

CAPÍTULO 1
EL AGUA Y SUS CAMINOS
EN EL PLANETA

Muchas veces hemos escuchado que la Tierra es “el planeta azul”; y que, en vez de llamarse “Tierra”, debería llamarse “Agua”. Esto es debido a que el agua cubre la mayor parte del planeta (un 72% de la superficie), ya sea en forma líquida, como en los océanos, ríos y lagos, o sólida (el hielo) en glaciares y casquetes polares. También está presente en forma de vapor de agua en la atmósfera (nubes). Y por último, una gran cantidad de agua se encuentra en la biomasa de los organismos. El agua es el factor clave que posibilita el desarrollo de los grandes y diversos grupos de organismos que se han originado en nuestro planeta, ya que su ubicuidad, su rol como agente disolvente y como regulador térmico, entre otros, moldean el mundo tal como lo conocemos. Aquí invitamos a saber un poco más acerca de su naturaleza y propiedades físicas y químicas, y sobre el ciclo hidrológico (el tránsito del agua en la Tierra). Repasaremos algunos de los parámetros más importantes que pueden medirse en campo y en laboratorio para evaluar su estado, y veremos experiencias sencillas que podemos llevar adelante nosotros mismos en el campo o en el aula. Finalmente, conoceremos la importancia del agua en las cosmovisiones de algunos pueblos originarios.

La molécula del agua: composición, propiedades e importancia

Desde el punto de vista químico, el agua es una sustancia cuya molécula está formada por tres átomos: uno de oxígeno y dos de hidrógeno (Fig. 1). El estado en el cual la encontraremos depende de la temperatura y de la presión. En la naturaleza, la fuente de presión constante es la atmosférica, la cual es relativamente estable, ya que solo disminuye a medida que ascendemos en altitud.

La temperatura, en cambio, es más variable: desciende a medida que nos alejamos del ecuador, y a medida que aumentamos en altitud (como cuando subimos una montaña). Lo que produce que en la naturaleza podamos encontrar el agua en los tres estados (líquida, en su mayor parte; sólida o gaseosa). Esta condición se debe a su composición: al ser una sustancia de bajo peso molecular, debería estar permanentemente en estado gaseoso a temperatura ambiente; sin embargo, las moléculas de agua son polares, donde el extremo positivo del *dipolo* es el hidrógeno y el extremo negativo es el oxígeno. Esto hace que las moléculas se atraigan entre sí con gran facili-

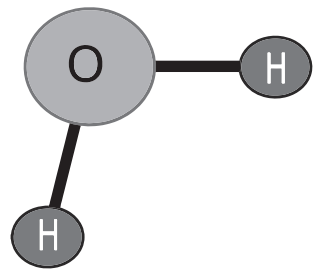


Fig. 1: La molécula del agua.

dad formando lo que se conoce como "puente hidrógeno" (Fig.2). En esta interacción el lado positivo de una molécula (un átomo de hidrógeno), se asocia con el lado negativo de otra molécula (un átomo de oxígeno), y son responsables de que encontremos agua líquida a temperatura ambiente, y de algunas propiedades del agua que son de suma importancia para el desarrollo de la vida tal como la conocemos. La mayor parte de las propiedades del agua se relacionan con su posibilidad de formar puente hidrógeno, una interacción que es fuerte y que es difícil de romper para separar las moléculas y llevar a cabo cualquier proceso, ya sea evaporación, condensación, congelación, etc.

Otra propiedad relacionada con la formación del puente hidrógeno es que el agua en su estado sólido es menos densa que en su estado líquido, lo que hace que el hielo flote sobre el agua. La importancia de este hecho radica en que, al congelarse, el agua de lagos o ríos no lo hace por completo, sino que se congela una parte que queda flotando en la superficie permitiendo que la vida siga desarrollándose por debajo de la capa de hielo. Además, el agua tiene un elevado *calor de evaporación*, por lo que ejerce una función reguladora de la temperatura del ambiente y de los organismos *endotermos*. Los ambientes cercanos a grandes masas de agua tendrán un clima más moderado, ya que el agua absorberá mucha energía durante el día y la irá liberando durante la noche, lo que ocasionará que los cambios de temperatura sean menos bruscos. Por esta misma propiedad, el agua se usa para enfriar mecanismos como motores y maquinarias, y también a nosotros mismos, ya que al sudar el agua que se evapora se lleva el exceso de calor de nuestro cuerpo.

Otras propiedades a destacar son la tensión superficial y las fuerzas de adhesión elevadas. La tensión superficial es una medida de la fuerza que se requiere para abrir la película superficial del agua, y es la responsable de que insectos como los zapateros o patinadores puedan vivir sobre la

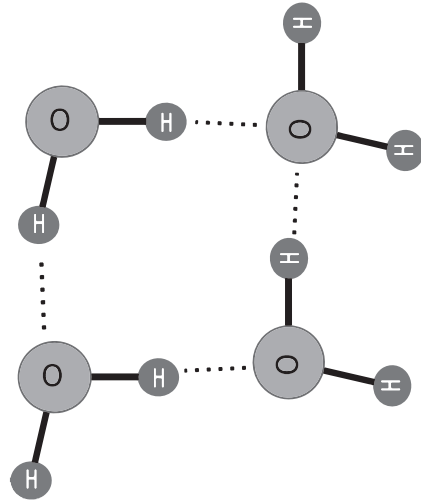


Fig. 2: Interacciones de atracción mediante puentes de hidrógeno entre moléculas de agua.

superficie del agua. Por otra parte, las fuerzas de adhesión son las fuerzas que actúan entre las moléculas y su entorno. En este caso, estas fuerzas son responsables de la capilaridad del agua, es decir, su propiedad de ascender a través de tubos muy delgados. Esta capacidad juega un rol clave para la vida en el planeta, ya que es la que permite a los árboles absorber el agua con sales disueltas del suelo y elevarlas hasta las hojas para realizar la fotosíntesis.

El agua también tiene la capacidad de realizar el proceso de ósmosis. El mismo se define como una *difusión pasiva*, caracterizada por el paso del agua, a través de una *membrana semipermeable*, desde una solución más diluida hacia una más concentrada. Por ejemplo, es el paso del agua desde la parte de la célula donde hay menos cantidad de iones hacia donde hay una mayor concentración de los mismos.

Además, gracias a las características de su molécula el agua es considerada el solvente universal, es decir que puede disolver una gran cantidad de sustancias, especialmente sales y compuestos inorgánicos, así como compuestos orgánicos con cierta polaridad y de bajo peso molecular. De este modo el agua pura casi no existe en la naturaleza, siempre tiene sustancias disueltas, como iones de sodio, cloro, potasio, magnesio, calcio, carbonato y sulfato en mayor medida; llegando a tener mayores cantidades como en el caso del agua marina, y siendo hipersalina en algunas lagunas de altura, como las que se encuentran en la Puna de Argentina y países limítrofes. Este hecho la hace particularmente propensa a contaminarse con tóxicos producidos por la actividad humana.

Todas estas propiedades producen que el agua sea el componente mayoritario en el cuerpo de casi todos los seres vivos (por ejemplo, constituye alrededor del 70% del peso del cuerpo humano, y más del 85% en una medusa), y sea la encargada de trasladar los nutrientes y los desechos, como lo hacen la sangre y otros fluidos animales y la savia de los vegetales.

Los caminos del agua en la naturaleza: el ciclo hidrológico

A los movimientos del agua entre la atmósfera y la superficie terrestre (y sus capas sub-superficiales) se le llama ciclo hidrológico. Situémonos en la Fig. 3, (ver al final del Capítulo), en el agua superficial (puede ser marina o continental). Desde aquí el agua se evapora y pasa a formar nubes. Las nubes pueden desplazarse por acción de los vientos, hasta que encuentran las condiciones adecuadas para precipitar y caer nuevamente a la superficie en

forma de lluvia o nieve. Una vez que precipita, el agua tiene varios caminos: es absorbida y retenida por el suelo y la cubierta vegetal; una parte se infiltra y corre por debajo del suelo, convirtiéndose en agua subterránea; y otra sigue por la superficie, convirtiéndose en escorrentía, y encauzando finalmente en arroyos y ríos. Estos últimos siguen su curso hasta desembocar en lagunas, lagos (naturales o artificiales), en el mar, o pueden incluso volver a infiltrarse en la tierra o evaporarse.

Las modificaciones humanas al paisaje natural afectan este ciclo. Por ejemplo, al talar los bosques, el suelo tiene menor capacidad de absorber y retener el agua que cae, por lo que se incrementa la *escorrentía* y esto se traduce en crecidas de ríos y arroyos, que pueden provocar inundaciones. Este problema se ve agravado por el cambio de cobertura del suelo. Un ejemplo de esto, es el cemento de las ciudades, que al ser impermeable favorece el movimiento del agua que, al no infiltrarse, se desplazará más rápido (con mayor potencial destructivo) y quedará estancada en las zonas más bajas, hasta que pueda drenar naturalmente. Esta es solo una de las consecuencias que pueden desarrollarse a partir de un mal uso por parte de la sociedad humana hacia la naturaleza.

Parámetros más relevantes para analizar, técnicas de campo y laboratorio para su estudio

Los indicadores físico-químicos son claves para el estudio de la calidad del agua, y son irremplazables debido a la precisión y exactitud de las medidas y la compatibilidad de las metodologías; además aseguran que en distintas partes de un territorio pueda desarrollarse un seguimiento de calidad del agua objetivo. Los parámetros más relevantes son los siguientes:

pH: el pH es la medida de acidez o alcalinidad de una disolución. Indica la concentración de iones H^+ (“iones hidrógeno”) presentes. Su rango se encuentra entre 0 y 14: cuando el valor es 7, el medio acuoso es neutro; menor a 7 es *ácido*; y mayor a 7 es *básico* o *alcalino*. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

El control de esta variable es de suma importancia, dado que elevados valores de pH, sumado a otros factores ambientales como la luz, velocidad del agua y disponibilidad de nutrientes, entre otros, favorecen el desarrollo de cianobacterias (algas verde-azuladas) que pueden ocasionar serios inconvenientes en la calidad del agua. Bajos valores de pH, en cambio, pueden provocar daños en las *branquias* en algunos peces; por ejemplo, la bi-

biografía indica que el umbral de daño para el caso de los salmónidos (especie más tolerante a pH ácido) se encuentra entre los 5,2 y 5,6. Este parámetro puede medirse en campo de manera precisa mediante equipos especializados (peachímetro). Otro método sencillo, pero menos preciso, es usando tiras reactivas de pH.

Conductividad: es la capacidad que tiene el agua para conducir electricidad. Esta depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas (principalmente sales minerales) en el agua, de su movilidad, y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Existe una relación entre la salinidad y la conductividad de una muestra de agua, por lo tanto, mientras más sales contenga el agua, mayor será su conductividad. El valor de la conductividad es usado para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos y de los principales iones. La conductividad de la mayoría de los cuerpos de agua dulces se encuentran entre 10 y 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (micro siemens sobre centímetro) pero puede ser mayor, especialmente en aguas contaminadas o que han recibido grandes cantidades de escorrentía agrícola. Las medidas se realizan en campo o en laboratorio mediante un conductímetro.

Turbidez: es un parámetro usado habitualmente en aguas naturales como indicador de la presencia de sólidos especialmente *coloidales*. La turbidez puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño. De forma natural se origina de la erosión de arcillas, aluviones, rocas fragmentadas y óxidos metálicos provenientes del suelo; también contribuyen las fibras vegetales y microorganismos. La turbidez puede aumentar por el incremento de materia orgánica o escorrentía y vertido de efluentes con un elevado contenido de material en suspensión. Para obtener los valores de este indicador se mide la extensión con la que un rayo de luz es reflejado en su paso por el agua en un ángulo de 90 grados. El instrumento usado para su medida es el turbidímetro.

Oxígeno disuelto: el oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua. Es uno de los indicadores más utilizados en sistemas lóticos ya que participa en un gran número de procesos que tienen lugar en el medio acuático. Proviene del oxígeno en el aire que se ha disuelto en el agua, por lo que está muy influido por las turbulencias del río (que aumenta el OD) y la temperatura (a mayor temperatura, disminuye el OD). Asimismo, parte del OD es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. El rango óptimo para los seres vivos oscila entre 7 y 12 ppm (partes por millón) o mg/l de OD. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto

indica agua de mejor calidad. El oxígeno disuelto es fundamental para la vida acuática, por lo que bajos valores del mismo, pueden producir mortandades masivas de organismos.

En ecosistemas impactados por descargas de efluentes con alta carga de materia orgánica (papeleras, citricolas, ingenios, etc.) los valores de OD disminuyen bruscamente producto de la descomposición de la materia orgánica por lo que el monitoreo de este parámetro es muy útil.

Temperatura: afecta la mayoría de los procesos físico-químicos y biológicos que tienen lugar en los ecosistemas acuáticos, como la solubilidad de los gases en el agua. Las variaciones de temperatura del agua se producen debido a los cambios de la temperatura ambiental originadas en el ciclo natural de las estaciones, o bien en la diferencia térmica entre el día y la noche. El impacto antropogénico más importante, por ejemplo, es el vertido de agua caliente utilizada como refrigerante en centrales térmicas y eléctricas. Estas variaciones pueden causar diferentes impactos en los ecosistemas acuáticos, como la disminución de la biodiversidad y cambios irreversibles en la fisiología de los organismos.

Materia orgánica: es una mezcla heterogénea derivada principalmente de los productos de descomposición de material vegetal, bacterias y algas que reacciona con el oxígeno en un proceso de *oxidación*. Las determinaciones de materia orgánica se realizan en el laboratorio, de dos formas principales: 1) Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO): es el consumo de oxígeno que tiene lugar en el medio acuático por parte de los microorganismos. La cantidad de oxígeno consumido en este proceso se expresa según el tiempo transcurrido (generalmente se mide a 5 días, y se informa en mg de oxígeno/L). Los valores de DBO hallados en aguas naturales son del orden de 10 mg/L, mientras que para aguas residuales urbanas tratadas, 500 mg/L. 2) Demanda Química de oxígeno (DQO): es la oxidación mediante un oxidante químico estandarizado, por ejemplo, el dicromato de potasio. La relación DBO/DQO para aguas residuales urbanas es aproximadamente 2, y valores superiores indicarían la presencia de aguas residuales industriales. Tanto la DBO como DQO, deben ser determinadas en laboratorios específicos.

Nutrientes: son compuestos principalmente de nitrógeno y fósforo. Estos compuestos acompañan a la materia orgánica en los efluentes domésticos, y pueden provenir también de fertilizantes y *excretas* ganaderas. Los aportes excesivos de nitrógeno y fósforo pueden ocasionar fenómenos de *eutrofización*. Este proceso tiene un efecto adverso en la calidad del agua,

ya que, grandes cantidades de productores primarios (p. ej. algas) causan disminución de oxígeno de las zonas profundas de los cuerpos de agua, aumentando la turbidez, afectando a otros organismos e interfiriendo en los procesos de potabilización del agua. Las determinaciones de ambos compuestos se realizan en laboratorios.

Cosmovisión del Agua en los pueblos originarios

El agua como elemento de la naturaleza siempre ocupó un lugar esencial en el espíritu humano. Por sus diversas manifestaciones en la naturaleza y su virtud de dadora de vida, el agua ha formado parte de las cosmovisiones de antiguas civilizaciones como griega, hindú y china. Para los antiguos, los elementos de la naturaleza (agua, tierra, fuego y aire) eran los constituyentes básicos del cosmos y, sus distintas interacciones, explicaban muchos fenómenos.

En la cosmovisión de los pueblos originarios de nuestra región el agua aún ocupa un rol central. Para los pueblos andinos, el agua se percibe como un ser vivo, proveedor de vida y de animación del universo. Esta visión ha sido factor fundamental para la adecuada cosecha, conservación y reproducción de los recursos hídricos. De igual manera, según las tradiciones antiguas transmitidas, el agua en su origen proviene de *Wirakocha* (de wayra: viento y kocha: lago), dios creador del universo que fecunda la Pachamama (Madre Tierra) y permite la reproducción de la vida. Es, por tanto, una divinidad que está presente en los lagos, lagunas, mares, ríos y todas las fuentes de agua. El agua debe cumplir una función social considerando la integración de los seres vivos, la articulación de la naturaleza y de la sociedad humana. Es la sangre de la Tierra y del universo andino. Es importante que facilite la práctica recíproca en las comunidades andinas. Tiene que ordenar la vida de los individuos, presentando la diferencia no como oposición, sino como complementariedad, facilitando la solución de los conflictos sobre la base de acuerdos comunitarios. El agua “es de todos y es de nadie”. Pertenece a la Tierra y a los seres vivos, incluyendo al ser humano. Por lo tanto, es de importancia primordial que se distribuya equitativamente de acuerdo a necesidades, costumbres, y normas comunitarias, y según su disponibilidad cíclica. El agua es base fundamental para la recreación de la diversidad en el espacio y el tiempo, en las organizaciones comunitarias, y en la participación de la población, permitiendo la autodeterminación de las comunidades, en discusión y diálogo permanente con la naturaleza.

Los Aymaras, pueblo andino que habita la región del lago Titicaca, consideran que descienden del agua. En la visión de los Aymaras el agua relaciona e integra la totalidad de los elementos del cosmos, es decir, conecta el mundo del macrocosmos y microcosmos. En las palabras de los Aymaras, el agua de los ríos, lagos, y lagunas en un determinado momento sube a través del vapor al mundo celeste y luego retorna en forma de lluvia para fecundar a la Madre Tierra o Pachamama. Tanto es el respeto por parte de los Aymaras hacia el agua que se ha divinizado, y está representada por la Mama Oota o Quchamama (diosa del agua).

Para los pueblos del chaco, el agua no es simplemente un elemento de la naturaleza: tiene vida propia, una vida a veces antojadiza que obliga a los seres humanos a tratarla con respeto. El agua siempre ha estado allí y es necesario que allí siga, para garantizar la continuidad del mundo como explica el mito Qom Peletche (mito de la creación del mundo). Por todo esto, en lugar de ser un mero componente del medio a explotar, para ellos es parte indisoluble de la vida y debe recibir el mismo tratamiento de respeto que cualquier ser vivo.

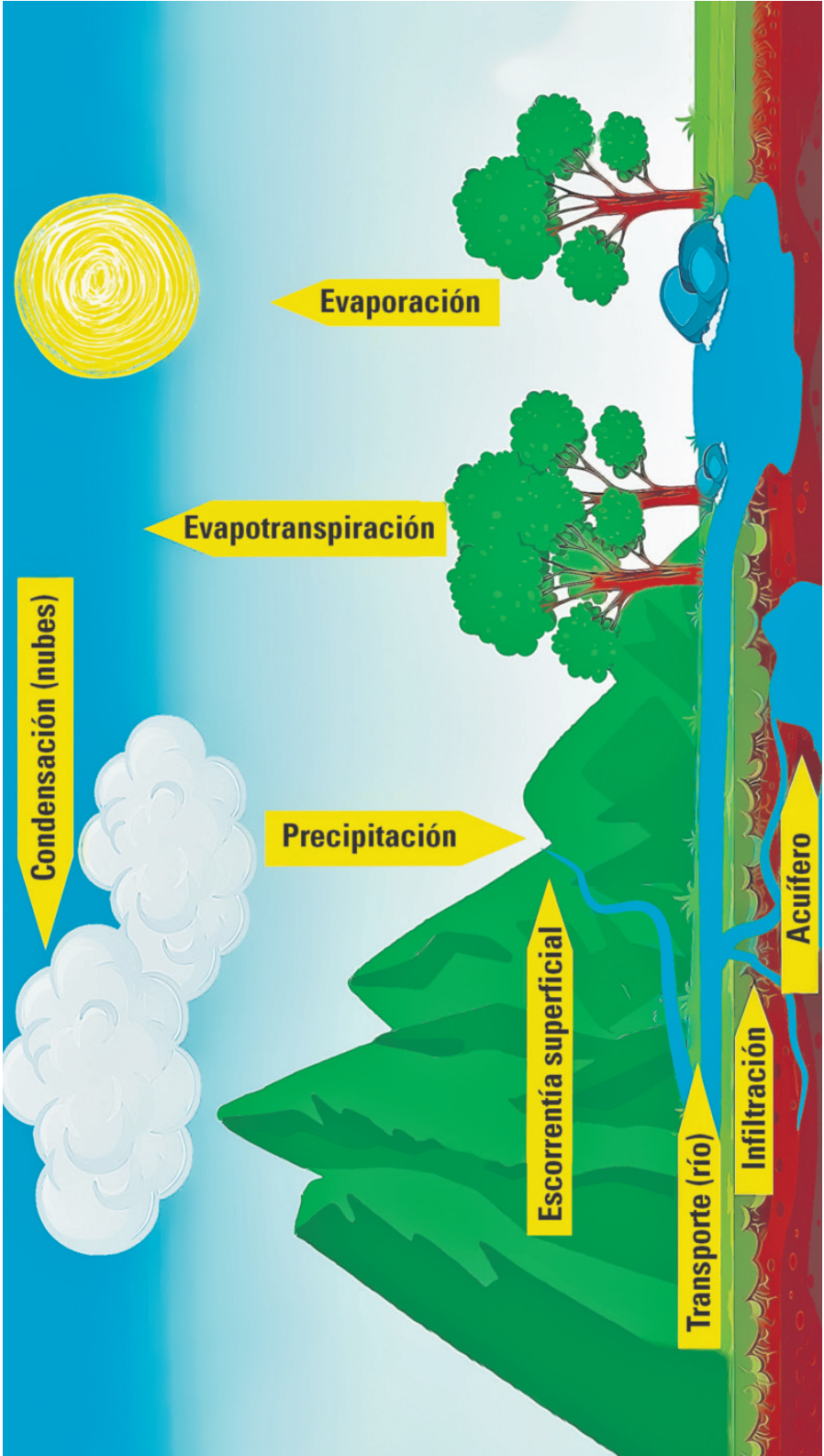


Fig. 3: Vista esquemática del ciclo del agua en un ecosistema natural.

FICHA DIDÁCTICA Nº1



TÍTULO/TEMA

El agua como disolvente.

OBJETIVO/INTENCIÓN PEDAGÓGICA

Ejemplificar de manera práctica algunas propiedades del agua, especialmente la solubilidad.

Desarrollar varios experimentos sencillos en el aula.

CONTENIDOS

Se trabajará principalmente la propiedad del agua como disolvente y cómo esas sustancias en disolución pueden conducir la electricidad.

MATERIALES NECESARIOS

Se necesitarán varios vasos o algún otro recipiente para poner agua. Sal de mesa, una batería de 12v y un foco adecuado, con sus respectivos cables (puede reemplazarse por un juego de foco y baterías similares de menor voltaje). Agua destilada y agua de la canilla. Aceite de cocina. Alcohol. Varias cucharas.

DESARROLLO SECUENCIAL, PROCEDIMENTAL Y TIEMPO ESTIMADO

-Primero vamos a evaluar el rol del agua como diluyente. Para eso utilizaremos agua de la canilla y tres sustancias que intentaremos diluir: sal, aceite y alcohol etílico. Preparemos 3 vasos con agua. Al primero le agregaremos una cucharada de alcohol y revolvemos y observamos qué sucede. Luego agregamos 3 cucharadas más de alcohol (en el mismo vaso) y observamos qué sucede. Anotar lo que observamos. En el segundo vaso agregaremos media cucharada de sal. Revolvemos bien y observamos lo que sucede. A continuación, en el mismo vaso, agregamos 3 cucharadas de sal, revolvemos bien, y observamos lo que sucede. Al tercer vaso le agregamos dos cucharadas de aceite y observamos lo que sucede. A continuación, revolvemos y observamos lo que sucede.

-El segundo experimento consiste en encender el foco usando un vaso de agua como conductor de la electricidad. Para eso, con un cable, conectaremos el borne positivo de la pila al del foco. Del otro borne, tanto del foco como de la pila saldrá un cable que se sumergirá en los siguientes líquidos: 1) agua destilada, 2) agua de la canilla, 3) agua de la canilla con una cucharadita de sal. Observar y anotar lo que sucede en cada uno de los casos.

EVALUACIÓN

La evaluación puede ser escrita, preguntando individualmente a cada estudiante qué es la solubilidad. Que explique cuáles sustancias se mezclaron con el agua y cuáles no. Y qué sucedió con la conducción de corriente eléctrica entre las tres soluciones.

PROPUESTAS-SUGERENCIAS PARA LA CONTINUIDAD DE ESTOS "APRENDERES" (Y POSIBLE ARTICULACIÓN CON OTROS ESPACIOS CURRICULARES)

Se propone continuar investigando recursos audiovisuales en internet, y responder las siguientes consignas: explique en sus propias palabras por qué el agua es tan importante para la vida. Mencione dos propiedades que la hacen fundamental.