

QUÍMICA I

UNIDAD I

Patricia Velázquez Gómez

César Robles Haro

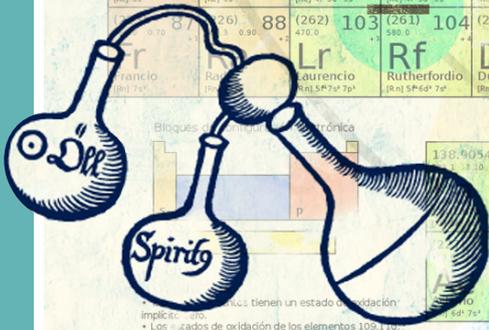
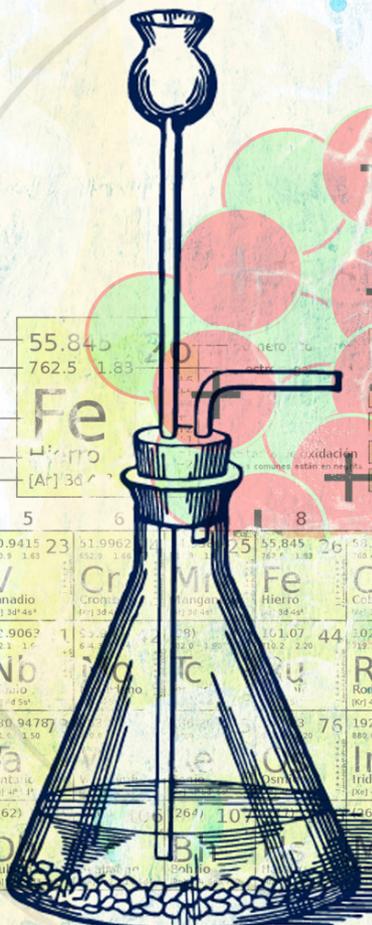


ANTOLOGÍA

periodo 1	H																																			
2	Li		Be												B		C		N		O		F		Ne											
3	Na		Mg												Al		Si		P		S		Cl		Ar											
4	K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr	
5	Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Tc		Ru		Rh		Pd		Ag		Cd		In		Sn		Sb		Te		I		Xe	
6	Cs		Ba		Lu		Hf		Ta		W		Re		Os		Ir		Pt		Au		Hg		Tl		Pb		Bi		Po		At		Rn	
	Fr		Ra		La		Rf		Db		Sg		Bh		Hs		Mt																			

masa atómica o número másico del isótopo más estable
 1.º energía de ionización en kJ/mol
 símbolo químico
 nombre
 configuración electrónica

55.845
 762.5
 Fe
 Hierro
 [Ar] 3d⁶ 4s²



* Los elementos que tienen un estado de oxidación implícito.
 * Los números de oxidación de los elementos 103, 104, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117 y 118 son predicciones.
 * Las configuraciones electrónicas de los elementos 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117 y 118 son predicciones.

ANTOLOGÍA
QUÍMICA I
UNIDAD I

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



QUÍMICA I

UNIDAD I

ANTOLOGÍA

Patricia Velázquez Gómez

César Robles Haro

Antología. Química I. Unidad I

Primera edición: Octubre de 2021.

D.R. © Patricia Velázquez Gómez

D.R. © César Robles Haro

Diseño de la Colección: D.R. © Mario Palomera Torres

ISBN: 978-607-30-5248-1

ISBN de la Colección: 978-607-30-5239-9

D.R. © UNAM 2021, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX.

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Insurgentes Sur y Circuito Escolar, Ciudad Universitaria,

México, C.P. 04510, CDMX.

www.cch.unam.mx

Esta edición y sus características son propiedad
de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio,
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México - *Made in México.*

ÁREA CIENCIAS EXPERIMENTALES

Índice

Presentación 9

UNIDAD I

Agua, sustancia indispensable para la vida

El origen cósmico del agua (Rodríguez, L. y Gómez, Y.) 12

Yo químico (Sosa, P.) 27

Agua Impura (Martínez- Villegas, N. y Fuentes, R. M.) 34

Tratamiento de aguas residuales (Ceja de la Cruz, U.) 42

Hidrógeno, energético del futuro (Gasque, L.) 51

La extravagancia del agua (Bernal U., M., y Uruchurtu, G.) 59

¿Cómo sabemos que existen los átomos? (Almagro, M.) 67

¿Qué papel cumple el agua en los organismos vivos? (Rico, A. et al) 81

<i>Agua en el planeta</i> (s/a)	70
<i>Agua, el recurso más valioso</i> (Guerrero, V.)	100
Fuentes institucionales y didácticas	108

Presentación

La cosa más rara, escasa y abundante.

¡Qué de cosas no se han escrito sobre el agua! Se le ha comparado por su valor con el oro, se sabe que las formas de vida de nuestro planeta no podrían existir sin ella y que otras formas de vida sin ella serían poco probables, por eso los científicos la buscan en otros planetas para poder estimar si podría haber vida. En algún momento se le consideró un componente básico de la materia (en Oriente y en Occidente el agua fue un elemento), en fin, algo de lo mucho que se puede decir del agua será mejor que lo presentemos de forma debida en las siguientes lecturas que ponemos a tu consideración joven lector.

Éstas tienen como propósito ayudarte a comprender el papel del agua en nuestra vida y apoyarte a comprender los temas que hay en el programa de la asignatura de Química I del CCH en su primera unidad, pero, más que otra cosa, pretendemos que te diviertan y te motiven a hacerte preguntas, de forma que puedas pensar más allá de la escuela en la forma en la que te relacionas con tu entorno y como podrías ayudar a aprovechar de forma racional un recurso que si bien es muy abundante, para nuestras necesidades más apremiantes es cada vez más escaso.

Durante este viaje platicaremos a través de los ojos de diversos autores sobre las propiedades y usos, así como las dificultades que atravesamos los seres humanos para poder conseguir agua, que nos permita obtener nuestros alimentos, saciar nuestra sed y obtener bienes y servicios que mejoren nuestra calidad de vida. Así, veremos cuál es el papel del agua en los organismos, por qué se dice que es el recurso más valioso, veremos si nos conviene tomar agua pura o impura, por qué decimos ciertamente que es una cosa rara, de dónde viene el agua que existe en el universo, cuánta agua hay en nuestro planeta, cuál puede ser el papel del agua en un mundo sediento de energías limpias; y puesto que a fin de cuentas el agua se trata en un curso de química, qué papel juegan los químicos en el mundo.

Esperemos, pues, que estos textos te sean amenos y útiles y, sin más, le damos la palabra a los expertos, estamos seguros de que, de la mano de tus profesores, sabrás sacarle provecho a la información que te presentamos.

UNIDAD I

**Agua, sustancia
indispensable
para la vida**

El origen cósmico del agua

Aprendizaje (s)

A-1. Identifica usos del agua en la vida cotidiana y en la naturaleza, al reflexionar acerca de su importancia. (N₁)

A-2. Observa el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura, con orden y responsabilidad, para comprender la naturaleza corpuscular de la materia. (N₂)

Ficha bibliográfica del texto o material

Rodríguez, L. y Gómez, Y. (2007) *El origen cósmico del agua*, Ciencia, (58) 6-16

Sinopsis

La lectura reseña la importancia del agua tanto para la vida como para el conocimiento de la vida fuera de la tierra. Describe las características del agua y las formas de búsqueda de ésta fuera de la tierra, así como algunas hipótesis del origen del agua en el planeta.

Justificación

El texto describe la importancia del agua, no sólo desde la perspectiva práctica de su uso, sino también como una herramienta para conocer el universo y sus características. Puede ayudar a despertar la curiosidad de los alumnos, y también con el apoyo del docente, guiar el desarrollo del aprendizaje 1 y 2. Al tiempo que se promueve la integración de los estudiantes y la socialización.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

- a) Momento de uso: Apertura del curso
- b) Forma de trabajo: En parejas / técnica de rompecabezas.
- c) Instrucciones:

Organice a sus alumnos en orden alfabético y agrúpelos en triadas. Asigne a cada pareja la lectura de una sección del documento, la mayoría de los grupos tiene 24 a 27 alumnos, por lo que se pueden tener 12 parejas y una triada. Si hay una pareja más esta puede ir recopilando información que comenten los alumnos, si hay un alumno más debe integrarse con alguna pareja. Antes de iniciar, pida a cada pareja que elabore una tabla donde para los conceptos compuesto y elemento consideren: las propiedades macroscópicas (visibles o evaluables con aparatos), propiedades de sus partículas (a nivel molecular o atómico), y ejemplos representados con dibujos. Cada pareja leerá el texto para comentar las ideas

que se presentan al grupo. La distribución del documento queda de la siguiente forma:

1. Introducción
2. El joven Universo sin agua.
3. Las primeras estrellas.
4. El enriquecimiento químico del espacio interestelar.
5. Ahora sí, agua.
6. A la búsqueda de agua extraterrestre.
7. La Luna, ¿qué sabe la Luna?
8. Más allá de la Luna.
9. Agua en lugares inhóspitos.
10. Agua extrasolar.
11. Agua extra galáctica.
12. El origen del agua en la Tierra.

Después de los comentarios de los alumnos, organice un intercambio de ideas acerca de la idea de que el agua es muy común. Con base en los comentarios, rescate qué condiciones se requieren para que exista agua en cada estado de agregación descrito, en el texto. Cuestione a los alumnos sobre el valor que tiene saber si hay agua en otras partes del universo, y cuál es el valor que tiene el agua en otros lugares donde no es tan abundante. Con esta información los alumnos pueden construir un resumen para apoyar los aprendizajes; para ello solicite que contesten el siguiente cuestionario:

Explica cómo fundamentas que la fusión de cuatro átomos de helio, forman un átomo de oxígeno.

Representa esta reacción con un modelo de partículas.

¿Cuál es el papel o función de la energía en la primera formación del agua?

¿Cómo representan a nivel atómico, lo que ocurriría con el agua al chocar el explorador lunar?, utiliza primero modelos de partícula y después trata de construir una ecuación química.

¿Qué nombre recibe la reacción de formación del ión hidroxilo?

¿Por qué se esperaba que hubiera agua en los cráteres?

Explica, según los autores del artículo, cuál fue el origen del agua en la tierra.

El origen cósmico del agua

Luis F. Rodríguez y Yolanda Gómez

Es reconfortante saber que la molécula más importante para la vida en la Tierra (H_2O) existe en otras partes de nuestro Universo, como lo han demostrado sensitivos radiotelescopios que reciben información de recónditos lugares del cosmos.

Introducción

Los humanos damos al agua por hecho: la vemos como un recurso que está ahí disponible para que lo utilicemos a nuestro antojo. Pero como pueden constatar los lectores de esta revista, el agua (al menos la utilizable para los procesos biológicos) puede acabarse en el futuro. Tenemos pues conciencia del presente y del futuro del agua. Pero, ¿qué podemos decir de su pasado? ¿Desde cuándo existe agua en el Universo? ¿Existe en otras partes del cosmos? ¿Cómo llegó a la Tierra?

El agua es una molécula sencilla, formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El hidrógeno es el elemento más común en el Universo; el oxígeno es también relativamente abundante (es el elemento más abundante después del hidrógeno y del helio: hay aproximadamente un átomo de oxígeno por cada mil de hidrógeno). Así, uno pensaría que si se dan las condiciones adecuadas estos átomos se unirían para formar agua.

Lo sorprendente es saber que no siempre hubo oxígeno en el Universo, y por tanto no siempre ha existido agua.

El joven Universo sin agua

Las observaciones astronómicas sugieren que nuestro Universo tuvo su inicio hace aproximadamente 14 mil millones de años. Esta teoría, que se conoce


 El origen cósmico del agua


como de la gran explosión (*big bang*), afirma que la materia, el tiempo y el espacio comenzaron a existir de manera repentina. En el comienzo, la materia que forma ahora al Universo estaba muy concentrada, formando un medio extremadamente denso y caliente. A partir de esa fase ha estado expandiéndose hasta llegar a las condiciones actuales. Las reacciones entre los núcleos de las partículas atómicas existentes (la llamada nucleosíntesis) llevaron a que, pasados los primeros tres minutos después de la gran explosión, el Universo estuviera formado prácticamente sólo de hidrógeno y de helio, en una proporción de aproximadamente diez átomos de hidrógeno por cada uno de helio. Esta proporción es precisamente la que se observa en el espacio cósmico, apoyando fuertemente a la teoría de la gran explosión.

Pero, ¿de dónde vienen entonces elementos como el carbono, el hierro, o el calcio, que nos forman a nosotros? ¿Y el oxígeno, sin el cual no existiría el agua, tema de este artículo?

El Universo prácticamente no tenía estos otros elementos en su juventud. De hecho, pasó mucho tiempo antes de

que éstos se formaran. La *era de la recombinación*, cuando los electrones se juntaron con los núcleos de hidrógeno y de helio, ocurrió 300 mil años después de la gran explosión. Aún entonces, casi todo era hidrógeno y helio, puesto que transformar a un elemento en otro requiere de condiciones muy especiales que no se habían dado después de los primeros tres minutos.

En el comienzo, la materia que forma ahora al Universo estaba muy concentrada, formando un medio extremadamente denso y caliente. A partir de esa fase ha estado expandiéndose hasta llegar a las condiciones actuales

Como hemos dicho, el Universo continuó expandiéndose como un todo, pero había en él regiones que por la atracción de la gravedad se hacían más y más compactas (digamos que

 Agua

iban a contrapelo de lo que ocurría en el Universo como un todo, contrayéndose mientras el Universo se expandía). Pasado entre un millón de años del origen, en estas regiones más densas (una de ellas sería después nuestra propia galaxia, la Vía Láctea) se comenzaron a formar, por contracción gravitacional, las primeras estrellas.

Después de que aquellas primeras estrellas enriquecieran el espacio con una diversidad de elementos químicos, se tenían los dos elementos químicos que forman al agua

Las primeras estrellas

Estas estrellas debieron ser muy distintas a las que ahora existen, porque se formaron de aquel gas original: de puro hidrógeno y helio. Se cree que fueron estrellas con mucha más masa (materia) que las que se forman ahora. Estas grandes estrellas obtenían su energía de manera similar a las estrellas actuales: en su interior los átomos originales de hidrógeno se fueron fusionando (gracias a las condiciones de alta densidad y temperatura que hay en su interior) para formar helio, y estos átomos a su vez se fusionaron entre sí para formar carbono, nitrógeno, oxígeno y otros elementos químicos que ahora conocemos. Por ejemplo, para formar un átomo de oxígeno necesitamos cuatro átomos de helio. Estos procesos de fusión liberan energía y dan a las estrellas su calor y brillo. Pero, ¿de qué nos serviría ese oxígeno atrapado en el interior de las estrellas? ¿Cómo ponerlo disponible para, entre otras cosas, la formación del agua?

El enriquecimiento químico del espacio interestelar

Después de unos cientos de miles de años de formadas, estas primeras estrellas explotaron, mandando al espacio los elementos

químicos indispensables para la vida. Ya en el espacio, los elementos expulsados en estas explosiones se mezclaron con el gas ahí existente, de modo que las siguientes generaciones de estrellas se formaron de un gas “enriquecido” con elementos químicos diversos, superando la monótona composición química de hidrógeno y helio que caracterizó al Universo joven. En la actualidad seguimos presenciando explosiones similares en estrellas de gran masa (sólo que éstas se formaron en el pasado reciente, hace unos millones de años); a estas explosiones se les llama *supernovas* (Figura 1).

Ahora sí, agua

Después de que aquellas primeras estrellas enriquecieran el espacio con una diversidad de elementos químicos, se tenían los dos elementos químicos que forman al agua. Las primeras moléculas de agua probablemente se formaron en regiones que los astrónomos llamamos nubes, donde la densidad del gas es mayor que el valor promedio del espacio. Pero si simplemente esperamos a que, por ejemplo, dos átomos de hidrógeno choquen para juntarse e iniciar la secuencia que podría formar una molécula de agua, encontraremos que, como los procesos de unión de dos átomos son generalmente exotérmicos (o sea que liberan energía), la misma energía disponible vuelve a romper la unión para que acabemos como al principio: con dos átomos de hidrógeno separados. Hace falta entonces un tercer cuerpo que absorba la energía liberada y que permita la unión de los dos átomos.

El papel del tercer cuerpo lo proporciona una componente del medio interestelar que los astrónomos llamamos el *polvo cósmico*. Está formado por pequeñas partículas sólidas con dimensiones del orden de un micrómetro (milésima de milímetro), que al parecer se forman durante las etapas finales de la vida de las estrellas. Las moléculas que se forman en su superficie pueden ser estables porque le ceden la energía producida al grano de polvo, el cual la absorbe sin problema. Estas moléculas pueden quedarse pegadas al polvo o desprenderse para interactuar con otros átomos y moléculas en la nube, iniciando los complejos procesos químicos del medio interestelar. En particular, se cree que el agua puede formarse tanto en la superficie de los granos de polvo como en el medio gaseoso. En la actualidad se han detectado ahí más de 100 moléculas distintas.

Si bien el polvo representa sólo una centésima de la materia disponible en el espacio interestelar, juega un papel clave

● El origen cósmico del agua

para facilitar la formación de moléculas. Más aún, cuando el medio es muy frío, en la superficie de estos granos de polvo se pueden congelar moléculas diversas, entre ellas el agua (lo cual, como veremos después, resulta muy importante para la existencia de agua en la Tierra). La presencia de hielos (tanto de agua como de otras moléculas como amoníaco, metano, y dióxido de carbono) en la superficie de los granos de polvo se puede comprobar mediante observaciones: estos hielos, presentes en el polvo cósmico, absorben ciertas frecuencias características de la

radiación infrarroja que nos llega de las estrellas jóvenes (que se forman rodeadas de polvo).

A la búsqueda de agua extraterrestre

¿Cómo podemos saber si existe agua en otras partes del Universo? Lo primero que viene a la mente es estudiar a los cuerpos

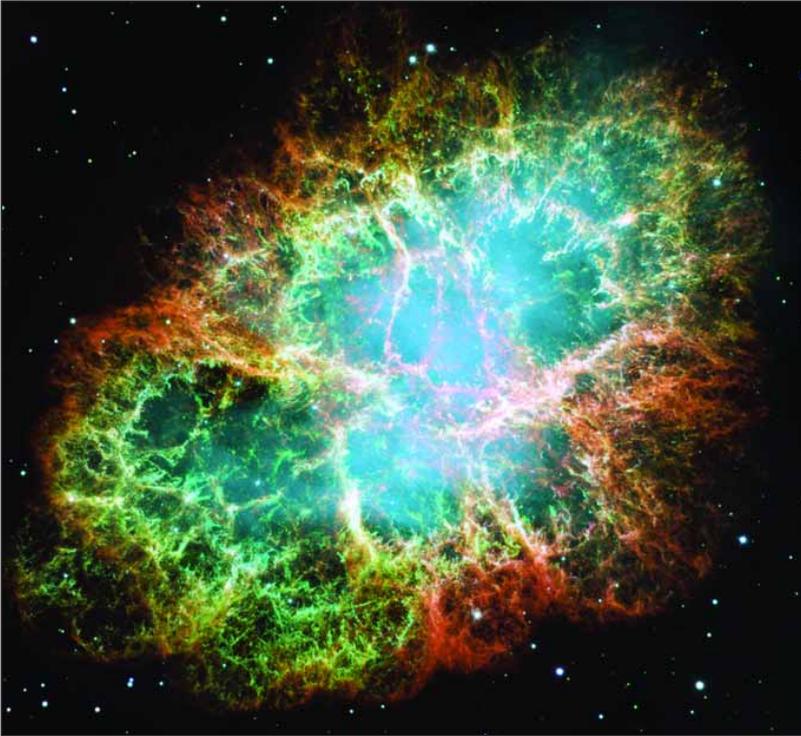


Figura 1. La supernova del Cangrejo, explosión estelar ocurrida en el año 1054. Una supernova es la explosión que ocurre al final de la vida de las grandes estrellas. Se cree que las primeras estrellas en el Universo estallaron de esta misma manera, enriqueciendo al espacio con átomos de carbono, nitrógeno y oxígeno, entre otros. Imagen: cortesía de la NASA.

La posible presencia de agua en la Luna es de crucial importancia para su potencial exploración y colonización. Dados los altísimos costos de los viajes espaciales, cuesta aproximadamente lo mismo transportar un litro de agua a la Luna que lo que cuesta un kilo de oro en la Tierra



de nuestro propio sistema solar, que son relativamente cercanos en términos astronómicos.

Nuestro planeta, junto con el Sol y el resto de los componentes de nuestro sistema solar, se originaron hace unos 4 mil 500 millones de años, después de que una gran nube de gas y polvo se contrajo y en su centro se formó el Sol. Al mismo tiempo que el Sol se terminaba de formar, un disco de material que lo rodeaba dio origen a los planetas, por lo que se le conoce como *disco protoplanetario*. El disco se extendía más allá de la órbita de Plutón, y tanto su densidad como su temperatura eran menores en las regiones más alejadas del Sol. Dentro del disco se llevaban a cabo colisiones entre pequeños objetos de la nube, llamados *planetésimos*, los cuales chocaban y se adherían unos con otros como si fueran pedazos de plastilina; esto permitió su aglutinamiento y consecuentemente la formación de los planetas en nuestro sistema solar. Las altas temperaturas de nuestro Sol y el fuerte viento solar que emanaba de su superficie durante su juventud hizo que se evaporara la mayor parte de los compuestos volátiles de los planetas cercanos al Sol, dando origen a los llamados planetas rocosos (Mercurio, Venus, Tierra y Marte).

Por otro lado, en la zona exterior donde se encuentran los planetas gigantes, Júpiter y Saturno, los gases y el agua congelada, remanente de la nube materna, permanecieron en el disco. Estos planetas que llamamos gaseosos (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) tienen un núcleo similar al de los planetas rocosos, pero están envueltos por una enorme capa de gas compuesto principalmente de hidrógeno y helio.

La Luna, ¿qué sabe la Luna?

Los humanos ya hemos puesto el pie en la Luna y hubo gran revuelo cuando en 1996 la nave espacial *Clementina* y en 1998 el *Explorador Lunar* reportaron datos que sugerían la presencia de pequeñas cantidades de hielo en algunos cráteres, mezclado con el material que forma la superficie lunar. ¿Cómo habría logrado permanecer este hielo en las inclementes condiciones lunares? La luz del Sol derretiría al hielo y, como la Luna no tiene atmósfera, la falta de presión haría que el agua líquida se transformara en vapor. Finalmente, la baja gravedad de la Luna no podría impedir que el vapor de agua escapara al espacio exterior.

La posible presencia de agua en la Luna es de crucial importancia para su potencial exploración y colonización. Dados los altísimos costos de los viajes espaciales, cuesta aproximadamente lo mismo transportar un litro de agua a la Luna que lo

que cuesta un kilo de oro en la Tierra. Para poner a prueba la existencia de hielo en la Luna, la NASA decidió estrellar intencionalmente al *Explorador Lunar* en una de estas regiones permanentemente sombreadas. La colisión ocurrió el 31 de julio de 1999. Al chocar, desde más de una docena de telescopios en la Tierra se realizaron observaciones muy sensitivas para buscar la radiación característica emitida por los iones hidroxilo (OH, que se producen cuando, por la explosión de un choque, la molécula de agua pierde uno de sus dos átomos de hidrógeno). Desafortunadamente, estas emisiones no se detectaron, con lo que la existencia de hielo en la Luna quedó sin confirmación.

Por otra parte, quizá la región donde cayó la nave no tenía hielo. Sólo futuras exploraciones directas de estos cráteres resolverán el enigma.

Más allá de la Luna

Donde sí es seguro que hay hielo es en los polos de Marte. Varias misiones espaciales han fotografiado estas regiones congeladas, las cuales están formadas principalmente por dióxido de carbono congelado (lo que llamamos "hielo seco"), pero también por una pequeña parte de agua sólida.

No se puede inferir la presencia de hielo a partir sólo de las fotografías, pero sí es posible hacerlo en combinación con estudios de la radiación infrarroja emitida y reflejada por esas zonas.

También se sabe que la atmósfera marciana, con una presión doscientas veces menor que la de nuestra atmósfera, contiene pequeñas cantidades de vapor de agua. Aunque en la actualidad no hay agua líquida en Marte porque este planeta es demasiado frío, la existencia de hondonadas y canales en su superficie sugiere que la hubo en el pasado.

Para tratar de establecer de manera más directa la presencia de agua en Marte, la NASA envió en 2003 dos robots (bautizados como

● Agua

Espíritu y Oportunidad) con el propósito de estudiar rocas y otros componentes de la superficie marciana para buscar pistas que nos dieran nueva información sobre la actividad acuática que pudo haber en el pasado.

Esta misión exploratoria de Marte con robots concluyó, a partir del estudio de las rocas marcianas, que muy probablemente en el pasado había corrido agua por la superficie marciana.

Agua en lugares inhóspitos

Una idea que podría explicar la presencia de hielo aun en lugares inhóspitos del sis-

tema solar es que en estos diversos cuerpos hay cráteres en las regiones polares, con regiones que han estado siempre a la sombra, protegidas de los rayos del Sol. Visto desde los polos de ese cuerpo, el Sol siempre está muy bajo en el horizonte y sus rayos no llegan a las partes internas de los cráteres. El hielo podría conservarse miles de millones de años en estas condiciones. En Marte ya se han detectado cráteres de estas características (Figura 2). Aun en un infierno como Mercurio (el planeta más cercano al Sol) se ha presentado evidencia, mediante datos de ondas de radio, que indican la presencia de hielo en cráteres que hay en sus polos.

También se ha especulado que otros cuerpos del sistema solar, como Europa —uno de los satélites de Júpiter—, pueden contener agua líquida bajo su superficie congelada. Investiga-

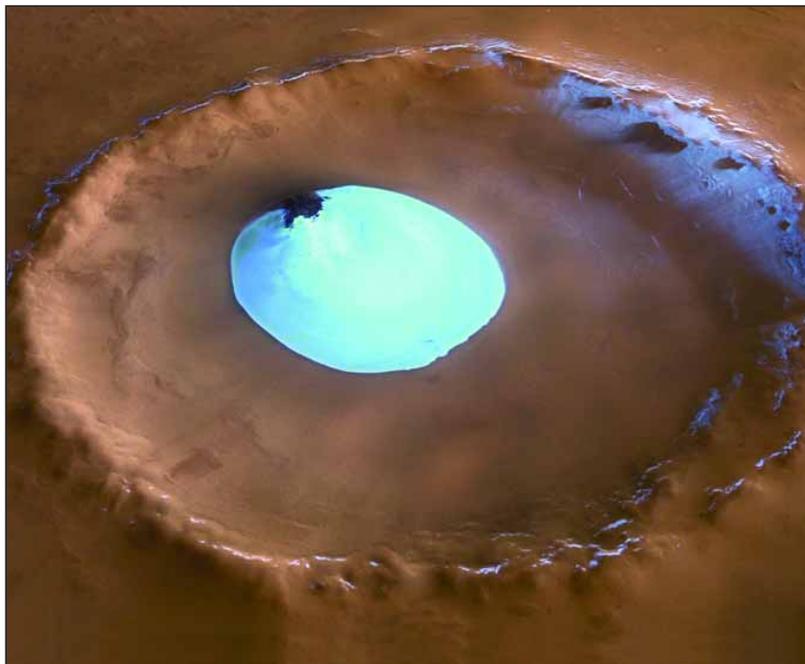


Figura 2. Cráter con hielo en el polo norte marciano. Imagen: ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum).

dores de los países europeos han planteado la posibilidad de la misión "Picahuelo" (*Icepick*), en la que una nave se posaría en la superficie de Europa para perforarla en busca de agua líquida.

Agua extrasolar

Nuestro sistema solar es sólo un rincón del Universo. Un rayo de luz que sale del Sol llega a la Tierra en ocho minutos, pero le toma unos años llegar a las estrellas más cercanas a nuestro Sol. ¿Existe agua en estas otras remotas estrellas o en sus alrededores? No es fácil contestar esta pregunta, porque estos cuerpos están tan lejos que no es posible tomarles una fotografía que nos pueda mostrar directamente nubes de vapor de agua, como en la Tierra, o casquetes de hielo, como en Marte.

A estas grandes distancias nos tenemos que conformar con analizar la luz y las otras radiaciones del espectro electromagnético que nos llegan de estos lejanos astros. Afortunadamente, cuando se encuentra en estado gaseoso y bajo ciertas condiciones de temperatura y densidad, el agua emite ondas de radio con una longitud característica de 1.35 centímetros, que pueden ser detectadas y estudiadas con los radiotelescopios terrestres. Las señales de esta emisión natural pueden ser bastante intensas.

En 1969 un grupo de astrónomos encabezados por el premio Nobel de física, Charles Townes, detectó por vez primera emisión de radiación correspondiente a vapor de agua en tres nubes cósmicas donde se están formando nuevas estrellas. Townes había obtenido el premio Nobel unos años atrás, en 1964, por la construcción de los primeros máseres y láseres en el laboratorio (la radiación del vapor de agua que detectan los radiotelescopios es emitida en el llamado modo máser). Desde entonces, la emisión máser del vapor de agua se ha estudiado exhaustivamente, usando distintos radiotelescopios, como el llamado Conjunto Muy Grande de Radiotelescopios, y ha habido varios investigadores mexicanos involucrados en el estudio del vapor de agua que existe en los espacios interestelares.

Recientemente, en un proyecto con investigadores de España, México, Estados Unidos y Chile utilizamos un nuevo y poderosísimo instrumento para estudiar con detalle exquisito el vapor de agua en la región de formación de estrellas llamada Cefeo A, a 2 mil años luz de la Tierra.

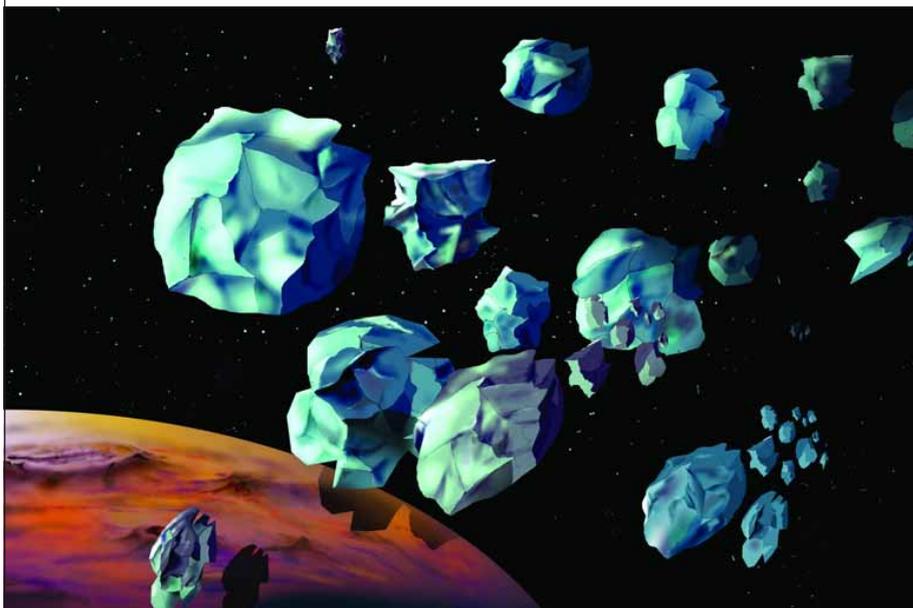
El instrumento utilizado, el sistema de radiotelescopios *Very Long Baseline Array* (VLBA, siglas en inglés de Conjunto de Muy Larga Línea Base), está compuesto por diez radiotelescopios,

cada uno de 25 metros de diámetro, situados uno en Hawai, otro en St. Croix (Islas Vírgenes) y los ocho restantes en los Estados Unidos continentales. Los diez radiotelescopios se manejan a control remoto, y al funcionar conjuntamente se consigue una resolución angular (capacidad de distinguir detalles muy pequeños) 200 veces mejor que la que obtiene el Telescopio Espacial Hubble. Este instrumento permitió descubrir una burbuja esférica de vapor de agua expelida por una protoestrella, o embrión estelar, en la región estudiada. Antes de esta observación se creía que si las protoestrellas expulsaban gas, lo hacían con geometría bipolar (o sea, en forma de dos chorros diametralmente opuestos) y de hecho aún no hay explicación para la burbuja, que se expande a una velocidad de 36 mil kilómetros por hora y tiene un tamaño de 18 mil millones de kilómetros, comparable al de nuestro sistema solar. La burbuja tiene un espesor de sólo una centésima de su radio. Observaciones astronómicas muy recientes indican que en el centro de la burbuja hay una estrella muy joven, cuyas características empiezan a estudiarse.

De hecho, la presencia de vapor de agua es común en la cercanía de las estrellas jóvenes (la superficie misma de las estrellas es generalmente muy caliente para que el agua sobreviviera ahí, y más bien se le encuentra rodeando a la estrella).

Una vez que transcurre la infancia de las estrellas, generalmente éstas se tornan demasiado calientes para que el agua permanezca en ellas en cantidades importantes. El agua vuelve a aparecer en cantidades grandes cuando la estrella está a punto de morir. Un caso interesante es el de la estrella CW Leonis. Este viejo astro, próximo a morir, sufrió un aumento en su brillo que aparentemente calentó una nube de cometas que existe a su alrededor. Este calentamiento provocó la evaporación de algo del hielo de la superficie de estos cometas.

El agua, ya en estado gaseoso emite radiación. Al analizar el espectro de esta radiación


 Agua


se detectan ciertas líneas; una de ellas es la línea máser, que ya mencionamos. Otra es una línea en la región submilimétrica del espectro electromagnético, que fue detectada por el Satélite Astronómico para Ondas Submilimétricas (SWAS).

Por otra parte, se creía que las estrellas al morir rompían todas las moléculas de agua que pudiera haber a su alrededor. Sin embargo, recientemente uno de los autores (Yolanda Gómez), junto con investigadores españoles, encontraron vapor de agua en los alrededores de una estrella agonizante, denominada K3-35, que se encuentra en la fase llamada de nebulosa planetaria.

Durante esta etapa se dice que lo que queda de la estrella es un núcleo de nebulosa plane-

taria. No obstante que el agua y otras moléculas son abundantes en las nubes envolventes que rodean a las gigantes rojas, en la fase de nebulosa planetaria la intensa radiación del núcleo destruye progresivamente estas moléculas, entre ellas el agua, rompiéndolas en sus átomos componentes.

La detección de agua en K3-35 ha sido un resultado sorprendente que sugiere que ésta es una nebulosa planetaria tan joven que la radiación del núcleo aún no ha tenido tiempo de destruir todas las moléculas a su alrededor. K3-35 se encuentra a una distancia de 16 mil años luz de nosotros en dirección de la constelación de Vulpecula, y está constituida por una especie de dona de gas que rodea el núcleo y por un par de chorros de gas que emergen formando grandes lóbulos (Figura 3).

Recientemente este mismo grupo, junto con otros astrónomos del Observatorio de Robledo de Chavela (España) y de Medicina (Italia) realizaron una búsqueda de vapor de agua en otras nebulosas planetarias, y la encontraron en un nuevo

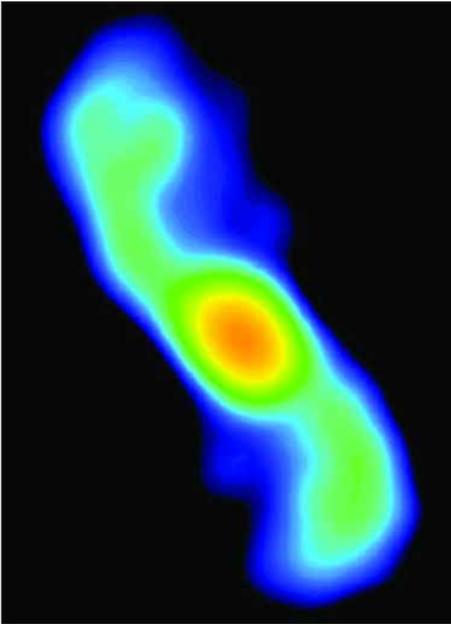


Figura 3. Imagen de radio de la nebulosa planetaria K3-35, tomada con el Conjunto Muy Grande de Radiotelescopios. Los colores indican intensidad; el rojo es más fuerte y el azul más débil. El agua fue detectada hacia el núcleo y hacia las puntas de los dos chorros de gas. (Imagen cortesía del Observatorio Nacional de Radio de los Estados Unidos).

objeto que probablemente sea también una nebulosa planetaria recién formada.

Agua extragaláctica

¿Qué tan lejos se ha detectado vapor de agua? Gracias a que la emisión que se capta en la región de radio (con longitud de onda de 1.35 centímetros) está amplificada por el proceso máser, ha sido posible detectar vapor de agua aun en las lejanas galaxias externas. Mientras las estrellas de las que hemos estado hablando están a sólo unos miles de años luz de la Tierra, las galaxias comienzan a aparecer a millones de años

luz. En la Figura 4 mostramos una imagen de la galaxia NGC 4258, a 25 millones de años luz, en cuyo centro se ha detectado vapor de agua orbitando alrededor de un gigantesco hoyo negro. De hecho, el movimiento rotacional del vapor de agua alrededor del hoyo negro permite determinar la masa de éste: unos 35 millones de veces la masa de nuestro Sol.

Se ha detectado vapor de agua en un centenar de galaxias, que por la gran luminosidad de su emisión máser (en comparación con los máseres de nuestra galaxia) se conocen como “galaxias megamáser”.

La más lejana se llama 3C 403, a 800 millones de años luz. Es el objeto más lejano en el que se ha detectado agua. La distancia a 3C 403 es, sin embargo, menos del 10 por ciento del tamaño del Universo. Es posible que haya vapor de agua a mayores distancias, pero ni aun la eficiente emisión máser resulta detectable tan lejos, dada la sensibilidad de los radio-telescopios actuales.

El agua es, pues, común en el Universo y sus emisiones le permiten al astrónomo estudiar diversos objetos en el espacio.

Claro, como seres humanos lo que nos gustaría es encontrar un planeta alrededor de otra estrella que tuviera agua líquida, además de atmósfera y la temperatura adecuada para sostener la vida. Los astrónomos estamos aún lejos de encontrar esto, pero es reconfortante saber que la molécula más importante para la vida existe en otras partes de nuestro Universo.

El origen del agua en la Tierra

Terminemos este artículo regresando al inicio. Sabemos que hay agua en la Tierra. Nuestra primera explicación para su presencia sería decir que, como el vapor de agua existe como una de tantas moléculas en el gas interestelar, cuando la Tierra se condensó del disco protoplanetario que rodeaba al Sol simplemente recibió su “ración” de agua.

 Agua


Figura 4. Se ha detectado la presencia de vapor de agua en el centro de la galaxia NGC 4258, entre otras. (Imagen cortesía del Observatorio Nacional Óptico de los Estados Unidos).

Pero esta sencilla hipótesis no parece ser correcta por lo siguiente: inmediatamente después de formada la Tierra, su temperatura era mucho más alta que ahora. Esto impidió la condensación de elementos volátiles y consecuentemente la formación de agua. Más aún: hay evidencia de que la Tierra pudo haber pasado en su inicio por episodios geológicos en los que su superficie quedó cubierta de lava, causando la desgasificación de la superficie. Bajo esta hipótesis, la Tierra se formó “seca”, sin agua. Por esta razón se ha buscado una explicación alternativa para entender la presencia de agua en nuestro planeta.

Una posibilidad viable es la que plantea que en el inicio del sistema solar había un enorme número de cuerpos a medio formar chocando con otros. Esto mantuvo por millones de años una lluvia intensa de fragmentos pequeños de material sólido o planetésimos sobre la Tierra. Muchos de estos cuerpos eran los antecesores de los cometas, y venían de las partes externas y frías del sistema solar donde el agua, en lugar de evaporarse, se había congelado en la superficie de esos cuerpos sólidos. El suministro de agua a la Tierra lo pudieron

haber proporcionado estos primitivos cometas cubiertos de hielo. En la actualidad los cometas tienen mucho menos hielo en su superficie que cuando se formaron, porque cada vez que pasan cerca del Sol sufren mucha evaporación.

La teoría del origen comenario del agua tiene sus oponentes, quienes argumentan que la abundancia de deuterio (un isótopo, o forma alternativa, poco común, del hidrógeno) en los cometas actuales es muy alta en comparación con la que hay en el agua terrestre, y que no podemos atribuir toda el agua a aquellos primitivos impactos cometarios.

Estos investigadores piensan que la Tierra no se formó tan “seca” como otros argumentan y que sí poseyó todo el tiempo una cierta cantidad de agua. Como tantos enigmas de la ciencia, sólo la investigación futura nos aclarará las cosas.

Bibliografía

- Boss, A. P. (1998), “Temperatures in Protoplanetary Disks”, *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, 26, 53-80.
- Chyba, C. F. y K. P. Hand (2005), “Astrobiology: The study of the Living Universe”, *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*, 43, 31-74.
- Drake, M. J. (2005), “Origin of water in the terrestrial planets”, *Meteoritics & Space Science*, 40, 519-527.
- Ehrenfreund, P. y S. B. Charnley (2000), “Organic molecules in the Interstellar Medium, Comets, and Meteorites: A Voyage from Dark Clouds to the Early Earth”, *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*, 38, 427-483.
- Kasting, J. F. y D. Catling (2003), “Evolution of a Habitable Planet”, *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*, 41, 429-463.
- Miranda, L. F. et al. (2001), “Water-maser emission from a planetary nebula with a magnetized torus”, *Nature*, 414, 284-286.
- Torrelles, J. M. et al. (2001) “Spherical Episodic Ejection of Material from a Young Star”, *Nature*, 411, 277-280.

Luis F. Rodríguez es investigador del Centro de Radioastronomía y Astrofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la ciudad de Morelia. Ha realizado investigación en los campos de la formación de las nuevas estrellas y en el de las estrellas binarias de rayos X.
l.rodriguez@astrosmo.unam.mx

Yolanda Gómez es investigadora del Centro de Radioastronomía y Astrofísica, campus Morelia, de la UNAM. Utiliza técnicas de radio para estudiar las características físicas de las estrellas que se hallan cerca del final de su vida, cuando la estrella está en la llamada fase de nebulosa planetaria.
y.gomez@astrosmo.unam.mx

Yo químico

Aprendizaje (s)

A-2. Observa el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura, con orden y responsabilidad, para comprender la naturaleza corpuscular de la materia. (N₂)

A-4. Reconoce la importancia del uso de modelos en el estudio de la química al hacer uso de ellos al representar con esferas (corpúsculos) los diferentes estados de agregación del agua. (N₂)

A-5. Reconoce con experimentos la capacidad disolvente del agua, con la formulación de las hipótesis correspondientes, la aplicación de su capacidad de análisis, síntesis, comunicación oral y escrita al trabajar en grupos cooperativos. (N₃)

Ficha bibliográfica del texto o material

Sosa, P. (2019) “Yo, químico”, *¿cómo ves?* No. 224, pp. 30-33.

Sinopsis

El químico moderno somete átomos, iones y moléculas a tratamientos cuidadosos y precisos para crear materiales y sustancias prácticamente a su antojo. Todo ello lo logra hacer porque no se conforma con ninguna explicación, así nada más, por lógica que parezca. Hay que ponerla a prueba para ver si de verdad explica lo que se propone explicar. Por eso el experimento es el centro de la actividad científica.

Esto nos lleva a aclarar qué estudia la química, el autor nos dice que, la química es la ciencia que estudia todo lo relacionado con procesos en los que se obtienen unas sustancias a partir de otras. Su objeto de estudio son las sustancias y sus interacciones. La química es la ciencia de las sustancias.

Al parecer, para entender lo que estudia la química debemos responder las preguntas "¿qué son las sustancias? ¿de qué están hechas las cosas?".

Justificación

El texto presenta el pretexto ideal para que el alumno:

- Comprenda la naturaleza corpuscular de la materia, reconozca la importancia del uso de modelos en el estudio de la química y a los experimentos como algo valioso en el estudio de la química, así mismo, comprenda la importancia de la formulación de las hipótesis correspondientes, la aplicación de su capacidad de análisis, síntesis, comunicación oral y escrita al trabajar en el laboratorio.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

a) **Momento de uso:** Desarrollo

b) **Forma de trabajo:** Individual

c) **Instrucciones:** Solicite a los alumnos tras la lectura del texto que respondan las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué para la ciencia es importante realizar experimentos? Explica qué es una sustancia y describe sus propiedades.
2. Pídale que elaboren un cuadro sinóptico en donde como mínimo retomen los siguientes conceptos y los organicen por jerarquía: características de las partículas, naturaleza eléctrica, estructura, interacción, reactividad.
3. Solicíteles que hagan un comentario sobre el recuadro “teoría y práctica” del texto.

Yo, químico

Por Plinio Sosa Fernández



Ilustraciones: José Quintero

El químico moderno somete átomos, iones y moléculas a tratamientos cuidadosos y precisos para crear materiales y sustancias prácticamente a su antojo.

La ciencia trata de proponer explicaciones de lo que ocurre en el mundo. ¿Por qué llueve? ¿Por qué hay relámpagos? ¿Por qué hay día y noche? ¿Por qué algunos materiales son buenos pegamentos y otros buenos agentes de limpieza? ¿Desde cuándo existimos los humanos? ¿Desde cuándo existe el Sol? ¿Por qué nos enfermamos? La ciencia también trata de explicar todo tipo de fenómenos: sociales, psicológicos, artísticos, históricos: ¿Cómo se distribuye la riqueza? ¿Cómo se adquiere el poder, cómo se conserva, cómo se pierde? ¿Cómo funciona la mente? ¿Qué son los sentimientos y las emociones? ¿Qué es la belleza? ¿Qué es el placer?

El tratar de explicar nos ha llevado a describir, clasificar, estructurar, comparar, medir e interpretar. Y nos ha llevado a probar. No nos conformamos con ninguna explicación, así nada más, por lógica que parezca. Hay que ponerla a

prueba para ver si de verdad explica lo que se propone explicar. Por eso el experimento es el centro de la actividad científica.

Pero diseñar experimentos no es cosa fácil, e interpretar los resultados tampoco. Para esto no hay receta. El científico cuenta sólo con su preparación y creatividad, guiadas por el mandato del rigor.

El mundo es uno solo. Todo lo que ocurre cumple las leyes de la naturaleza: las guerras, las revoluciones, la cadena alimenticia, el movimiento de los planetas, las historias de amor y de odio, la sinapsis neuronal, (todo unido, todo conectado, todo interactuando, todo encadenado). Por eso las diversas disciplinas que hemos inventado para entender el mundo no son puras ni independientes. ¿Cómo entender la arqueología sin la física nuclear? ¿O la economía sin la pujanza y la innovación de la industria química? Las disciplinas se tocan, se intersecan, se invaden y se superponen.

Química: la ciencia central

De las ciencias naturales las tres que tradicionalmente se consideran fundamentales son la física, la química y la biología. La química está en medio de



TEORÍA Y PRÁCTICA	
<p>El escritorio. El papel en blanco. Dibujar los jeroglíficos químicos. Buscar los huecos, las protuberancias. Identificar las partes polares de las partículas. Garabatear posibles reacciones. Borronear. Volver a garabatear. Sentir cómo la idea nace y cómo va creciendo y va tomando forma. ¿Qué falta?</p> <p>La bibliografía. Buscar sistemas parecidos. Registrar los detalles: disolventes, tiempos de reacción, formas de identificar los productos.</p> <p>Otra vez el escritorio. La pluma, los garabatos. Repensarlo todo, precisarlo todo, imaginárselo todo. Integrar la idea. El plan completo. ¿Qué hay, qué falta, qué se va a necesitar?</p> <p>La bata. La bitácora. Secar los disolventes. Lavar cuidadosamente el material. Enjuagarlo perfectamente. Pesar los reactivos. Ponerlos en el matraz. Encender la parrilla magnética. Listo. ¡Que trabajen las moléculas!</p> <p>Tararear aquel viejo bolero, percutir sobre la mesa de laboratorio aquella batería de rock pesado, cantar a media voz aquellas canciones de protesta sudamericanas. Vigilar la temperatura, la agitación, la atmósfera inerte, los cambios de color. Anotar en la bitácora. Monitorear la reacción.</p> <p>“Sacar la reacción”. Aislar y purificar el producto. Recristalizar, llevar a sequedad.</p>	<p>Separar varias muestras y enviarlas a los distintos análisis: infrarrojo, resonancia magnética nuclear, análisis elemental, rayos X (o lo que se necesite).</p> <p>Recoger los resultados con ansiedad, miedo y cierta esperanza. Ponerlos sobre el escritorio. Servirse un café. Abrir los resultados y pensar, pensar y más pensar. Libros, artículos, lápiz y papel. Ver si salió lo proyectado. Tratar de entender qué fue lo que verdaderamente ocurrió y por qué.</p> <p>Volver a la biblioteca (así sea virtual), a las revistas especializadas. Releer, buscar nueva información, repensar, rediseñar la reacción (cambiar el disolvente, modificar el tiempo de reacción, proponer otras cantidades, usar otros reactivos). Regresar al laboratorio, llevar a cabo la nueva reacción, separar el producto, purificarlo e identificarlo.</p> <p>Las tablas, las gráficas, los espectros. Todo dando vueltas en la cabeza. Organizar la información y la prosa. Los argumentos, las evidencias, las demostraciones, la comparación, los contrargumentos. Enviar el artículo a la revista especializada. ¡Y a cruzar los dedos!</p> <p>Hacer las correcciones que pide el editor y reenviar. Esperar la carta que indica que el artículo fue aceptado. Y sí, sí... ¡a celebrar!</p>

las otras dos al menos en dos sentidos: por un lado, la complejidad de los objetos de estudio se va incrementando desde los sistemas que estudia la física hasta los de la biología, pasando por los que le interesan a la química; por otro lado, la química descansa indudablemente en buena parte de los resultados y las explicaciones que da la física, y al mismo tiempo proporciona los cimientos sobre los que se apoyan algunas partes de la biología; por ejemplo, la bioquímica. En otras palabras, la física apunta la química, y ésta la biología. Obviamente, los químicos no somos expertos ni en física ni en biología, pero tenemos las nociones básicas de estas disciplinas para entendernos y relacionarnos con ambas.

La ciencia de las sustancias

La definición de química más utilizada, palabras más, palabras menos, es la siguiente: *la química es la ciencia que estudia la materia, la energía y*

sus cambios. Si bien esta definición es cierta, es demasiado amplia e imprecisa. La química no estudia los hoyos negros ni la estructura de los núcleos atómicos. Tampoco estudia el comportamiento de los primates ni la compleja interacción entre las especies de un nicho ecológico. No estudia todo lo que tiene que ver con la materia y la energía: sólo estudia una pequeña parte de ese universo. Podríamos matizar la definición: *la química es la ciencia que estudia todo lo relacionado con procesos en los que se obtienen unas sustancias a partir de otras*. Su objeto de estudio son las sustancias y sus interacciones. La química es la ciencia de las sustancias.

El camino de la química

La química ha acompañado a la humanidad a lo largo de toda su historia y en ese camino, la historia ha influido en la química y viceversa. Mencione un par de ejemplos. Antoine-Laurent de Lavoisier, el creador de la química moderna, fue guillotinado por la triunfante Revolución Francesa a los 50 años, cuando su talento

como científico estaba en pleno apogeo. ¿Qué otras aportaciones a la química habría hecho de haber vivido 20 años más! Del otro lado, son innumerables también los giros históricos provocados por la química, pero menciono uno: la fabricación y el uso de la pólvora con fines militares cambió para siempre la forma de hacer la guerra en el mundo.

En los primeros tiempos, el ser humano aprendió a fabricar diversos materiales basado tan sólo en su experiencia. La arcilla y la cerámica fueron fundamentales en el paso de nómadas a sedentarios que realizó la humanidad. Ahora, en nuestro agitado siglo XXI, solemos creer que los cambios tecnológicos son exclusivos de nuestra época, pero no es así. La fabricación del bronce, del hierro y el acero fueron innovaciones tecnológicas que transformaron la vida de los pueblos a tal grado que son los referentes principales de las eras o edades con que se acostumbra dividir la historia.

A lo largo del tiempo, fuimos bautizando y registrando las propiedades de los diversos materiales con los que interactuábamos, así como las técnicas y procedimientos para obtener nuevos materiales o para aislar y purificar los ya existentes. Y, simultáneamente, fuimos reflexionando, pensando, tratando de entender, imaginando explicaciones, poniéndolas a prueba, una y otra vez, hasta llegar a tener un cuerpo de conocimientos sólido, robusto, complejo (¡la química misma!) que nos permiten, hoy por hoy, no sólo saber de qué están hechas las cosas sino tener también la capacidad de obtener sustancias y materiales prácticamente hechos a la medida.

A este conjunto de conocimientos, yo le llamo cariñosamente "Las reglas del juego de la química".

De qué están hechas las cosas

A la pregunta "¿de qué están hechas las cosas?", la ciencia de hoy tiene la siguiente respuesta: todo lo que hay en el Universo, todos los objetos, los cuerpos y los seres que existen, están hechos de materiales. Los materiales, a su vez, pueden estar formados por uno o varios constituyentes llamados sustancias. Las sustancias consisten en pequeñas partículas llamadas iones, moléculas y átomos.

Así, desde el punto de vista de la química, los materiales son todas las sustancias y mezclas de sustancias de que están hechos los objetos, los seres y los cuerpos. Las mezclas son los materiales constituidos por dos o más sustancias. Y las *sustancias* son los *materiales* que constan de un solo constituyente. Cada sustancia posee un conjunto de propiedades específicas e invariables que la distingue de las demás. En la actualidad, tenemos registro de más de 130 millones de sustancias.

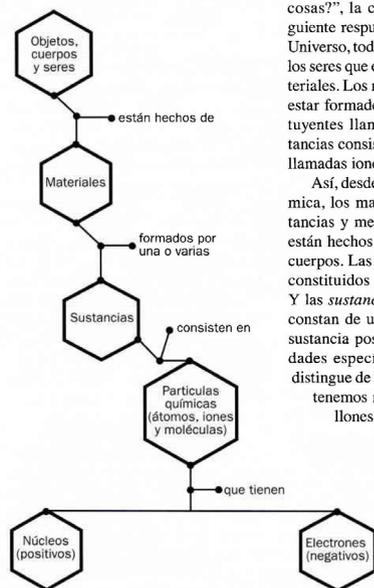
Las sustancias no son una extensión continua de materia, como nos indican los sentidos: consisten en un gran número de pequeñísimas partículas que interactúan eléctricamente unas con otras. Las propie-

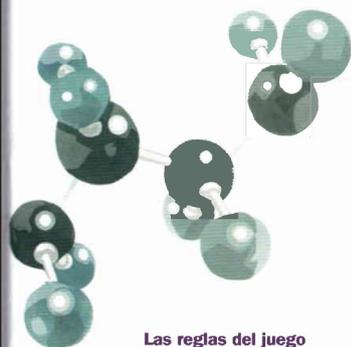


dades macroscópicas de las sustancias son consecuencia de la estructura interna y de las interacciones de sus partículas.

Dichas partículas, las *partículas químicas*, son increíblemente pequeñas y ligeras. Para que te des una idea piensa que en un vaso de agua hay alrededor de un cuatrillón de moléculas. Un cuatrillón es un número inmensamente grande. Imagínate un bicho (puede ser una cucaracha o un ratón) que pudiera tener un millón de hijos y que cada uno de éstos pudiera a su vez tener un millón de vástagos. Ya serían un billón de nietos. Si éstos también tuvieran un millón de crías, se tendría un trillón de bisnietos. Y si éstos también engendraran su millón cada uno, al final habría un cuatrillón de hermosos e inquietos tataranietos.

Las partículas químicas tienen una naturaleza eléctrica: están constituidas por cierto número de núcleos (con carga eléctrica positiva) interactuando con cierto número de electrones (con carga eléctrica negativa). Pueden ser átomos (partículas mononucleares neutras), iones (partículas cargadas mono o polinucleares) o moléculas (partículas polinucleares neutras). Así como una manada consiste en muchos búfalos, una sustancia consiste en muchas partículas. El agua que conocemos macroscópicamente no es más que muchas moléculas juntas. La relación que hay entre sustancia y partícula es similar a la que hay entre manada y búfalo.





Las reglas del juego

Estudiando de qué están hechas las cosas hemos aprendido a hacer nuestras propias sustancias y materiales. La química nos proporciona los conocimientos para saber qué sustancias poner en contacto, qué disolventes utilizar, cuáles valores de temperatura, presión y pH son los más adecuados.

He aquí algunas ideas en las que se basan las reglas del juego de la química:

La naturaleza eléctrica de las partículas químicas

- Si son totalmente neutras, si presentan polos positivos y negativos o si son

totalmente iónicas, es decir, si son partículas cargadas

La estructura de las partículas químicas

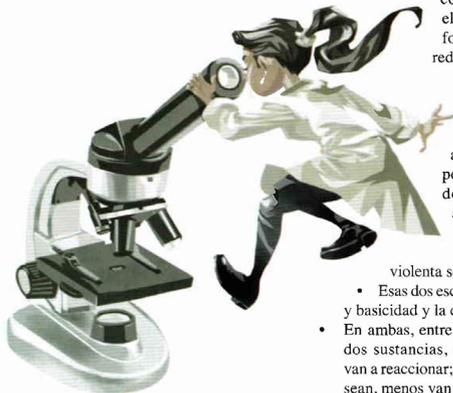
- Cómo están conectados los átomos entre sí. Si los átomos contiguos son parecidos o no en su capacidad de atraer electrones (electronegatividad).
- La forma. Cómo son las partículas en tres dimensiones: muy voluminosas o pequeñas; si son lineales, planas o si están muy enroscadas; si hay zonas muy reactivas, si dichas zonas son accesibles o poco accesibles.

La interacción con las partículas vecinas

- Si la interacción eléctrica con otras partículas es débil, fuerte o prácticamente nula.
- Cuando la interacción es débil, las sustancias consisten en moléculas sueltas, perfectamente distinguibles unas de otras. Todas las sustancias gaseosas y la mayoría de las sustancias líquidas, así como las sustancias sólidas con baja temperatura de fusión (que se derriten fácilmente) son de este tipo.
- Cuando la interacción es fuerte puede dar lugar a la formación de enormes redes de tamaño indeterminado. Los metales, las sales y algunas sustancias (llamadas "sólidos covalentes") como el diamante y el dióxido de silicio forman este tipo de redes.

La reactividad

- Existen dos escalas de reactividad que nos permiten predecir si dos sustancias van a reaccionar entre sí o no y, si fuera el caso, qué tan violenta sería esa reacción.
 - Esas dos escalas son la de acidez y basicidad y la de óxido-reducción.
- En ambas, entre más diferentes son dos sustancias, más violentamente van a reaccionar; entre más parecidas sean, menos van a reaccionar.



MÁS INFORMACIÓN



- Andrade Gamboa, Julio José, *La química está entre nosotros: de qué están hechas las cosas (átomo a átomo y molécula a molécula)*, Siglo XXI Editores, Buenos Aires, 2013.
- Sosa Fernández, Plinio, *La química es puro cuento*, ADN-CONACULTA, Cd. de México, 2012.
- Ríos, José Luis de los, *Químicos y química*, Fondo de Cultura Económica, Cd. de México, 2011.

Todo lo anterior sirve para saber si una sustancia se puede disolver en otras sustancias, con qué puede reaccionar y qué sustancias se pueden obtener a partir de ella.

Dos caras

La química tiene dos caras: el rostro científico y el rostro industrial. Como ciencia nos ha dado el conocimiento para obtener unas sustancias a partir de otras. Una vez sabiendo esto, ¿qué sigue? ¡Fabricar las sustancias y los materiales que se nos antojen! Bueno, no tanto. No todo se puede porque uno propone y la química dispone. Pero, dentro de lo que sí puede ocurrir en la naturaleza, hasta ahora hemos podido producir (y vender) un sinnúmero de sustancias y materiales: medicamentos, tintas, cosméticos, disolventes, plásticos, aleaciones, saborizantes, conservadores, fibras, fertilizantes, papel, materiales para construcción, cristales líquidos, jabones, cerámica, combustibles...

La química es una disciplina que combina armoniosamente la ciencia con la industria, la teoría con la práctica, el hacer con el pensar. Si la física nos ha permitido crear edificios, motores, computadoras y todo tipo de equipos y dispositivos, la química nos ha permitido crear una enorme variedad de sustancias y materiales prácticamente a la medida. 🦋

Plinio Sosa es doctor en química. Se dedica a la educación y a la divulgación de la química desde hace más de 30 años y es consejero editorial de *¿Cómo ves?*

Agua Impura

Aprendizaje (s)

A-5. Reconoce con experimentos la capacidad disolvente del agua, con la formulación de las hipótesis correspondientes, la aplicación de su capacidad de análisis, síntesis, comunicación oral y escrita al trabajar en grupos cooperativos. (N₃)

A-6. Reconoce la abundancia de las mezclas en el entorno cotidiano al observar diferentes materiales y la presencia del agua en gran cantidad de mezclas. (N₁)

A-7. Clasifica a las mezclas en heterogéneas y homogéneas e incluye dentro de éstas últimas a las disoluciones. (N₁)

A-8. Reconoce la importancia de la proporción del soluto y el disolvente dentro de disoluciones utilizadas en la vida cotidiana al expresar su concentración en porcentaje en masa y porcentaje en volumen. (N₂)

Ficha bibliográfica del texto o material

Martínez-Villegas, N. y Fuentes, R. M. (2014) Agua impura. *¿Cómo Ves?*, (184), 30-33.

Sinopsis

Se hace una descripción de las características del agua y su poder disolvente, por lo que en la naturaleza siempre es una mezcla. Se describe la disponibilidad de agua en México y las características que debe tener un agua para considerarla bebible.

Justificación

El texto apoya preferentemente a los aprendizajes 6 y 7 al describir la naturaleza como mezcla del agua que los alumnos tienen a su disposición, y parcialmente puede permitir recuperar el conocimiento obtenido de la actividad experimental efectuada para el Aprendizaje 5, al comentarse como se verifica que un agua sea bebible. También apoya al Aprendizaje 8 al mostrar algunas unidades de concentración que pueden discutirse en clase.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

- a) **Momento de uso:** Después de la actividad experimental que apoya el aprendizaje 5.
- b) **Forma de trabajo:** Individual.

c) Instrucciones:

Distribuya el texto, preferentemente en versión digital, de la lectura de este, solicite que desarrollen lo siguiente:

1. Explica: ¿A qué se debe el nombre del artículo?
2. Completa los siguientes cuadros comparativos:

NATURAL	
CONTAMINADA	
POTABLE	

Indicador de calidad	Significado de las siglas	Características

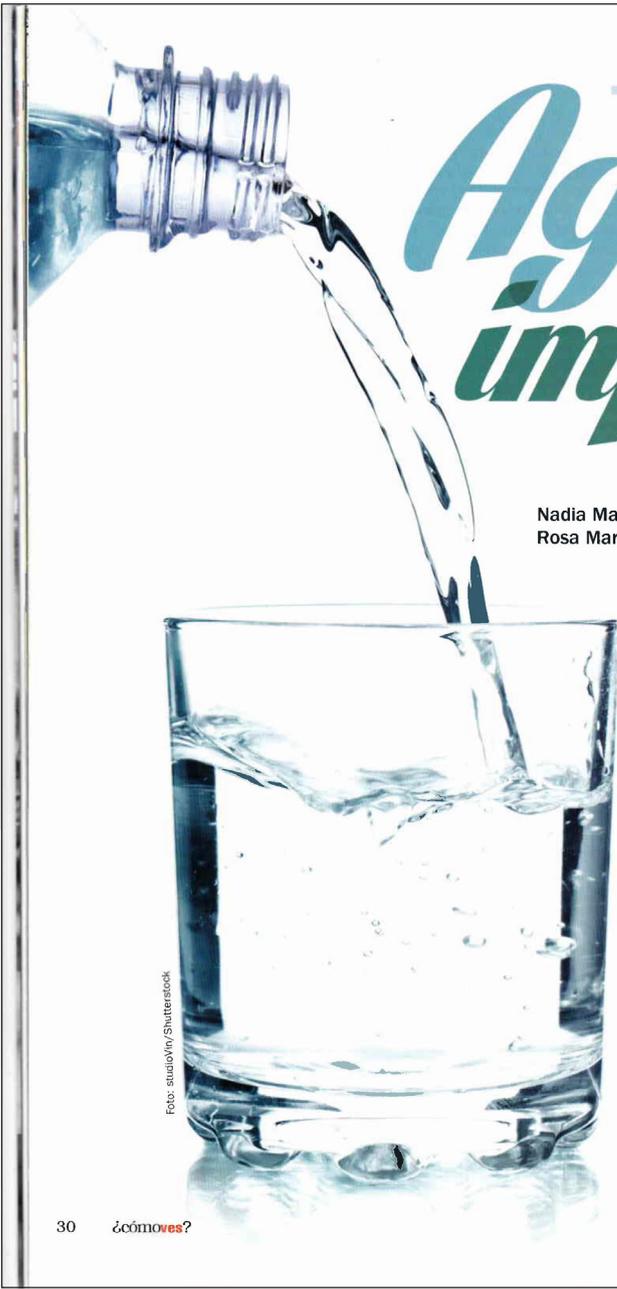
3. El artículo basa sus datos en la norma oficial de 1994; pero, en el año 2000 ésta se modificó.
- a) Investiga los límites permitidos en la norma del 2000 de cloro libre y de cloruros.
 - b) Explica qué diferencia hay, desde el punto de vista químico, entre cloro libre y cloruros.
 - c) Investiga si existe una modificación más reciente que la del 2000, y proporciona la dirección en donde se puede consultar.

Consulta la siguiente dirección, para apoyar tus respuestas:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110520/MODIFICACION_A_LA_NORMA_NOM_127_SSA1_1994_22_NOVIEMBRE_2000.pdf4.

Las autoras del artículo mencionan algunas direcciones en dónde se puede obtener más información sobre el tema. Consulta la página: www.agua.org.mx, ve al menú del Agua en México y selecciona Contaminación en México; luego, explica a qué le llaman contaminación y cuál es la razón por la que el agua se contamina fácilmente.

En el salón o en la sesión, con los valores de referencia, haga ejercicios de cálculo para identificar como es la composición de contaminantes que se admite como máximo.



Agua impura

Nadia Martínez-Villegas y
Rosa María Fuentes Rivas

**Embotellada,
de la llave, del
arroyo: ¿qué
debe tener
el agua que
bebemos todos
los días?**

Foto: studio1/vn/Shutterstock

En México se purificaron 5.5 millones de litros de agua en 2008, de acuerdo con el dato más reciente de la Encuesta Industrial Mensual que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). No es de extrañar entonces que en cada tienda o supermercado que visitamos nos encontremos con toda una variedad de marcas que nos prometen la más pura de todas las aguas. Elegir una de ellas se torna difícil e inevitablemente surge la pregunta de cuál de todas es verdaderamente pura. La respuesta es: ninguna.

En la naturaleza toda el agua contiene impurezas y el proceso de purificación que realizan las embotelladoras no las quita todas. Por fortuna, pues las hay que son indispensables para el ser humano y otras formas de vida. Un ejemplo son los electrolitos fisiológicos como el sodio, el potasio, el calcio, el magnesio, el cloruro, el fosfato ácido y el bicarbonato, que requerimos en la respiración y en el funcionamiento del sistema nervioso y el muscular, y para que se regulen la hidratación del cuerpo y el pH sanguíneo. Sin embargo, es muy importante que no bebamos otras impurezas en el agua. Pero ¿cómo adquiere el agua las impurezas?

De las nubes a los acuíferos

México recibe anualmente alrededor de 1 488 000 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación; el 72% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 25.4% escurre

por los ríos y arroyos y el 2.1% se infiltra en el subsuelo y recarga los acuíferos. A medida que el agua fluye por los ríos y arroyos, se estanca en los lagos y se infiltra en el subsuelo, disolviendo los materiales y la roca con los que entra en contacto.

Los procesos de disolución de roca pueden llegar a ser de tal magnitud que forman ríos, lagos, cenotes y grutas subterráneas como las que se observan en la Península de Yucatán. En estos lugares el agua fluye a través de las fracturas de las rocas calizas y las disuelve, adquiriendo iones calcio (Ca^{2+}) y bicarbonato (HCO_3^-), los iones que conforman precisamente estas rocas. Estos iones o impurezas le dan al agua características muy particulares; por ejemplo, la dureza, esa costra blanca o sarro que se forma en las tuberías y en las ollas cuando se hierve el agua. En lenguaje químico es la suma de los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} , y en algunas ocasiones también de Fe^{3+} . La dureza es la responsable de que tu cabello luzca áspero y difícil de peinar en algunas ocasiones.

Hay otros iones que se pueden encontrar comúnmente en el agua y que también provienen de la disolución de minerales u otras sustancias: el sodio (Na^+), el potasio (K^+), el cloruro (Cl^-) y el sulfato (SO_4^{2-}). La concentración en el agua de cada uno de



En la naturaleza toda el agua contiene impurezas y el proceso de purificación no las quita todas.

ellos depende no sólo del tipo de material que el líquido atraviese sino del tiempo que se mantengan en contacto. Mientras más larga sea la trayectoria o mayor la profundidad del agua, la concentración de minerales disueltos será mayor. Y aunque siempre nos han dicho que el agua es insabora, la verdad es que el sabor cambia dependiendo de los minerales disueltos en ella. No sabe igual el agua de la llave que el agua mineral natural que se extrae del subsuelo y que también puede tener gases disueltos como el dióxido de carbono y ser por ello naturalmente efervescente. ¿Qué minerales disueltos contiene tu agua favorita?

Entre la escasez y la contaminación

Imagínate ahora un lugar donde el agua, en vez de correr por los ríos, arroyos y entrar en contacto con las rocas, va por extensas carpetas de asfalto, complejos industriales y manchas urbanas. Cuando pasa por estos lugares también se llevan a cabo los procesos de disolución; pero lo que se disuelve no son rocas, sino toda una variedad de compuestos de origen antropogénico que causan contaminación.

La preocupación actual por el agua en México y en el mundo se centra en su escasez y en su contaminación. En nuestro país la disponibilidad natural media de agua per cápita ha disminuido en 75% en

Imágenes: Keay/Shutterstock

El control de la calidad del agua es fundamental para prevenir problemas de contaminación como la fluorosis o la salinización de los suelos.

los últimos 60 años. Pasó de 18 035 m³/habitante/año en 1950 a 4 263 m³/habitante/año en 2007, equivalentes a unos 18 000 y 4 000 tinacos llenos de agua, respectivamente. Esta disminución se debe en gran medida a una menor infiltración del agua en el subsuelo y a un mayor número de habitantes (ver *¿Cómo ves?* Núm. 183). El impacto de ambos factores es muy evidente en la región del Valle de México donde por un lado, la mancha urbana de la segunda ciudad más grande del mundo limita la infiltración de agua de lluvia, y por el otro, millones de residentes demandan y consumen el vital líquido. El resultado es la sobreexplotación del acuífero del Valle de México. No es de extrañar entonces que esta región presente la más baja disponibilidad media de agua en el país (143 m³/habitante en 2007). En contraste, la región de la frontera sur tiene la mayor disponibilidad (24 000 m³/habitante en 2007) como resultado de los escurrimientos y recarga total media de los acuíferos más altos, así como de que la población es mucho menor.

Lamentablemente, el acuífero de la zona metropolitana de la Ciudad de México, junto con otros 100 acuíferos de los 653 que hay en el país, ha comenzado a secarse. Por ello el gobierno del Distrito Federal ha considerado inyectar los mantos freáticos y poner

en marcha un proyecto para filtrar el agua pluvial al subsuelo. Además, hay quienes sugieren que para re-

bastecer el acuífero y recuperar el balance entre el agua que se utiliza y la que regresa a la cuenca hidrológica hay que cosechar la lluvia (ver *¿Cómo ves?* Núm. 142).

Uno de los problemas inherentes a la sobreexplotación de los acuíferos es la extracción de aguas cada vez más profundas, que son las más concentradas en sales. En San Luis Potosí, por ejemplo, conforme aumenta la profundidad de extracción aumenta también la concentración de flúor y con ello los problemas de fluorosis en quienes consumen esta agua; la fluorosis es una enfermedad que afecta a los dientes y a los huesos.

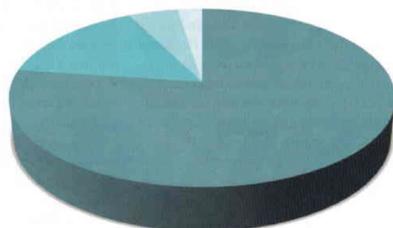
Y hablando de aguas muy concentradas en sales, en el país hay 32 acuíferos que contienen agua salobre; es decir, agua que tiene más sales disueltas que el agua dulce pero menos que el agua de mar. El agua salobre puede contener entre 0.5 y 30 gramos de sal por litro y se considera de origen natural cuando se encuentra en acuíferos

asociados con rocas salinas constituidas de yesos o halita (sal de mesa). El agua salobre saliniza los suelos irrigados con ella, lo que ocasiona que pierdan su productividad. Esta salinización muchas veces se intenta combatir con una mayor irrigación de agua salobre, lo que a largo plazo lleva a un incremento adicional de salinidad y, finalmente, al abandono y la pérdida de tierras arables. El agua salobre puede resultar también de la mezcla de agua dulce con agua de mar. En México, hay 16 acuíferos costeros de agua dulce en los que, conforme el agua es extraída para consumo humano, el agua del mar se introduce tierra adentro y los saliniza.

Calidad del agua

El control de la calidad del agua es fundamental para prevenir problemas de contaminación como la fluorosis o la salinización de los suelos. Esa calidad la evalúa en todo el país la Red Nacional de Monitoreo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) con tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspen-

Estado de los acuíferos en el territorio mexicano



Total de acuíferos en México: 653

■ 504 no afectados ■ 32 con agua salobre
■ 101 sobreexplotados ■ 16 con intrusión marina

Características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radioactivas de la NOM-127-SSA1-1994

	Características
Bacteriológicas	Organismos coliformes totales Organismos coliformes fecales
Físicas y organolépticas	Color Olor y sabor Turbiedad Aluminio, arsénico, bario, cadmio, cianuros, cloro residual libre, cloruros, cobre, cromo total, dureza total, fenoles, hierro, fluoruros, manganeso, mercurio, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, pH, plaguicidas, clordano, DDT, gamma-HCH, hexaclorobenceno, heptacloro y metoxicloro, 2, 4 diclorofenol, plomo, sodio, sólidos disueltos totales, sulfatos, sustancias activas al azul de metileno, trihalometanos totales, zinc
Químicas	
Radioactivas	Radioactividad alfa total Radioactividad beta total

agua para mantener la vida.

Las aguas superficiales son sometidas con frecuencia a procesos de potabilización a fin de que podamos consumir las sin riesgo para la salud. Estos procesos se realizan tomando en cuenta los límites permitidos por las autoridades en las características microbiológicas, físicas y organolépticas como el color, olor, sabor y turbiedad), químicas y radioactivas del agua, para evitar en

A veces el agua potable se mezcla con aguas residuales porque hay tuberías rotas o bien se trata de tuberías viejas de cobre o plomo, minerales que al disolverse se quedan en el agua. Los riesgos entonces comprenden enfermedades gastrointestinales, fluorosis en los dientes (que nos dan una sonrisa ligeramente manchada de ocre), y que el plomo se acumule en la sangre, lo que puede dar origen a diversos padecimientos, en particular neurológicos. Una situación especialmente grave es la contaminación del agua con arsénico, que lamentablemente se ha vuelto un problema común en varios estados del país como Hidalgo, San Luis Potosí y Chihuahua.

Si bien el abastecimiento de agua de calidad para consumo humano, uso doméstico, industrial, riego, protección de la vida acuática, recreación y otros usos recae en la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y los organismos operadores estatales y locales, es responsabilidad de todos velar por que se apliquen medidas que eviten la contaminación de los acuíferos, ríos y lagos y desde luego hacer un uso racional de ella. Nunca está de más insistir en la necesidad de cuidar el agua; por ejemplo, algo tan simple como cerrar la llave mientras te lavas los dientes evita el desperdicio de 10 litros. Y no tires el aceite al drenaje: un solo litro de éste contamina un millón de litros de agua.

cidos Totales (SST). Los dos primeros miden la cantidad de materia orgánica proveniente de las descargas de los inodoros y otras aguas residuales urbanas, mientras que el tercer indicador mide la capacidad de los cuerpos de agua para mantener la diversidad de la vida acuática. La vigilancia de estos parámetros se lleva a cabo para evitar problemas de insalubridad como la propagación de enfermedades diarreicas, y la posible contaminación de las fuentes de abastecimiento del agua ligera baja en sales o de la que venden las compañías embotelladoras. La medición de estos parámetros también se lleva a cabo para evitar la alteración del equilibrio ecológico de los cuerpos de agua que terminan recibiendo aguas residuales. A mayor cantidad de SST, menor capacidad tendrá el

la medida de lo posible la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otros padecimientos.

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 establece los límites permisibles de calidad del agua para consumo humano y los tratamientos a que ésta debe someterse para su potabilización. En un país que cuenta con una norma así, los ciudadanos no tendríamos que preocuparnos por saber si la que bebemos es lo suficientemente pura. Pero en realidad somos muchos los que no nos atrevemos a beber el agua de la llave. Éste temor puede estar justificado, pues el transporte de agua desde la planta potabilizadora hasta la llave de nuestra casa no siempre es hermético y permite la entrada de contaminantes.

MÁS INFORMACIÓN

- Centro virtual de información del agua: www.agua.org.mx
- Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM: www.pumagua.unam.mx
- Agua potable y drenaje: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>

Guía del maestro

Descarga la guía didáctica para abordar el tema de este artículo en el salón de clases.
www.comoves.unam.mx

Nadia Martínez-Villagas es ingeniera química por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Realizó un doctorado en ciencias del suelo en la Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos. Se desempeña como investigadora en la División de Geociencias Aplicadas del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Rosa María Fuentes Rivas es ingeniera química, egresada de la Universidad Autónoma del Estado de México, y también realizó sus estudios de maestría en ciencias del agua. Actualmente estudia el doctorado en la División de Geociencias Aplicadas del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Tratamiento de aguas residuales

Aprendizaje (s)

A-9. Aplica el fundamento teórico de diferentes técnicas de separación de mezclas al purificar muestras de agua contaminada con sólidos solubles e insolubles, desarrollando habilidades de búsqueda y procesamiento de información en fuentes documentales confiables. (N2)

A-10. Explica las diferencias entre mezcla y compuesto a nivel macroscópico, con énfasis en las propiedades características, mediante la búsqueda de información y el análisis de semejanzas y diferencias entre las definiciones. (N2)

Ficha bibliográfica del texto o material

Ceja de la Cruz, U. (2019). Nota INCyTU 28. Tratamiento de aguas residuales. Recuperado el 11 de febrero de 2020, desde https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf

Sinopsis

En la lectura se hace una descripción de las características del agua contaminada, los problemas que ocasiona, las principales técnicas usadas para tratarla y los problemas que presenta el tratamiento del agua en México.

Justificación

La lectura permite que los alumnos visualicen las técnicas de separación en la aplicación del problema concreto de tratar las aguas usadas, lo que puede permitirles diseñar un método de tratamiento. También el docente puede discutir algunas de las características que le confieren confiabilidad a una información determinada. Los esquemas en la lectura pueden utilizarse para que los alumnos elaboren modelos en donde describan las diferencias entre el agua contaminada (mezclas y tipos) y el agua tratada (más cerca de un compuesto).

Sugerencias de actividades de aprendizaje

- a) **Momento de uso:** Desarrollo.
- b) **Forma de trabajo:** En pequeños grupos colaborativos.
- c) **Instrucciones:** Organice el grupo en 6 equipos. En cada equipo coordine la lectura del documento asignando secciones equitativas del material; las secciones que deben leerse de forma obligatoria son:

1. El ciclo urbano del agua.
2. Problemas asociados a la contaminación y falta de tratamiento.
3. Tipos de tratamiento.
4. Ejemplos de gestión del agua en el mundo.
5. Problemática y legislación en México.
6. Alternativas.

Después de la lectura del documento, discuta con los alumnos si la información presentada puede considerarse confiable, y que requisitos debe cumplir la información que consultemos para que sea confiable.

Solicite que los equipos elaboren un mapa mental donde colaboren todos incorporando las secciones que han leído. Al término de ésta actividad proponga que muestren sus mapas. Con las intervenciones de los equipos invite a que mejoren sus mapas incorporando las observaciones que se hubieran presentado.

Posteriormente, invítelos a que reproduzcan el esquema del sistema de tratamiento, que incluyan en cada etapa modelos en los que representen la relación del agua con respecto a otros componentes. Insista en que tomen en cuenta que el agua se representa con un único tipo de partícula y que, a lo largo del proceso, esta empieza a ser más abundante que las otras. Haga que incorporen en sus modelos una explicación sobre el tipo de material (mezcla o compuesto) que se tiene representado.



INCyTU
OFICINA DE INFORMACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
PARA EL CONGRESO DE LA UNIÓN

Melchor Ocampo 305, Colonia Santa Catarina,
Delegación Coyoacán, Ciudad de México
C.P. 04010. Tel. +52(55) 5611 8536
www.foroconsultivo.org.mx



NOTA-INCyTU | NÚMERO 028 | ENERO 2019

Tratamiento de aguas residuales



Imagen: Moisés Sánchez.

Introducción

El cuidado del agua es un tema central de la Agenda del Desarrollo Sostenible de la ONU y de gran importancia en la producción de energía y alimentos, así como en muchas otras actividades humanas. Desde julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad suficiente de agua para uso doméstico y personal, que sea segura, aceptable, asequible económica y físicamente.¹ Sin embargo, el crecimiento poblacional, la urbanización y los cambios en el estilo de vida, presentan nuevos retos para la sostenibilidad.

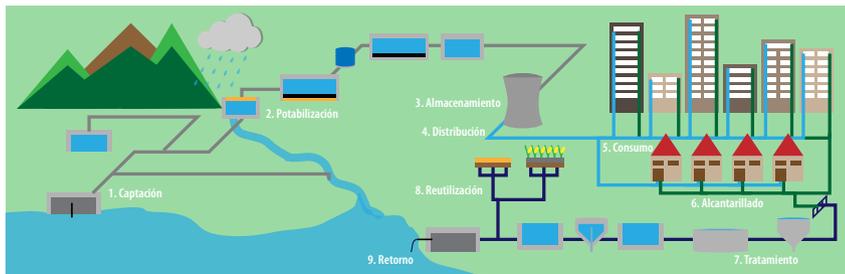
El ciclo urbano del agua

El agua líquida se encuentra naturalmente en ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas (dulce) y mares (salada). Para satisfacer las necesidades asociadas con las actividades humanas, se ha desarrollado infraestructura que permite su canalización, distribución y tratamiento, lo que se conoce como el *ciclo urbano*

RESUMEN

- Las *aguas negras* o *aguas residuales* son aquellas cuya calidad ha sido afectada negativamente por la actividad humana. Proceden de viviendas, poblaciones y áreas industriales y arrastran contaminantes y detritos.
- El tratamiento de aguas residuales es un proceso que limpia y permite su reincorporación a los mantos acuíferos o a los sistemas de agua potable.
- La falta de tratamiento tiene importantes implicaciones ambientales, económicas y sociales, como son la destrucción de los mantos acuíferos y de la flora y fauna de zonas aledañas. Además, genera focos de transmisión de enfermedades y malos olores.
- Existen diferentes tipos de tratamientos que se pueden clasificar por la cantidad y tipo de residuos contenidos en aguas residuales. Por ejemplo, tratamientos con lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas aireadas o filtros biológicos.
- Los costos por la contaminación del agua en México se estiman en 57 mil millones de pesos (0.3% del PIB), mientras que el de los daños ambientales asociados asciende a 900 mil millones (5% del PIB) anuales.
- Según datos oficiales, en México se reportan como tratadas 57% de las aguas residuales colectadas. Sin embargo, más de la mitad de las plantas de tratamiento municipales presentan una calificación de mala a pésima en su funcionamiento.
- Este mal funcionamiento es un problema fundamental que se debe principalmente a tres factores: las grandes cantidades de energía eléctrica necesarias para su operación, los costos asociados a la adquisición de lodos activados y materiales especiales y los costos por funcionar con un volumen de aguas residuales que excede su capacidad.
- México ha hecho esfuerzos recientes para aumentar el porcentaje de aguas residuales tratadas, lo cual podría traer múltiples beneficios al país, pero los logros aún no son suficientes.

del agua, que implica una alteración del ciclo natural. Este ciclo urbano existe en toda comunidad humana sin importar su tamaño y consiste de las siguientes fases (figura 1): captación, potabilización, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, alcantarillado, tratamiento, reutilización y retorno.²

Figura 1. Fases del Ciclo Urbano del Agua²

Problemas asociados a la contaminación y falta de tratamiento

El agua se contamina por residuos, fertilizantes y diferentes químicos que, vertidos en las aguas dulces, terminan por contaminar también las saladas. Según estudios, en el 2015 los gastos generados por la contaminación del agua fueron de 57,403 millones de pesos (0.3 % del PIB nacional). Además, se calcula que los daños en territorio nacional por agotamiento y degradación medioambiental ascendieron a poco más de 900 mil millones de pesos, o 5 % del PIB nacional.³ Algunas consecuencias dañinas al medio ambiente que resultan de la falta de tratamiento de aguas, son:⁴

- **Toxicidad:** afecta directamente a la flora y fauna de los cuerpos que reciben el agua contaminada y a quien la beba.
- **Infecciones:** diferentes organismos patógenos son transmitidos a través del agua, que afectan a los organismos terrestres y marinos con los que entran en contacto.
- **Contaminación térmica de las reservas que contienen el agua:** los líquidos industriales pueden elevar la temperatura de las zonas donde se desechan.
- **Malos olores:** las bacterias y sustancias contenidas en aguas residuales generan gases, resultado de la descomposición.

La experiencia internacional muestra que las afectaciones ambientales son serias y difícilmente reversibles en el corto plazo. En China, 80% de sus ríos están tan contaminados que ya no son aptos para uso humano. En Estados Unidos, las autoridades han tenido que advertir a los habitantes y visitantes que no pesquen ni se bañen en las aguas de dos de cada cinco ríos. De esta manera la población que tiene algún tipo de contacto directo o indirecto con los afluentes se ve afectada por la contaminación.⁵

Desde 1990, nuestro país se comprometió a cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, fijados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), pero la meta de servicios de saneamiento no fue alcanzada. Es importante mencionar que 24% de los municipios del país se encuentra en condición de vulnerabilidad climática alta, lo que representa una amenaza para la cantidad y calidad del agua que consumimos diariamente.⁶

A nivel mundial, México es el segundo país, solo después de China, que utiliza más "aguas crudas" (sin tratar) para riego. Éstas acarrean grandes cantidades de organismos patógenos, metales pesados y residuos de productos de aseo personal que generan problemas de salud, así como de antibióticos, que contribuyen a aumentar la resistencia de las bacterias.⁷

En términos generales, las aguas sin tratamiento pueden provocar enfermedades humanas como cólera, diarreas, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y poliomielitis. Además, contienen derivados de combustible y nuevos contaminantes que aún no están contemplados en la normativa mexicana que regula los límites y tipos de contaminantes en las plantas de tratamiento; por ejemplo, derivados de disolventes industriales, plásticos y plaguicidas, que inciden de manera importante en el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas como el cáncer.⁷

La inversión en infraestructura de agua y saneamiento tiene efectos positivos evidentes en la reducción de la incidencia de enfermedades gastrointestinales, que disminuye el gasto en Salud Pública. Además, un adecuado tratamiento de las aguas residuales permitiría incorporar nuevamente el agua a los mantos subterráneos, los cuales sostienen alrededor de 62% del uso público, 52% del industrial y 34% del agrícola e industrial.⁷

Tipos de tratamiento

Existen diferentes niveles de limpieza en los procesos de remoción de los principales contaminantes contenidos en las aguas residuales (Tabla 1).⁸

La calidad del agua se mide a través de tres indicadores:

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), indicador de la materia orgánica que disminuye el oxígeno en el agua.
2. Demanda química de oxígeno (DQO), que se utiliza como indicador de contaminantes de descargas no municipales, es decir provenientes de descargas industriales.
3. Sólidos suspendidos totales (SST), que provienen principalmente de las aguas residuales y la erosión del suelo.

Estos contaminantes presentan altas concentraciones en las aguas residuales del país y la Comisión Nacional del Agua

Tabla 1. Niveles de procesamiento de aguas residuales en México⁹

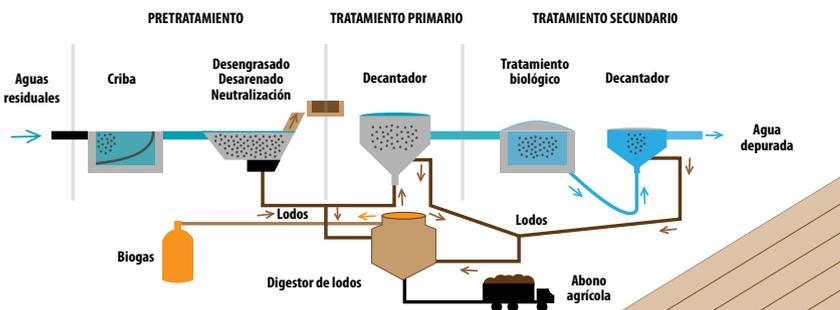
Nivel	Procesos	Contaminantes removidos	Porcentaje de las plantas existentes
Primario: asentamiento de sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> Sedimentación Decantación Lagunas de estabilización 	<ul style="list-style-type: none"> Ajusta el PH del agua Orgánicos e inorgánicos 	31.14%
Secundario: tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta.	<ul style="list-style-type: none"> Lodos activados Lagunas aireadas Filtros biológicos Reactores anaerobios de flujos ascendente (RAFA) 	<ul style="list-style-type: none"> Orgánicos coloidales Orgánicos disueltos 	60.7%
Terciario: microfiltración y desinfección.	<ul style="list-style-type: none"> Desinfección Filtración química 	<ul style="list-style-type: none"> Orgánicos disueltos Iones Bacterias Virus 	3.35%
No especificado			4.81%

Nota: Entre más sofisticado es el método de tratamiento más cara resulta su operación, adquisición y mantenimiento.

(CONAGUA) los mide regularmente en diferentes puntos. En 2016, la Red Nacional de Monitoreo contaba con 5,068 sitios y de estos, sólo 2,772 eran monitoreados con DBO₅ y 2,779 con DQO y 3,810 con SST.⁹ Según datos de 2011 de la CONAGUA, cada año se retiran 0.65 millones de toneladas de DBO₅ de los 2 millones de agua residual que se generan.¹⁰

Los principales procesos de tratamiento de aguas residuales en los municipios se componen por lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas aireadas y filtros biológicos, entre otros. Del total de las plantas en el país, 56% son lodos activados y 11.6 lagunas de estabilización.⁸ Otros procesos comunes son las zanjas de oxidación, de reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA, o WAST por sus siglas en inglés).¹¹ RAFA es una de las mejores opciones debido a que evita el uso de energía eléctrica.

Figura 2. Descripción del funcionamiento de una planta por fases:¹²



¿Cómo funciona una planta de tratamiento?

No hay un modelo ni manual único a seguir para su construcción por lo que las plantas de tratamiento son diseñadas de forma individual. Las fases generales del tratamiento son:¹² (Figura 2)

- **Pretratamiento:** se retiran los componentes más grandes (rocas, papel, troncos, etc.).
- **Tratamiento primario:** se retiran los componentes más finos (arena, grava, limo, arcilla, etc.).
- **Tratamiento secundario:** uso de lodos para convertir a los microorganismos en componentes fácilmente removibles.
- **Manejo de biosólidos:** los lodos excedentes se digieren (por incineración, oxidación o digestión aeróbica), deshidratan y almacenan para su posterior manejo.
- **Desinfección:** se inactivan bacterias, virus y cualquier patógeno para evitar daños a la salud de las personas.
- **Producto final:** el agua depurada se utiliza para fines agrícolas y ganaderos en su mayoría y el resto retorna al medio ambiente.

Ejemplos de gestión del agua en el mundo

Un estudio realizado en 2014 por la CONAGUA, indica que el sistema de alcantarillado recolecta un total de 211 m³/s, es decir que al año se producen 7.21 miles de hectómetros cúbicos,¹³ una cantidad de agua que alcanzaría para llenar 2.8 millones de albercas olímpicas.

Los principales problemas para el tratamiento de aguas comienzan con la infraestructura para llevar las aguas residuales a las plantas de tratamiento, donde se presentan diversas dificultades:¹⁴

- Las plantas de tratamiento no cuentan con capacidad física suficiente. En temporada de lluvias hay desbordamientos, debido en parte a la falta de infraestructura que separe el agua pluvial de las aguas residuales.
- La red de agua potable tiene muchas fugas y se pierde 40% del agua dentro de la red.

- La falta de sistemas de monitoreo impide conocer las metas clave para romper el ciclo de desabasto de agua en ciudades con gran demanda, como la Ciudad de México.
- Además de estas carencias, hay que añadir el problema de la contaminación y explotación de los mantos acuíferos.¹⁴

El tratamiento de aguas residuales es un tema de preocupación en todo el mundo. Varios países ya están implementando técnicas y estrategias para mejorar la calidad del agua, aumentar la eficiencia de sus procesos y disminuir los costos de su procesamiento. (Tabla 2).¹⁵

Problemática y legislación en México

En México, el saneamiento, agua potable y alcantarillado son responsabilidad de los gobiernos municipales.⁶ Actualmente, la cobertura del drenaje en el país es de 73%, con 2,477 plantas de tratamiento. Sin embargo, solo 57% de las aguas municipales recolectadas en el sistema de drenaje son tratadas, y existe un volumen indeterminado de aguas que no son coleccionadas debido a que se pierden en las redes de desagüe o son vertidas ilegalmente al medio ambiente.^{7,8,19-21} Un problema grave es la inoperancia en el funcionamiento de las plantas y otro es que no se tiene regulación alguna sobre su tamaño, por lo cual existe una diversidad de tamaños y estructuras, aunque podrían clasificarse por la cantidad de agua que reciben. Por ejemplo, de las plantas pequeñas del país (aquellas que reciben menos de 100 litros por segundo), solo 25% funcionan de manera adecuada.⁷ Esto se debe a una combinación de tres causas principales: 1. los costos de energía eléctrica necesaria para la operación, 2. los costos asociados a lodos o materiales especiales y 3. los costos generados por operar arriba de sus capacidades.²¹

Además, es importante considerar que, debido a factores económicos, culturales y políticos, existen grandes disparidades geográficas en el tratamiento de aguas en el país. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en los estados de Nuevo León y Aguascalientes se trata más de 90% del caudal generado en dichos estados, mientras que en Yucatán, Campeche e Hidalgo se trata menos de 10%.²² Adicionalmente, México se encuentra en situación de sobreexplotación de los mantos acuíferos, ya que éstos se explotan y no se les da oportunidad de recargarse. En 2015 se registró que de los 653 acuíferos existentes 105 estaban sobreexplotados.⁶ Se estima que en México el consumo de agua por persona es de 280 litros de agua al día²³ y según Forbes en 2018 la Ciudad de México donde actualmente solo se trata el 15% del agua²³, es una de las 11 ciudades del mundo que podría quedarse sin agua en un futuro próximo.²⁴

Existen Normas Oficiales Mexicanas relevantes a la calidad del agua (Tabla 3).²⁵

Tabla 3. Normas Oficiales Mexicanas SEMARNAT ²⁵

Norma	Año	Contenido
NOM-001-Semarnat	1996	Límites máximos de contaminantes en la descarga de aguas residuales a mares y ríos.
NOM-002-Semarnat	1996	Límites máximos de contaminantes permitidos en la descarga de aguas residuales a sistema de alcantarillado urbano o municipal.
NOM-003-Semarnat	1997	Límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales tratadas que se producen en los servicios públicos.
NOM-004-Semarnat	2001	Especificaciones y límites máximos de contaminantes permitidos en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final.

Tabla 2. Ejemplos de mejoras en el tratamiento de aguas residuales, captación de agua y sus beneficios.¹⁵⁻¹⁸

País	Organismo	Proceso	Beneficio
China	XVIII Congreso Nacional de China y GHD	Sistema de gestión de recursos hídricos altamente eficiente para controlar inundaciones y reutilizar aguas de lluvia.	La captación de agua de lluvia ha reducido la degradación del medio ambiente, mejora el aspecto de la zona urbana y los espacios para la recreación. ¹⁵
Australia	Melbourne y CleanTeQ	Introducción de procesos de separación avanzada y tecnología de filtración iónica continua para limpiar el aire y el agua basados en bacterias.	Extracción de metales pesados y eliminación de contaminantes peligrosos para la irrigación de cultivos y ganadería. ¹⁵
EUA	Gobierno de South Bend, Indiana y la empresa Optimatics	Desarrollo de modelos de cómputo y software de planificación para la gestión de aguas residuales.	El plan redujo costos en un 27%, generó ahorros de \$112 millones de USD respecto a planes anteriores y disminuyó los desbordamientos de aguas en más del 30%. ¹⁵
España	La Agencia Catalana del Agua (ACA) en conjunto con la Compañía General de Aguas de Cataluña S.A.	Implementación de un sistema de análisis de consumo de energía en la planta y un sistema de gestión a distancia, que alargue la vida útil de las principales unidades electro-mecánicas en la planta.	Un ahorro de 8.6 % anual (28 mil Euros), que amortice la inversión de las mejoras en menos de 12 meses. ¹⁶
Francia	Le Havre en conjunto con la empresa Suez Environnement Degremont	Construcción de una mega planta para tener la capacidad de recibir las aguas residuales de 20 ciudades. Incorpora tres tipos diferentes de tecnologías de la empresa.	Reducción de la huella ecológica, disminuyó los costos, el uso de químicos y eliminó olores desagradables. ¹⁷
Hungría	La planta de tratamiento de Csepel (Budapest) en colaboración con la compañía Suez Environnement Degremont	Implementación de un conjunto de tecnologías en el tratamiento de aguas y lodos llamado SEDIPAC.	Implementación de una planta con capacidad de 900,000 m3, que reduce la huella ecológica por los desechos y elimina por completo los olores y ruidos producidos por el tratamiento. ¹⁸

El proceso de verificación de estas normas es auditado por la SEMARNAT, pero los expertos consideran que las acciones son insuficientes ya que no se alcanzan los objetivos nacionales ni internacionales. Además, los resultados no se hacen públicos de manera oportuna y por lo tanto la población no puede saber a tiempo las condiciones en que se encuentran las plantas tratadoras ni qué clase de aguas se obtienen de las mismas.²⁶

En México, cada sexenio establece un Programa Nacional Hídrico donde se fijan las principales metas en esta materia para el país, además de brindar un panorama general de la situación actual en esa temática. De 2001 a 2006 se alcanzó un total de 36.1% de aguas residuales tratadas, y para el año 2012, 47.6%. La ONU establece en su **punto número 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible** "asegurar la disponibilidad y gestión sustentable del agua y el saneamiento para todos". El reporte "Progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2017" de la ONU menciona que más de 2 mil millones de personas viven en países con escasez de agua.²⁷

Alternativas

La UNESCO propone un ciclo de gestión mejorada de las aguas residuales²⁸ para atender las tres principales consecuencias de liberar aguas sin un tratamiento adecuado, las cuales son:

- Efectos nocivos en la salud humana.
- Impactos negativos en el ambiente.
- Repercusiones adversas en actividades económicas.

En la **tabla 4** se explican los estadios en los que la UNESCO divide su ciclo de gestión mejorada.

Tabla 4. Ciclo de gestión mejorada (UNESCO)²⁸

Estadio	Explicación
Prevención o reducción de contaminación de la fuente	Reducir la cantidad de contaminantes o prohibirlos, a través de la legislación, ya que es más fácil y barato legislar su uso que removerlos de las aguas residuales. Es importante incorporar un sistema de monitoreo de las aguas residuales presentes en el sistema, en tiempo real, que permita plantear objetivos que concuerden con la realidad.
Recolección y tratamiento de aguas residuales	La tendencia mundial va hacia los sistemas descentralizados, que permiten trabajar con pequeños grupos o zonas. Ahorran energía y agua ya que solo cuestan de 20% a 50% del total de una planta tratadora centralizada y su gasto de operación y mantenimiento es también entre 5% y 25% más bajo.
Usar las aguas residuales como una fuente alternativa de agua	Reusar el agua residual beneficia a los ecosistemas, reduce la extracción de agua dulce, rellena los acuíferos agotados y disminuye los costos de llevar agua dulce a las zonas de agricultura y ganadería.
Recuperación de subproductos útiles	Es posible extraer energía de los subproductos del tratamiento de aguas residuales, con lo cual se pueden sustituir parcialmente los gastos energéticos de la planta.

Tabla 5. Propuestas sobre el tratamiento y gestión de aguas residuales (SUSMAI)⁷

Propuesta	Descripción
Seguridad hídrica y gestión de cuencas hidrográficas	Debe considerarse un tema urgente y de aplicación estratégica.
Cambios legales y de diseño institucional	Modificar la Ley de Aguas Nacionales para atender a las demandas y características del contexto actual.
Colaboración y coordinación interinstitucional	Gestión más eficiente y transparente que aumente el interés en las zonas que se encuentren en proceso de industrialización para anticipar crisis hídricas.
Generación de información confiable y transparente	Extender los sistemas de información, monitoreo y alerta temprana sobre aguas y cuencas, que deben manejarse y administrarse desde las universidades para mantener actualizadas las bases de datos.
Manejo del agua urbana	Evitar enviar aguas residuales a plantas residuales lejos de su punto de emisión.
Regulación y mejor gestión de las aguas subterráneas	Incorporar a la ley el modelo de funcionamiento del agua subterránea por el sistema de flujos, el cual consiste en monitorear la cantidad y distribución de las aguas residuales y acuíferos, que permita tomar mejores decisiones respecto a su cuidado y preservación.

El Seminario Universitario de Sociedad, Medio Ambiente e Instituciones (SUSMAI) de la UNAM, elaboró el reporte **Agenda Ambiental 2018: Diagnóstico y Propuestas** donde se aborda la situación actual del tratamiento de aguas en el país y se sugieren medidas para atender el problema (acorde a las características del país y de los esfuerzos realizados en el resto del mundo; **Tabla 5**).⁷

Otros temas que se consideran relevantes son: la utilización de sistemas de flujos regionales llamados *acuíferos profundos*, los cuales son perforaciones en el suelo que permiten alcanzar cuerpos de agua a grandes profundidades; las iniciativas de recargas artificiales; la implementación de sistemas de alerta temprana en sistemas de flujo vulnerables; el aprovechamiento de aguas subterráneas transfronterizas, y el uso de grandes volúmenes de agua subterránea para prácticas de fractura hidráulica (*fracking*) en la extracción de petróleo a partir de rocas sedimentarias de grano fino que contienen hidrocarburos.⁷

Conclusiones

El déficit de tratamiento de aguas residuales, generados al verter aguas residuales sin tratar o con tratamientos inadecuados, implica altos costos en materia de salud, ambientales y económicos.

A pesar de los objetivos nacionales fijados por el gobierno, las metas no han sido alcanzadas y por lo tanto tampoco sus beneficios. Es necesario corregir los problemas de inoperancia existentes en las plantas de tratamiento municipales y mejorar su gestión, para garantizar la calidad e higiene que las normas internacionales y nacionales exigen en la totalidad de aguas del país, lo cual impactaría positivamente en la salud de la población y el cuidado del medio ambiente.

Referencias

- Naciones Unidas. (Sin fecha). Agua: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>.
- Foro para la comunicación y la educación ambiental. (Sin fecha). Visión general del agua en México: <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
- INEGI. (2016). Cuentas económicas y ecológicas de México 2015: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_11_10.pdf.
- Vázquez M. (2017). Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones: <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>.
- Rodríguez H. (2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.
- Comisión Nacional del Agua. (2016). Numeragua México 2016: http://201.116.60.25/publicaciones/Numeragua_2016.pdf.
- Seminario Universitario de Sociedad, Medio Ambiente e Instituciones. (2018). Agenda Ambiental 2018 Diagnóstico y propuestas: <http://amerac.org/wp-content/uploads/2018/04/Agenda-Amb-UNAM-web-2-para-envio.compressed-1.pdf>.
- CONAGUA. (2017). Estadísticas del agua en México. Edición 2917: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf.
- SEMARNAT. (2017). Red nacional de monitoreo de la calidad del agua: http://dgeia.wf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AGUA05_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce.
- Conagua, Semarnat. (2011). Estadísticas del Agua en México. Edición 2011: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>.
- CONAGUA. (2014). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Inventario_Nacional_Plantas1.pdf.
- CONAGUA. (Sin fecha). ¿Cómo funciona una planta de tratamiento?: <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguasresiduales/funcionaplanta.html>.
- CONAGUA. (2015). Estadísticas del agua en México, edición 2015: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf>
- Hogenboom M. (2018). How a city that floods is running out of water: <http://www.bbc.com/future/gallery/20180510-how-a-city-that-floods-is-running-out-of-water>.
- Australian Government Australian Trade Commission. (2014). Agua urbana e Industria: <https://www.austrade.gov.au/ArticleDocuments/5310/Agua%20Industrial%20y%20urbana.pdf.aspx>.
- Circuitur. (Sin fecha). Reference applications. Case Studies: http://docs.circuitur.com/docs/CT_Aplicaciones-CasosExitos_EN.pdf.
- Degremont. (2011). Inauguration of the Edelweiss wastewater treatment plant in Le Havre, the largest cyclor reference in Europe: http://www.degremont.com/en/news/what-about-degremont/news/tactualite_id=60.
- Degremont. Csepl. (Sin fecha). Hungary: http://www.degremont.com/en/activities/references/references/?reference_id=121.
- Cruz J. (2017). Más de 60% de municipios en México no tienen tratamiento de aguas residuales: Inegi, proceso: <https://www.proceso.com.mx/478579/60-municipios-en-mexico-tratamiento-aguas-residuales-inegi>.
- Serrano L. (2014). En México, sólo el 20 % de las aguas residuales son tratadas: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/74-en-mexico-solo-el-20-de-las-aguas-residuales-son-tratadas>.
- Sánchez M. (2014). En México se trata menos de la mitad de las aguas residuales: BID; el 16% de las plantas están inoperantes: <http://www.sinembargo.mx/28-05-2014/1005671>.
- SEMARNAT. (Sin fecha). Aguas residuales: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/Informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html.
- SEDEMA. (Sin fecha). Volumen del agua residual en la CDMX: <http://www.cuidarelagua.cdmx.gob.mx/volumen.html>.
- Forbes (2018). CDMX, entre las 11 ciudades que podrían quedarse sin agua potable. <https://www.forbes.com/cdmx-entre-las-11-ciudades-que-podrian-quedarse-sin-agua-potable/>.
- De La Peña M, Ducchi J & Zamora V. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México. Banco interamericano de desarrollo: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5931/Tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20en%20Mexico.pdf?sequence=4>.
- Quevedo L. (2018). Semarnat y Conagua: Juez y parte en monitoreo de agua: <http://planoformativo.com/597991/semarnat-y-conagua-juez-y-parte-en-monitoreo-de-agua-slp>.
- Naciones Unidas. (2017). Progress towards the Sustainable Development Goals: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2017/66&Lang=E.
- UNESCO. (2017). Wastewater. The Untapped Resource: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552e.pdf>.

Hidrógeno, energético del futuro

Aprendizaje (s)

A-12. Demuestra que el agua es un compuesto al realizar su descomposición y su síntesis en el laboratorio, lo que posibilita ejercitar las habilidades relativas al trabajo experimental, planteamiento de hipótesis, manejo de equipo, comunicación oral y escrita, fomentando el orden y respeto durante las actividades. (N₃)

A-13. Relaciona el concepto de enlace con la energía involucrada en las reacciones de descomposición y síntesis del agua e identifica el papel de la energía de activación. (N₃)

Ficha bibliográfica del texto o material

Gasque, L. (2006) Hidrógeno, energético del futuro. ¿Cómo ves? (93), 10-14.

Sinopsis

En nuestro planeta el hidrógeno es un elemento no tan abundante: aproximadamente el 15% de todos los átomos son de hidrógeno y juntos constituyen apenas el 0.9% de la masa total del planeta. La mayoría de los átomos de hidrógeno que existen en la Tierra están en las moléculas de agua. Pese a su relativa escasez en este planeta, el hidrógeno forma parte de un mayor número de compuestos químicos que ningún otro elemento.

En estado elemental, el hidrógeno es un gas formado por moléculas diatómicas, que sólo alcanzan a ser una millo-nésima parte de la atmósfera; por ser tan ligeras, la gravedad de la Tierra no alcanza a retenerlas. La reacción entre el hidrógeno (H_2) y el oxígeno elemental (O_2) produce moléculas de agua y desprende una importante cantidad de energía. Esto sucede porque los enlaces de la molécula de agua son más fuertes que los enlaces en las moléculas de H_2 y O_2 .

Justificación

Durante el desarrollo del texto se muestra la naturaleza como compuesto del agua, y se mencionan otros compuestos importantes, también se describe la reacción de síntesis del agua y su ecuación, así como la electrólisis como caso inverso. También se desarrolla la idea del potencial del hidrógeno como combustible, asociando esta idea con la energía necesaria para una reacción química.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

- a) **Momento de uso:** Desarrollo.
- b) **Forma de trabajo:** Individual/parejas/en pequeños grupos colaborativos.
- c) **Instrucciones:** Después de leer el artículo, conteste las siguientes preguntas:
 - ¿Cómo podría explicar que la combustión del hidrógeno en el Hindenburg fuera tan rápida?
 - Escriba y clasifique la reacción que ocurre en una celda de combustible entre el hidrógeno y el oxígeno.
 - Explique por qué los autores dicen que si el hidrógeno se obtiene por electrólisis no hay ninguna ventaja energética para usarlo.
 - Investigue que es la energía de activación y explique con base en su investigación por qué es tan difícil obtener hidrógeno por electrólisis.
 - Explica cuáles son las principales dificultades para que el hidrógeno sustituya a la gasolina en los vehículos convencionales y como podrían resolverse estas.

El HIDRÓgeno energético del futuro

Laura Gasque

Poco a poco se acerca el día en que este elemento químico sea el combustible de los automóviles, como ya sucede con los transbordadores espaciales.



Ilustración: Raúl Cruz Figueroa

GENO

Todo el hidrógeno del mundo podría transformarse de una sola vez y el éxito del experimento propagarse en el Universo como una nueva estrella.

Francis William Aston, Premio Nobel de Química en 1922



EL FIN DE LA ERA del petróleo ya se vislumbra y un candidato cada vez más firme para obtener energía es el hidrógeno. Los átomos de este elemento químico se componen de tan sólo un protón y un electrón, y son los más abundantes: cerca del 90% de todos los átomos que existen en el Universo son de hidrógeno.

En nuestro planeta este elemento no es tan abundante: aproximadamente el 15% de todos los átomos son de hidrógeno y juntos constituyen apenas el 0.9% de la masa total del planeta.

La mayoría de los átomos de hidrógeno que existen en la Tierra están en las moléculas de agua. Pese a su relativa escasez en este planeta, el hidrógeno forma parte de un mayor número de compuestos químicos que ningún otro elemento.

En estado elemental, el hidrógeno es un gas formado por moléculas diatómicas,

que sólo alcanzan a ser una millonésima parte de la atmósfera; por ser tan ligeras, la gravedad de la Tierra no alcanza a retenerlas.

La reacción entre el hidrógeno (H_2) y el oxígeno elementales (O_2) produce moléculas de agua y desprende una importante cantidad de energía. Esto sucede porque los enlaces de la molécula de agua son más

fuertes que los enlaces en las moléculas de H_2 y O_2 .



Ésta es la reacción que se usó, por ejemplo, en los cohetes Saturno V (uno de los cuales puso en el espacio al Apolo 11, la primera misión tripulada a la Luna) y los transpor-



Lanzamiento de *New Horizons* camino a Plutón el 19 de enero de 2006.

Foto: cortesía NASA/KSC

Incendio del Hindenburg



dadores espaciales, que utilizan hidrógeno elemental como combustible.

La sombra del Hindenburg

La reacción del hidrógeno con el oxígeno es peligrosa por explosiva, pero el peligro se ha exagerado desde la explosión del dirigible *Hindenburg*, en 1937. El esqueleto del *Hindenburg* estaba armado con varas de madera, cuerdas de seda y laca. Para la cubierta se usó tela de algodón, recubierta primero con una capa de acetato de celulosa —uno de los componentes de la pólvora— y después con aluminio metálico en polvo. La violenta reacción del aluminio metálico pulverizado con el oxígeno se utiliza también en los combustibles de los cohetes espaciales y es el principal responsable de la gran luminosidad de la llama de éstos. El incendio del *Hindenburg* fue provocado por una chispa de electricidad estática del aire, que causó que el aluminio de la cubierta se incendiara y con él el resto de los materiales, todos inflamables, con los que estaba hecho el globo; y desde luego, también el hidrógeno. El hidrógeno arde con una flama casi invisible y por su extrema ligereza, tiende a dispersarse hacia arriba. En el caso del *Hindenburg*, se tiene registro de que todo el hidrógeno que contenía se consumió en tan solo 37 segundos. El fuego que se ve en las fotos no puede atribuirse a la combustión del hidrógeno, sino a la de los materiales del globo y al combustible diesel que alimentaba sus motores.

De los 97 pasajeros y tripulantes del dirigible, 36 perdieron la vida, 33 de ellos por haber caído o saltado intencionalmente al vacío. Sólo tres de las vícti-

mas murieron por quemaduras, seguramente causadas no por la combustión del hidrógeno, sino por la del diesel usado como combustible del dirigible, ya que la cabina de los pasajeros se ubicaba bajo el globo. El diesel y el resto de los materiales inflamables tardaron 10 horas en consumirse.

¿Adiós a la gasolina?

Hoy en día existen varios prototipos de automóviles impulsados por la energía mecánica generada por la reacción del hidrógeno con el oxígeno. Los fabrican compañías como BMW de Alemania y Mazda de Japón, asociada con la estadounidense Ford. Para hacer automóviles de combustión interna impulsados por hidrógeno elemental se requiere una tecnología parecida a la que se usa para producir motores movidos por gas natural, que ya abundan en nuestros días. La combustión del hidrógeno en estos motores aún no es perfecta. Su fuente de oxígeno es el aire, por lo que inevitablemente una pequeña fracción de nitrógeno interviene en la combustión y forma óxidos de nitrógeno, NO_x , que producen el esmog fotoquímico y el ozono “malo”.

Comparado con la gasolina, el hidrógeno como combustible extiende la vida del motor y reduce el mantenimiento, ya que no se acumula carbón en la cámara de combustión ni en las bujías, y los gases resultantes son tan limpios que casi no se necesita cambiar el aceite del motor, sólo



hay que reemplazarlo periódicamente. Sin embargo, los inconvenientes siguen siendo mayores que las ventajas. Como las moléculas de hidrógeno son tan pequeñas, se requiere mucha energía para comprimirlo o licuarlo. Por la misma razón, el gas se fuga con mucha facilidad de los recipientes que lo contienen; incluso en el mejor tanque, el H_2 se evapora a una tasa de 3% diario.

Del hidrógeno a la electricidad

Otra posibilidad es aprovechar la energía química liberada cuando el hidrógeno reacciona con el oxígeno, no como energía mecánica o térmica, sino almacenándola como energía eléctrica. Esta alternativa se va haciendo cada vez más viable. Los dispositivos que producen electricidad a partir de esta reacción se conocen como *celdas de combustible* (véase recuadro).

En las celdas de combustible la energía química se convierte en electricidad sin necesidad de combustión. Se hace reaccionar el hidrógeno con el oxígeno en dos electrodos (los "polos", o "bornes", de una pila) separados por una membrana de plástico delgada. En uno de los electrodos las moléculas de hidrógeno se despojan de sus electrones. Éstos se suministran al circuito externo al que la celda alimenta para realizar trabajo. Los protones de las moléculas de hidrógeno atraviesan la membrana y van al otro electrodo, donde se mezclan con el oxígeno y los electrones en circulación para dar agua. Es decir, las celdas de combustible permiten obtener energía eléctrica totalmente limpia a partir de la reacción química entre el hidrógeno y el oxígeno.

Uno de los reactivos necesarios, el oxígeno, se obtiene directamente del aire y es virtualmente inagotable. Cómo obtener el hidrógeno es otra historia.

Las fuentes

El hidrógeno se encuentra combinado en forma de agua o de compuestos orgánicos. Por lo tanto, se puede obtener de esas fuentes, pero para separarlo de sus compuestos es preciso suministrar energía. Hoy en día el hidrógeno se obtiene principalmente de sustancias extraídas del petróleo: hidrocarburos gaseosos como el metano y el propano, o alcoholes como el metanol o el etanol, que son líquidos.



Obtener hidrógeno del metano, por ejemplo, tiene dos inconvenientes. El primero es que el metano del que se parte se obtiene principalmente del petróleo, que se está agotando. Este inconveniente podría evitarse porque se puede extraer metano de *biomasa* (mediante fermentaciones llevadas a cabo por microorganismos sobre materia orgánica de desecho) y este proceso podría volverse la principal fuente de metano. El segundo inconveniente es que el proceso genera dióxido de carbono, igual que cuando se quema el gas natural, lo que contribuye al calentamiento global.

La obtención de hidrógeno a partir de metanol, CH_3OH , tiene las mismas desventajas que a partir de metano. La ventaja que ofrece el metanol sobre el metano es que mientras que éste es un gas, aquél es un líquido, que podría transportarse y almacenarse de manera semejante a la

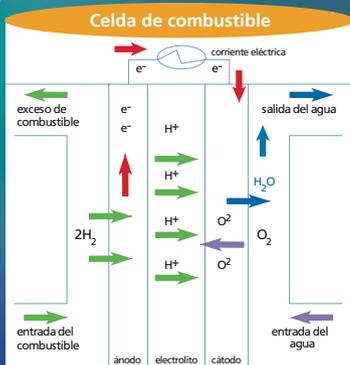
gasolina. El inconveniente es que la materia prima para obtener metanol, es justamente el metano. El etanol también puede utilizarse para obtener hidrógeno, con la ventaja de que es un alcohol más fácil de obtener biotecnológicamente, mediante la fermentación de azúcares.

Desde luego, también es posible obtener el hidrógeno elemental a partir del agua, que en tanta abundancia tenemos. Sin embargo, la manera más simple y directa de separar el agua en sus componentes, la electrólisis, no representa ninguna ganancia en cuanto al balance total de energía: para efectuarla hay que proporcionar la misma cantidad de energía eléctrica que la que se obtiene al realizar la reacción inversa. Si esa energía eléctrica se obtuvo a partir de la principal fuente actual en nuestro planeta, una planta termoeléctrica, estaremos sólo dando la vuelta al problema y seguiremos quemando combustibles fósiles.

Pero existen otras posibilidades. Si para hidrolizar el agua usamos electricidad proveniente de una planta nuclear, hidroeléctrica o eólica, las pilas de combustible se convierten en una buena manera de almacenar y transportar esa energía. La energía del Sol también puede ser la solución, ya sea porque la electricidad requerida para hidrolizar el agua puede provenir de celdas solares, o porque la luz solar por sí misma es capaz de separar el agua en sus componentes mediante el uso de catalizadores adecuados.

Los coches eléctricos hoy

Los primeros automóviles eléctricos se desarrollaron en la primera mitad del siglo XIX y llegaron a tener cierto auge durante la primera década del siglo



XX. Sin embargo, la poca durabilidad de las baterías disponibles en aquel entonces y el advenimiento del automóvil con motor de combustión, así como el incremento en las exploraciones petroleras, hicieron que los autos eléctricos se convirtieran en una curiosidad. En 1912 un automóvil eléctrico costaba 1 750 dólares, mientras que uno con motor de gasolina se adquiría por 650. El interés en los coches eléctricos resurgió a partir de los años 70 con las crisis energéticas provocadas por los embargos petroleros de los países árabes.

En la actualidad, los vehículos eléctricos más populares no son solamente eléctricos, sino *híbridos*. Se llama híbrido a cualquier vehículo que utilice dos fuentes de energía, pero actualmente el término se ha vuelto casi exclusivo para designar autos impulsados por energía eléctrica y energía proveniente de la combustión de gasolina. Esta combinación logra rendimientos de gasolina del orden de 20 kilómetros por



litro, con una potencia comparable a la de los autos con motores tradicionales a base de gasolina. En realidad esta tecnología es solamente un paso en la transición de los vehículos altamente contaminantes con motor de combustión interna hacia vehículos impulsados por fuentes de energía limpia, como

podrían ser las celdas de combustible.

La mayoría de las compañías fabricantes de automóviles llevan a cabo hoy en día intensos programas de investigación y desarrollo encaminados a producir autos movidos por celdas de combustible. Por ejemplo, Ford tiene ya un modelo de automóvil de este tipo, del cual ha distribuido, a manera de prueba, varias decenas en los Estados Unidos, Canadá y Alemania. La producción de estos vehículos a nivel comercial está a la espera de un sistema de distribución de hidrógeno que permita a los consumidores reabastecer sus autos. Ford, en colaboración con su socio Mazda, ha promovido la instalación de estaciones de hidrógeno en Hiroshima, Detroit y Berlín. Honda no sólo tiene planes de producir comercialmente su vehículo de celdas de combustible para el año 2010, sino que también participa en el desarrollo de una *estación casera de energía*, capaz de producir hidrógeno a partir de gas natural en una escala doméstica.

El petróleo empieza a escasear y el hidrógeno abunda; la transición no será fácil, pero es inexorable. Nos dirigimos hacia una nueva tecnología energética, que traerá profundos cambios en el ámbito económico y social.

Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Laura Gasque Silva es doctora en química inorgánica. Trabaja en la Facultad de Química de la UNAM, donde imparte cursos en la licenciatura y el posgrado, y realiza investigación en química de coordinación y bioinorgánica.

Al volante de un F-Cell

En junio de 2005 la compañía DaimlerChrysler invitó a varios periodistas especializados en la industria automotivística a su simposio de innovación, en Washington, D.C. Por una confusión muy afortunada, me invitaron a mí también.

Una de las innovaciones que presentó la compañía fue el prototipo *F-Cell*, un coche con la carrocería de un Mercedes-Benz Clase A, pero con motor eléctrico alimentado por celdas de combustible.

Al tercer día del simposio nos trasladaron al estacionamiento del Estadio FedEx. Ahí había un circuito de pruebas de manejo y unos 20 modelos de DaimlerChrysler para probar. Me registré para conducir el *F-Cell*. Don, un amable asistente, se subió conmigo al coche y me explicó brevemente que el vehículo usaba hidrógeno como combustible y emitía vapor de agua como desecho. Luego Don hizo girar la llave de encendido.

No pasó nada.

—Ya está en marcha —me dijo Don—. Manéjalo como si fuera un coche normal de transmisión automática.

Pisé el acelerador con cautela porque no sabía cómo iba a reaccionar el motor eléctrico. El coche arrancó sin hacer ruido y con una aceleración que no le pedía nada a la de un vehículo de gasolina. En la recta inicial Don me animó a ir más rápido. Hundí el acelerador y el coche salió disparado.

Un automóvil eléctrico no necesita caja de transmisión (o "velocidades"); el motor suministra directamente una potencia tan baja o tan alta como sea necesario sin tener que pasar por un complicado sistema de engranes que aumentan la potencia a expensas de la velocidad y viceversa. El conductor sólo tiene que variar la alimentación eléctrica por medio del acelerador y la velocidad del vehículo

aumenta continuamente, sin las sacudidas que da un automóvil convencional de transmisión automática a cada cambio de velocidad.

Como no tiene pistones que suban y bajen a alta velocidad al producirse explosiones controladas, el *F-Cell* no vibra. Al principio uno ocha de menos el ruido del motor y las vibraciones que en un coche normal le dan al conductor información acerca de la potencia y las condiciones en que está operando el motor. Pero no cuesta trabajo acostumbrarse al silencio y la suavidad de marcha de un vehículo eléctrico.

Pese a todo, los autos alimentados por celdas de combustible aún no tienen la potencia que los automovilistas esperan de sus vehículos. Otra desventaja es que todavía no se encuentra la manera de almacenar a bordo suficiente hidrógeno para darle al coche la autonomía a la que estamos acostumbrados (más de 400 kilómetros por tanque).

Le pregunto a Don cuánto cuesta un *F-Cell*. Luego de recordarme que estamos a bordo de un prototipo del que hay unos 60 ejemplares, me suelta la cifra: alrededor de un millón de dólares; desde luego, tomando en cuenta todo lo que la compañía ha invertido en investigación y desarrollo. Cuando el *F-Cell* se produzca en serie tendrá que ser mucho más barato. Pero antes habrá que construir una red de estaciones de reabastecimiento de hidrógeno. Y antes de eso, habrá que encontrar la manera de obtener hidrógeno sin producir los mismos contaminantes que se pretende evitar con esta tecnología.

Pese al entusiasmo de Don, lo cierto es que, por el momento, DaimlerChrysler le está apostando más a los vehículos híbridos.

Sergio de Régules

La extravagancia del agua

Aprendizaje (s)

A-1. Identifica usos del agua en la vida cotidiana y en la naturaleza, al reflexionar acerca de su importancia. (N1)

A-13. Relaciona el concepto de enlace con la energía involucrada en las reacciones de descomposición y síntesis del agua e identifica el papel de la energía de activación. (N3)

A-19. Comprende la influencia de las atracciones entre moléculas en el comportamiento anómalo del agua, al comparar las propiedades del agua con la de otras sustancias similares. (N2)

Ficha bibliográfica del texto o material

Bernal U., M., & Uruchurtu, G. (2004). La extravagancia del agua. *¿Cómo ves?*, (72), 38-41.

Sinopsis

Algo muy especial debe tener el agua, así posibilitó que se lograra y evolucionara la vida en nuestro planeta. Aunque a simple vista el agua parece ser una de las tantas sustancias que se encuentran en la naturaleza, lo cierto es que es distinta.

Su manera de comportarse pasa con frecuencia desapercibida para la mayoría de nosotros. Acostumbrados a beberla, a usarla para bañarnos, regar las macetas, limpiar las ventanas y hasta jugar con ella, no nos asombra y no le encontramos nada de especial. Quienes la obtenemos con sólo abrir una llave, hacemos a menudo uso y abuso de ella sin concederle el beneficio de una mínima reflexión.

Si le pones atención al agua encontrarás cuán peculiar es; a veces hasta el grado de parecer muy extravagante. Sin la presencia del agua, líquida, fresca, transparente, brillante y cantarina, nuestro planeta no sería tan hermoso, y sobre todo no sería lo que es, pues la vida no se habría originado en la Tierra, ni evolucionado en ella como lo ha hecho. Para entender esta afirmación en toda su magnitud hay que conocer a fondo el agua, es decir, ir hasta su naturaleza molecular.

Justificación

El artículo apoya a los aprendizajes 1, 13 y 19 de la Unidad 1. Agua, sustancia indispensable para la vida, del Programa de estudios de Química I; ya que a través del texto el alumno puede identificar usos del agua en la vida cotidiana y en la

naturaleza, así como identificar el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura.

También, es posible que el estudiante relacione el concepto de enlace con la energía involucrada, que reconozca la capacidad disolvente del agua y comprenda la influencia de las atracciones entre moléculas en el comportamiento anómalo del agua, al comparar las propiedades del agua con la de otras sustancias similares.

Sugerencias de actividades de aprendizaje:

a) Momento de uso: Desarrollo.

b) Forma de trabajo: Parejas.

c) Instrucciones:

Solicite a los alumnos que lean el documento, posteriormente, entrégueles el siguiente cuestionario.

1. Explica por qué para elevar la temperatura del agua se requiere mucha más energía en comparación con otras sustancias, como el oro, cobre o etanol (alcohol).
2. ¿Por qué se considera al agua un enorme depósito de calor?
3. Explica por qué se dice que el agua es un regulador del clima.
4. Investiga el significado del concepto capacidad calorífica o calor específico.

5. Dibuja la estructura del agua y expone a qué se debe que tenga esa estructura.
6. El agua forma enlaces llamados puente de hidrógeno, investiga en qué consiste este tipo de enlace.
7. ¿A qué se debe el título del artículo?
8. ¿Cómo explicas que al agua se necesita suministrarle mucha más energía calorífica que a otras sustancias para cambiarles de estado?
9. ¿Por qué flota el hielo en agua líquida?
10. En los océanos ¿en qué se favorece que el hielo flote?
11. ¿En qué propiedades puede reconocerse la influencia de los puentes de hidrógeno en el agua?

Una vez que hayan completado sus cuestionarios, en plenaria invite por turnos a que presenten sus respuestas de algunas preguntas a las parejas, de forma que todos pueden presentar al menos sus respuestas a tres preguntas. Permita que haya comentarios para enriquecer la información y promover la comprensión.

Al término de la sesión, y para reforzar la comprensión de los conceptos, solicite a forma de tarea la guía de lectura que se incluye al final del artículo.

La eXTRaVaGANCIA del agua

Por Margarita Bernal U.
y Gertrudis Uruchurtu

Algo muy especial
debe tener el
agua si permitió
que se originara
y evolucionara la
vida en nuestro
planeta.

Era verano y el calor de Acapulco les resultaba agobiante a los vacacionistas llegados de todas partes, pero a Juan Carlos no le molestaba pues había esperado todo el año esas vacaciones para meterse al mar. Llegó al medio día y antes de despacar o hacer cualquier otra cosa, se puso el traje de baño y corrió a la playa. Al pisar la arena sintió que se le quemaban las plantas de los pies. Corrió entonces a la orilla del mar y al meter los pies en el agua, tuvo una sensación reconfortante y agradable: estaba fresca. Después de nadar largo rato, brincar las olas y flotar plácidamente, se preguntó por qué la arena estaba más caliente que el agua, si a las dos les daba la misma cantidad de Sol.

Carlos salió del mar para descansar y después de ver la espléndida puesta de sol, regresó a la playa para volver a nadar. Esta vez las sensaciones se invirtieron: la arena ya se había enfriado y el agua aún se sentía tibia.

Si Juan Carlos hubiera tenido a la mano un termómetro y hubiera medido la temperatura de la arena y el agua a medio día, se habría dado cuenta de que la primera tenía una temperatura cercana a 50 °C y la segunda de entre 20 y

25 °C. En cambio, al anochecer habría medido una temperatura de 20 °C en la arena y una de 24 °C en el agua, pues el agua suele conservar durante más tiempo el calor acumulado en el día. Después de pensarlo un rato, llegó a la conclusión de que el agua se calienta más lentamente que otras sustancias y que también se enfría más lentamente. Pero ¿qué la hace distinta?

Única y diferente

Aunque a simple vista el agua parece ser una de las tantas sustancias que se encuentran en la naturaleza, lo cierto es que es distinta. Su manera de comportarse pasa con frecuencia desapercibida para la mayoría de nosotros. Acostumbrados a beberla, a usarla para bañarnos, regar las macetas, limpiar las ventanas y hasta jugar con ella, no nos asombra y no le encontramos nada de especial. Quienes la obtenemos con sólo abrir una llave, hacemos a menudo uso y abuso de ella sin concederle el beneficio de una mínima reflexión.

Si le pones atención al agua encontrarás cuán peculiar es; a veces hasta el grado de parecer muy extravagante. Sin

COMPORTAMIENTO TÉRMICO			
Para elevar su temperatura el agua necesita	33	veces más energía calorífica que el	oro
	11		cobre
	6		vidrio
	5		arena
	4.75		aluminio
	2		alcohol

El calor específico es una propiedad física particular para cada sustancia; nos indica la cantidad de calor que es necesario suministrarle para que 1 g de ésta aumente su temperatura 1 °C. El agua es la sustancia natural que tiene el calor específico más elevado. Esto significa que comparada con otras sustancias comunes, es la que requiere la mayor cantidad de calor para elevar su temperatura.

la presencia del agua, líquida, fresca, transparente, brillante y cantarina, nuestro planeta no sería tan hermoso, y sobre todo no sería lo que es, pues la vida no se habría originado en la Tierra, ni evolucionado en ella como lo ha hecho. Para entender esta afirmación en toda su magnitud hay que conocer a fondo el agua, es decir, ir hasta su naturaleza molecular.

El enigma del agua

Como vimos en la experiencia de Juan Carlos, para elevar su temperatura el agua necesita mucho más calor que la mayoría de las sustancias con las que solemos estar en contacto. Por esa misma razón, el tiempo que requiere para liberar esa cantidad de calor es mayor.

Basta observar las fotografías de la Tierra vista desde el espacio para entender por qué se le conoce como el planeta azul. Es el agua de sus océanos, ríos y lagos la que le da ese aspecto de una joya de lapislázuli flotando en el espacio. El 70% de la superficie de nuestro planeta está cubierta de agua. Aunque en la inmensidad del Universo es bastante probable que haya uno o más planetas semejantes al nuestro, hasta hoy no se conoce ningún otro que contenga tanta agua tal como la encontramos en la Tierra.

Esta gran cantidad de agua actúa como un enorme depósito de calor, pues se enfría lentamente durante la noche y pierde la gran cantidad de energía que recibió del Sol durante el día. Además, el agua en los océanos no permanece inmóvil, las corrientes de agua tibia de los trópicos se desplazan grandes distancias a latitudes más al norte, manteniendo estas regiones con una temperatura más cálida. Esto sucede con la corriente que atraviesa el

océano Atlántico desde Sudamérica hasta el norte de Europa.

En una de las hipótesis sobre el origen de la vida se afirma que fue el agua el medio tibio y hospitalario que acunó a esas primeras agrupaciones de moléculas de las que partió el proceso de evolución que ha conducido a la actual biodiversidad. Todos los procesos químicos que dieron lugar a la vida y a su evolución necesitaron condiciones de temperatura más o menos constantes para repetirse y dar resultados similares. Sin el agua esto hubiera sido imposible.

El clima de cualquier lugar de la Tierra depende de muchos factores, pero la cantidad de agua que haya es crucial para cada tipo de clima. Además de la contenida en mares, lagos, ríos y seres vivos, la atmósfera la contiene en diversas proporciones en forma de vapor; es lo que conocemos como humedad relativa. Lugares ubicados en latitudes similares y que por ello reciben cantidades equivalentes de radiación solar, por ejemplo, un bosque

El hidrógeno es el elemento químico más abundante del Universo y el oxígeno ocupa el tercer lugar en abundancia. Por ello, el agua es el compuesto más abundante del Universo.

tropical o selva y un desierto, tienen climas completamente diferentes debido a la cantidad de agua que hay en ellos. En un lugar selvático, donde la tierra, la vegetación y la atmósfera están saturadas de agua, habrá una diferencia de pocos grados entre la temperatura mínima y la máxima. En cambio, en el desierto, donde la cantidad de agua es mucho menor, la vegetación es escasa y la humedad atmosférica es muy baja, puede haber una diferencia de temperatura entre el amanecer y el medio día de hasta 30 °C. La gran cantidad de agua en el ambiente selvático retiene el calor y lo deja escapar muy lentamente; todo lo contrario de lo que sucede en un desierto, donde la arena se calienta rápidamente y se enfría a la misma velocidad. La forma en la que el agua almacena el calor le permite funcionar como el regulador o termostato de nuestro planeta.

La molécula de la esquina

El agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, de ahí la



fórmula con la que la designamos comúnmente: H_2O . Si tuvieras en tus manos tres canicas, dos iguales y otra un poco más grande, ¿de cuántas maneras diferentes podrías colocarlas tocándose entre sí? Ese mismo problema es el que parecen resolver los átomos para formar moléculas, el de cómo acomodarse. Parecería que seleccionan las configuraciones que les confieren mayor estabilidad y entre ellas, las que las llevan a un estado de menor gasto de energía, el más “cómodo” para ellas.

Todos los átomos contienen partículas con cargas eléctricas. Los protones, de carga positiva, están en el centro del átomo y los electrones, que se mueven a su alrededor, tienen carga negativa. Como hay el mismo número de partículas positivas que negativas, ninguna predomina, los átomos son eléctricamente neutros. Cuando átomos iguales o diferentes se enlazan entre sí para formar moléculas, éstas siguen siendo neutras; sin embargo, la manera en la que se distribuyen las cargas negativas alrededor de los núcleos dependerá de la geometría de las moléculas. En algunos casos esta distribución puede ser homogénea, pero en otros, si los electrones encuentran una situación más “confortable” cerca de algún átomo en particular, la

distribución dejará de ser homogénea a fin de acomodar un mayor número de electrones en esa zona favorable. Este reacondo de los electrones conducirá a una situación en la que podríamos distinguir regiones con riqueza de cargas negativas y otras con pobreza de ellas. Esta situación, que favorece la mayor estabilidad para cada molécula individual, tiene consecuencias que van más allá. Las moléculas con una distribución asimétrica de sus cargas se atraen entre sí orientando su extremo po-

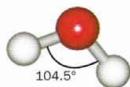


Figura 1. En la molécula del agua se aprecia su “doblez”. Los átomos de hidrógeno (gris) están colocados formando un ángulo de $104,5^\circ$ en relación con el átomo de oxígeno (rojo).

bre en electrones hacia el extremo rico en ellos de otra molécula vecina (recordemos que cargas eléctricas diferentes se atraen e iguales se rechazan). En los casos en que esto no sucede, cuando la distribución electrónica es homogénea, la interacción entre moléculas es más débil pues no se favorece ninguna orientación entre ellas.

Éste es justamente el caso de la molécula de agua: su estructura no es lineal, está doblada; en ella los hidrógenos forman un ángulo de $104,5^\circ$. En esta geometría, los electrones de oxígeno e hidrógeno encontrarán una situación más estable cerca del oxígeno, en la esquina del doblar. En realidad, podemos pensar en la molécula del agua como una estructura tetraédrica, con el átomo de oxígeno en el centro, los dos átomos de hidrógeno en dos vértices y los electrones de la molécula ocupando los otros dos vértices. La zona de los vértices ocupados por los electrones tendrá mayor densidad de ellos, por lo que ahí predominará la carga negativa; en el extremo opuesto, en la zona alrededor de los hidrógenos, predominará la carga positiva de sus núcleos, pues ahí es muy baja la densidad electrónica.

Si dos o más moléculas de agua se encuentran, parecen preferir adoptar una estructura donde se favorezca la interacción entre una región de alta densidad electrónica y otra de baja. Al suceder esto, se crea un *punte* entre las moléculas. Como sus átomos de hidrógeno están enlazados y sus oxígenos tienen mayor densidad electrónica, a sus enlaces se les llama *puentes de hidrógeno*.

El doblar de las moléculas de agua es el causante de que se atraigan entre sí con una fuerza mucho mayor que moléculas de otro tipo. Este doblar es el responsable de su comportamiento extravagante. Las conformaciones favoritas que los conjuntos con distinto número de moléculas de agua pueden adoptar son estudiadas con métodos de química teórica. En los últimos años se han determinado teóricamente y comprobado experimentalmente las geometrías más estables para agregados con pocas moléculas. En la figura 3



Figura 2. La zona color rosado representa una mayor densidad electrónica, mientras que la zona verde una de menor densidad electrónica.

mostremos algunas de estas estructuras. Si observas con cuidado verás que cada molécula puede formar hasta cuatro puentes de hidrógeno, dos de ellos a partir de los vértices de los hidrógenos y los dos restantes con los electrones de los vértices opuestos.

La idea de este tipo de interacción entre las moléculas de agua fue propuesta, hace casi 85 años, por Gilbert Lewis, un químico estadounidense, y uno de sus estudiantes más jóvenes, Maurice Huggins. Su propuesta fue rápidamente reconocida por sus colegas como una de las claves para entender las propiedades singulares del agua.

¿Cómo acumula tanto calor el agua?

Ahora imagínate que estás sentado frente a tu escritorio y escuchas la alarma de sismo y tienes que evacuar el edificio. Para bajar rápido las escaleras, hasta la zona de seguridad, gastarás mucha más energía que la que consumirías al estar sentado. Pero además un compañero bromista te amarró a la silla. Para desamarrarte, levantarte de tu silla y salir corriendo requerirás de un gasto adicional de energía.

Al agua le sucede algo semejante. Cuando se calienta tiende a evaporarse, a transformarse en un gas. Las moléculas gaseosas se mueven mucho más rápido que las moléculas de un líquido y por lo mismo es necesario suministrarles energía para cambiar de estado: de líquido a gas. Como las moléculas de agua están “amarradas” entre sí con sus puentes de hidrógeno, necesitan mucha más energía calorífica que las de cualquier otro tipo de líquido para separarse. El agua se enfría lentamente porque al hacerlo tiene que deshacerse de toda la energía que ocupó en amarrar las moléculas que habían empezado a separarse.

Y sin embargo flota

Si te ofrecieran una limonada con hielos y éstos estuvieran en el fondo del vaso en vez de flotar ¿te parecería extraño? Quizá nunca habías pensado en que el agua es una sustancia cuyo estado sólido (en este caso el hielo) es más ligero o menos denso que su estado líquido. La fase sólida de todas las otras sustancias que hay en la naturaleza siempre es más densa que la líquida. Lo puedes comprobar sencillamente tomando un poco de vaselina líquida y poniéndola en el congelador por lo menos una hora. Cuando esté perfectamente sólida y firme, introdúcela en un vaso que contenga vaselina líquida, no muy caliente. Verás que de inmediato se va al fondo. Lo mismo sucedería si hicieras, por ejemplo, “hielos” de alcohol, aunque en un refrigerador doméstico no se alcanza una temperatura suficientemente baja para que se solidifiquen. ¿Por qué, entonces, el agua sólida flota? o, dicho de otra manera, ¿por qué el estado sólido del agua es menos denso que su estado líquido?

De nuevo, la respuesta está en el doblez de su molécula y en los puentes de hidrógeno que resultan a partir de él. En el agua líquida sabemos que las moléculas forman grupos de cuatro o cinco moléculas; al

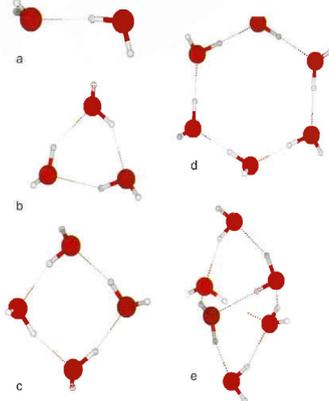


Figura 3. Estructuras estables de agregados de moléculas de agua; las líneas punteadas señalan los puentes de hidrógeno, a) dímero, b) trímero, c) tetrámero, d) pentámero, e) hexámero.

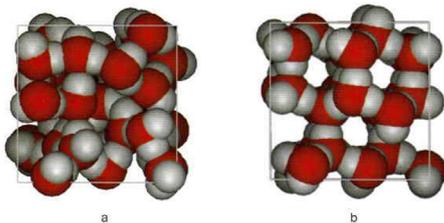


Figura 4. Estructuras predichas por una simulación numérica para a) el agua líquida y b) el hielo. Obsérvense, en el caso del hielo, los espacios vacíos a los cuales éste debe su menor densidad.

disminuir la temperatura, estos grupos se reacomodan en estructuras más estables, por ejemplo, en hexámeros, como el caso mostrado en la figura 3. Al ser menor la temperatura, las moléculas tienen menos movimiento y esto propicia la formación de una especie de panal tridimensional, que favorece la formación de cuatro puentes de hidrógeno alrededor de cada molécula de agua, dando así lugar a una red esponjosa más ligera y menos densa que el agua líquida. Observa las estructuras propuestas para el agua líquida y el hielo en la figura 4; notarás que la red del hielo tiene muchos espacios vacíos.

Y si el hielo no flotara, ¿qué pasaría? En las latitudes más al norte o al sur de nuestro planeta, donde los inviernos son tan fríos que la superficie de lagos y ríos se llega a congelar –tanto que hasta se puede caminar y patinar encima del hielo–, gracias a que el hielo flota se forma sobre la superficie una capa translúcida (que permite el paso de la luz) y las plantas acuáticas pueden seguir haciendo fotosíntesis. La fotosíntesis desprende oxígeno y las plantas y animales acuáticos tienen suficiente para seguir respirando. El hielo, al ser poroso, actúa como un aislante de la temperatura, por eso impide que las temperaturas debajo de él sean tan frías como las de la atmósfera. Así, la vida acuática continúa sin grandes cambios esperando el deshielo de la siguiente primavera. Si el hielo no flotara se iría al

fondo, congelaría y mataría a las plantas acuáticas.

Esto traería como consecuencia la falta de oxígeno suficiente para la respiración de la fauna acuática, pues no habría plantas que realizaran fotosíntesis y produjeran con ello el oxígeno necesario. La situación se agravaría pues la superficie carecería de una cubierta aislante y, al continuar descendiendo la temperatura, toda ella se congelaría. Al llegar la primavera, plantas y animales habrían muerto.

Tendiendo puentes

El peculiar comportamiento del agua es consecuencia del laberinto que se puede formar a través de los puentes de hidrógeno. Si bien ahora sabemos que los puentes de hidrógeno aparecen en otro tipo de moléculas y que también a éstas les confieren propiedades estructurales muy especiales, no hay otra molécula que reúna las características de tamaño y forma que le permitan extender su compleja red de puentes por todo el espacio. Los puentes de hidrógeno del agua tienen como consecuencia restricciones estructurales que afectan propiedades como la densidad, la capacidad calorífica, la conducción del calor y la forma en que se acomodan las moléculas, disueltas en su red. Sin duda, estos puentes de hidrógeno del agua, que ocurren a nivel molecular, tienen consecuencias importantes a una escala universal. 🔍

Margarita Bernal es profesora e investigadora del Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Gertrudis Unchurtu es química farmacobióloga, durante 30 años fue maestra de química en bachillerato y es egresada del diplomado de divulgación de la ciencia de la DGC/UNAM.

¿Cómo sabemos que existen los átomos?

Aprendizaje (s)

A-3 Relaciona la observación del fenómeno de difusión de un líquido en agua, con la existencia de partículas en movimiento en la materia. (N₃)

A-15. Aplica el modelo atómico de Dalton para representar moléculas de agua, de hidrógeno y de oxígeno y explicar las reacciones químicas de descomposición y de síntesis del agua y la conservación de la materia, a nivel nanoscópico. (N₂)

A-16. Comprende el modelo atómico de Bohr para ampliar los conceptos de compuesto y molécula. (N₂)

A-17. Representa con maquetas, las moléculas de agua, hidrógeno y oxígeno al elaborar modelos con base en la teoría atómica de Bohr. (N₂)

Ficha bibliográfica del texto o material

Almagro, M. (2017) ¿Cómo sabemos que existen los átomos? Naukas. Ciencia, escepticismo y humor. Consultada el 20 de marzo de 2020 desde <https://naukas.com/2017/09/01/como-sabemos-que-existen-los-atomos/>

Sinopsis

En la lectura se desarrolla el concepto de átomo y cómo fue construido, primero como una herramienta de explicación, y posteriormente como una entidad existente. Describe los modelos atómicos y presenta los argumentos que sustentan a cada uno de ellos.

Justificación

La lectura aborda el concepto de átomos desde una discusión tanto histórica como fenomenológica, permite abordar los contenidos que sirven de referencias para construir los aprendizajes esperados, y los articula para integrarlos en un discurso coherente y estructurado.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

a) **Momento de uso:** Desarrollo.

b) **Forma de trabajo:** Individual/ lectura comentada por el docente.

c) Instrucciones

El documento permite varias lecturas y en diferentes momentos del curso. Una forma de abordarlo puede ser después del experimento que sustenta la explicación de la difusión mediante la interacción de las partículas.

Puede solicitarse la lectura individual en la sección donde se explica el movimiento browniano (a partir de la página 4 y hasta la 7); y que a partir de esta los estudiantes apliquen la información para explicar la difusión en su experimento.

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas

NAUKAS (<https://naukas.com/>)
ciencia, escepticismo y humor

¿Cómo sabemos que existen los átomos?

Por Colaborador Invitado, el 1 septiembre, 2017. Categoría(s): Divulgación

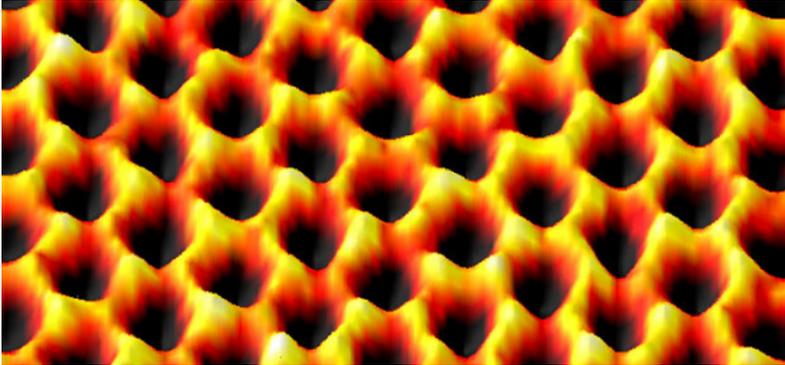
(<https://naukas.com/categorias/ciencia/divulgacion/>) • Física (<https://naukas.com/categorias/ciencia/fisica/>)

Hace tiempo estaba hablando con alguien que decía que le costaba creer en los átomos. Era una persona bienintencionada, sin duda, que no ponía en duda su existencia. Simplemente decía que a él le costaba entender cómo podemos estar tan seguros de que los átomos existen. Y la verdad, **me parece una duda razonable** para alguien que no tiene mucho contacto con la ciencia.

Los átomos son pequeños hasta el extremo de lo ridículo. Tanto que **nunca los hemos visto** (entendiendo *ver* como recibir rayos de luz visible provenientes del objeto que estamos observando). Los átomos son más pequeños que la longitud de onda de la luz visible, lo cual quiere decir que intentar verlos iluminándolos sería algo así como intentar discernir la forma de una taza lanzándole balones de baloncesto, *grosso modo*. Necesitamos otros métodos más precisos, métodos que no han empezado a ser posibles hasta hace muy poco.

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas



(<https://naukas.com/fx/uploads/2017/08/imagen1.png>)

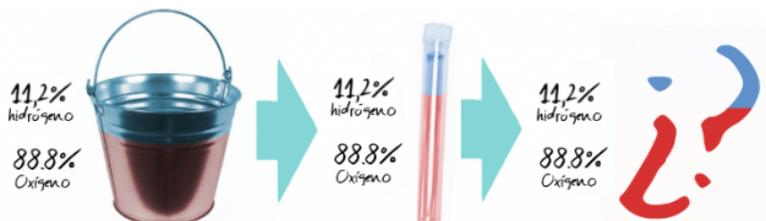
: En esta imagen —obtenida con el TEAM 0.5 de Berkeley— se aprecian los átomos de carbono (en amarillo y en relieve) que conforman los hexágonos de la estructura del grafeno.

Pero la existencia de los átomos no se pone en entredicho desde hace muchos años. ¿Qué pruebas teníamos para asumir que sí existen? De forma resumida, podemos decir que asumiendo la existencia de los átomos, podemos dar explicación a un abanico enorme de fenómenos. Veamos algunos.

Más o menos de forma simultánea, a principios del siglo XIX, se enunciaron dos leyes químicas. Ambas forman parte de lo que hoy conocemos como **leyes estequiométricas**. Una de esas leyes es la conocida como **Ley de Proust**, o **Ley de las proporciones constantes**. Dice que, cuando dos elementos químicos se combinan para dar un compuesto, lo hacen siempre en la misma proporción de masas. Como ejemplo práctico, podemos observar el caso del agua. Si descomponemos totalmente 1 kilogramo de agua en sus elementos constituyentes, observamos que aproximadamente 888 gramos se corresponden con el oxígeno, mientras que el resto (112 gramos) se corresponden con el hidrógeno. Si descomponemos un gramo, veremos que se sigue la misma proporción. Cualquier cantidad de agua está compuesta por aproximadamente un 88,8% de oxígeno y un 11,2% de hidrógeno. Si seguimos disminuyendo la muestra, debe llegar un momento en el que no podamos seguir dividiendo más. Esa pequeña porción de agua, la más pequeña posible, debería seguir esas mismas proporciones antes mencionadas. Y una explicación interesante al fenómeno sería que **cada pequeño trozo de agua estuviese compuesto por partículas de diferentes tipos**, en este caso, hidrógeno y oxígeno.

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas



(<https://naukas.com/tx/uploads/2017/08/imagen2.png>)

Pero esto no es suficiente para afirmar la existencia de los átomos, y de hecho, no nos dice mucho acerca de su naturaleza. ¿Por qué debe haber una unidad mínima de agua? ¿No podemos seguir disminuyendo siempre? Pero la historia sigue.

La segunda ley se trata de la **Ley de las proporciones múltiples**, enunciada por el químico y físico británico **John Dalton**. Me parece demasiado enrevesada como para poner el enunciado completo

(https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_las_proporciones_múltiples#Enunciado) aquí desde un principio. Aun así, creo que un ejemplo práctico se entenderá bien.

Spongamos dos compuestos químicos de fórmula semejante, el agua (H_2O) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Si descomponemos totalmente un kilogramo de agua en los elementos que lo forman, veremos que obtenemos 888 gramos de oxígeno, y 112 gramos de hidrógeno. Dicho de otra forma, obtenemos 7.929 gramos de oxígeno por cada gramo de hidrógeno. Si hacemos lo mismo con el peróxido de hidrógeno, obtendríamos 941 gramos de oxígeno y 59 gramos de hidrógeno, que equivalen a 15.949 gramos de oxígeno por gramo de hidrógeno. Con estos números en la mano — 7.929 $g(O)/g(H)$ y 15.949 $g(O)/g(H)$ — podemos concluir que **el segundo número es el doble del primero**. O expresado de otra forma, «cuando dos elementos [como el oxígeno y el hidrógeno] se unen para formar diferentes compuestos con la masa de uno de los elementos fija, la masa del otro se puede relacionar mediante fracciones de números pequeños». Ese ese el enunciado un tanto enrevesado al que me refería antes.

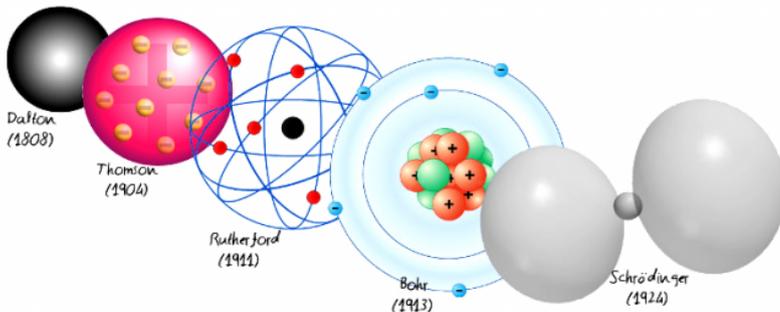
Si la **Ley de Proust** nos indicaba que **los elementos siempre se combinan siguiendo las mismas proporciones** para dar los mismos compuestos (lo cual nos hacía sospechar que deben existir los átomos), la **Ley de de las proporciones múltiples** nos dice algo no menos importante: que los elementos pueden combinarse entre sí para formar más de un

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas

compuesto diferente (cosa que Proust no había tenido en cuenta) y que además, se combinan siguiendo siempre determinadas proporciones. También nos proporciona una herramienta para obtener las fórmulas de diferentes compuestos químicos. Esto, de nuevo, tendría sentido si suponemos la existencia de átomos. Pero la carrera por demostrar que existen unidades mínimas de cada elemento no había hecho más que comenzar.

Dalton, en vista de estos resultados, hizo público el **primer modelo atómico con una base científica**. En un alarde de originalidad, hoy lo conocemos por **modelo atómico de Dalton**. Desde nuestra posición podría parecer un modelo muy simplista (y lo es), pero era suficiente en la época para explicar los fenómenos en los que Dalton se había fijado. No fue sino el primero de muchos modelos atómicos, más de los que hay en la imagen de abajo. Merece la pena decir (aunque no es algo de lo que hablaré en este artículo) que **cada modelo atómico surgió para suplir carencias del anterior**.



(<https://naukas.com/tx/uploads/2017/08/imagen3.png>)

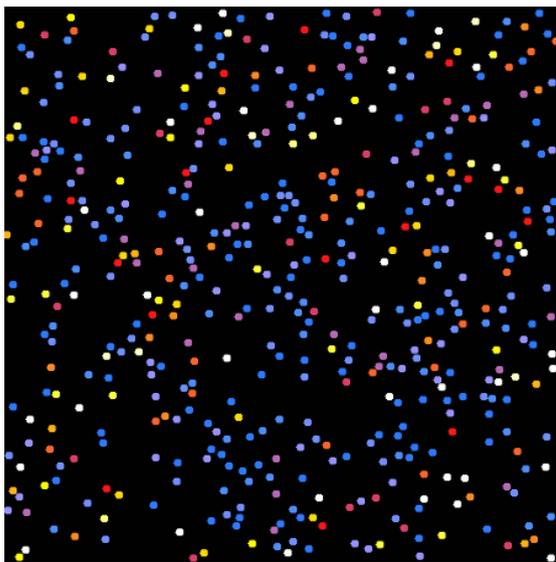
Con anterioridad a los experimentos de Proust y Dalton, la comunidad científica había estado produciendo un buen **conjunto de reglas que explicaban de forma más o menos satisfactoria el comportamiento de los gases**. La mayoría de estas leyes, aunque no son válidas más que en un rango relativamente pequeño de temperaturas y presiones, se siguen enseñando en los colegios e institutos. Son leyes que relacionan matemáticamente diferentes magnitudes, como la temperatura, la presión, el volumen...

En el siglo XVIII se comenzó a gestar una teoría cuyo objetivo era explicar desde un punto de vista estadístico el comportamiento de los gases. Debemos tener en cuenta que en una muestra pequeña de gas (cualquiera), hay una cantidad enorme de partículas, ya

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas

sean moléculas o átomos individuales. Por tanto, no es posible estudiar el conjunto según el comportamiento de partículas individuales, así que se optó por hacerlo **de forma estadística**. Esta teoría, que se conoce como **Teoría cinética de los gases**, hace una serie de suposiciones. La primera y más llamativa es que **los gases están compuestos por partículas**.



(<https://naukas.com/fx/uploads/2017/08/imagen4.gif>)

Simulación por ordenador del comportamiento de un gas a nivel atómico, según la Teoría cinético-molecular. La velocidad se ha reducido para que el movimiento sea apreciable.]

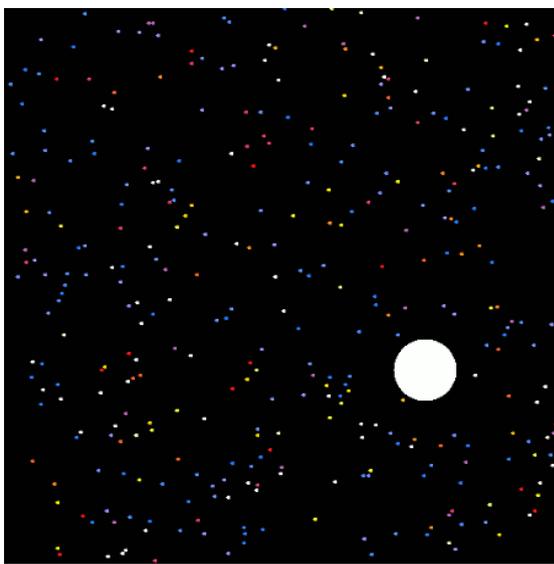
Además, se supone que las partículas son **masas puntuales** (sin dimensión, pues son enormemente pequeñas al compararlas con su recipiente). Se considera que son muchas, que siguen las leyes de movimiento de Newton (http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton), que los choques que tienen lugar son elásticos, que solo hay un tipo de partículas y un par de suposiciones más que ayudan a simplificar los cálculos. Puede parecer que todas estas suposiciones se alejan mucho de

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas

la realidad, pero la verdad es que la Teoría cinética, en su conjunto, ofrece predicciones que se ajustan bien a las observaciones. Y no olvidemos cuales son **sus postulados: que los átomos existen**, y que además tienen ciertas propiedades.

Pero no acaba ahí la cosa, claro. A finales del siglo XVIII, el médico británico **Jan Ingenhousz** observó que pequeñas partículas de carbón en suspensión en alcohol parecían moverse de forma aleatoria. Su observación pasó desapercibida, y cuatro décadas después el botánico compatriota de Jan, **Robert Brown**, se dio cuenta de algo similar. En el caso de Brown, notó que pequeñas partículas de polen parecían moverse de forma aleatoria al estar suspendidas en agua. En su honor (quizás injustamente, pues Brown ni siquiera estudió este fenómeno) conocemos a este tipo de movimiento como **movimiento browniano**.



(<https://naukas.com/fx/uploads/2017/08/imagen5.gif>)

Simulación del movimiento aleatorio de una partícula relativamente grande debido a las colisiones de partículas mucho más pequeñas.]

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas

No fue hasta 1905 cuando alguien explicó de manera definitiva **qué es el movimiento browniano**. El encargado de hacerlo no fue otro sino **Albert Einstein**. Publicó un artículo científico en la revista conocida como *Annalen der Physik*, en el cual explicaba que el movimiento browniano no es más que el resultado de una serie de **colisiones por parte de las moléculas del fluido** a otras partículas más grandes, como las de polen o carbón. Lo que había visto Robert Brown años antes era la trayectoria que seguían las partículas de polen al ser golpeadas de forma aleatoria, millones de veces por segundo, por las diminutas moléculas que conforman el agua.

Los últimos detractores del atomismo se habían quedado sin argumentos. Siglos de investigación científica no hacían sino arrojar pruebas a favor de la existencia de esos pequeños entes. Ahora ya había pruebas suficientes (muchas más de las que he mencionado aquí) para aceptar que los átomos están ahí. Pero, ¿cómo son?

Unos párrafos más arriba mencioné que Dalton hizo público su modelo a principios del siglo XIX. Su modelo era algo tosco (los átomos eran esferas irrompibles, totalmente neutras y de masa variable según el elemento). Sin embargo, la **descripción de los átomos** se fue haciendo **cada vez más precisa**, según se necesitaba un esbozo más exacto para explicar diferentes fenómenos. Un siglo después de Dalton vino **Thomson**, con **átomos cargados positivamente y electrones incrustados**. Así se introdujo la presencia de cargas en el átomo. Y a partir de este punto tuvo lugar una rápida sucesión de modelos, que se descartaban rápidamente debido a la aparición de nuevos descubrimientos. Tras Thomson vino **Rutherford**, que notó que **el núcleo sólo constituía una pequeñísima parte del volumen del átomo** (a pesar de contener toda su masa) al bombardear una fina lámina de oro (http://es.wikipedia.org/wiki/Experimento_de_Rutherford) con núcleos de helio. Su modelo atómico es quizás el más reconocible, pues es la imagen que se usa para representar el átomo más a menudo:

27/11/2020

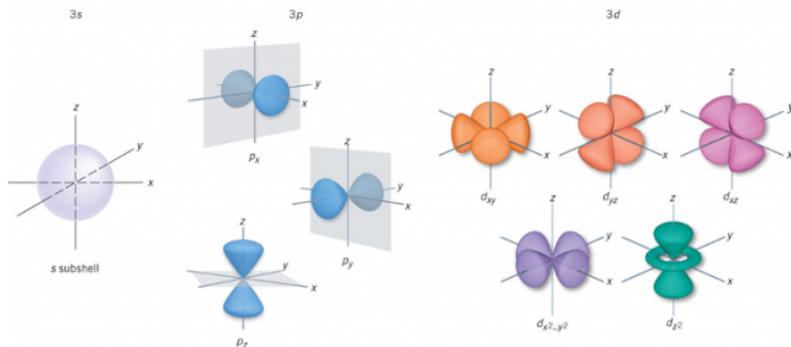
¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas



Pero los modelos atómicos siguieron surgiendo, explicando cada vez mejor cómo funciona el átomo. Dado que el modelo de Rutherford tenía *algún que otro fallo* (no era viable, pues los electrones se precipitarían hacia el núcleo, radiando energía de todas las longitudes de onda hasta colapsar), **Bohr** propuso su modelo, en el que los **electrones girarían en órbitas circulares de energía cuantizada**. Pero se descubrió que los electrones del mismo nivel energético podían tener niveles de energía ligeramente diferentes, con lo que **Sommerfeld** hizo algunos cambios, y **sugirió que podría haber órbitas elípticas** con niveles de energía diferentes. **Schrödinger** (más conocido por su gato que por sus otros trabajos) elaboró otro modelo que tenía una peculiaridad. En el modelo atómico de Schrodinger, **los electrones no giran en órbitas**. En cambio, se les asigna unas **zonas del espacio en las que la probabilidad de encontrarlos es máxima**, llamadas **orbitales**. En los libros de química suelen aparecer dibujados así:

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas



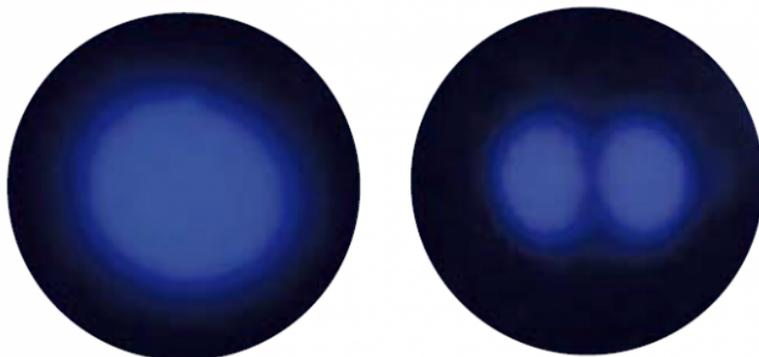
(<https://naukas.com/px/uploads/2017/08/imagen6.png>)

Es importante apuntar algo: **los orbitales no tienen esa forma**. Los orbitales no son algo que tenga forma. Son funciones matemáticas simplemente, que indican la **una zona del espacio donde es probable encontrar un electrón**. En el caso de la izquierda, el orbital esférico (llamado orbital s) indica que hay una cierta probabilidad de encontrar electrones en la zona del espacio contenida dentro de esa esfera. ¿Es imposible encontrar electrones fuera de esa zona? No, es posible, pero improbable.

Para entender la relevancia de los orbitales atómicos hemos de avanzar hasta el año **2010**, al **Instituto de Física y Tecnología de Kharkov**, en **Ucrania**. El investigador **Igor Mikhailovskij** fue capaz, junto a sus colaboradores, de obtener la imagen de un átomo. Para ello, mejoraron una antigua tecnología llamada **microscopía de emisión de campo**. Esta técnica funciona aplicando un campo eléctrico de miles de voltios entre el objeto que queremos observar (por ejemplo, una cadena de carbono) y una pantalla de detección. Los electrones irán saltando de uno en uno hasta la pantalla, hasta que no quede ninguno en la cadena de carbono. Es razonable pensar que **en las zonas con más electrones obtendremos una imagen más definida**, pues serán más los que salten a la pantalla. Eso es lo que pasó. Las imágenes obtenidas fueron las siguientes:

27/11/2020

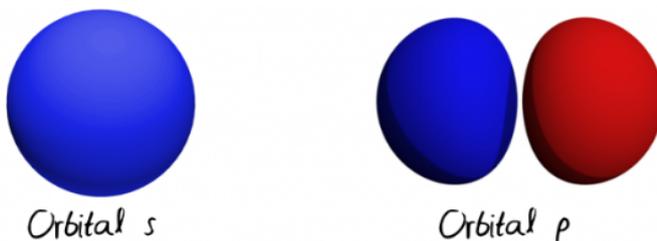
¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas



(<https://naukas.com/fx/uploads/2017/08/imagen7.png>)

Investigación y Ciencia, n° 401, febrero de 2010. Páginas 8 y 9, «La forma de los átomos».

La teoría predice que en los átomos de carbono los electrones se ordenan de forma que los cuatro últimos están en dos tipos de orbitales diferentes. Dichos orbitales son del tipo *s* y *p*. La representación de las funciones matemáticas que los define tiene este aspecto:



Orbital s

Orbital p

(<https://naukas.com/fx/uploads/2017/08/imagen8.png>)

Se ve perfectamente que la **imagen obtenida** mediante microscopía de emisión de campo **se corresponde perfectamente con las predicciones**. Recapitulando rápidamente, lo que se ven en la imagen obtenida son las zonas a las que saltaron más electrones debido a la diferencia de potencial. Lo que se ve abajo es una predicción de las zona del espacio en las que debe haber más electrones.

27/11/2020

¿Cómo sabemos que existen los átomos? - Naukas

Me parece que a estas alturas queda poca gente que se atreva a negar la existencia de los átomos. A día de hoy podemos hacer predicciones bastante buenas, no sólo de cómo se comportan los átomos, sino de lo que pasa *dentro* (si es que podemos llamarlo así) de estos.

El post se ha alargado bastante, al final. Creo que una buena forma de acabar, algo más relajados, es dejar aquí un corto: ***A Boy And His Atom***. Es el corto más pequeño del mundo: el personaje está hecho de moléculas individuales de monóxido de carbono. ¡Un saludo!

A Boy And His Atom: The World's Smallest Movie



Este artículo nos lo envía Manuel Almagro (<https://twitter.com/phlogh>). «Nací en Jaén, y estudié Química durante unos años, hasta que decidí dejarlo para estudiar Física. Me gusta escribir divulgación (sobre todo asuntos de la llamada 'ciencia vieja', pues no suelo tratar temas de actualidad). Tengo otros proyectos de divulgación en redes sociales relacionados con la química, y me gusta mucho el cine. Puedes encontrarme en Twitter (@phlogh (<https://twitter.com/phlogh>))».

Colaborador Invitado
(<https://naukas.com/author/colaborador-invitado/>)

¿Qué papel cumple el agua en los organismos vivos?

Aprendizaje (s)

A-20. Señala las principales funciones del agua en los organismos y en el clima, a partir de lo cual plantea un problema y lo resuelve usando el proceso de indagación documental y refuerza sus actitudes de curiosidad, creatividad y autorregulación. (N₃)

Ficha bibliográfica del texto o material

Rico Galicia, A., Pérez Orta, R., & Castellanos Zoreda, M. (2008). *Química 1* (3rd ed.). México: UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades.

Sinopsis

La vida, como la conocemos, depende de una sustancia química única y que es uno de los compuestos más comunes en nuestro planeta, el agua. Algunas de sus funciones como ge-

nerador de vida son:

Transporta nutrientes y quita desperdicios del torrente sanguíneo.

Junto con el dióxido de carbono y minerales, es transformada químicamente por las plantas y la energía solar en grandes masas de vegetación y luego es devuelta al ambiente cuando las sustancias son quemadas o degradadas.

También regula el clima de modo que pueda prosperar la vida.

Las grandes masas de los océanos y lagos almacenan y distribuyen el calor, por lo que la mayor parte de este planeta tiene un clima estable.

Se piensa que tuvo un papel muy significativo en la evolución de la vida en este planeta, ya que los grandes océanos proporcionaron el medio para las reacciones químicas que llevaron a la aparición de las primeras células vivientes.

Actúa como un medio para el desarrollo de una gran variedad de reacciones químicas.

Justificación

El texto apoya al aprendizaje 20 de la Unidad 1. Agua, sustancia indispensable para la vida, del Programa de estudios de Química I.

Ya que permite que el alumno señale las principales funciones del agua en los organismos y en el clima.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

a) **Momento de uso:** Desarrollo.

b) **Forma de trabajo:** Individual /parejas colaborativo.

c) Instrucciones

En un primer momento, solicite que los alumnos hagan la lectura individual del texto. Después, forme parejas de alumnos y asigne al azar una sección de la lectura, trate de que no sea más de un párrafo. Posteriormente, pídeles que comenten lo que leyeron entre todas las parejas de forma que posteriormente puedan en conjunto explicar en orden consecutivo todo el texto. Para hacer más sencillo el trabajo, considere que tienen secciones como las de abajo y hay que ponerlas en orden.

A) Este fluido es de gran importancia para los seres vivos, ya que es el medio en el cual tienen lugar los procesos vitales. Todos los seres vivos contienen agua y por lo general es la más abundante en el organismo estando entre 60% un adulto y 70% un recién nacido.

B) La importancia del agua es enorme, es fundamental para la vida diaria y también es indispensable para mantener nuestra higiene y salud.

C) El ser humano puede soportar varios días sin comer, en cambio sin agua no puede vivir más de 10 días sin ella, ninguna forma de vida puede vivir sin agua.

D) Es transformada por las plantas y luego devuelta al ambiente cuando las sustancias son quemadas o degradadas.

E) El agua es la que origino la vida ya que se convirtió en algo fundamental para todos los organismos.

F) En los animales como en las plantas, el agua es la vía que ayuda a que los alimentos y desechos cumplan su función. El agua es el fluido que promueve la digestión en la que se rompen los carbohidratos y proteínas.

G) Casi todas las reacciones de nuestro organismo se llevan a cabo gracias al agua ya que sin ella no se podrían efectuar o se efectuarían muy lento.

H) Antes de nacer, pasamos mucho tiempo en el agua del saco protector dentro del vientre materno y por nuestro cuerpo fluye hasta el día de nuestra muerte.

I) El planeta en mayor parte tiene un clima estable debido a las masas de océanos y lagos.

J) La cantidad es indispensable para la vida en un adulto, por ejemplo, en un clima normal templado la cantidad que necesitamos diariamente se calcula entre los 2 litros.

K) Regula los climas a modo que prospera la vida.

L) Es tan grande su importancia que se puede afirmar que sin agua la vida no existiría en el planeta en la forma en que la conocemos.

M) El agua apareció un poco después de que se formó el planeta. Para esos entonces el agua tenía grandes cantidades de amoniaco, metano y dióxido de carbono. Se dice que pudo haber sido la poderosa radiación ultravioleta del sol la

que estimulo el acomodo de estos elementos y que los hizo compuestos capaces de reproducirse.

N) Tuvo gran importancia en la evolución de la vida ya que llevo a cabo la aparición de las primeras células vivas.

Ñ) Para un buen funcionamiento del cuerpo, se necesitan ingerir 35g de agua por cada kilogramo de peso.

O) La vida depende de una sustancia química y única siendo uno de los compuestos más comunes en nuestro planeta.

P) Actúa como medio para el desarrollo de una gran variedad de reacciones.

Q) La vida siempre seguirá dependiendo del agua, desde las épocas pasadas donde solo existía en los mares.

R) Las plantas transforman el agua junto con la energía solar, este es el medio por el cual la raíz toma sus nutrientes que necesita del suelo.

S) El agua también sirve para asearnos y para eliminar nuestros desechos.

T) Los animales la necesitan para que funcione en su organismo acciones como moverse, olfatear, oír, etc. En cambio, un humano la necesita para poder sentir y pensar.

U) Transporta los nutrientes y expulsa desechos del torrente sanguíneo.



LECTURA

¿QUÉ PAPEL CUMPLE EL AGUA EN LOS ORGANISMOS VIVOS?¹

El agua apareció al poco tiempo que se formó el planeta. Los océanos se formaron primero que la atmósfera. En ese entonces el agua contenía grandes cantidades de amoníaco (NH_3), metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), es decir, todos los elementos para formar las moléculas vivientes compuestas principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (C,H,O,N). Quizá la poderosa radiación ultravioleta proveniente del sol haya estimulado el acomodo y reacomodo de estos elementos hasta que por mera casualidad, se formaron compuestos capaces de reproducirse. Si esta síntesis casual estimulada por la energía solar, actuando a toda su capacidad por la ausencia de la acción filtrante de la atmósfera y sostenida en el seno del agua por centenares de millones de años, es probable que allí evolucionaran los organismos vivos.

Así, en el agua se originó la vida y de ésta sigue dependiendo; la importancia en la iniciación de la vida está presente en todas las funciones de los organismos vivos tanto vegetales como animales.

La vida, dondequiera que exista, sigue dependiendo del agua en la misma medida que en épocas anteriores cuando sólo existía en los mares.

Este líquido tiene una importancia fundamental para los seres vivos, puesto que es el medio en el cual tienen lugar los procesos vitales. En efecto, todos los seres vivientes contienen agua y, por lo general, es su componente más abundante. Así, por ejemplo, en los vegetales superiores, entre un 80% y 85% es agua y en el hombre adulto el porcentaje supera el 60% (en el recién nacido es de un 70%).

Antes de nacer el hombre pasa bastante tiempo en el agua del saco protector membranoso dentro del vientre materno y por su cuerpo fluye agua hasta el día de su muerte. Ya adultos somos aproximadamente 60 por ciento de agua.

Los animales la bebemos e incorporamos a nuestro sistema que la necesita para moverse, olfatear, oír, etc., nosotros los humanos necesitamos del agua para poder sentir y pensar.

La importancia de este líquido es enorme; es fundamental para la vida, pero también es indispensable para mantener nuestra higiene y con ella la salud.

La cantidad indispensable para el mantenimiento de la vida en un adulto normal, bajo el calor más intenso del desierto varía de siete a 15 litros según la temperatura y el tipo de actividad que realice. En clima templado la cantidad que el hombre necesita diariamente se calcula en más o menos dos litros.

Para el buen funcionamiento del cuerpo, necesitamos ingerir unos 35 gramos de agua por cada kilogramo de peso (a 20°C). Según tu peso ¿cuántos gramos de agua necesitas? Expresa este resultado también en litros.

¹ Rico, A., et al., Química I, Agua y Oxígeno. Ed. Limusa.

Las funciones del agua en el organismo tienen su equivalente fuera de él. El agua que bebemos y con la que nos aseamos es un disolvente, aunque también sirve para eliminar nuestros desechos.

El ser humano puede soportar varios días sin comer pero sin agua no puede sobrevivir por más de 10 días. Algunas bacterias pueden vivir sin oxígeno, pero ninguna forma de vida puede existir sin agua.

Casi todas las reacciones del cuerpo humano, así como otras muchas reacciones importantes sobre la Tierra, se llevan a cabo en un ambiente acuoso. Sin agua, estas reacciones no se llevarían a cabo o se efectuarían muy lentamente.

En los animales como en las plantas, el agua es el vehículo que acarrea alimentos y desechos, oxígeno y dióxido de carbono (la sangre y otros fluidos del cuerpo son disoluciones acuosas de solutos biológicamente importantes). El agua es el disolvente que promueve la digestión en la que se rompen los carbohidratos y las proteínas. Las grasas o lípidos aunque no cambien químicamente, se emulsionan² en agua para su asimilación en el organismo.

Las plantas la transforman junto con la energía solar en crecimiento y reproducción; es el medio por el cual la raíz toma algunos de los nutrientes que necesita del suelo. Con pocas excepciones, las plantas sintetizan sus alimentos extrayéndolos del agua y del aire, en la primera se encuentran en forma de disolución acuosa (sales minerales).

Así, es tal su importancia que se puede afirmar que sin ella no habría vida en el planeta, en la forma en que la conocemos. Pero aún en nuestras fantasías de ciencia ficción es difícil imaginar la vida de cualquier especie sin ella.

Por lo anterior, la vida, como la conocemos, depende de una sustancia química única y que es uno de los compuestos más comunes en nuestro planeta, el agua:

- Transporta nutrientes y quita desperdicios del torrente sanguíneo.
- Junto con del dióxido de carbono y minerales, es transformada químicamente por las plantas y la energía solar en grandes masas de vegetación y luego es devuelta al ambiente cuando las sustancias son quemadas o degradadas.
- También regula el clima de modo que pueda prosperar la vida.
- Las grandes masas de los océanos y lagos almacenan y distribuyen el calor, por lo que la mayor parte de este planeta tiene un clima estable.
- Se piensa que tuvo un papel muy significativo en la evolución de la vida en este planeta, ya que los grandes océanos proporcionaron el medio para las reacciones químicas que llevaron a la aparición de las primeras células vivientes.
- Actúa como un medio para el desarrollo de una gran variedad de reacciones químicas.

² Emulsión: dispersión de finas gotas de líquido, generalmente una grasa, en otro líquido.

Agua en el planeta

Aprendizaje (s)

A-20. Señala las principales funciones del agua en los organismos y en el clima, a partir de lo cual plantea un problema y lo resuelve usando el proceso de indagación documental y refuerza sus actitudes de curiosidad, creatividad y autorregulación. (N₃)

A-21. Demuestra una actitud crítica sobre la utilización del agua y la valora como un recurso indispensable para la vida de manera fundamentada. (N₃)

Ficha bibliográfica del texto o material

Agua en el planeta – Agua.org.mx. (2020). Recuperado el 8 de febrero de 2020 desde <https://agua.org.mx/en-el-planeta>

Sinopsis

El agua es un recurso muy familiar, pero a la vez sorprendente. Su uso y disponibilidad han cambiado la calidad de vida de los seres humanos, siendo algunos de los usos más

importantes el agrícola, el industrial y la generación de la energía eléctrica. Al mismo tiempo, el abuso de este recurso hace peligrar la propia existencia de los seres humanos, por ello, la importancia de llevar a cabo acciones para un uso más racional es indispensable.

Justificación

El texto describe tanto la disponibilidad como los usos del agua, pone en relieve la necesidad de tomar conciencia de los riesgos que supone la escasez y el eventual agotamiento del agua. De esta forma, se espera que los alumnos asuman una actitud crítica ante el mal uso del agua.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

a) **Momento de uso:** Cierre.

b) **Forma de trabajo:** individual.

c) Instrucciones

Elabore un mapa conceptual en donde explique:

- 1 ¿Cómo es la distribución del agua en el mundo?
- 2 ¿Cuánta es en proporción el agua disponible para consumo humano y como esta distribuida su procedencia?
- 3 Explique cuáles son las propiedades del agua que permiten los usos descritos en el texto.



[Quiénes somos](#)
[Noticias](#)
[Eventos](#)
[Convocatorias](#)
[Trivia](#)
[Contacto y sugerencias](#)

[TODO SOBRE EL AGUA](#) ▾
[ACTÚA / DENUNCIA](#)

[AGUA EN MÉXICO](#) ▾

[ENFOQUE DE CUENCAS](#) ▾

[BIBLIOTECA](#)



AGUA EN EL PLANETA

ÍNDICE

[1 ¿Cuánta agua hay en el planeta?](#)

[2 Algunas cifras relevantes](#)

[3 Usos del agua](#)

[3.1 Uso agrícola del agua](#)

[3.2 Uso industrial](#)

[3.3 Generación eléctrica](#)

[4 Curiosidades](#)

¿Cuánta agua hay en el planeta?

Desde el espacio, cualquier imagen de nuestro planeta muestra que la Tierra es un planeta *azul*, y es que el 70% de su superficie está cubierta por agua y sólo 30% es tierra firme.

Pero en realidad el agua que se ve es una delgadísima película con respecto al tamaño del planeta; para darnos una idea si mojamos una naranja, la capa que permanece en la cáscara equivale a la toda el agua que existe en la Tierra.

El nuestro no es un planeta de agua, es apenas un planeta mojado.

¿NOS FALTA ALGO?

Ayúdanos a completar la información enviando sugerencias o artículos a info@agua.org.mx.

No obstante lo anterior, esta poca agua es la que ha hecho posible la vida como hoy la conocemos.

La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km³, de estos el 97.5% es agua

26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx

¡Gracias!

salada, el 2.5%, es decir 35 millones de km³, es agua dulce y de ésta casi el 70% no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo.



Del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o vuelve imposible su utilización efectiva. Se estima que solamente el 0.77% se encuentra como agua dulce accesible al ser humano.

Algunas cifras relevantes

26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx

Las aguas subterráneas abastecen de **agua potable** por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego.

2,500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua.

Se estima que el 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotado, lo que tendrá consecuencias graves, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salina.

La disponibilidad de agua enfrenta presiones por contaminación. Se espera que la **eutrofización** de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente en casi todas partes hasta 2030. A nivel mundial, el número de lagos con algas nocivas aumentará por lo menos un 20% hasta 2050.

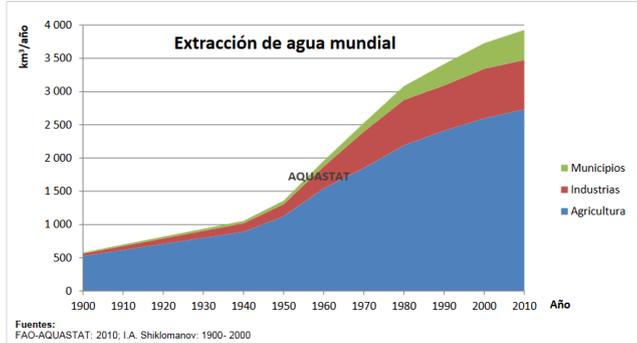
Usos del agua

A nivel mundial, la proporción de extracción de agua es aproximadamente 69% agropecuaria, 19 % industrial y 12% municipal. Este cálculo está dado a partir de la extracción total global para cada uso; y está fuertemente influenciado por unos pocos países que tienen una extracción de agua muy alta, en comparación con otros. Por otro lado, cuando se calculan las proporciones de agua extraída por uso para cada país, y se elabora el promedio global, se demuestra que “para un país dado” la proporción de extracción es de 59%, 23% y 18 %, respectivamente.

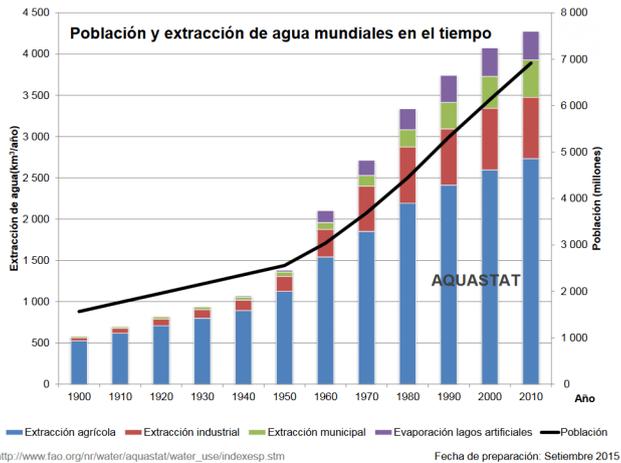
La siguiente gráfica muestra el crecimiento en la extracción del agua por uso en el último siglo.

26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx



En el último siglo la población mundial se incrementó 4.4 veces, mientras que la extracción de agua aumentó 7.3 veces en el mismo periodo; la extracción aumentó 1.7 veces más rápido que la población mundial. Sin embargo, como puede verse en el siguiente gráfico mientras la población mundial continúa creciendo exponencialmente, el incremento en la extracción de agua se ha frenado en las últimas décadas.



Como puede observarse el mayor aumento en la extracción de agua tuvo lugar entre 1950 y 1960, período que corresponde con la implantación del

26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx

modelo industrializador de desarrollo, impulsado después de la segunda guerra mundial.

USO AGRÍCOLA DEL AGUA

La agricultura, especialmente la agricultura de riego, es por mucho el sector con mayor extracción y uso consuntivo de agua a nivel mundial. De acuerdo con estimaciones de la FAO en el 2011, el sector agrícola usó el 70% de la extracción total.

La presión que ejerce el riego sobre el recurso agua en una región, depende de varios aspectos fundamentales:

- La disponibilidad de agua natural, en dónde el clima el tipo del suelo y el relieve juegan un papel preponderante .
- Las necesidades hídricas de los diferentes cultivos, que dependen directamente sus requerimiento fisiológicos.
- Las prácticas y tecnologías utilizadas para el riego.

Para evaluar el impacto del riego sobre los recursos hídricos, es necesario tener una estimación del agua que efectivamente se extrae para el riego, es decir, el agua extraída de ríos, lagos y acuíferos para destinarla al riego. Generalmente esta extracción es mayor a las necesidades netas de un cultivo, debido al agua que se durante su distribución y aplicación.

El riego es fundamental para la alimentación mundial. De acuerdo con estimaciones de la FAO en el 2011, de la superficie cultivada, sólo el 19% tenía infraestructura de riego, sin embargo producía más del 40% de los cultivos del mundo. En los últimos años la agricultura ha utilizado mayor cantidad de agroquímicos, que han derivado en la contaminación de suelos y acuíferos.

Aunque para algunos países se cuenta con cifras sobre la extracción de agua para riego, estas estimaciones son complejas por la ausencia de esquemas de medición directa, y debido a la complejidad de los métodos de evaluación. Por lo anterior, estos valores no siempre están disponibles a nivel nacional.

USO INDUSTRIAL

La industria es uno de los principales motores de crecimiento y desarrollo económico. A nivel mundial alrededor del 19% del agua extraída se emplea en la industria. De esta cantidad, más de la mitad se utiliza en las centrales termoeléctricas para sus procesos de enfriamiento. Entre los mayores consumidores del agua bajo este rubro, se encuentran las plantas petroleras, las industrias metálica, papelera, maderera, procesamiento de alimentos y manufacturera. Se estima que la demanda global de agua para la industria manufacturera se incrementará 400% del 2000 al 2050, centrada en economías emergentes.

GENERACIÓN ELÉCTRICA

La electricidad desempeña un papel clave en la reducción de la pobreza, el fomento de las actividades económicas y la mejora de la calidad de vida, salud y oportunidades de educación, especialmente en mujeres y niños.

La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), considera que prácticamente se ha duplicado la generación de energía en el periodo de 1973 a 2012 (último año disponible de la fuente), pasando de 6 106 a 13 371 millones de toneladas de equivalente en petróleo (IEA 2014a).

El agua tiene un vínculo significativo con la energía, pues por un lado se emplea energía para el abasto y tratamiento de agua, y por otro lado el agua interviene virtualmente en todas las fases de generación de energía. Se estima que la electricidad representa del 5 al 30% del costo total de operación de los servicios de agua y saneamiento, y en algunos países como la India y Bangladesh puede llegar al 40%. En la producción de combustibles se utiliza en la extracción de combustibles fósiles, el cultivo de biocombustibles y en el procesamiento y refinación. Es empleada en la generación de vapor y el enfriamiento de las centrales térmicas (combustibles fósiles, bioenergía, geotérmicas, nucleares y algunos tipos de centrales solares), que representan más del 90% de la generación de energía mundial. Genera el 2.4% de la energía mundial a través del agua contenida en presas mediante centrales hidroeléctricas. En este sentido la generación de energía es un uso que tiene impactos potenciales en la cantidad y calidad del agua disponible.

26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx

Curiosidades

Conoce algunos aspectos sobre el agua en el mundo.

Cataratas el Ángel. El Salto Alto, en las Cataratas del Ángel, en Venezuela, es la caída de agua más alta conocida. Es más de 20 veces más alta que el Niágara.



Condensación. Si todo el vapor de agua en la atmósfera de la Tierra se condensara al mismo tiempo en agua líquida, habría bastante agua para cubrir los Estados Unidos, incluyendo Alaska y Hawaii, con una capa líquida de 7.6 metros de profundidad.



Río. La competencia por los derechos sobre el agua ha provocado violentos conflictos. Es natural que la palabra *rivalidad* provenga del latín *rivus*, que

26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx

debe flotar en el aire.



Árboles. Un roble de dimensiones considerables despidе, durante la temporada típica de crecimiento, 105,989 litros de humedad.



Glaciares. Si los 23 mil millones de km³ de hielo del mundo se fundieran al mismo tiempo, el volumen de los océanos aumentaría únicamente 1.7%, pero esto sería suficiente para que el nivel del mar se elevara alrededor de 55 metros. El edificio del Empire State quedaría bajo el agua hasta cerca del vigésimo piso.



26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx

Olas. Según los oceanógrafos la ola más alta de todos los tiempos fue vista desde el *U.S.S. Ramapo* en el Océano Pacífico del 6 al 7 de febrero de 1933, durante un huracán de 109 kilómetros por hora. Se calculó que la ola medía 34 metros del seno a la cresta.



Lagos. El lago más profundo del mundo alcanza los 1,600 metros de profundidad en algunos sitios se le conoce como lago Baikal y está en Siberia. Aunque el lago Superior abarca un área más grande 82,800 km², en comparación con los 33,670 del Baikal, contiene menos agua. El Baikal representa el mayor volumen de agua dulce en una sola masa, en el mundo.



Los lagos de los desiertos son cuerpos aislados: los oasis y los de las cuencas cerradas son del tipo de los bolsones. Lagos son también los cuerpos de agua del interior del continente que se forman al aislarse una porción del océano. Así surgieron el Caspio, el Aral y el Azov.

26/11/2020

Agua en el planeta – Agua.org.mx

TE PUEDE INTERESAR: TECNOLOGÍAS DEL AGUA

BIBLIOGRAFÍA:

- o Comisión Nacional del Agua (2012): *Estadísticas del Agua en México, 2011*. Agua en el Mundo. Documento disponible en: http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo_8.pdf
- o Organización de las Naciones Unidas (2015): *Agua para un mundo sostenible: Informe de las Naciones Unidas sobre los Recursos hídricos del mundo*. UNESCO. Documento disponible en: www.unesco.org/fileadmin/.../HQ/SC/.../WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- o AQUASTAT (2016): *Uso de agua en riego*. Información disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat>

AGUA
 .org.mx

Agradecemos el apoyo de:



Glosario
 Mapa de Biblioteca Temática
 Preguntas Frecuentes
 Contacto y sugerencias
 Aviso de privacidad
 Califica este portal



© Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C.

Agua, el recurso más valioso

Aprendizaje (s)

A-21. Demuestra una actitud crítica sobre la utilización del agua y la valora como un recurso indispensable para la vida de manera fundamentada. (N₃)

Ficha bibliográfica del texto o material

Guerrero, V. (2006) Agua el recurso más valioso. *¿Cómo ves?*, (88), 10-15

Sinopsis

¿Qué podemos hacer ante un mundo que se esta volviendo sediento? Bajo esta pregunta se desarrollan las ideas detrás de los foros del agua, cuyo propósito es buscar soluciones ante la escasez creciente de agua potable.

Justificación

Reconocer que el agua no es un recurso inagotable permite que el alumno recupere de lo estudiado en la unidad las caracte-

rísticas de los sistemas químicos estudiados, y logre identificar cómo estos son objeto de discusión importante para satisfacer las necesidades de las personas en todo el mundo, y así asuma de forma crítica sus acciones para promover el cuidado del ambiente en general.

Sugerencias de actividades de aprendizaje

a) **Momento de uso:** Cierre.

b) **Forma de trabajo:** Individual/parejas/en pequeños grupos colaborativos.

c) **Instrucciones**

Tras la lectura del texto, solicite a los alumnos que contesten las siguientes preguntas:

¿A qué puede atribuirse la desnutrición y la disentería debido a la falta de agua?

¿Por qué se dice que se está acabando el agua, a pesar de que el 75% de la superficie del planeta está cubierta por ella?

¿Describe de qué forma la química, con lo que has aprendido, para proveer “agua segura”?

¿Qué hace suponer a los expertos que el agua es un recurso en peligro? Se dice en el texto que las acciones locales son más productivas que las regionales. ¿Qué acciones propondrían en sus casas y colonias para hacer un mejor manejo del agua?



agua

el recurso más valioso

Verónica Guerrero Mothelet

ESTE MES SE CELEBRA EN NUESTRO PAÍS EL IV FORO MUNDIAL DEL AGUA, CON LA ASISTENCIA DE ENTRE 10 000 Y 15 000 PERSONAS. EN ESTE REPORTAJE SE ABORDAN LOS TEMAS PRINCIPALES DEL FORO, LAS EXPECTATIVAS Y EL RETO QUE REPRESENTA DAR SOLUCIONES AL QUE QUIZÁ SEA EL PROBLEMA MÁS GRAVE QUE ENFRENTAREMOS EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS.

La primera vez que se reconoció ampliamente que el derecho al agua es un derecho humano fundamental fue apenas en 2002, con el Pacto sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que firmaron 145 países. Y estos países están obligados a “asegurar progresivamente que todos tengan acceso al agua potable segura, de forma equitativa y sin discriminación”.

“HACE UNA DÉCADA tenía que levantarme a las tres de la mañana todos los días y caminar cinco kilómetros para recoger agua en un río. No volvía a casa antes de las 10, lo que significaba que a menudo llegaba tarde a mi trabajo en la escuela local, donde era maestra. A veces mis hijos tenían agua para lavarse y desayunar. A veces no. Con frecuencia llegaban tarde a la escuela y sin haberse alimentado debido a mi ausencia.

Recoger agua tomaba casi todo el día a las mujeres. La falta de agua solía provocar peleas, palizas a las esposas e incluso divor-

cios... La disentería y el cólera abundaban. Muchos niños sufrían de desnutrición severa. Como se esperaba que las niñas ayudaran a recoger el agua, muy pocas iban a la escuela”.

Éste es el testimonio de Lucy Akanboguire, una maestra de Ghana (en *Water Stories*, IRC International Water and Sanitation Centre, 2003). Y podría ser el de millones de mujeres de zonas rurales en países del Tercer Mundo, entre ellos el nuestro. La historia de Lucy tiene un buen final: ella organizó a su comunidad y obtuvo apoyo de una organización no gubernamental bri-

tánica, WaterAid, para construir pozos en su aldea e instalar bombas. Este acceso al agua cambió muchas cosas: más niños y niñas asisten hoy a la escuela; hay una menor incidencia de enfermedades originadas en la insalubridad; las mujeres tienen tiempo para actividades que les proporcionan ingresos, como tejer o cultivar, y también participan más en la toma de decisiones de la comunidad.

Pero hacen falta muchos más finales felices. De acuerdo con cifras de UNICEF, en el mundo “más de 4000 niños y niñas mueren cada día por no tener acceso a agua potable o saneamiento adecuado, más de 2600 millones de personas, lo que supone más de un 40% de la población mundial, carecen de saneamiento básico y más de 1000 millones siguen utilizando para beber fuentes de agua no aptas para el consumo”. Éste es el panorama al que se hará frente en el IV Foro Mundial del Agua, que se celebrará en la Ciudad de México del 16 al 22 de marzo de este año.

Acciones locales para un reto global

Heidi Storsberg, titular de comunicaciones del secretariado del IV Foro, afirma que México fue elegido por el Consejo Mundial del Agua (CMA) como anfitrión por la relevancia de su propuesta. México propuso, entre otras cosas, que el eje rector del foro sean las acciones locales para un reto global, indica Storsberg. En ocasiones anteriores, los foros habían versado sobre una visión general del agua a nivel internacional, las particularidades de las necesidades a nivel regional. Sin embargo, para que las cosas no



se quedarán en meros proyectos había que tomar en cuenta la viabilidad de éstos.

La experiencia e investigaciones reunidas en los foros anteriores llevaron a los expertos a determinar que, sin importar las causas de los problemas relacionados con el agua, éstos tienen un impacto mayor en el nivel local y, en consecuencia, las medidas locales son el camino más directo para conseguir resultados concretos. Por ello, México incluirá durante el IV Foro la presentación de unas 450 acciones locales que han tenido éxito en distintas regiones del mundo. “Estas experiencias exitosas serán presentadas por los protagonistas que las han realizado en sus propias comunidades, y tal vez algunas de ellas sean útiles para localidades de otras regiones del mundo”, señala la titular de comunicaciones del IV Foro.

En el CMA están representadas las autoridades de diversos países mediante la figura de gobernadores, así como instituciones académicas y de servicio de distintas nacionalidades relacionadas con el tema del agua. Eso permitirá que en el IV Foro contribuyan representantes de gobiernos, académicos y científicos, con la posibilidad de compartir nuevas tecnologías. Se contará también con la asistencia de empresarios, banqueros y autoridades responsables de las estructuras financieras.



La historia de los Foros

Desde 1992, a partir de la Conferencia Internacional sobre Ambiente y Desarrollo, y de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, Brasil, ya había surgido en el seno de la Organización de las Naciones Unidas la idea de formar un consejo que atendiera los asuntos relacionados con el agua.

Así, en 1996, por iniciativa de varios expertos en materia hídrica a nivel internacional, se creó el Consejo Mundial del Agua. El CMA es una asociación civil independiente que funciona como plataforma internacional y multidisciplinaria para promover la conciencia general sobre este tema. Mediante compromisos políticos con los gobernantes del mundo, el CMA pretende desarrollar medidas para proteger y conservar el agua, así como para planificar su uso “sobre una base sustentable y para el beneficio de toda la vida en la Tierra”.

Ya que uno de los objetivos del CMA es facilitar el intercambio de ideas y acciones relacionadas con el manejo y la conservación del agua, a un año de su fundación, el consejo decidió realizar una cumbre internacional. En marzo de 1997, en la fecha del Día Mundial del Agua, se realizó el primer Foro Mundial del Agua

en Marruecos. La reunión culminó con la firma de la Declaración de Marrakech, que reitera la importancia de reconocer la necesidad básica humana de obtener agua limpia, al tiempo que se preservan los ecosistemas.

El éxito de este primer foro llevó al CMA al desarrollo de la *Visión mundial del agua para la vida y el ambiente en el siglo XXI*, documento en el que más de 15000 hombres y mujeres de diferentes países definen estrategias prácticas para llegar a un uso sustentable de los recursos hídricos. Dicha publicación, convertida en una especie de declaración global, se presentó en el año 2000 durante el segundo Foro Mundial del Agua, que se llevó a cabo en La Haya, Holanda, con la asistencia de unos 5700 participantes y 120 representantes de gobiernos internacionales. Ya constituido en evento permanente, a realizarse cada tres años, en 2003 tuvo lugar el tercer foro en la ciudad de Osaka, Japón, ante una congregación de 24000 participantes. Allí se hizo público el informe *Acciones por el agua*, inventario de cerca de 3000 medidas locales diseñadas para contribuir a la solución de problemas relacionados con este elemento.

En esta ocasión el propósito es revisar y analizar los factores necesarios para facilitar la participación de los habitantes de las comunidades en las decisiones que se tomen en sus localidades en cuanto al diseño de soluciones para el abasto y aprovechamiento del agua, así como el establecimiento de vías más adecuadas para canalizar el apoyo

nacional e internacional hacia dichas acciones locales. “Será importante compartir y entablar estos diálogos tan necesarios para conocer soluciones probadas que puedan aplicarse en otros sitios, con una reducción de costos”, manifiesta Storsberg.

El programa se ha construido a partir de dos perspectivas paralelas: temática y regional. Heidi Storsberg explica que las regiones son cinco: las Américas, Asia, Europa, África y Medio Oriente. “Esperamos entre 10000 y 15000 participantes. Es importante señalar que la participación es abierta. Puede participar quien quiera hacerlo, registrándose por Internet y mediante una pequeña cuota de recuperación”. Los temas principales que se explorarán en el IV Foro han surgido de un prolongado proceso de consulta. Asimismo, se han venido realizado numerosos eventos regionales con el propósito de que cada región formule propuestas que se revisarán en México. Algunos tópicos seleccionados son: “Agua y saneamiento”, “Manejo de riesgos”, “Desalinización y abastecimiento” y “Agua para el crecimiento y desarrollo”.

Al mismo tiempo se llevarán a cabo una Expo Mundial del Agua y la Feria del Agua, con numerosos eventos culturales, relacionados con este valioso recurso. “Habrán también un festival cinematográfico, uniendo el agua y el cine”, señala Heidi. Este Primer Encuentro Internacional

Agua y Cine se llevará a cabo en la Ciudad de México del 17 al 21 de marzo, e incluirá largometrajes y documentales, así como una serie de cortometrajes y videoclips que participan en la sección de competencia convocada por el Secretariado del IV Foro.

Heidi Storsberg agrega que habrá también un Foro de los Niños, donde los pequeños podrán participar y dar a conocer sus experiencias relacionadas con el agua. “Vendrán niños de todo el mundo y trabajarán en conjunto para enviar a la reunión ministerial una serie de propuestas, desde la perspectiva de una generación que ya está preocupada por el tema del agua”.

Desde luego, uno de los eventos más importantes será la propia reunión ministerial, a la que se espera acudan entre 120 y 140 ministros de todo el mundo. De igual importancia serán los encuentros entre autoridades locales de todo el mundo y la organización del llamado Foro Paralelo, con la asistencia de legisladores de todo el planeta.

Mientras la población mundial se triplicó en el siglo XX, el uso de los recursos renovables de agua ha aumentado seis veces. Dentro de los próximos 50 años la población mundial se incrementará en un 40 a 50%. Este crecimiento poblacional, aunado a la industrialización y la urbanización, dará como resultado un aumento creciente en la demanda de agua y tendrá serias consecuencias para el medio ambiente.

Consejo Mundial del Agua

Para lograr con éxito un evento mundial de esta magnitud se requiere el esfuerzo y participación de varias entidades. Así, la coordinación logística ha correspondido al Secretariado General del IV Foro Mundial del Agua, encabezado por la Comisión Nacional del Agua (Conagua). Además, han contado con el apoyo de muchas otras instituciones y dependencias, como el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la UNAM, la Secretaría de Relaciones Exteriores, el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y el Instituto Nacional de la Juventud.

Hagamos números

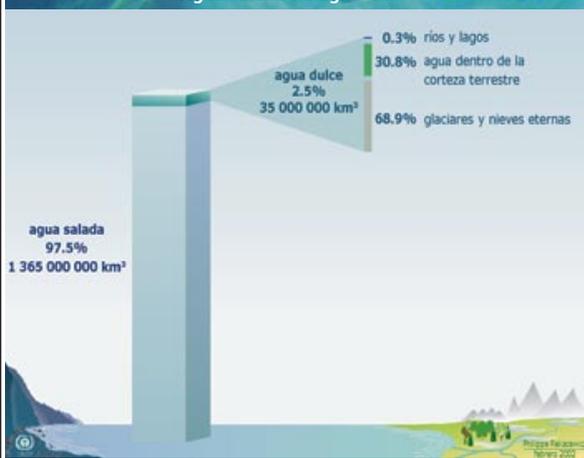
Pero, ¿por qué tanta insistencia sobre la gravedad del asunto? Después de todo, en nuestro azul planeta lo que sobra es el agua, ¿no es así?

En efecto, el 75% de la superficie de la Tierra está cubierta por agua, con un volumen aproximado de 1400 millones de kilómetros cúbicos. El problema es que más del 97% de esta inmensa cantidad se encuentra en forma de agua salada en mares y océanos. Por si fuera poco, más de dos terceras partes del resto se encuentran en el interior de la corteza terrestre, en las regiones polares, en forma de glaciares y en las nieves eternas que cubren los elevados picos de las montañas más altas. Menos de 1% es agua de ríos, lagos, pantanos y vapor atmosférico.

Así pues, los humanos podemos aprovechar sólo el 0.26% del agua del planeta, que además está repartida de manera muy poco equitativa. Por ejemplo, el continente africano, que agrupa a 53 países, con 22.4% del territorio global y 13% de la población mundial, sólo tiene acceso a 9% del agua dulce aprovechable del planeta. En otras palabras, cerca de 300 millones de personas en África carecen de agua potable.

Es también irregular su distribución por uso. A nivel mundial, la agricultura emplea para la irrigación 66% del agua disponible, cantidad que puede aumentar hasta 90% en regiones áridas. Del 34% restante, 20% es utilizado por las industrias, 10% se destina al consumo doméstico y cerca de 4% simplemente se evapora. En México, según la Comisión Nacional del Agua, la disponibilidad de agua entubada *per capita* se ha reducido desde la década

Agua salada vs. agua dulce



Igor A. Shiklomanov, SHI / UNESCO en UNEP (2002), *Vital Water Graphics - An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters*. UNEP, Nairobi, Kenya. ISBN: 92-807-2236-0

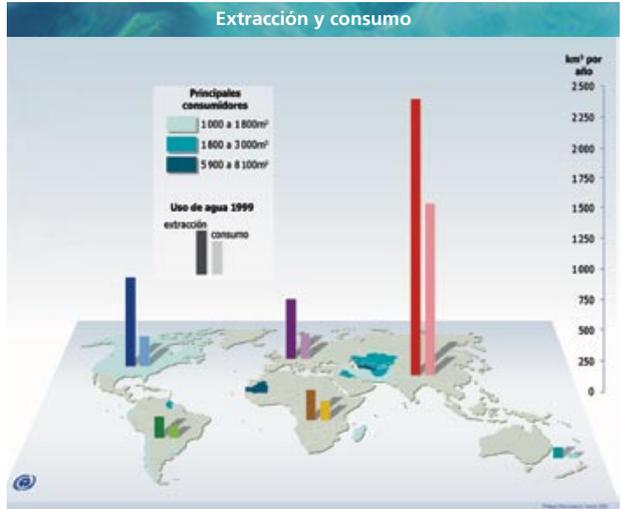
de 1970 de 11 000 metros cúbicos anuales por habitante a 4 600, y se espera que esta cifra disminuya a 3 500 metros cúbicos por persona para el año 2030.

De recurso renovable a pérdida irreversible

Fue alrededor de los cuerpos de agua dulce donde se produjeron los primeros asentamientos humanos. Durante miles de años los lagos, los ríos y los mantos acuíferos se reabastecieron naturalmente. Pero el crecimiento de las poblaciones, así como el aumento de la urbanización, han generado diversos peligros para nuestra reserva de agua dulce. En la actualidad, el ritmo de la producción industrial, con su desalojo de desechos contaminantes sobre cuerpos hídricos, el mal uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura y la sobre-explotación generalizada del agua han roto ese equilibrio natural.

A esto se ha sumado el cambio climático global que, según muchos investigadores, se debe, al menos en parte, a las actividades humanas. De acuerdo con un reciente estudio de la Universidad de California, en poco tiempo, el calentamiento global provocado por la emisión de gases de efecto invernadero reducirá irremediablemente los glaciares y las nieves que sirven como depósito natural de agua en varias regiones del mundo.

Una de las consecuencias principales del cambio climático podría ser la modificación de los ecosistemas. Las zonas ecuatoriales, por ejemplo, se harán más calurosas, lo que aunado a la deforestación, probablemente convierta muchos bosques y selvas tropicales en desiertos. En África el monte Kilimanjaro está perdiendo sus



Fuente: Igor A. Shiklomanov, SHI / UNESCO en UNEP (2002), *Vital Water Graphics - An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters*. UNEP, Nairobi, Kenya. ISBN: 92-807-2236-0

glaciares y en el curso de apenas tres décadas el lago Chad se ha encogido de 25 000 km² a 1 200 km².

En efecto, algunas partes de África, como la región subsahariana, prácticamente no tienen agua, comenta Heidi Storsberg. Sin embargo, añade, el problema se hace mucho más importante en algunas partes de Asia, donde existe una cantidad mucho mayor de personas, y donde la ausencia del agua también es muy evidente. "Además, Asia es una de las regiones más afectadas por fenómenos hidrometeorológicos. Occi-

re en esa zona una cantidad muy importante de tifones, pero también las sequías son muy importantes. Este tipo de catástrofes hace que el tema del manejo de riesgos se vuelva tan relevante, por lo que es uno de los ejes fundamentales del IV Foro".

¿Agua es salud?

Desde el punto de vista nutricional, en el organismo humano el agua funciona como disolvente para promover la digestión, al disolver carbohidratos y proteínas. Asimismo, sirve para irrigar, distribuir nutrientes y eliminar los desechos del cuerpo, incluyendo las toxinas. Para pensar el agua que se pierde en los procesos orgánicos, una persona adulta debe consumir aproximadamente 2.5 litros de agua al día, lo que generalmente se consigue tanto por medio de líquidos como del agua contenida en los alimentos sólidos.

El agua para consumo humano debe tener determinadas características. El H₂O químicamente puro, que sólo se produce en el laboratorio, es tan reactivo que no es apropiado para la vida. El agua potable normalmente contiene una pequeña cantidad de sales, pero además debe tener una concentración de microorganismos inferior a cierto límite y estar libre de al-

Niños, agua y educación

Los niños también tienen algo que decir sobre este recurso. Su participación en el IV Foro Mundial del Agua, en el evento *Niños, agua y educación*, coordinado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, tiene varias vertientes:

El Segundo Foro Mundial del Agua de los Niños reunirá a pequeños de entre 11 y 15 años provenientes de las cinco regiones internacionales para presentar sus propuestas de acciones locales. De éstas, los niños seleccionarán las cinco mejores, que serán analizadas en el Foro Temático. Asimismo, redactarán y presentarán un "Llamado a la acción" que será entregado a los ministros de todo el mundo.

Las cinco acciones locales infantiles de México que se presentarán en el Foro son: "Guardianes del agua" de Sinaloa; "Divulgación del cuidado

del agua" de Otilpan, Veracruz; "Limpieza y conservación del río Pesquería" de Nuevo León; "Cultura del Agua en secundarias técnicas" de Querétaro y "Acciones locales para un río global" de Tamaulipas.

"Aldea global del agua y la educación" será un espacio para la exhibición y demostración de programas y materiales educativos de diversos países, así como para la realización de actividades y talleres. En las sesiones en el Foro Temático, la de "Diálogo intergeneracional" tiene el objetivo de facilitar el diálogo entre los niños y los expertos con el fin de alentar la participación infantil en las acciones locales. Finalmente, "Educación hídrica" tiene el propósito de resaltar la importancia de la educación para el desarrollo sustentable y el logro de las metas del milenio.

gunos contaminantes orgánicos e inorgánicos que representan un elevado riesgo para la salud humana.

Debido a la generalización actual de la presencia de contaminantes y patógenos en el agua, para que ésta llegue hasta el usuario final en estado potable debe pasar por varios procedimientos, que van desde un minucioso análisis físico-químico hasta elaborados procesos de tratamiento y desinfección. En conjunto, el sistema de suministro es costoso y está fuera del alcance de la porción más pobre de la población.

Como resultado, más de 1 000 millones de personas en el mundo no tienen acceso a agua segura, incluyendo cerca de 10% de la población mexicana. Por esta razón, a nivel mundial mueren a diario unos 4 000 niños por causas relacionadas directamente con el uso de aguas contaminadas, que les provocan enfermedades diarreicas, parásitos o hepatitis tipo A.

Así, resulta evidente la urgencia de poner un alto al desperdicio y deterioro del agua, e intentar remediar el daño que se le ha infligido. Después de todo, y esa es la buena noticia, existen soluciones que pueden aplicarse a corto plazo. El IV Foro Internacional del Agua proyecta llegar a

**Pensemos
en México como una alberca.
Si ésta fuera pareja, podríamos llenarla con
0.80 cm de agua al año. Pero no es así. El equivalente
a regiones como Chiapas o Tabasco podría tener una
profundidad de dos o tres metros, mientras que algunas
regiones del norte del país, como Baja California o
Sonora, tendrían apenas una profundidad de 10 cm.**

*Heidi Storsberg
Secretariado del IV Foro Mundial del Agua*

algunas de esas soluciones. En primer lugar, se intentará concretar compromisos definidos, y promover recomendaciones para mejorar y fortalecer las acciones locales.

Los foros anteriores han tenido efectos positivos. Después de efectuarse el foro en Japón en 2003, éste se institucionalizó, convirtiéndose en una presencia importante en Asia. A raíz de este foro se propuso a la ONU que se definiera como meta reducir cuando menos en 50% la cantidad de habitantes del planeta sin acceso a agua potable y saneamiento, y disminuir también las pérdidas ocasionadas por el manejo inadecuado de los riesgos hidrometeorológicos extremos. “Hablamos de huracanes o grandes sequías, que hoy por hoy son muy frecuentes y donde las pérdidas son

Declaración del Milenio

En septiembre de 2000 los líderes del mundo se reunieron en la Cumbre del Milenio de la ONU, donde adoptaron la *Declaración del Milenio*. Entre las metas de desarrollo para el año 2015 hay una referente a agua y saneamiento.

La comunidad internacional se comprometió a:

- Reducir para 2015 la proporción de personas que no tienen acceso a agua potable segura ni pueden costearlo.
- Detener la explotación insostenible de los recursos hídricos mediante el desarrollo de estrategias de manejo del agua en los niveles regional, nacional y local, para promover un acceso equitativo y seguridad en el abasto.

enormes”, dice Storsberg. Subraya que se ha demostrado que invertir en la prevención de desastres es entre ocho y 10 veces más eficaz que invertir en recuperación. “Esto no significa que podamos evitar un fenómeno natural, pero sí podemos evitar que éste haga demasiado daño”, explica.

Esperemos que el IV Foro contribuya de manera significativa a alcanzar esa meta, y con ello que muchas experiencias terminen tan bien como la de Lucy, que citamos al inicio de este artículo. Su testimonio concluye así: “Me siento tan contenta de tener agua a la puerta de mi casa 24 horas al día, sabiendo que mis hijos están a salvo de enfermedades relacionadas con aguas insalubres. Y en mi vida hubo un beneficio adicional una vez que también tuve acceso a un retrete”. 🐾

Verónica Guerrero es periodista, divulgadora y traductora; publica artículos e imparte talleres sobre los nuevos paradigmas de la ciencia.



FUENTES INSTITUCIONALES. DIDÁCTICAS Y DISCIPLINARIAS

FUENTES INSTITUCIONALES

CCH. (2020). Protocolo de equivalencias. En: https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf

CCH. (2016). Química I y II. Programa de estudios. En: https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/QUIMICA_I_II_.pdf

CCH (1996). Plan de estudios actualizado. CCH. UNAM. En: <https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/Plan1996.pdf>
Consultado el 18 de julio de 2020.

CCH (2006). Sentido y Orientación de las áreas. CCH. UNAM.
En: <https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/Sentidoareas.pdf> *Consultado el 18 de julio de 2020.*

FUENTES DIDÁCTICAS

Acevedo, D, J.A. (2009) Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. Rev. Eureka Enseñanza y Divulgación de las ciencias, 2009, 6(2), pp. 164-189. En: http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/9917/Acevedo_2009b.pdf?sequence=1 *Consultado el 19 de julio de 2017.*

Ausbel, D., Novack, J. y Hanesian, H.. (1983). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. 2da. Ed. Trillas. México.

Chamizo, J. A. (2006) METL1. Documentos del Seminario de Investigación Educativa. Facultad de Química. UNAM

Chamizo, J. A. (2009) METL2. Documentos del Seminario de Investigación Educativa. Facultad de Química. UNAM

Díaz-Barriga, A. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. Revista Iberoamericana de Educación Superior, IV(10),3-21. ISSN: . En: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2991/299128588003> consultado el 19 de Julio de 2020.

Díaz-Barriga, F. (2006) Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida. 1ª. ed. McGraw-Hill/Interamericana Editores, México. p. 191.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Dr. Enrique Graue Wiechers
RECTOR

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
SECRETARIO GENERAL

Dr. Alfredo Sánchez Castañeda
ABOGADO GENERAL

Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda
SECRETARIA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo
SECRETARIO DE PREVENCIÓN
Y SEGURIDAD UNIVERSITARIA

Mtro. Néstor Martínez Cristo
DIRECTOR GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL



ESCUELA NACIONAL COLEGIO
DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Dr. Benjamín Barajas Sánchez
DIRECTOR GENERAL

Mtra. Silvia Velasco Ruiz
SECRETARIA GENERAL

Lic. María Elena Juárez Sánchez
SECRETARIA ACADÉMICA

Lic. Rocío Carrillo Camargo
SECRETARIA ADMINISTRATIVA

Mtra. Patricia García Pavón
SECRETARIA DE SERVICIOS
DE APOYO AL APRENDIZAJE

Lic. Miguel Ortega del Valle
SECRETARIO DE PLANEACIÓN

Lic. Mayra Monsalvo Carmona
SECRETARIA ESTUDIANTIL

Lic. Gema Góngora Jaramillo
SECRETARIA DE PROGRAMAS INSTITUCIONALES

Lic. Héctor Baca Espinoza
SECRETARIO DE COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Ing. Armando Rodríguez Arguijo
SECRETARIO DE INFORMÁTICA

