pág. 147-148).

Puntos para reflexionar

1. En su opinión, ¿crece de un año para el otro la cantidad de agua en los océanos como consecuencia del ingreso hacia éstos de las aguas subterráneas y de los ríos? Expliquen.
2. La cantidad de agua en los océanos es de 1.32 billones de kilómetros cúbicos. En su opinión, ¿puede el hombre influir sobre la cantidad de agua de los océanos? Expliquen.
3. En los últimos años una gran cantidad de científicos argumentan que la atmósfera del planeta Tierra se está calentando. Nosotros sabemos que la radiación del sol provoca la evaporación del agua de la superficie de la Tierra y de los océanos. En su opinión, ¿puede la cantidad del agua del planeta Tierra disminuir, como resultado del calentamiento del planeta? Expliquen.

Actividad 3:

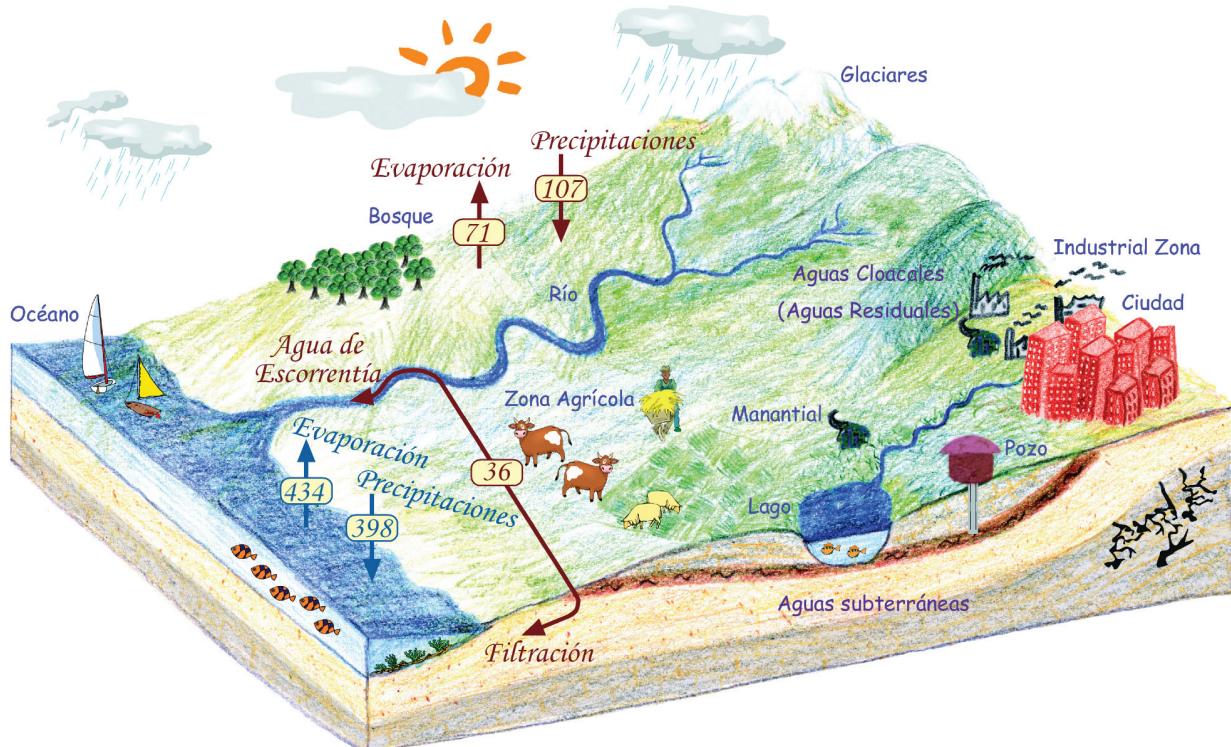
¿Qué le sucede al agua en el ciclo del agua en la naturaleza?



En la actividad anterior llegamos a la conclusión que la cantidad de agua sobre la superficie de la Tierra es fija. También concluimos que la cantidad de agua que cae sobre la superficie terrestre en forma de precipitaciones, es siempre mayor que la cantidad de agua que se evapora de la misma.

Tienen ante ustedes una ilustración que describe el equilibrio del agua en el ciclo del agua en la naturaleza.

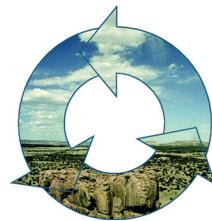
Los números representan las cantidades de agua que pasan de un sitio a otro, por medio de los diferentes procesos del ciclo del agua en la naturaleza.



* Datos de la ilustración tomados de Press, F. and Siever, R. (2000). Understanding Earth. W.H. Freeman and Company. New York-ISBN 0716735040.

a. El equilibrio del agua en la superficie terrestre (corteza terrestre)

1. Copien en la tabla cuánta agua entra en la superficie terrestre y cuánta sale de la misma.

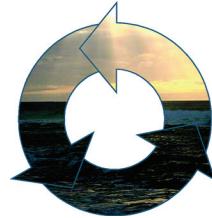


Proceso por medio del cual el agua pasa de un sitio a otro sitio	Cantidad de agua que fluye en un proceso (en 1.000 km ³)
Precipitaciones	
Evaporación de la superficie terrestre	
Cantidad que permanece	

2. ¿Qué le sucede al agua que no se evapora de la superficie terrestre hacia la atmósfera?
3. Describan dos fenómenos que constituyan un testimonio del transporte del agua en la corteza terrestre (en los cuales el agua no llega a la atmósfera).

B. El equilibrio del agua en los océanos

1. Escriban en la tabla cuánta agua entra a los océanos y cuánta sale de los mismos.



Proceso por medio del cual el agua pasa de un sitio a otro sitio	Cantidad de agua que fluye en un proceso (en 1.000 km ³)
Precipitaciones	
Evaporación de la superficie terrestre	
Cantidad que permanece	

2. ¿Qué le sucede al agua, que no cae en forma de precipitaciones, cuando vuelve al océano?

B:

TRANSICIÓN DEL AGUA DEL OCÉANO A LA ATMÓSFERA

Actividad 1:

¿Cómo se evapora el agua en la naturaleza?



En esta actividad realizaremos un experimento de simulación para examinar el mecanismo de evaporación del agua de los océanos (salados) y su condensación en vapor de agua dulce (nubes). Así mismo, examinaremos en qué se parece esta simulación a los procesos en la naturaleza y en qué se diferencia.

Materiales: Un vaso de poliestireno expandido que pueda contener 30 mililitros de agua; una cucharadita de sal; un soporte que sostenga un foco (bombilla, lámpara) de por lo menos 100 Watts; 2 vidrios de reloj de unos 7 – 8 cm de diámetro; una probeta graduada de 100 mililitros.



Experimento

- a. Coloquen un vidrio de reloj en el refrigerador, de preferencia en el congelador.
- b. Viertan en el vaso de poliestireno expandido 30 cm³ de agua y agreguen al agua una cucharadita de sal. Revuelvan bien y prueben el agua.
- c. Cubran el vaso con el segundo vidrio de reloj.
- d. Iluminen el vaso con el foco (bombilla) por un lapso de, por lo menos, 25 minutos.
- e. Despues de 25 minutos apaguen el foco y coloquen el vidrio de reloj frío (el que estuvo en el congelador) sobre el vaso (en lugar del vidrio de reloj caliente) ¡con cuidado! Junten con sus dedos el vapor del agua que se condensó sobre el vidrio de reloj frio y pruébenlo.



Clasificación

1. Resuman en los enunciados (oraciones) que presentamos a continuación, el proceso que observaron.
 - El calentamiento del agua salada en el vaso provocó que las _____ de agua se movieran a un ritmo mayor.
 - Las moléculas de agua abandonaron la superficie del líquido en forma de _____.
 - Las sales disueltas en la solución de agua no se _____ y, por lo tanto, se quedaron en el vaso.
 - El vidrio frío con el que se cubrió el recipiente provocó la _____ del vapor de agua presente en el aire del entorno.
 - El agua se _____ y se convirtió en gotas de agua _____.
2. ¿Qué quedó en el vaso después de que el agua se evaporó?
3. Unan con una línea los componentes del experimento con el fenómeno natural que simula (escriban la letra y el número en correspondencia).

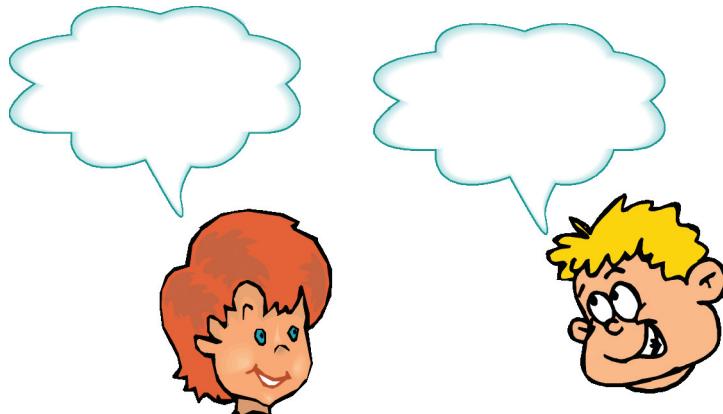
Componentes del experimento de simulación		Los fenómenos naturales
1. Solución de agua salada en el recipiente	●	● a. Rayos del sol
2. Agua dulce	●	● b. Ascensión del vapor de agua a una capa de aire más fría
3. No existe en la simulación	●	● c. Núcleos de condensación del vapor de agua
4. Calentamiento del recipiente	●	● d. Océano
5. Vidrio de reloj frío	●	● e. Agua de una nube

En esta actividad aprendimos cómo se evapora el agua del océano a la atmósfera del planeta Tierra.

En una de las escuelas los alumnos alegaron que una nube que se crea sobre el Lago Titicaca

(cuyas aguas provienen del deshielo de los glaciares de la cordillera de Los Andes) es diferente en su composición y en su sabor de una nube que se crea sobre el Mar Muerto (que tiene una concentración de sales de 230 g por litro [siete veces mayor al promedio de los océanos]).

1. ¿Qué opinión tienen ustedes sobre esta cuestión?
2. Discutan en su grupo acerca de este argumento y escriban las conclusiones fundamentadas a las que arriban con respecto a esta cuestión.



Actividad 2:

¿Acaso el agua se evapora también en frío?



En la actividad anterior llevamos a cabo una simulación de la evaporación del agua del océano. El grado de evaporación del océano tiene una gran influencia sobre el proceso de formación de nubes y sobre el clima del planeta Tierra. En esta actividad examinaremos cuál es el índice de evaporación de los océanos y de los mares que rodean países en los cuales las temperaturas durante el invierno son muy bajas.

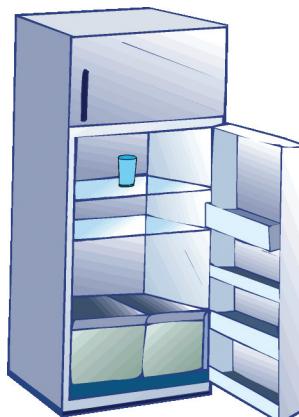
Materiales: Un refrigerador doméstico o similar; 2 vasos de precipitados de 100 mililitros; etiquetas; lápiz; agua de la llave (grifo, canilla); **paciencia**.



Experimento

Desarrollo del experimento:

1. Llenen cada uno de los vasos con 100 mililitros de solución de agua de la llave (grifo, canilla).
2. Peguen una etiqueta en cada uno de los vasos de modo tal que lo cubra desde la base hasta el borde superior.
3. ¿Creen que el ritmo de evaporación será diferente en los dos vasos?
4. Marquen con un lápiz el nivel (inicial) del agua en el vaso.
5. Coloquen uno de los vasos en el refrigerador de su casa y el otro fuera del refrigerador, por un período de dos semanas.
6. Sean meticulosos para anotar en la etiqueta, cada dos días, la reducción en el nivel del agua debida a la evaporación.
7. Anoten la disminución del nivel del agua en cada uno de los vasos, en milímetros.



		Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
Tasa de evaporación (en milímetros)	En el refrigerador							
	Fuera del refrigerador							



Actividades en Excel®

- A. Preparen un gráfico que describa la tasa de evaporación del agua dentro del refrigerador y fuera de éste y su relación (dependencia) con la temperatura, por medio del programa de computación (planilla de cálculos) Excel®.
- B. Traten de describir el proceso que se llevó a cabo en el experimento utilizando los elementos del pensamiento científico: observación, hipótesis, información adicional y conclusión. Hagan referencia a conceptos como partículas, movimiento, superficie, gas, líquido, temperatura y aire.

C. Lean el fragmento “Pensando Científicamente” que aparece en la página 19 y respondan a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el interrogante (la pregunta) de la investigación en este experimento?
2. En su opinión, ¿cuál es la variable que ejerce influencia (independiente) en este experimento? ¿Y cuál es la variable sobre la que se ejerce influencia (dependiente)?
3. ¿Cuál es el cambio que llevaron a cabo en este experimento en los vasos con agua para responder al interrogante (la pregunta) de investigación?
4. ¿Cuál de los dos vasos es el vaso control (testigo)?
5. ¿Por qué no incluimos en un gráfico común los datos que se obtuvieron del experimento en los diferentes grupos?

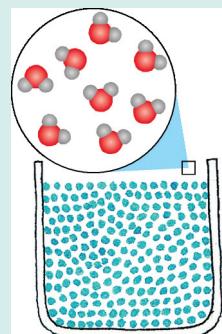
Pista: Este experimento se llevó a cabo en la casa de cada uno de ustedes.



Organización del Conocimiento

Aquellos de ustedes que estudiaron “Estructura de la Materia – Vacío y Partículas”, se ayudaron de “lentes mágicos” para imaginar el cambio en el estado físico del agua. Si tuvieran consigo unos “lentes mágicos” a través de los cuales pudieran ver el agua cambiando de estado físico, ¿Cómo podrían describir, en su opinión, lo que sucede en el momento de la evaporación?

La evaporación de un líquido es la dispersión de moléculas de materia, de un estado en las que se encuentran aglomeradas en una alta densidad (líquido), a un estado en la que se encuentran dispersas con una gran distancia entre las mismas (gas), por lo tanto, con una densidad muy baja. Debido a que esta dispersión sólo es posible si hay movimiento, la evaporación comienza a partir del movimiento de las moléculas que se encuentran en estado líquido. El calentamiento puede incrementar la velocidad de movimiento de las moléculas y las partículas aglomeradas del líquido se mueven más y más rápido. Como resultado de este movimiento, una parte de las moléculas se desprenden de la superficie del líquido y se alejan, es decir, se evaporan. A pesar de que también con temperaturas bajas las moléculas se mueven, el movimiento es relativamente más lento.

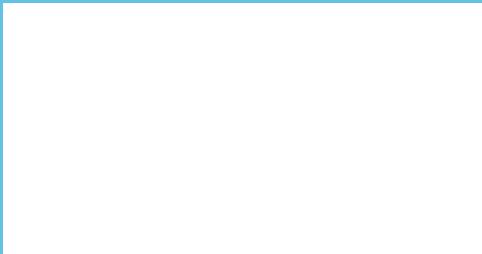


Actividad 3:

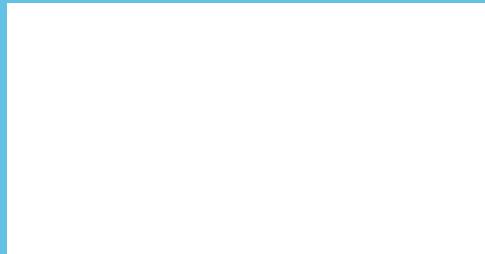
Las fuerzas de atracción que actúan entre las partículas del agua

1. ¿En qué estado físico se atraerán las moléculas del agua entre sí con mayor fuerza, cuando el agua está en estado físico líquido o cuando está en estado físico gaseoso? Expliquen.

**30 moléculas de agua
en estado físico líquido**



**30 moléculas de agua
en estado físico gaseoso**



2. Traten de describir en dos dibujos 30 partículas de agua: en uno cuando están en estado físico líquido y en otro, cuando se encuentran en estado gaseoso.
3. En su opinión, ¿Por qué sólo se evapora el agua que se encuentra en la superficie del líquido (la zona que se encuentra en contacto con el aire)?



Información Adicional

En estado físico gaseoso, la fuerza de atracción entre las moléculas de agua es muy débil. En los líquidos, y sobre todo en los sólidos, la influencia de la fuerza de atracción es elevada. Las moléculas de agua que se encuentran en el fondo del líquido no pueden abandonarlo, porque en cada dirección hacia donde se mueven colisionan con otras moléculas de agua. Por el contrario, para las moléculas de agua que se encuentran en la “superficie” del líquido, es decir en la zona que se encuentra en contacto con el aire, les es más fácil desconectarse del resto de las partículas del líquido debido a que a su alrededor hay menos moléculas de agua. Si una molécula de agua abandona el líquido y se mueve entre los espacios de las moléculas de aire, pasa a formar parte de la mezcla de gases del aire. Estas moléculas de agua, impulsadas ahora por los choques entre las moléculas que se encuentran fuera de la

superficie del líquido, se conocen como **vapor de agua** y conforman la humedad del aire.

Humedad Relativa: Porcentaje de moléculas de agua que se encuentran en estado gaseoso con relación a la máxima capacidad de la atmósfera (en las mismas condiciones de temperatura y presión) para contener dicho tipo de moléculas.



*Aprendemos
Navegando*

Actividad 4:

¿De qué están hechas las nubes?
Mirar una película en forma guiada

<http://www.youtube.com/watch?v=uoHCMGBgIFQ>

En la última actividad descubrimos que el hecho de que la mayor parte del agua en el planeta Tierra se evapora del océano y regresa al mismo en forma de precipitaciones, está relacionada con el hecho de que dos terceras partes de la superficie de la Tierra está cubierta por océanos. Tratamos de averiguar de qué forma el proceso de evaporación del océano a la atmósfera, influye en las propiedades del agua en el ciclo del agua en la naturaleza. En esta actividad analizaremos de qué están hechas las nubes.

C:

LAS PLANTAS COMO MOVILIZADORAS DE AGUA A LA ATMÓSFERA



En los capítulos anteriores profundizamos en el transporte de material (agua) del sistema de aguas subterráneas (geosfera) a los océanos (hidrosfera). Y del paso de agua de los océanos al aire (atmósfera). En este capítulo enfocaremos el nexo que existe entre el agua y la biosfera. Trataremos de entender cuál es el mecanismo que posibilita el movimiento del agua desde las raíces de los árboles hasta la copa de los mismos y cómo influye este pasaje sobre el resto de los Sistemas Terrestres.

Actividad 1:

¿Pierden agua las plantas?



Experimento

Materiales:

3 probetas graduadas de 50 mililitros numeradas (1 ,2 ,3) y marcadas con una línea horizontal a una altura de 2 cm por debajo del borde superior de la misma; un tapón perforado; un tapón sin perforación; un tallo con hojas; plastilina, un marcador resistente al agua.



Desarrollo del experimento:

- Llenen las tres probetas con agua de la llave (grifo, canilla) hasta la línea marcada.
- Tapen la probeta número 1 con el tapón sin perforación.
- Tapen la probeta número 2 con el tapón perforado. Inserten a través de la perforación el extremo inferior del tallo y sellen con plastilina el espacio entre el tallo y los bordes de la abertura.
- Dejen la probeta número 3 sin tapón y sin planta.
- Pesen cada uno de los sistemas “planta + probeta” al iniciar el experimento y después de seis días. Anoten sus hallazgos en la tabla.
- Midan la altura del nivel del agua en las tres probetas cada dos días (día por medio), **durante seis días** y a una hora fija. Resuman sus hallazgos en la tabla que se encuentra en la siguiente página.



Observación

1. Describan qué pasó en cada una de las probetas.
2. ¿Cuál es, en su opinión, el interrogante (la pregunta) de la investigación en este experimento?
3. ¿Cuál de las probetas es la probeta control?
4. ¿Cuál es la función de la probeta control?

Tiempo	Probeta 1 Tapada con un tapón sin perforación y sin planta	Probeta 2 Tapada con un tapón perforado, pero con una planta	Probeta 3 Sin tapón y sin planta
Peso al inicio del experimento (en gramos)			
Disminución del nivel de agua después de dos días (en mililitros)			
Disminución del nivel de agua después de cuatro días (en mililitros)			
Disminución del nivel de agua después de seis días (en mililitros)			
Peso a la finalización del experimento (en gramos)			



Conclusión

1. ¿Cuáles son sus conclusiones como resultado del experimento?
2. ¿Por qué quedó agua en la probeta con tapón?
3. ¿Hacia dónde desapareció el agua de la probeta con el tapón perforado y la planta?

4. ¿Hacia dónde se perdió el agua de la probeta sin tapón ni planta?
5. La transpiración es un proceso a través del cual, el agua que se encuentra en la superficie de la hoja, se evapora hacia la atmósfera. ¿Cómo se relaciona este proceso con los resultados que obtuvieron en el ensayo que llevaron a cabo?



*Pensando
Científicamente*

Hagan corresponder, mediante flechas, los enunciados (oraciones) que describen los ensayos (componentes del experimento) con el factor que se estudia en cada ensayo (que es lo que se investiga).

Componentes del Experimento	¿Qué se está investigando?	
1. Control A.	●	A. ¿Liberan las plantas agua a la atmósfera?
2. Interrogante (pregunta) de la Investigación.	●	B. En este experimento se nos solicitó corroborar que las probetas con el tapón y la planta estuvieran totalmente selladas.
3. Variable que influye (independiente).	●	C. Llevamos a cabo este experimento solamente una vez, por lo tanto su credibilidad está en duda.
4. Factores que influyen en la credibilidad de la observación.	●	D. La probeta con tapón y sin planta es para examinar si también el agua puede desparecer del sistema si no hay una planta presente.
5. Variable sobre la que se ejerce influencia (dependiente)	●	E. El nivel del agua en la probeta sirve como indicador para establecer si hubo paso del agua de la probeta a la atmósfera.
6. Control B.	●	F. La probeta sin tapón y sin planta examina si es posible el paso del agua, en el proceso de evaporación, a la atmósfera.
7. Número de observaciones (veces que se repitió -repeticiones- cada experimento).	●	G. La presencia de una planta en la probeta.



Aprendemos Navegando

http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/profesor/videos/videos_actividades.htm

Ingresen al sitio de Internet, cuya dirección aparece arriba, y que corresponde al "Proyecto Biosfera" del Ministerio de Educación y Ciencia de España.

Elian la ventana "Ciclo del agua".

Observen la animación o video que aparece en la misma.

Respondan a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los procesos físicos representados en la animación, que aparecen en el ciclo del agua en la naturaleza?
2. Traten de ubicar procesos que se llevan a cabo (ocurren) en más de un sitio.
3. Describan las etapas del transporte de material (agua) que se llevan a cabo en el ciclo del agua en la naturaleza y que aparecen en la animación. Para ello se pueden ayudar con el ejercicio que figura al pie de la página del sitio de Internet.

Actividad 2:

¿Por dónde pierden agua las plantas?

En el proceso de transpiración las plantas liberan vapor de agua hacia la atmósfera a través de aperturas en las hojas que se conocen como estomas. Los estomas son ostíolos o poros diminutos que se encuentran generalmente en la capa externa de las hojas (epidermis) y a través de los cuales sale el vapor de agua de la planta. Los poros se abren y se cierran, en la mayoría de los casos, de acuerdo con el balance de agua en la planta. En esta actividad trataremos de ubicarlos.

Materiales: Hojas de *Tradescantia pallida*; esmalte para uñas transparente; pinzas de laboratorio, gotero; un portaobjetos y un cubreobjetos de cristal; un microscopio.



Experimento

Primera parte:

En este trabajo harán, con la ayuda de esmalte para uñas, una copia en un molde de los estomas.

Para ello procederán a:

1. Espacer en la **parte inferior de la hoja (epidermis abaxial)** una capa delgada y uniforme de esmalte para uñas, que la dejarán secar por unos 5 minutos.
2. Con la ayuda de las pinzas jalarán (tirarán) con delicadeza de la capa de laca y, una vez removida, la colocarán sobre una gota de agua ubicada sobre el cristal portaobjetos. Cubran el portaobjetos con el cubreobjetos y observen el preparado mediante el microscopio, utilizando aumento pequeño, mediano y grande.
3. Busquen en el preparado una zona en la que haya aperturas diminutas. Presten atención, en los dos lados de la apertura hay **células oclusivas**. Estas células delimitan el poro de los estomas, que está abierto cuando hay abundante agua en la planta y cerrado cuando hay escasez.

Nota: Algunas veces, durante la preparación del material, queda atrapada una burbuja de aire en el poro del estoma y se observa una mancha negra. Esta mancha no está relacionada con los estomas.

4. Observación

- a. Dibujen los estomas de la forma como aparecieron con el mayor aumento del microscopio óptico.
- b. Anoten el grado de aumento al lado de cada dibujo.
- c. Pongan un título al dibujo de los estomas que vieron con el microscopio.



Segunda Parte:

1. Hagan gotear un poco de agua sobre la hoja de la planta Tradescantia pallida. Describan lo que sucede utilizando los términos observación y conclusión.

Información adicional: El tejido de la hoja se encuentra cubierto por la cutícula y por ceras, que son materiales grasos que repelen el agua (hidrofóbicos).



2. **Hipótesis:** ¿Existe, en su opinión, un nexo entre la observación que llevaron ahora a cabo y la presencia de estomas en el tejido de la hoja? Expliquen.

Actividad 3:

¿De dónde absorbe agua la planta?

Hasta ahora conocimos sólo una parte del mecanismo que permite el paso de agua desde las raíces de las plantas, a la copa de las mismas. Aprendimos que los estomas juegan un papel importante, ya que a través de los mismos se regula la liberación del vapor de agua en el proceso de transpiración. En esta actividad examinaremos de dónde la planta capta el agua que requiere para satisfacer la demanda que se genera en las hojas.

Materiales: brotes jóvenes de trigo que germinaron en arcilla; una caja de Petri; papel negro; binoculares; microscopio óptico; marcador; azul de metileno; un cristal portaobjetos; un cristal cubreobjetos; un recipiente con agua; un gotero; papel absorbente; un bisturí.

Desarrollo de la actividad:

a. Observación del brote a través de un binocular.

Coloquen el brote sobre un fondo oscuro, ilumínelo desde la parte superior con una luz y obsérvenlo a través de los binoculares. Dibujen el brote y anoten los nombres de sus partes (también anoten el nombre de la preparación y el grado de aumento de los binoculares).

Presten atención, los pequeños filamentos que se encuentran en los extremos de las raíces se conocen como pelos absorbentes o radicales. Los pelos absorbentes son prolongaciones tubulares de las células epidérmicas de la raíz joven, que pueden alcanzar hasta 1,5 mm de longitud.

1. ¿Qué estructura caracteriza a los pelos absorbentes?
2. Traten de calcular el número de pelos absorbentes en el extremo de una raíz: decenas, cientos o miles.

b. Observación del brote a través de un microscopio óptico.

1. Coloquen sobre un cristal portaobjetos limpio, una gota de azul de metileno. Corten el extremo del brote, rico en pelos absorbentes (sólo 1 o 2 milímetros), colóquenlo sobre la solución que está sobre el cristal portaobjetos y cúbranlo con un cubreobjetos. Limpien, con el papel absorbente, el líquido excedente del portaobjetos. Ahora tienen en sus manos una preparación del extremo de la raíz de un brote de trigo.
2. Observen la preparación a través del aumento menor del microscopio óptico. Pasen a un aumento mediano y dibujen lo que están viendo. ¡Atención! el dibujo tiene que ser grande y lo más detallado posible. Anoten el nombre de la preparación y el aumento utilizado al lado del dibujo que realizaron.
3. ¿Acaso distinguieron núcleos de células en la preparación microscópica que observaron?
4. ¿De cuántas células está compuesto, en su opinión, un pelo absorbente aislado?
5. Traten de inferir: ¿cómo aportan los pelos absorbentes a la estructura de la raíz en lo referido a la absorción del agua?
6. La zona de los pelos absorbentes se ubica cada vez más en profundidad en el proceso de alargamiento (crecimiento) de la raíz. En su opinión, ¿cómo ayuda este desplazamiento del ápice radical a la planta?



Información Adicional

Los pelos absorbentes son muy delgados y delicados. Su gran número les posibilita la absorción eficaz de agua, debido a que presentan una mayor zona de contacto con el suelo. Los pelos absorbentes se introducen entre las partículas del suelo y crecen en dirección al agua que se encuentra en el mismo. El agua entra a los pelos absorbentes a través de sus membranas y a través de la pared celular, que es especialmente delgada y recubre el protoplasma de los pelos absorbentes. A través de los pelos también se absorben minerales (sales) que se encuentran disueltos en el agua del suelo.

Los pelos absorbentes se encuentran **única y solamente** cerca de los extremos de las raíces y no a lo largo de toda la raíz. A través de las otras partes de la raíz también entra agua, pero en una cantidad menor, ya que la raíz está cubierta de una capa gruesa de células que no tienen pelos absorbentes. Al crecer y desarrollarse la raíz misma se alarga y ramifica. Los extremos al alargarse, se expanden y penetran aún más en el suelo y nuevos pelos absorbentes se producen continuamente cerca de los extremos de las raíces nuevas. En forma paralela a la creación de nuevos pelos absorbentes cerca de los extremos que se alargan, mueren los pelos absorbentes maduros en las zonas de la raíz ya desarrolladas.

Actividad 4:

¿Cómo llega el agua desde las raíces a las hojas?

En la actividad anterior aprendimos que los pelos absorbentes de las raíces son la zona de mayor absorción de agua de la planta, así mismo aprendimos anteriormente que a través de los estomas, que se encuentran mayormente en la parte inferior de las hojas, se libera vapor de agua en el proceso de transpiración. En esta actividad examinaremos cual es el mecanismo en la planta, que permite el ascenso del agua desde la raíz al tallo y hasta las altas copas, por ejemplo de los árboles.

Materiales:

un clavel blanco o crisantemo con tallo largo (15 cm); dos probetas de 100 mililitros; papel de filtro; una liga (banda elástica), color vegetal rojo.



Experimento

Desarrollo del experimento:

1. Viertan en cada una de las probetas 15 mililitros de agua coloreada con rojo.
2. Inserten el tallo del clavel blanco dentro de una de las probetas.
3. Corten un rectángulo de papel de filtro de unos 15 cm de largo por 10 cm de ancho. Corten franjas en el tercio superior del rectángulo y doblen el papel de filtro hacia fuera, de forma tal que las franjas se asemejen a los pétalos de una flor.
4. Inserten el rectángulo de papel filtro en la segunda probeta.



Coloquen las probetas al sol por media hora.

1. Expliquen los resultados del experimento. Utilicen los componentes del pensamiento científico: observación, hipótesis, información adicional y conclusión.
2. Corten el tallo del clavel a lo largo (corte longitudinal) y a lo ancho (corte transversal). ¿Cuál es la dirección de los elementos de conducción, longitudinal o transversal?
3. En su opinión, ¿qué provocó que el agua ascendiera?
4. ¿Acaso el agua sólo asciende en una planta viva?
5. ¿Qué se puede aprender de esta observación sobre el mecanismo del ascenso del agua en las plantas?

Actividad 5:

¿Cómo sube el agua por el tallo de la planta? Experimento de simulación

En la actividad anterior vimos que el agua sube a lo largo de la planta de la raíz hacia las hojas, que se encuentran en la copa de los árboles. En esta actividad trataremos de entender qué permite la continuidad en la columna de agua, que puede alcanzar decenas de metros de altura en el sistema de conducción de agua de los árboles altos (o de primera magnitud). Trataremos de comprender esto basados en la información que hemos acumulado en las actividades anteriores.

Materiales: 50 mililitros de yeso; un tubo de vidrio angosto (diámetro de unos 5 mm aproximadamente); un vaso de precipitados; color vegetal; un soporte; una pinza de madera; 2 vasos de plástico pequeños; una lámpara de 75W.



Experimento

Curso del experimento:

- a. Viertan el yeso en el vaso de plástico. Agreguen gradualmente agua y revuelvan muy bien hasta que se forme una mezcla fluida pero espesa.
- b. Viertan la mezcla acuosa de yeso dentro de un vaso de plástico pequeño hasta la mitad de su altura.
- c. Llenen el tubo de vidrio con agua. Tengan cuidado que no entren burbujas de aire y que el tubo esté lleno de agua hasta los extremos.

- d. Inserten dentro del yeso el tubo de vidrio de tal manera que se hunda en el yeso por lo menos un centímetro. Tengan cuidado que el agua que hay en el tubo no se derrame. Sostengan el tubo firmemente en posición vertical dentro del yeso durante unos 40 minutos, hasta que el yeso se endurezca.
- e. Despues que el yeso se haya endurecido, rompan el vaso de plástico y saquen el yeso con el tubo de vidrio lleno de agua. Tapen con un dedo el extremo libre del tubo y sumérjanlo dentro del vaso de precipitados que contiene la solución de agua coloreada con colorante vegetal.
- f. Liberen el dedo del extremo del tubo cuidando que quede sumergido en el agua coloreada. Sujeten el yeso con la pinza de madera tal como se muestra en la ilustración.
- g. Coloquen cerca del modelo que construyeron una lámpara y dirijan su luz hacia el yeso.



Observación

Observen el modelo que construyeron y describan lo que está sucediendo.



Conclusión

1. ¿Cuál es su **conclusión** de los resultados del experimento?
2. Infieran cuáles son los factores que pueden influir en el ascenso del agua dentro del tubo.
3. Si tuvieran a su alcance unos “lentes mágicos” a través de los cuales pudieran ver las partículas de agua y las partículas de vidrio, ¿Cómo se imaginan sería el proceso que se dio dentro del tubo? Traten de describir el fenómeno con un dibujo.



Información Adicional

La fuerza de atracción entre las partículas es, al parecer, la razón de la adhesión y unión de las partículas de agua unas con otras. Estas fuerzas de atracción son, **al parecer**, las responsables de la adhesión de las gotas de agua a las paredes de los elementos de conducción (vasos) de la planta. El ascenso de un líquido dentro de un tubo vacío o dentro de un espacio angosto se conoce como **capilaridad**.



Pero ¡pongan atención! el agua en la planta no asciende a las copas de los árboles por las fuerzas capilares. Lo que determina el ascenso del agua hasta la copa son las diferencias en el potencial químico o nivel energético del agua a lo largo de las columnas líquidas de la planta. Estas diferencias se manifiestan como succión y se generan por la pérdida de agua a través de las hojas durante el proceso de transpiración.

Hagan corresponder los componentes del experimento con el fenómeno natural que simula. Hagan corresponder cada número a una letra.

Componentes del experimento		Fenómenos naturales
1. Tubo de vidrio	●	a. Agua
2. Bloque de yeso	●	b. Las células que componen los elementos conductores (vasos) en el tallo de la planta
3. Los microporos dentro del yeso	●	c. La hoja
4. Iluminación artificial	●	d. Rayos del sol
5. No existe en la simulación	●	e. Estomas
6. Agua	●	f. Los elementos conductores (vasos) en el tallo de la planta

Actividad 6:

Capilaridad en el suelo

En la actividad anterior nos fue revelada una de las propiedades que convierte al agua en el líquido de la vida – la presencia de fuerzas de atracción que existen entre las partículas del agua. Estas fuerzas de atracción son responsables del fenómeno físico conocido como capilaridad y se manifiestan en dos aspectos que son:

1. Las fuerzas de atracción entre las partículas del agua propiamente dichas.
2. Las fuerzas de atracción entre las partículas del agua y las superficies sólidas, que posibilitan la adhesión (por polaridad) de las partículas a las paredes de conductos muy delgados.

El resultado es la formación de una columna de agua que asciende en contra de la fuerza de gravedad.

En esta actividad estudiaremos el fenómeno de la capilaridad y su importancia en el suelo.



Información Adicional

El fenómeno de capilaridad se manifiesta en la capacidad del agua de generar una continuidad (continuum en latín) en la columna de agua que asciende – dentro de los delgadísimos conductos y a través de grietas y espacios minúsculos – en contra de la fuerza de la gravedad. Este fenómeno, que está relacionado como recuerdan con las propiedades del agua, es uno de los que posibilita el flujo del agua en los seres vivos de la **Biosfera** (el mundo de los seres vivos en el planeta Tierra). Sin embargo, el fenómeno de capilaridad sucede también en la **Geosfera** (el mundo inerte en el planeta Tierra), tal como veremos en la siguiente actividad.

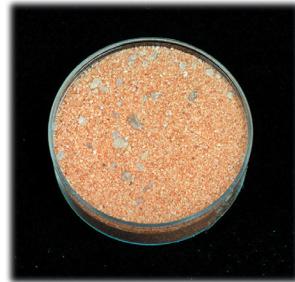
Traten de inferir ¿Cómo logran las plantas absorber agua del suelo, aún después que pasó mucho tiempo de la última precipitación pluvial?



Experimento

En esta actividad trataremos de responder parcialmente a la pregunta, ¿Cómo logran las plantas absorber agua del suelo, semanas o meses después de una lluvia?

Materiales: una caja de Petri; papel blanco absorbente; tierra, agua.



Desarrollo del experimento

- Coloquen el papel absorbente dentro de la caja de Petri.
- Mojen muy bien el papel.
- Llenen el plato con tierra arenosa seca y esperen primero unos 10 minutos y luego una media hora desde el inicio.



Observación

- ¿Qué cambio se dio en el nivel de humedad de la tierra después de 10 minutos?
- ¿Qué cambio se dio en el nivel de humedad de la tierra después de 30 minutos?



Conclusión

¿Cuáles son las conclusiones a las que arribaron luego de la observación?



Hipótesis

En su opinión ¿Cómo pasó el agua del papel a la tierra?

Dirección de ascenso del agua en el suelo en el proceso de capilaridad



Información Adicional



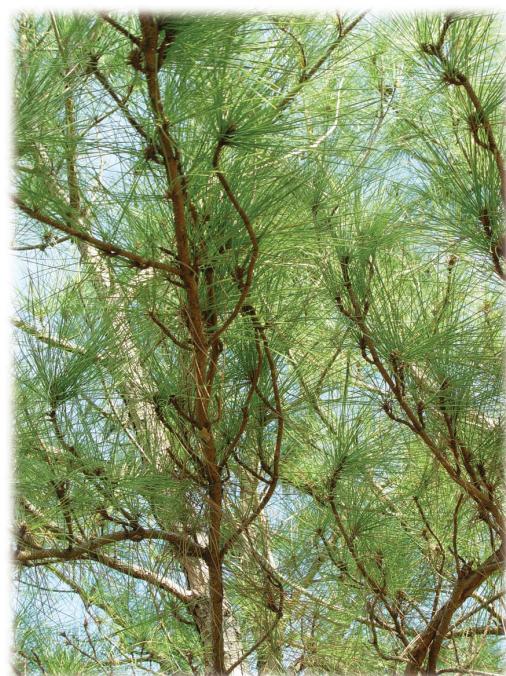
El fenómeno de capilaridad se lleva a cabo también en el suelo. En gran medida este fenómeno es responsable del desecamiento del suelo, debido al ascenso del agua (por capilaridad) en estado líquido a la superficie del suelo y a su posterior evaporación desde la misma hacia la atmósfera. El nombre capilaridad nos brinda una pista sobre el mecanismo: el agua tiene adhesión (fuerza de adherencia) a las partículas de tierra. El agua en estado líquido “trepa” y asciende a lo largo de los microporos del suelo, parecidos o equivalentes a microcapilares (tubos delgadísimos).

Actividad 7:

¿Cómo influye la transpiración de las plantas sobre el sistema de aguas subterráneas?

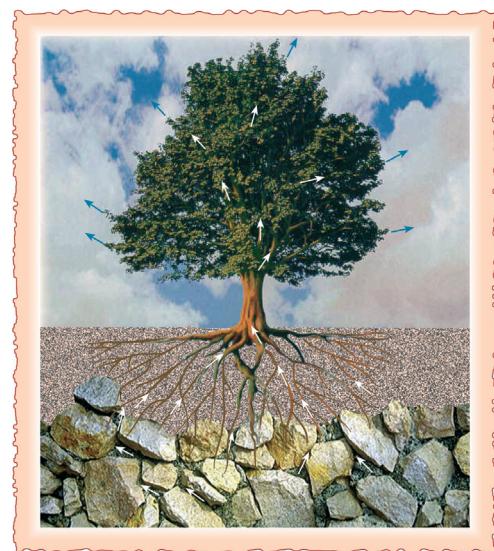
1. A lo largo de un día soleado de verano, un bosque denso de pino subtropical puede llegar a transpirar unos 7 a 8 m³ por hectárea (1m³ = 1.000 litros). ¿Qué significa este caudal de agua? Si suponemos que los requerimientos diarios de una familia urbana (4 integrantes) es de unos 800 a 1.000 litros (sin incluir piscinas [albercas]): ¿Al consumo de cuantas familias equivaldría el flujo de la transpiración del bosque durante los meses más cálidos?

Nota: 2/3 del consumo doméstico corresponden al cuarto de baño.



Bosque de pinos en México

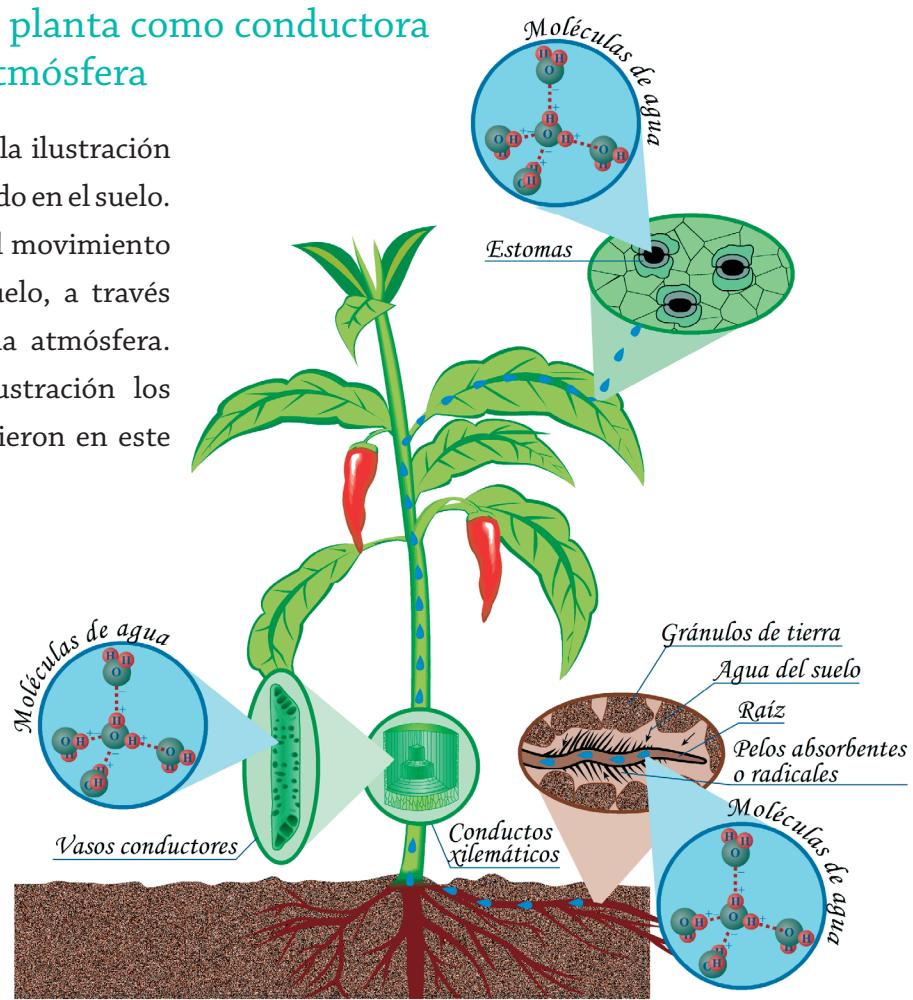
2. Marquen en la ilustración que se encuentra a la derecha, las partes de la misma que representan los siguientes Sistemas Terrestres: Biosfera (seres vivos), Geosfera (suelo y rocas), Atmósfera (cubierta de aire), Hidrosfera (agua).
3. ¿Cómo influye la evaporación del agua de los árboles sobre los diferentes Sistemas Terrestres: Biosfera, Geosfera, Atmósfera e Hidrosfera).



Actividad 8:

Actividad de síntesis - Las plantas como conductoras de agua hacia la atmósfera
Primera Parte: Organización del conocimiento – La planta como conductora del agua hacia la atmósfera

1. Tienen ante ustedes la ilustración de una planta creciendo en el suelo. Traten de describir el movimiento del agua desde el suelo, a través de la planta, hacia la atmósfera. Señalen sobre la ilustración los procesos que aprendieron en este capítulo.



2. ¿Cuáles son sus conclusiones principales con respecto al tema “La planta como conductora del agua hacia la atmósfera”, como resultado de las últimas siete actividades que realizaron?
3. Organicen su conocimiento de la siguiente manera: en el encabezado de la tabla se encuentran los conceptos que fueron aprendidos en los experimentos que llevaron a cabo en este capítulo (los nombres de los experimentos se encuentran en la columna izquierda). A lado de cada experimento señalen con una paloma o tilde () debajo de cada concepto que se aprendió en este experimento.

Conceptos Experimento	Transpiración	Capilaridad	Estomas	Absorción de agua	Tubos de conducción	Succión	Evaporación
¿Pierden las plantas agua?							
¿Por dónde pierden agua las plantas?							
¿De dónde absorben las plantas agua?							
¿Cómo llega el agua desde las raíces a las hojas?							
¿Cómo sube el agua por el tallo de la planta?							
Capilaridad en el suelo							
¿Cómo influye el proceso de transpiración sobre el sistema de aguas subterráneas?							

Parte B: Observamos una fotografía

Observen la fotografía de la portada de este capítulo y traten de calcular la altura de los árboles del bosque que aparece en la fotografía.

Describan en el dibujo o en unos cuantos enunciados (oraciones), el mecanismo que posibilita el ascenso del agua en los árboles de los bosques de lluvia (higrofíticos), desde las raíces hasta las copas que se encuentran a decenas de metros de altura.

Importante: Utilicen en su descripción la información que acumularon en las actividades de este capítulo.

Parte C: Análisis de fragmentos de información

Lean los fragmentos de información que se encuentran en las siguientes páginas y anoten debajo de cada uno de ellos, la observación y la conclusión a la que llegaron en los experimentos que llevaron a cabo en este capítulo y que apoyan la información que aparece en el fragmento. Vean el siguiente ejemplo.

¿Acaso las plantas pierden agua?

Cada cuerpo que se encuentra expuesto al aire pierde agua: un piso mojado, ropa húmeda, un charco, tierra recién regada, seres vivos, plantas, etc. Esta pérdida de agua se lleva a cabo debido al proceso de evaporación del agua expuesta al aire y a su conversión al estado gaseoso o vapor de agua. La pérdida de agua de los cuerpos hacia el aire, en forma de vapor de agua, se conoce como **evaporación** y el de las plantas se conoce como **transpiración**. El ritmo de pérdida de agua depende de muchos factores, entre los que se encuentra la superficie expuesta al aire en función del volumen. Ustedes seguramente saben que la ropa recién lavada extendida, se seca más rápido que aquella que no está extendida.

El proceso de evaporación lleva cantidades enormes de agua de las plantas hacia la atmósfera. Investigadores forestales evaluaron la cantidad de agua que se evapora diariamente desde la superficie de las hojas (o acículas) de los pinos hacia la atmósfera.



Información Adicional



Investigadores forestales demostraron que de cada hectárea de pinos (10.000 m²), se evaporan diariamente unos 7.000 litros de agua hacia la atmósfera.

Observación: En la actividad ¿Acaso pierden agua las plantas? vimos que el peso de la probeta + la planta después de seis días, fue menor en comparación a su peso el primer día del experimento.

Conclusión: En las plantas se lleva a cabo un proceso de pérdida de agua hacia la atmósfera.

¿Cómo pierden agua las plantas?

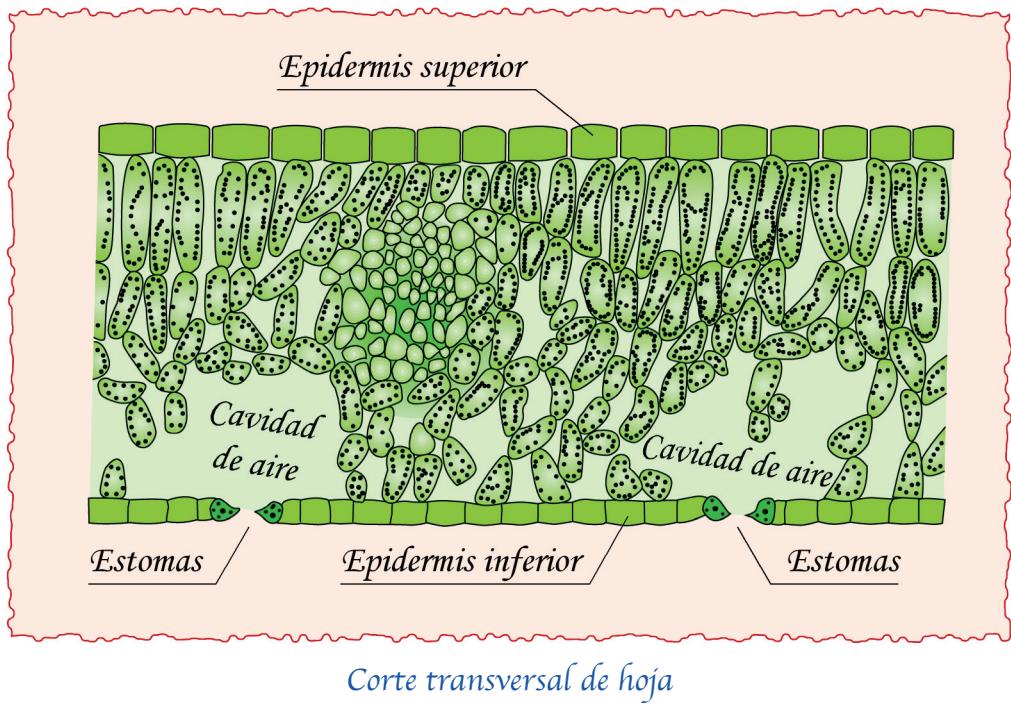
Las plantas, como todos los seres pluricelulares, se encuentran envueltas por una capa de tejido exterior (epidermis) compuesta de células. Cuando observamos, a través del microscopio óptico, el tejido exterior de las hojas o de los tallos, se pueden identificar, algunas veces, células relativamente grandes que conforman estructuras cuya forma parece una boca y de ahí su nombre estomas, que en griego significa boca (stōma).

Los estomas conducen a unas grandes cavidades de aire que abarcan, algunas veces, una gran parte del volumen interno de la hoja. Así que, de hecho, la superficie de contacto entre el tejido de la hoja y el aire, es mucho mayor que la superficie exterior de la hoja.

Los estomas están compuestos por dos grandes células, conocidas como **células oclusivas** y éstas sirven como sus “labios”. Cuando la planta se encuentra turgente, las células oclusivas están dilatadas (tienen mayor turgencia) y toman la forma de dos plátanos (bananas) entre los cuales hay una apertura (poro). El estoma está completamente abierto. En las horas de mayor temperatura e irradiancia la planta puede perder mucha agua. Por lo tanto, las células oclusivas pierden parcialmente su turgencia y los bordes del poro se acercan y pasan a estar rectos con lo cual el estoma se encuentra prácticamente cerrado.

Observación:

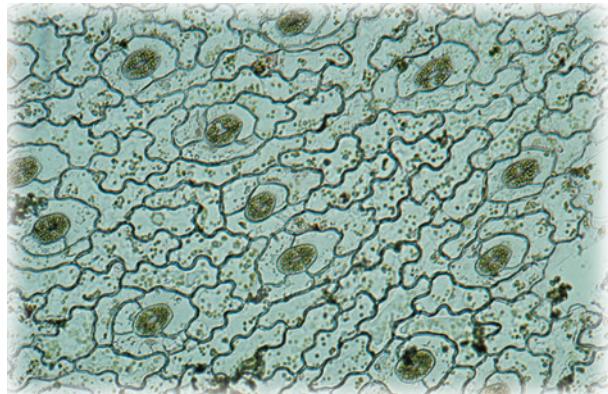
Conclusión:



¿Para qué necesitan las plantas ostíolos o poros minúsculos en su epidermis?

El tejido de la planta expuesto a la luz se encuentra cubierto por una cutícula constituida por cutina y ceras, que son sustancias grasas que repelen el agua (hidrófobas). Por lo tanto, más del 95% del agua que pierde la planta durante el día sale a través de los estomas y sólo el 5% se evapora directamente a través de la cutícula de la hoja. Es a través de los estomas por donde se hace el intercambio de gases entre la planta y su entorno.

Durante el día la planta absorbe del aire, a través de los estomas, fundamentalmente dióxido de carbono y desprende por ellos vapor de agua, como así también oxígeno. Durante la noche, con los estomas casi cerrados, absorbe oxígeno y desprende dióxido de carbono con ritmos sumamente inferiores. Los ostíolos o poros de los estomas conducen a unas cavidades de aire que se encuentran en el tejido de la hoja o del tallo y es en éstas, donde se lleva a cabo el intercambio de gases. Cuando por condiciones ambientales deficitarias los estomas se encuentran



Estomas en la epidermis de una hoja de helecho. Fotografiado con un microscopio óptico (aumento X160)

casi cerrados, el intercambio de gases también se reduce marcadamente. De esta manera, la planta puede regular, a través de los estomas, el intercambio de gases con su entorno.

Observación:

Conclusión:

¿Puede la apertura de los estomas perjudicar a la planta?

Las plantas pierden grandes cantidades de agua a través de los estomas. La pérdida excesiva de agua, puede generar un desbalance en la planta ya que una pérdida de agua mayor a la absorción puede ocasionar el colapso de los sistemas de conducción de aquella. Los procesos evolutivos seleccionaron en la mayor parte de las plantas mecanismos de ajuste y adecuación que tienden a la conservación del agua de la misma ante situaciones no favorables. El tamaño del ostíolo o poro de los estomas cambia durante el transcurso del día. En la mayoría de las plantas los estomas están abiertos con la luz y se cierran casi completamente con la oscuridad. Si bien existen plantas cuyos estomas nunca se cierran o sólo se abren durante la noche (familia botánica: Cactaceae). En las horas de la tarde y la mañana, cuando las células oclusivas absorben agua de las células del tejido epidérmico que se encuentra a su lado, éstas aumentan su volumen y los estomas se abren. De la misma manera, cuando las células oclusivas pierden mucha agua, en las horas del mediodía por ejemplo, su volumen se reduce y los estomas se pueden cerrar parcialmente.

En una gran cantidad de plantas, como el maíz, la manzana y el jitomate (tomate), el número de estomas en la parte superior de la hoja, que están expuestos directamente al sol, es mucho menor que el número de estomas que se encuentra en la parte inferior de la hoja. Esta disposición posibilita que la apertura de los estomas no genere una mayor pérdida de agua.

Observación:

Conclusión:

¿De dónde llega el agua a la planta?

El papel principal de la raíz es la absorción de agua y sales que se encuentran disueltas en la misma, si bien también produce hormonas que se relacionan con el crecimiento.

En una gran cantidad de plantas, el sistema radical presenta ramificaciones, una gran cantidad de raíces laterales que aumentan considerablemente tanto la longitud en general de la raíz, como así también su superficie. Esta enorme superficie del sistema de raíces hace contacto con las partículas del suelo y con la solución que se encuentra entre las mismas.

La raíz absorbe el agua, especialmente en la zona de los pelos absorbentes. Estos largos y sumamente delgados pelos absorbentes crecen entre las partículas del suelo, las circundan y

aglomeran y absorben el agua que se encuentra en su entorno así como las sales disueltas en la misma.

Esta solución pasa a través de las células, sus paredes celulares, membranas y a través de los espacios intercelulares que se encuentran en la raíz, dirigiéndose hacia los conductos xilemáticos y de ahí sube al resto de las partes de la planta.

Vale la pena destacar la magnitud del volumen de agua que fluye a través de las plantas en comparación con otros procesos. Una planta de maíz que en un día de verano transpira un litro de agua, sólo requiere 40 mililitros para el crecimiento de nuevas hojas y apenas 4 mililitros para la etapa bioquímica de la fotosíntesis.

Observación:

Conclusión:

¿Quién conduce el agua en la planta?

Los sistemas conductores de la planta están compuestos por dos sub-sistemas que tienen funciones diversas, pero ambas importantes:

- a. **Floema** – Sistema conductor de las sustancias alimenticias (fundamentalmente orgánicas) en la planta. Las hojas verdes producen azúcares solubles (fundamentalmente glucosa) en el proceso de la fotosíntesis. La glucosa que se genera en las hojas, pasa a través del floema del tallo a los órganos de consumo y reserva como las frutas, raíces y brotes. Existen plantas cuyas raíces se especializaron en el almacenamiento de sustancias de reserva, como la zanahoria, la patata (batata) y el rábano. El proceso de la fotosíntesis y la conducción de sustancias alimenticias en la planta serán examinados en profundidad en estudios posteriores.
- b. **Xilema** - Sistema conductor, fundamentalmente del agua y sustancias minerales, en la planta. El sistema conductor del xilema realiza el transporte de agua y sales de la raíz al resto de las partes de la planta. El transporte de agua se lleva a cabo en un sistema de células muertas (vasos) de las cuales sólo quedaron las paredes celulares engrosadas. En el lugar de cada célula muerta se genera un espacio libre que facilita el desplazamiento del agua. Estas células son, en general, de mayor diámetro, alargadas y aguzadas y contienen una gran cantidad de orificios que posibilitan el paso del agua entre las células vecinas.

Observación:

Conclusión:

¿Por qué asciende el agua en la planta?

Hay dos factores que determinan el movimiento ascendente del agua:

1. **El Proceso de transpiración** – En las cavidades de aire que se encuentran en las hojas, el agua se convierte en vapor (se evapora) y se libera hacia el ambiente en el proceso de transpiración. Como resultado, en las hojas se genera, sobre todo durante el día, un menor potencial químico o nivel energético de agua con respecto al de las raíces. Se puede uno imaginar al agua ascendiendo por la planta, como a un largo tren en el que cada uno de sus vagones es una molécula de agua. Cuando las moléculas de agua se evaporan de las hojas, la succión que genera la transpiración jala (tira de) el “tren”. El agua que se encuentra en los vasos es jalada hacia arriba a través del sistema conductor y por cada molécula que sale por arriba, entra otra molécula por abajo. De esta manera se absorben nuevas moléculas de agua a través de las raíces.

Si no fuera por el proceso de transpiración, no sería posible el desplazamiento del agua desde las raíces hasta las copas de los árboles, ya que el proceso de capilaridad sólo permite explicar el ascenso de columnas de agua a unos pocos decímetros de altura. La velocidad del transporte de agua en las plantas varía según la especie. En árboles de eucalipto, con una altura de 50 metros, se midieron velocidades entre 20 a 45 metros por hora.

2. **Las fuerzas de cohesión entre las moléculas del agua** – La continuidad en la columna de agua dentro de la planta se logra a través de las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua. El agua es absorbida por la planta mayormente a través de los pelos absorbentes, que se encuentran en los extremos de las raíces. Pasan luego al sistema conductor, generándose un flujo continuo de agua a lo largo de la planta (como si fueran columnas de agua) hasta las hojas que se encuentran en la copa. Las fuerzas de cohesión que existen entre las moléculas de agua y las fuerzas que adhieren el agua a las paredes de los conductos, evitan ante grandes tensiones la ruptura de la columna de agua y la penetración de aire al sistema. La penetración de aire provocaría el colapso de la columna de agua (fenómeno que se denomina cavitación) y como consecuencia impediría la llegada del agua a la copa.

Observación:

Conclusión:



