

LA TABLA PERIÓDICA MONUMENTAL Y LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

GUÍA MÍNIMA PARA FACILITADORES



SOCIEDAD QUÍMICA
DE MÉXICO, A.C.
"La química nos une"

LA TABLA PERIÓDICA MONUMENTAL Y LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

GUÍA MÍNIMA PARA FACILITADORES



Autores

Dr. Plinio Jesús Sosa Fernández
Universidad Nacional Autónoma de México

M. en C. Rosa María Catalá Rodes
Colegio Madrid

Dra. Violeta Mugica Álvarez
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

Corrección de estilo

Mtra. Guadalupe Gutiérrez Hernández

Diseño editorial

Lic. Hugo Daniel Oblea Nolasco

Responsable técnico

Dr. Ignacio González Martínez

Responsables administrativas

M. en C. Olivia Sparza Guadarrama y Dra. Violeta Mugica Álvarez

Este proyecto se realizó gracias al apoyo del Gobierno de la Ciudad de México/Secretaría de Educación Ciencia Tecnología e Innovación. SECTEI/278/2019



“Prohibida su reproducción parcial o total con fines de lucro o diferente a los objetivos del proyecto”



INTRODUCCIÓN

El proyecto “Los Objetivos del Desarrollo Sostenible y cómo la química ayuda a resolverlos” es el punto de partida ideal para que los niños y jóvenes de hoy, junto a divulgadores, maestros y familias, iniciemos juntos la esperanzadora transición hacia sociedades sostenibles a través de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas. Este proyecto incluye, además de la Tabla Periódica Monumental (TPM), diversos materiales didácticos escolares y de divulgación de la ciencia, como instrumentos para el enorme reto que significa, a corto y mediano plazo, desarrollar estrategias y acciones a favor del desarrollo humano sostenible en todo el planeta.

Los recorridos por la Tabla periódica monumental que se proponen a continuación abordan ideas y sugerencias elaboradas por parte del equipo colaborador en los que se desarrollan las bases para aprovechar al máximo la información que se reunió alrededor de cada elemento químico: por un lado, la información científica, tecnológica y cultural sobre cada uno; y, por otro, su papel y contexto dentro del marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. La idea es que, a través de estos recorridos, se identifique a los elementos químicos y a la Tabla periódica como materiales y herramienta insustituibles para todas las sociedades del mundo. Por otro lado, se busca generar mayor conciencia ambiental a través de claves para un uso responsable de los elementos químicos desde las perspectivas cotidiana, industrial y ambiental.

A continuación, se presentan cuatro ejemplos de recorridos con el tipo de información, actividades y reflexiones que pueden hacerse con niños o alumnos desde primaria y hasta nivel universitario. Estos recorridos no tienen que realizarse al pie de la letra y son muy flexibles en cuanto a su aplicación, ya sea por el tipo de público que se atiende, el tiempo disponible o las preferencias expresadas por profesores o personas que acompañen a los grupos en su visita. Sabemos que a medida que se tenga más experiencia en esta tarea de divulgación, los facilitadores voluntarios encontrarán formas creativas y didácticas para ampliar su repertorio de recorridos. Para aquellos que quieran conocer mejor las bases teóricas que ayudaron al desarrollo de este proyecto, en el documento Anexo se incluye información relevante sobre la Tabla periódica y los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Esperamos sea útil y sobretodo muy divertido el uso de este material. Para consultarlo se puede acceder a la página: <https://www.sqm.org.mx/>

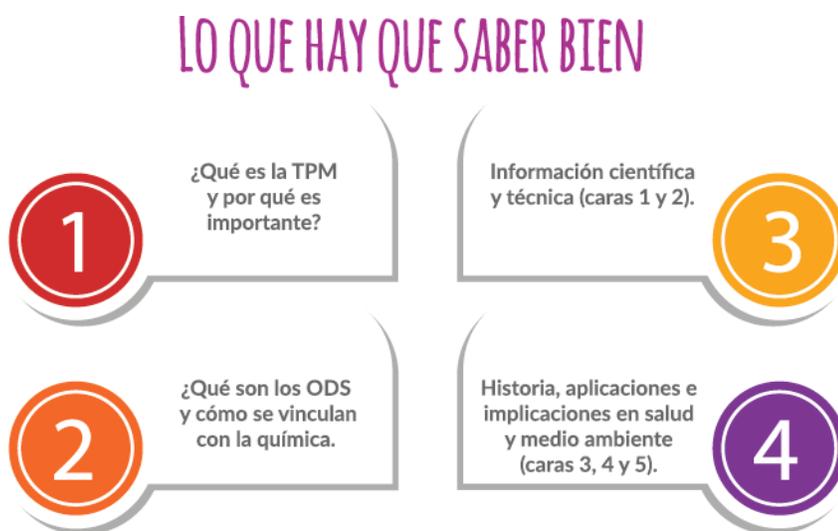
Rosa Ma. Catalá Rodes, Plinio Jesús Sosa Fernández y Violeta Mugica Álvarez.

¿Cómo hacer los recorridos por la Tabla Periódica Monumental en el marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible?

Generalidades

I.- Lo que hay que saber sobre la TP y los ODS

¿Qué conocerá el público sobre la Tabla periódica y los Objetivos del Desarrollo Sostenible cuando realice una visita? ¿Cambia mucho una visita de público general a una de estudiantes? Ser facilitador (a), para ayudar a los diferentes tipos de públicos a llevarse una grata experiencia en su visita a la Tabla Periódica Monumental, implica dos habilidades básicas. Por un lado, es muy importante tener una motivación intrínseca para comunicar con entusiasmo la belleza e importancia de esta valiosa herramienta y su relevante vinculación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible. La segunda y tan importante como la primera, es la de manejar con fluidez la información básica sobre ambos temas, ello ayudará a orientar óptimamente a nuestro público y a dar buenas respuestas a las preguntas más frecuentes de los visitantes.



El aprendizaje mínimo que los asistentes deben llevarse gira alrededor de cinco puntos:

1. ¿Qué es la Tabla periódica?
2. ¿Para qué sirve?
3. ¿Cómo se organiza?
4. ¿Cuál es su importancia en la ciencia?
5. ¿Cómo se vincula con los Objetivos del Desarrollo Sostenible?

Se presenta un resumen básico teniendo como directriz algunas preguntas. Primero hay que intentar responderlas y después comparar las respuestas con las que aquí se proponen.

1.- ¿Qué es la Tabla periódica?

La Tabla periódica es una representación gráfica de la reactividad de los elementos. Los elementos ubicados en alguno de los cuatro extremos de la Tabla suelen ser sumamente reactivos. Es decir, los elementos ubicados muy arriba o muy abajo son muy reactivos. Del mismo modo, los que se encuentran muy a la izquierda o muy a la derecha (excepto los gases nobles) también son muy reactivos. Por el contrario, los elementos que ocupan las casillas más centrales son muchísimo más estables.

El patrón de estabilidad lo representan los gases nobles. Y es que son los únicos, en toda la Tabla periódica, cuyos átomos tienen completamente llena su última capa electrónica (la más externa). Esta característica

les da una estabilidad extraordinaria y única. Por eso son los únicos que consisten en átomos sueltos en las condiciones imperantes en las inmediaciones de la superficie terrestre. Todos los demás elementos son inestables y reaccionan espontáneamente para adquirir una distribución electrónica como la de los gases nobles.

2.- ¿Para qué sirve?

Sirve principalmente para que la gente que se dedica a la química (ya sea a la actividad industrial o a la científica) pueda predecir el comportamiento químico de los elementos para, entonces, poder fabricar y purificar las distintas sustancias químicas de acuerdo a las necesidades e intereses de la sociedad.

3.- ¿Qué información presenta y cómo se organiza?

La Tabla periódica es un arreglo bidimensional en el que los elementos químicos están ordenados bajo dos criterios:

- El número de protones en los núcleos atómicos.
- El parecido químico.

Los elementos parecidos ocupan las columnas y los renglones son los periodos de repetición. Consiste en 118 casillas organizadas en 4 Bloques: S, P, D y F. Cada casilla corresponde a un elemento. El número de casilla es directamente el número atómico, es decir, el número de protones del elemento correspondiente. La información que, generalmente, se presenta para cada elemento en la Tabla periódica es la siguiente:

- El número atómico.
- El símbolo químico.
- El nombre.
- La masa molar.¹
- La configuración electrónica.²
- Y, por supuesto, su ubicación en la Tabla.

4.- ¿Quién la desarrolló y por qué es tan importante para la química?

Como en toda actividad humana, la Tabla periódica se ha desarrollado a lo largo del tiempo por varios y diversos actores. Después de la distinción entre sustancias compuestas y sustancias simples (hecha por Lavoisier) y de la determinación de las masas relativas (propuesta por Dalton) para los elementos conocidos, en la primera mitad del siglo XIX se fueron elaborando distintas listas de elementos (conforme se iban descubriendo otros), todas en orden ascendente de sus masas relativas.

Pronto, los investigadores empezaron a notar que, cada cierto número de elementos, uno de los que se encontraban más adelante en la lista se parecía a alguno anterior. Y que, por lo tanto, aparte del listado en orden ascendente de masas relativas, los elementos se podían organizar en grupos de acuerdo a su comportamiento químico.

En 1869, al químico ruso Dmitri Mendeleiev se le ocurrió otra manera de ordenar los elementos: en vez de un arreglo unidimensional (una lista), propuso un arreglo bidimensional (una tabla). Esto permitía conservar, más o menos, la secuencia en términos de la masa relativa y, al mismo tiempo, poder agrupar a los elementos con parecido químico.

5.- ¿Qué son los Objetivos del Desarrollo Sostenible? ¿Cómo la química puede ayudar a resolver los retos del desarrollo sostenible?

En el año 2015 los 193 líderes de los países Miembros de las Naciones Unidas establecieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que deben cumplirse para el año 2030, para eliminar la pobreza, lograr la equidad, la justicia y tener un continuo desarrollo que proporcione bienestar a todos los seres humanos, protegiendo al planeta. Para cumplir estos objetivos se formuló un plan denominado la Agenda 2030.

1 La masa molar es la masa de 602,200 trillones de átomos.

2 La configuración electrónica se refiere a cómo se distribuyen los electrones alrededor del núcleo.

Desde tiempos ancestrales la química ha estado presente en la humanidad brindando soluciones a innumerables retos que han mejorado la calidad de vida de millones de personas. Como se puede ver en cada cubo, los distintos elementos de la Tabla periódica han sido protagonistas del desarrollo de materiales para su uso en todos los aspectos de nuestra vida: la salud, la producción agrícola, el saneamiento del agua, la construcción, la generación de energía, la tecnología y los textiles, entre otros, sin embargo, el mayor reto es continuar haciéndolo sin contaminar ni degradar al planeta, e incluso remediar las zonas dañadas.

Material de apoyo para el facilitador

Una vez que se tienen muy claras las respuestas a las preguntas anteriores, se puede proceder a preparar un ensayo de visita, mismo que se debe apoyar en el cubo de información donde aparecen tanto las instituciones involucradas como una cara en la que se describe el contenido de los cubos de cada elemento en la TPM. Es importante mencionar que no se trata solo de leerlo sino de utilizarlos como apoyo durante la bienvenida e introducción al recorrido. Los materiales son los siguientes:

- Cubo gran tamaño con información sobre el proyecto “Los Objetivos del Desarrollo Sostenible y cómo la química puede ayudar a resolverlos”.
- Cubo con información general de la tabla periódica monumental (explicación de las cinco caras).
- Cubo con información de los ODS (cuáles son los que están presentes en la TPM).

Información de cada elemento

- **Cara 1:**
Se presenta el nombre del elemento con su símbolo, número atómico (número de protones en el núcleo), masa atómica (suma de la masa de protones y neutrones en el núcleo) y su configuración electrónica (distribución o arreglo de los electrones por capas alrededor del núcleo).
- **Cara 2:**
Se encuentran las principales propiedades periódicas, físicas y químicas de cada uno de los elementos. Entre las propiedades físicas periódicas más importantes están la densidad, las temperaturas de fusión y ebullición y datos como la electronegatividad y la reactividad química que ayudan a predecir qué tipo de compuestos son.
- **Cara 3:**
La interesante historia de por qué se llama así cada elemento, cómo fue descubierto (o sintetizado), en qué país y por qué personajes o circunstancias, además de un aspecto cultural indispensable para acercarse al lado humano de la fantástica construcción, a lo largo de la historia, de lo que actualmente es la Tabla periódica.
- **Cara 4:**
En este lado del cubo se encuentran las múltiples aplicaciones que puede tener un elemento tanto en la vida cotidiana como en la industria química, en las artes, etc., y su vinculación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, demostrando así que cada elemento tiene un papel indispensable en la construcción de sociedades más equitativas alrededor de grandes temas como la salud, la alimentación, la energía, agua limpia para todos, etcétera.
- **Cara 5:**
Finalmente, aquí se pueden conocer datos relevantes sobre la abundancia de cada elemento en la Tierra, el océano y en el cuerpo humano, así como el impacto que los elementos químicos han tenido y tienen actualmente en áreas particularmente sensibles para los seres vivos: el medio ambiente y la salud.

Figura 1: Cubo de información de la exposición del proyecto de la TPM y la Agenda 2030 de la ONU.

Una vez que se ha ensayado con los recursos visuales para iniciar la visita, todos los que estén leyendo esta guía estarán listos para ejercer de facilitadores y recibir a su público, ya sea general o escolar y con ello, convertirse en divulgadores de la ciencia en general y de la química en particular.

¡Muchas gracias y mucho éxito!

II.- Recorrido para el público general: los cuatro momentos clave

Cuando los visitantes son personas de diferentes edades e intereses se requiere hacer un recorrido para público general. No se puede contar con que tengan información actualizada sobre los elementos químicos y su organización en la Tabla, aunque la mayoría de la gente la conoce como una herramienta de consulta de datos que utilizó en la secundaria o el bachillerato, en caso de haberlos cursado. Por ello, el punto de partida, después de una breve bienvenida y explicación de lo que es la TPM es reconocer qué saben las personas asistentes sobre los materiales que nos rodean y de qué están formados, desde esta idea se va ubicando y poniendo a todos los asistentes en un mismo contexto. Toda visita se organiza fácilmente en cuatro momentos clave:

1. La bienvenida e introducción al tema.
2. La explicación con detalle de lo que se puede saber sobre los elementos (grupos, periodos, etc.) y los ODS a partir de la TPM.
3. El recorrido por la tabla (visita libre o guiada).
4. Cierre y despedida. A continuación, se dan algunas recomendaciones para armar una visita general con garantías de éxito.

A continuación se presenta un ejemplo de recorrido donde se identifican las acciones ideales para cada uno de los momentos de la visita.

1.-Introducción

Tiempo aproximado: 10-15 minutos.

- Iniciar el recorrido dando una cordial bienvenida a los asistentes y presentando la exposición como un proyecto elaborado por expertos de la Sociedad Química de México y auspiciado por la SECTEI (Secretaría de Ciencia y Tecnología de la CDMX). Apoyarse en el cubo de información.
- Explicar que el proyecto vincula las ciencias químicas y a su principal herramienta (la Tabla periódica) con los retos que enfrentamos como sociedad y como megaciudad a través de la relación que hay entre el uso de la Tabla y el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, mismos que se pueden observar en el cubo de información.
- Finalmente, comentar que el recorrido que van a realizar se basa en la información contenida en cada uno de los cubos que conforma la exposición, es decir, en cada uno de los elementos de la Tabla. Explicar qué información puede encontrarse en cada cara del cubo, utilizando para ello el tercer cubo.
- Enfatizar que la TPM tiene además un gran valor porque adicionalmente a los datos de uso científico y tecnológico, dedica una cara a la historia de los elementos, otra a sus aplicaciones y otra a sus repercusiones en el ambiente y en la salud.

2.-Explicación: un cubo como ejemplo

Tiempo aproximado: 10 minutos

A tomar en cuenta: si el público no participa mucho, comentar que para cada participante y dependiendo de sus intereses, la información que va a consultar en la Tabla puede ser distinta. A la mayoría le puede parecer relevante las aplicaciones de un elemento determinado, o su impacto en la salud o el medio ambiente. Habrá algunos visitantes que preferan recorrer aleatoriamente toda la Tabla, otros que se interesen por un periodo o por regiones de la misma, etc.

- Iniciar una breve interacción con el público haciendo preguntas sobre los materiales de los que están hechas las cosas que nos rodean y sondear si reconocen elementos y compuestos en ellos. La pregunta ¿de qué está hecho todo lo que nos rodea? es clave para lograr buenas respuestas. Con tres o cuatro elementos o compuestos que salgan a colación por parte de los asistentes es suficiente para hablar de los materiales y de las unidades básicas que los constituyen (átomos).
- En este momento, y si se ha observado que hay confusión, es importante aclarar que los elementos están formados por un solo tipo de átomos y los compuestos (la mayoría de los materiales de lo que está hecho todo) implican la unión de dos o más átomos formando moléculas como la de agua o redes, como sucede en el cloruro de sodio (sal).

A tomar en cuenta: se pueden utilizar modelos de átomos, moléculas y estructuras cristalinas que se elaboren para apoyar la presentación.

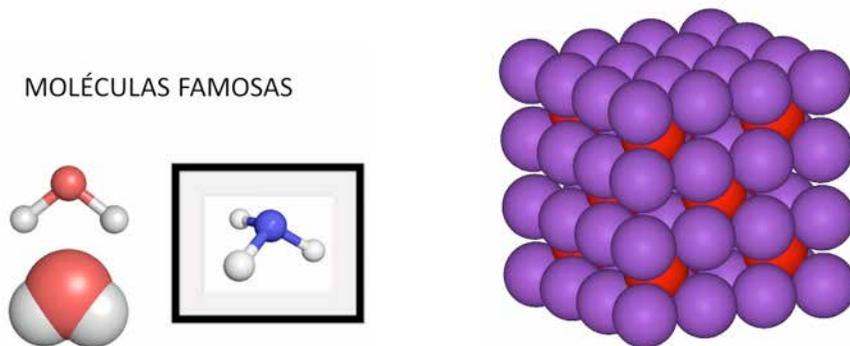


Figura 2: Modelos de esferas que se pueden tener a la mano para ayudar a comprender la diferencia entre elementos, compuestos, átomos, moléculas y redes.

Se sugiere continuar tomando como ejemplo un elemento y preguntar al público si lo conoce. Se recomienda usar un elemento no muy común, como antimonio, bromo o rutenio. Luego, lanzar la pregunta ¿qué podría interesar sobre estos elementos? Para ello, añadir preguntas sencillas que normalmente interesan a las personas: ¿será un metal? ¿será un gas muy reactivo? ¿creen que sea benéfico para la salud? y a continuación mostrar que estas respuestas se pueden encontrar en los cubos de la TPM.

A tomar en cuenta: aquí se sugiere usar el cubo del que se está hablando como apoyo visual. Así mismo, explicar que ese elemento forma parte de un grupo o familia, donde el resto de los miembros tienen propiedades en común, particularmente la forma en que reaccionan. Si el público tiene mayor interés y entre las participaciones hay inquietud acerca de qué es un grupo y un periodo (por ejemplo), o sobre de qué están hechos los átomos, hay que aprovechar el momento para explicar brevemente con mayor grado de profundidad, pero no es indispensable en este tipo de visita general.

3.- ¿Visita libre o guiada?, hallazgos contra información dirigida

Tiempo aproximado: 30 minutos

A continuación, y dependiendo del grado de conocimiento de los asistentes y de la respuesta emotiva del público, se puede optar por:

- Permitir que se realice la visita libre por la Tabla (20 minutos máximo). Orientarlos sobre el tipo de información que pueden consultar en cada cubo y en la tabla como un todo, destacando que, en este caso, la forma en que el elemento puede ayudar a los ODS y a la Agenda 2030 es muy importante. Luego solicitar a los asistentes que regresen al punto de reunión para comentar sus hallazgos. Esta modalidad no se recomienda para asistentes menores de 15 años.
- Asumir un papel de guía y hacer un recorrido seleccionado por el facilitador. En este caso hay que tener un discurso muy bien preparado sobre los elementos y ODS elegidos (puede ser un grupo, un periodo, los elementos de la vida (CHONPS), los nuevos elementos sintéticos, las aplicaciones en tecnología de los lantanoides, etc.

4.-Retroalimentación y cierre de la visita

Tiempo aproximado: 10 minutos

La dinámica del cierre depende del tipo de visita que se realizó:

- **Visita libre:** al regreso, después de 30 minutos, permitir a los asistentes que de manera libre compartan con todos qué fue lo que más les llamó la atención, qué aprendieron que no supieran y qué duda (solo una) tendrían que se pudiera resolver entre todos o por parte del facilitador. El riesgo de esta forma de visita es que algunos no regresen a la retroalimentación y al cierre, pero eso es normal y previsible.
- **Visita guiada:** al término de los 30 minutos de recorrido y de acuerdo a la interacción que se tuvo con los asistentes en el mismo, hacer un cierre en el que se resume lo más importante que se atendió durante la visita, en este caso se pueden retomar las preguntas de partida de esta guía. Si el público resulta apático o muy tímido para participar, hacerlo reflexionar sobre que lo más importante de esta visita fue saber qué son los elementos químicos, qué es la Tabla y para qué sirve, qué son los ODS y cómo la química puede ayudar a resolver los retos para las próximas generaciones.

Finalmente, agradecer y animar a las personas a darse entre todas un aplauso por su entusiasta participación e invitarlas a conocer más sobre el mundo de la Tabla periódica y de la química consultando la página de la Sociedad Química de México y del proyecto: www.sqm.org

III.- Recorridos escolares: de primaria a educación superior

Un recorrido escolar comparte los mismos momentos de una visita para público general, los cuales se revisaron en el apartado anterior. En este caso puede suceder que la visita esté programada (y por tanto se conozca edad, grado y temáticas vinculadas de acuerdo con el currículo de ciencias y el avance programático de la asignatura para cada grupo) o bien, que sea una visita espontánea en cuyo caso convendrá ponerse de acuerdo con los docentes acompañantes, unos minutos antes de iniciar la actividad, sobre lo que esperan de la misma y el tipo de información que más les interesa.

Independientemente del grado escolar del grupo, siempre hay que partir de las mismas bases temáticas ya planteadas en los capítulos anteriores y, a medida que los conocimientos de ciencia y las habilidades de razonamiento abstracto y comunicación de los estudiantes aumenten, se podrá incrementar la cantidad de información y su análisis a lo largo de los recorridos de los diferentes públicos. Aquí, la experiencia y la práctica del facilitador, así como su capacidad de adaptación son claves para que la visita sea atractiva y significativa para niños, adolescentes y jóvenes visitantes, así como para los adultos que los acompañen.

A continuación, se presenta un ejemplo del tipo de temática y de preguntas generadoras y vinculantes que pueden hacerse de acuerdo a los cuatro niveles educativos en los que la TPM y los ODS pueden ayudar a comprender la trascendencia de la ciencia química y de su relación con el desarrollo humano sostenible.

Recorrido para niños de primaria

Antecedentes temáticos

A tomar en cuenta: para todo facilitador es importante conocer cuáles son las principales temáticas de ciencias naturales de las que puede echar mano para coadyuvar en el desarrollo del conocimiento de la química en estos primeros años escolares. Esta información puede consultarse a través de los aprendizajes esperados que aparecen en los cinco ejes de ciencias naturales en la página oficial del currículo de la SEP: <https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx>

Temática elegida: tomando en cuenta los ejes y los contenidos de ciencias de tercero y cuarto grado de primaria, la temática elegida será la de los materiales, sus propiedades y sus usos, principalmente los metales. Se sugiere utilizar el mismo modelo de los cuatro momentos de la visita, desde la bienvenida hasta el cierre. Tiempo aproximado total de la visita: 40-50 minutos, acordar antes con los docentes acompañantes.

1.-Introducción

Tiempo aproximado: 10-15 minutos.

Iniciar el recorrido haciendo preguntas a los niños sobre los materiales de los que están hechas las cosas que utilizan cotidianamente en su casa. Sondear si reconocen algunos materiales metálicos, ya sea mezclas (aleaciones) o elementos como cobre y aluminio. La pregunta ¿qué cosas en su casa están hechas de metal? es clave para lograr buenas respuestas. Con tres o cuatro metales que salgan a colación por parte de los asistentes es suficiente para hablar de los elementos metálicos y de las unidades básicas (átomos) que los constituyen. Concentrarse a continuación en la región de la Tabla periódica donde se encuentran los metales más conocidos (Bloque D o metales de transición). A continuación, relacionar la importancia de los metales con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, proceder de manera equivalente, indagando qué saben los niños sobre ellos y partir de cualquier respuesta vinculada (directa o indirectamente) para explicar qué son y cuál es su relación con la Tabla periódica en esta exposición.

A tomar en cuenta: si hay tiempo antes o después de la visita a la Tabla, organizar una partida del juego “Aquí en mi casa”, que puede servir para identificar o reforzar conocimiento sobre los metales en los materiales de los objetos que utilizamos cotidianamente. Otro producto del proyecto que puede ayudar a desarrollar una visita más informada es destacar que en todos los elementos están presentes los ODS, de acuerdo al tipo de aplicación o repercusión en la sostenibilidad de las sociedades humanas en el presente y futuro.

Enfatizar que en esta TPM hay un tesoro de información que habla de muchas cosas sobre los metales: su símbolo, sus propiedades, su capacidad de formar compuestos (reaccionar), su historia, sus aplicaciones y su relación con el medio ambiente y la salud. Utilizar los cubos para esta parte.

2.-Explicación: un cubo como ejemplo

Tiempo aproximado: 10 minutos

A tomar en cuenta: si los niños no participan mucho, animarlos mencionando que no sabían muchas cosas de los elementos antes de conocer esta exposición y que en los cubos hay información que se comprende muy bien a través de las ilustraciones y los textos. Enfatizar que se recomienda explorar la cara 4 (aplicaciones) y 5 (repercusiones para la salud) ya que les servirá mucho para sus clases de ciencias naturales.

Tiempo aproximado: 5 minutos

- Iniciar una breve interacción con los niños haciendo preguntas sobre los metales. ¿En qué objetos de la casa o de nuestro entorno hay metales? ¿Por qué creen que las ollas y sartenes se hacen de metal? ¿qué metales son más bellos? ¿Por qué las monedas se hacen de metal y desde cuándo?, etc. Identificar las propiedades de los metales es uno de los puntos clave para lograr buenas respuestas. Con tres o cuatro propiedades y usos que salgan a colación por parte de los niños es suficiente para proceder a invitarlos a conocer más sobre estos materiales.
- A tomar en cuenta: tener a la mano algunos objetos metálicos sencillos (cubiertos, juguetes, cables, herramientas, utensilios de cocina, etc. Y mostrarlos mientras se da la explicación.
- En este momento, y si se ha observado que los niños han mencionado muy pocos metales o que han hablado de aleaciones, es importante aclarar que hay materiales metálicos puros (como el aluminio de las ventanas o el cobre de los cables) y que hay otros que son mezclas, llamadas aleaciones. Si hay buena respuesta del grupo dar como ejemplo el oro y la plata de los anillos o de latón y bronce. Explicar que los metales se han utilizado desde la antigüedad por sus valiosas propiedades como el brillo, la dureza y maleabilidad. Sin entrar en detalles de su estructura, comentar también que en general conducen muy bien la electricidad y el calor. Y que hay muchos más metales de los que pensamos.
- Comentar entonces que empieza el ¡rally de metales! ¿Todos listos?

3.-Visita guiada: los metales conocidos vs nuevos metales

Tiempo aproximado: 20 minutos

- Ya reunido el grupo, en compañía de sus profesoras y profesores, llevarlo a la región de la Tabla que consiste en elementos metálicos. Recordarle que de los 118 elementos que están presentes, más de 90 son metales. Hacer el recorrido desde el grupo 1 hasta el grupo 12, ubicarse en aquellos cubos que resultan más conocidos o útiles. Se sugiere detenerse en el litio y el sodio del grupo 1; calcio y magnesio del grupo 2; así como en todos los metales de transición del tercer periodo; oro, plata y finalmente mercurio, un metal líquido y muy tóxico.
- Invitar a que por otro espacio de tiempo y en orden, los alumnos exploren otros cubos y que busquen individualmente un metal del que nunca habían oído hablar antes y se fijen en algo interesante sobre el mismo. Si tienen donde anotar, sugerir que escriban el nombre, el símbolo y alguna característica del elemento metálico que no conocían, así como con qué elemento de los que si conocían está relacionado (mismo grupo o periodo).
- Al concluir el rally, pedir que se vuelvan a reunir todos para cerrar la visita.

4.-Retroalimentación y cierre de la visita

Tiempo aproximado: 10 minutos

Al regreso, permitir a los niños que libremente compartan con el grupo qué fue lo que más les llamó la atención, qué aprendieron que no supieran y qué duda (solo una) tienen que se pueda resolver entre todos o por parte del facilitador. Si el grupo no participa mucho, se sugiere hacer preguntas específicas como ¿qué elemento metálico conociste hoy? ¿para qué se usa? ¿de qué elemento ya habías oído antes? Es importante

motivar tanto a niñas como a niños para que participen. Después, se recomienda explicar que a los elementos hay que cuidarlos y que no se deben desperdiciar materias primas, ya que se necesitan ahora y en el futuro, cuando ellos sean grandes y se alcancen los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Finalmente, hay que agradecer y animar a los visitantes a darse un aplauso por su entusiasta participación e invitarlos a conocer más sobre el mundo de la Tabla periódica y de la química, a través de los otros productos de este proyecto: los juegos, las tarjetas de actividades y el manual de experimentos para profesores. También se sugiere recordarles que pueden consultar la página de la SQM: www.sqm.org

Recorrido para chicas y chicos de secundaria

Antecedentes temáticos

A tomar en cuenta: estar preparados para la visita de grupos de secundaria es importante, así como se comentó en el recorrido para primaria. La información sobre los temas vinculados a la química que hay en este momento de la educación básica puede consultarse a través de los aprendizajes esperados que aparecen en el programa de las asignaturas científicas: biología en primero, física en segundo grado y química en tercer grado, donde ya pueden abordarse temáticas más complejas y con más información. Además de que la Tabla periódica y la educación ambiental ya forman parte de su entorno de aprendizaje de manera formal. También se puede consultar la página oficial del currículo de la SEP en:

<https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx>

Temática elegida: La Tabla periódica y su importancia para el desarrollo sostenible

Tiempo aproximado total de la visita: 50-60 minutos, acordar antes con los docentes acompañantes.

1.-Introducción

Tiempo aproximado: 10-15 minutos.

Iniciar el recorrido haciendo preguntas a los visitantes sobre lo que conocen de la Tabla periódica, posiblemente si cursan primero o segundo grado, o si están en los primeros meses de clases de tercero, cuenten con muy poca información. Independientemente de si ya la conocen o la van a conocer después en la secundaria, los chicos de este nivel están ya mucho más listos para comprender conceptos relacionados con la organización de los elementos de acuerdo a su reactividad y propiedades. Sondar si distinguen elementos metálicos de no metálicos, algunas propiedades físicas y químicas y si identifican elementos en distintos estados de agregación a temperatura ambiente. Lanzar la pregunta ¿alguien sabe qué es la Tabla periódica de los elementos? Se puede también preguntar si saben qué es un elemento químico y si conocen algunos. Con tres o cuatro respuestas sobre la Tabla o los elementos es suficiente para hablar de la TPM como un todo, concentrándose, según su grado de conocimiento, en los temas sobre la Tabla y el desarrollo sostenible que pueden consultar al principio de esta guía. Recordarles que en esta TPM hay mucha información sobre los elementos: su símbolo, sus propiedades, su capacidad de formar compuestos (reaccionar), la región de la Tabla en la que se encuentra, su historia, sus aplicaciones y su relación con el medio ambiente y la salud. Utilizar el cubo para esta parte.

2.-Explicación: un cubo como ejemplo

Tiempo aproximado: 10 minutos

A tomar en cuenta: si los visitantes no participan mucho, animarlos mostrando que no sabían muchas cosas de los elementos antes de conocer esta exposición y que en los cubos hay información que se comprende muy bien a través de las ilustraciones y los textos.

Tiempo aproximado: 5 minutos

- Empezar una breve interacción haciendo preguntas sobre la Tabla como ¿Todos los elementos que conocemos se encuentran en la naturaleza? ¿Los materiales que nos rodean están hechos de otras sustancias que no son elementos? ¿Cuáles, por ejemplo? ¿Alguien puede dar el nombre de un compuesto muy conocido que se pueda comer?, ¿alguien sabe si hay elementos más abundantes que otros en la superficie terrestre? etc. Identificar las propiedades y la abundancia relativa de los elementos es clave para dar mayor sentido a la visita dependiendo de su temática. Con tres o cuatro respuestas por parte de los alumnos es suficiente para invitarlos a conocer más sobre estos materiales. Ahora hay que tomar un cubo de un elemento y explicar rápidamente dónde encontrarán información sobre sus aplicaciones, propiedades y su abundancia relativa. Los tres datos servirán para que se den cuenta de su importancia y de lo mucho que debe cuidarse a través de una buena separación de residuos.

A tomar en cuenta: tener a la mano sustancias elementales, compuestos y mezclas para la explicación como algún objeto de plata o cobre, un salero, azúcar, alcohol, acetona, bicarbonato de sodio, etc. También cosas que sean mezclas: harina para pastel, piedras como granito, etc.

- Comentar entonces que empieza el ¡rally de los elementos que debemos cuidar para el futuro sostenible! ¿Todos listos?

3.-Visita guiada: La importancia de la información de la Tabla y el cuidado de los elementos**Tiempo aproximado: 20 minutos**

- Ya con el grupo reunido y en compañía de sus maestras y maestros, hablar sobre qué son los grupos y los periodos y qué diferencias hay entre dos elementos vecinos en las columnas y las filas respectivamente. Destacar que de los 118 elementos que están presentes, más de 90 son metales y, sin embargo, toda la vida del planeta se basa en las propiedades de un elemento no metálico: el carbono. Señalar que hay grandes cantidades de elementos como el hierro o el aluminio y otros de los que apenas se encuentran una o dos minas en todo el planeta. Después, se sugiere hacer el recorrido por un grupo de la Tabla y por el tercer periodo, deteniéndose en los elementos que resultan más conocidos o útiles de cada grupo. También hay que ayudar a los alumnos a localizar la información que necesitan para decidir qué elementos deben cuidarse más.
- Permitir que por otro espacio de tiempo y en orden, los alumnos exploren otros grupos y periodos y que encuentren individualmente un elemento en peligro de agotarse pronto, con propiedades y aplicaciones relevantes para el desarrollo de los países. Si tienen un cuaderno que anoten el nombre, el símbolo y alguna característica del elemento seleccionado.
- Al concluir su rally, reunir a los visitantes para cerrar la visita.

4.-Retroalimentación y cierre de la visita**Tiempo aproximado: 10 minutos**

Al regreso, pedir a los alumnos que libremente compartan qué fue lo que más les llamó la atención, qué aprendieron que no supieran y qué duda (solo una) tienen que se pueda resolver entre todos o por parte del facilitador. Si el grupo no participa mucho, se sugiere hacer preguntas específicas como ¿qué elemento es muy importante y hay poco en la superficie del planeta? ¿para qué se usa? ¿se puede reciclar si se separa bien en casa y en las industrias?, etc. Es importante motivar tanto a niñas como a niños para que participen. Después, se recomienda explicar que hay grupos donde los elementos que los forman son muy escasos, y que hay elementos que no existen en la naturaleza, como son todos los transuránidos, sintetizados por los seres humanos. También se recomienda explicar que a los elementos hay que cuidarlos y que no se deben desperdiciar materias primas, ya que se necesitan ahora y en el futuro, cuando ellos sean grandes y se alcancen los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Finalmente, hay que agradecer y animar a los visitantes a darse un aplauso por su entusiasta participación e invitarlos a conocer más sobre el mundo de la Tabla periódica y de la química, a través de los otros productos

de este proyecto: los juegos, las tarjetas de actividades y el manual de experimentos para profesores. También se sugiere recordarles que pueden consultar la página de la SQM: www.sqm.org

Recorrido para estudiantes de educación media superior que ya hayan tenido clases de química y para universitarios

Antecedentes temáticos

Todos los estudiantes deberán conocer los términos de metales, no metales, metaloides, electronegatividad, radio atómico y iónico y configuración electrónica que se aprenden en las primeras semanas de los cursos de química.

Temática elegida: Los elementos y sus compuestos utilizados en las partes de un teléfono celular o móvil. Tiempo aproximado total de la visita: 50-60 minutos, acordar antes con los docentes acompañantes. Para los jóvenes se sugiere combinar un recorrido guiado de unos 40 minutos y un recorrido libre de unos 10 minutos, para regresar a los cubos que más les hayan interesado o de los que quieran leer su información con más detalle.

1.-Introducción

Tiempo aproximado: 10 minutos.

Iniciar el recorrido haciendo preguntas a los jóvenes sobre la Tabla periódica, la forma en que crecen o decrecen los radios, los elementos menos y más electronegativos y su relación con el tipo de enlace que forman al combinarse, así como las características principales de los metales, no metales y metaloides. También sondear si tienen algún conocimiento de los grupos de lantanoides y actinoides y comentar sobre las propiedades de estos, el gran uso que han tenido en las dos últimas décadas en desarrollos tecnológicos y comentar algunas características de cada uno de dichos grupos.

2.-La información accesible al público general: de lo particular a lo general

Tiempo aproximado: 10 minutos

Destacar la valiosa y gran cantidad de información de la TPM que permite comprender la constitución de un sinnúmero de compuestos y el diseño de materiales con propiedades específicas. Enfatizar sobre la información que se puede encontrar en cada cubo.

Hacer notar con la cara del cubo que contiene los Objetivos del Desarrollo Sostenible que el uso de los diferentes elementos contribuye al cumplimiento de los mismos y señalar (o hacer que los busquen) aquellos ejemplos de contribuciones en la producción agrícola, la salud, el saneamiento del agua y la tecnología moderna, entre otros.

3.- Se sugiere comenzar con una visita guiada sobre los elementos presentes en un teléfono móvil

Tiempo aproximado: 15-20 minutos

Señalar las partes de un teléfono celular: cubierta, batería, pantalla y componentes electrónicos. Animarlos a participar.

Asumir el papel de guía comenzando con las propiedades que deben tener los elementos utilizados en:

La cubierta: H, C, Mg, Ti, Cr, Br, F y Cl. Los elementos y compuestos utilizados deben ser económicos, ligeros y no producir interferencias electromagnéticas. Los plásticos conformados por H y C han sido muy utilizados, sin embargo, las aleaciones de Mg (que es un elemento más ecológico o sostenible que los plásticos) con otros metales, son las más utilizadas en la actualidad. Las aleaciones tienen usualmente elementos anticorrosivos y brillantes como el Ti y el Cr, y aunque el Mg inhibe la interferencia electromagnética, también se alea con el Ni para evitar dicha interferencia. Finalmente, en caso de que hubiera un corto circuito, se utilizan en la cubierta retardantes de fuego como son los plásticos bromados, aunque también se han usado clorados y fluorados

que, al quemarse, aíslan el fuego.

La batería: Li, O, Co, Mn y Al. Casi todos los teléfonos actuales usan las baterías llamadas de ion litio, con ánodos de óxidos de Li y Co o Mn y cátodos de grafito. La cubierta de las baterías es usualmente de Al. Últimamente se han comenzado a utilizar en las baterías pequeñas cantidades de elementos lantanoides como el Tb (terbio), Dy (disproσιο), Er (erbio), Tm (tulio), Yb (iterbio) y Lu (lutecio).

Pantallas táctiles: Al, Si, O, Pr, Eu y Gd. Las pantallas de los celulares suelen ser de vidrio compuesto por una mezcla de Al_2O_3 y SiO_2 . La superficie es una mezcla de óxido de In y Sn (conocida como ITO, por las siglas en inglés de los elementos In, Sn y O) que es transparente y conduce la electricidad permitiendo que la pantalla funcione con el tacto. Por otra parte, los maravillosos colores que se observan en las pantallas de los celulares se deben a la adición de pequeñas cantidades de elementos lantanoides, como son el Pr (praseodimio), Eu (europio) y Gd (gadolinio), los cuales también se utilizan en la tecnología de láseres.

Componentes electrónicos: Si, O, C, Ag, Au, Sn, Pb, Ta, Ni, Pr, Nd, Gd, Fe, B, Tb y Dy. El chip del teléfono está constituido por Si puro, que es un metaloide con capacidades semiconductoras; el SiO_2 o silicatos de sodio y potasio se usan en zonas sin conductividad; otros elementos como el Cu, Ag y Au se utilizan para conducir la electricidad; el Au es el metal que mejor conecta al Si en los microchips. El Cu se utiliza para las conexiones eléctricas. Las soldaduras utilizadas entre los componentes son usualmente de Sn y Pb, aunque últimamente con el fin de eliminar los componentes de plomo, se utilizan soldaduras de Sn, Cu y Ag. Los capacitores están contruidos con Ta y Ni; se encuentran en los micrófonos y en algunas conexiones. Los elementos lantanoides como el Pr (praseodimio), neodimio (Nd) y gadolinio (Gd) aleados con Fe y B han permitido tener supermagnetos diminutos en el micrófono y en el altavoz. La unidad de vibración se compone usualmente también de lantanoides como el Nd (neodimio), Tb (terbio) y Dy (disproσιο).

Hay que destacar que los elementos de los teléfonos celulares también se utilizan en televisiones, equipos médicos, etc. y que contribuyen a cumplir la Agenda 2030. Enfatizar que, aunque todos los elementos usados contribuyen al desarrollo tecnológico, la minería de muchos elementos implica la contaminación del aire, agua y suelo, además de que muchos de ellos son tóxicos, por lo que la producción, consumo y desecho de los teléfonos celulares debe ser sostenible. También puede hablarse de la necesidad de reciclar los teléfonos por la cantidad de elementos raros y preciosos que contiene. Al final, se sugiere mencionar que un teléfono celular incluye elementos de casi todos los grupos, con excepción de los gases nobles y los actinoides.

Visita libre de 10 minutos para permitir que los estudiantes exploren los cubos que más les atraigan.

4.-Retroalimentación y cierre de la visita

Tiempo aproximado: 10 minutos

Preguntar a los estudiantes qué otras cosas interesantes observaron de la TPM.

Finalmente, hay que agradecer y animar a los visitantes a darse un aplauso por su entusiasta participación e invitarlos a conocer más sobre el mundo de la Tabla periódica y de la química, a través de los otros productos de este proyecto: los juegos, las tarjetas de actividades y el manual de experimentos para profesores. También se sugiere recordarles que pueden consultar la página de la SQM: www.sqm.org

ANEXO

Información relevante sobre la Tabla periódica y los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Parte I: Lo que los facilitadores y profesores deben conocer sobre la Tabla periódica y los Objetivos del Desarrollo Sostenible

La Tabla periódica

Un poco de historia

En 1789, el químico francés Antoine Lavoisier señaló que había dos tipos de sustancias: las compuestas (que, al calentarlas o pasarles electricidad, se descomponían en otras más simples) y las elementales (que ya no se podían descomponer). Además, Lavoisier propuso una lista de las 33 sustancias conocidas que él consideró que eran elementales, es decir, la primera lista de elementos de la historia.

En 1808, el inglés John Dalton –dentro de su teoría atómica– propuso que todos los átomos de un determinado elemento eran idénticos y que lo que distinguía a átomos de distintos elementos era su masa relativa, es decir, cuántas veces era mayor la masa de un elemento cualquiera respecto a la masa del elemento más ligero: el hidrógeno.

A partir de Dalton, las listas de elementos (conforme se iban descubriendo otros) se fueron elaborando en orden ascendente de sus masas relativas. Al elemento más ligero se le asignó el número uno; al siguiente más ligero, el dos; y así sucesivamente.

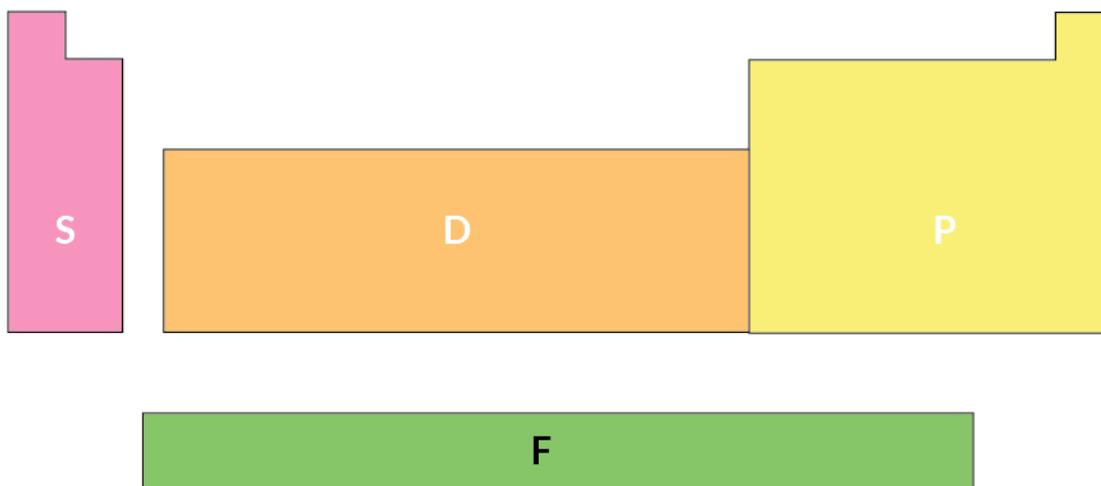
Pronto, los investigadores empezaron a notar que, cada cierto número de elementos, uno de los que se encontraban más adelante en la lista se parecía a alguno anterior. Por ejemplo, que el octavo elemento se pareciera al primero, el noveno al segundo, etcétera. Pero, realmente, no había ninguna regularidad. El periodo de repetición podía ser de ocho, de más de ocho, o de menos de ocho. Y, en algunas ocasiones, el periodo resultaba mucho mayor que de solo ocho lugares.

En 1869, al químico ruso Dmitri Mendeleiev se le ocurrió otra manera ordenar los elementos: en vez de un arreglo unidimensional (una lista), propuso un arreglo bidimensional (una tabla). Esto permitía conservar, más o menos, la secuencia en términos de la masa relativa y, al mismo tiempo, poder agrupar a los elementos con parecido químico. En la tabla de Mendeléiev –que incluía a los 64 elementos conocidos en ese momento–, no se cumplía de manera estricta el orden creciente de masa relativa. Es decir, para poder satisfacer la coincidencia de elementos parecidos, hubo que intercambiar de lugar a algunos elementos.

Más tarde, en 1913, el físico inglés Henry Moseley descubrió que el número de lista de los elementos en la tabla de Mendeleiev correspondía, tal cual, al número de protones en el núcleo de cada elemento. Y, por fin, se logró tener una plena regularidad: el orden de los elementos no es el de masa relativa sino el del número de protones.

La Tabla periódica actual

La actual Tabla periódica de los elementos químicos es esencialmente la propuesta por Mendeleiev solo que completada con los nuevos elementos descubiertos o creados desde entonces hasta ahora. Los elementos parecidos ocupan las columnas y los renglones son los periodos de repetición. Consiste en 118 casillas organizadas en cuatro Bloques: S, P, D y F. Cada casilla corresponde a un elemento. El número de casilla es directamente el número atómico, es decir, el número de protones del elemento correspondiente.



Las columnas en los Bloques S, P y D corresponden a grupos de elementos con propiedades químicas similares. Se numeran del 1 al 18 (sin tomar en cuenta al Bloque F). En el Bloque F hay otros dos grupos, en este caso en secuencia horizontal: los lantanoides y los actinoides. El Bloque F está entre los Bloques S y D pero por comodidad se acostumbra situarlo debajo de los otros tres Bloques.

Los siete periodos (renglones) son de distinto tamaño. El primero consiste en dos casillas; el segundo y el tercero son de ocho casillas; en los siguientes dos, 18 casillas; y los periodos 6 y 7, de 32 casillas.

A la luz de la mecánica cuántica, esta estructura de la Tabla periódica refleja cómo se distribuyen los electrones alrededor del núcleo. Lo hacen por capas: la primera es de dos electrones; la segunda y la tercera capas son de ocho electrones; las siguientes dos, de 18; y la sexta y séptima, de 32 electrones. Es decir, se acomodan en capas de 2, 8, 8, 18, 18, 32, 32 electrones, exactamente la misma distribución que las 2, 8, 8, 18, 18, 32, 32 casillas de los renglones de la Tabla periódica.

Configuración electrónica y reactividad química

La Tabla periódica es una representación gráfica de la reactividad de los elementos. Los elementos ubicados en alguno de los cuatro extremos de la Tabla suelen ser sumamente reactivos. Es decir, los elementos ubicados muy arriba o muy abajo son muy reactivos. Del mismo modo, los que se encuentran muy a la izquierda o muy a la derecha (excepto los gases nobles) también son muy reactivos. Por el contrario, los elementos que ocupan las casillas más centrales son muchísimo más estables.

El patrón de estabilidad son los gases nobles. Y es que son los únicos, en toda la Tabla periódica, cuyos átomos tienen completamente llena su última capa electrónica (la más externa). Esta característica les da una estabilidad extraordinaria y única. Por eso son los únicos que consisten en átomos sueltos en las condiciones imperantes en las inmediaciones de la superficie terrestre.

Todos los demás elementos son inestables y reaccionan espontáneamente para adquirir una distribución electrónica como la de los gases nobles. Para adquirir una configuración tipo gas noble, los demás elementos tienen tres maneras: perder electrones, compartir electrones o capturar electrones. Por eso, la mayoría de los elementos no existe en la naturaleza como sustancias elementales sino formando parte de sustancias compuestas. Algunos sí existen como sustancias elementales, pero formando partículas poliatómicas (moléculas) como el oxígeno (O_2), el fósforo (P_4), o el azufre (S_8); o formando redes ilimitadamente grandes como es el caso del grafito, del diamante y de todas las sustancias metálicas.

Tendencias periódicas: características de los elementos por Bloques S, P, D y F

A los átomos más grandes (los de los elementos que se encuentran abajo a la izquierda) es muy fácil quitarles electrones. Y, en cambio, los átomos más pequeños (los de arriba a la derecha) capturan electrones con una enorme facilidad.

El átomo más pequeño es el helio, mientras que el más grande es el cesio. Es decir, los átomos son mayores al descender en la Tabla periódica porque en cada salto o línea se tiene un nuevo nivel de energía. En cambio, el tamaño disminuye de izquierda a derecha porque, al ir entrando cada electrón en la misma capa, no alcanza a compensar el 100 % de la carga del protón que le corresponde, dando como resultado que la carga positiva que sienten los electrones sea cada vez mayor conforme nos movemos hacia la derecha.

O sea que, si nos movemos sobre la Tabla periódica de izquierda a derecha, vamos a ir pasando de elementos que tienden a perder electrones (los metales) a elementos que tienden a capturarlos (los no metales). Y la transición entre una y otra propiedad (perder o ganar electrones) ocurre, muy a la derecha, en el Bloque P, justo donde se encuentran elementos como el silicio, el germanio, el antimonio y el telurio. Estos elementos tienen propiedades intermedias entre las de los metales y las de los no metales. Y, por eso, se comportan como semiconductores y son los que se utilizan para la fabricación de chips y demás dispositivos propios de la industria electrónica.

A la izquierda y debajo de estos elementos se encuentran todos los metales. Arriba y a la derecha de esta zona de transición se ubican los no metales (únicamente 17). Los elementos de la vida son no metales. Ahí se encuentran el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el fósforo y el azufre que son los principales constituyentes de las sustancias de la vida: los carbohidratos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos.

En el Bloque D se hallan los metales típicos para la construcción, la conducción de la electricidad, la fabricación de máquinas y equipos metálicos y para la joyería: el hierro, el cobre, el oro y la plata, por ejemplo.

En la primera serie del Bloque F se ubican los maravillosos lantanoideos un grupo de elementos metálicos, todos muy parecidos entre sí, con unas propiedades ópticas y magnéticas extraordinarias. Los imanes más poderosos y los láseres más eficientes contienen algún lantanoide.

En el Bloque S se encuentran los metales más reactivos de la Tabla periódica; casi no tienen aplicaciones prácticas como sustancias elementales. Pero sus compuestos suelen ser muy útiles e importantes como los compuestos de sodio, potasio, magnesio y calcio.

Radiactividad y obtención de nuevos elementos

Los átomos tienen una parte positiva (los núcleos) y una parte negativa (los electrones). Adentro del núcleo, los protones y los neutrones se encuentran unidos mediante las fuerzas nucleares (que son siempre de atracción). Sin embargo, al mismo tiempo, están actuando las fuerzas eléctricas de repulsión entre los protones.

En los primeros 83 elementos no hay ningún problema porque sus núcleos son perfectamente estables: la atracción nuclear sobre protones y neutrones predomina sobre la repulsión eléctrica entre protones y, en consecuencia, todos se mantienen unidos. Pero, a partir del polonio (el elemento número 84) los núcleos ya no son estables. Con 84 protones o más, la repulsión eléctrica supera a la atracción nuclear y los núcleos dejan de ser estables, se desintegran. El bismuto es el último elemento con un núcleo estable. Y el polonio es el primer elemento radiactivo de la Tabla periódica.

A pesar de ser radiactivos, del polonio al uranio (que es el número 92), sus núcleos tardan tanto en decaer que se les puede encontrar en la naturaleza. Sin embargo, después del uranio, sus núcleos se desintegran tan rápidamente que ya no se les puede encontrar en la naturaleza. De hecho, los elementos del 93 hasta el 118, no los hemos descubierto, sino que nosotros, los *Homo sapiens*, los hemos creado mediante una serie de reacciones nucleares llevadas a cabo en sofisticados aceleradores de partículas como, por ejemplo, los conocidos ciclotrones.

La química y los Objetivos del Desarrollo Sostenible: también hay elementos en vías de extinción

Los seres vivos estamos constituidos por los elementos químicos que existen en la naturaleza, así como toda la materia que nos rodea. A lo largo de los siglos, los seres humanos hemos generado a partir de los elementos y sus compuestos, materiales, objetos y tecnologías que han proporcionado, a un planeta sobrepoblado, alimentación, habitación, salud, mayor calidad de vida, movilidad en aire, agua y tierra y sistemas de comunicación cada vez más avanzados.

Sin embargo, el desarrollo acelerado del último siglo, logrado a través de la sobreexplotación de los recursos naturales, ha ocasionado el desequilibrio de los ecosistemas y la contaminación en todos los medios, entre otros problemas. Por ello, la Organización de las Naciones Unidas y los líderes del mundo de los países asociados, formularon una Agenda para el 2030 con la finalidad de luchar contra la pobreza, hambre, injusticia y desigualdad y hacer frente al cambio climático, a través del cumplimiento de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Al observar los elementos de la Tabla periódica es posible ver que todos ellos, en menor o mayor grado contribuyen al cumplimiento de los ODS. Por ejemplo, para el cumplimiento de los objetivos de Hambre cero y de Vida de ecosistemas terrestres, compuestos de nitrógeno, de fósforo, de magnesio, de potasio y de azufre, entre otros, se utilizan en la formulación de fertilizantes; compuestos de cloro, de aluminio, de hierro y de oxígeno en forma de ozono, son indispensables para lograr el objetivo de Agua limpia y saneamiento; el objetivo de Energía asequible y no contaminante requiere de elementos como hidrógeno, litio, cadmio, níquel, para las baterías así como silicio, germanio y aluminio, entre muchos otros elementos para las celdas solares; para el objetivo de Industria, innovación e infraestructura, la mayoría de los elementos y sus compuestos aportan soluciones, y en particular los lantanoides se han convertido en la base de la tecnología electrónica.

Otro campo importante, que entre las múltiples propuestas e iniciativas de mejora que han surgido alrededor del mundo en cuanto al papel en el desarrollo sostenible, es el que originalmente fuera un movimiento y ahora todo un campo denominado Química verde. La Química verde ha resultado particularmente valiosa ya que impulsa desarrollos en el campo de esta ciencia coherentes con las necesarias medidas científicas y tecnológicas que se requieren para la transición a la sostenibilidad. La Química verde implica un cambio fundamental en la forma en que la ciencia plantea la producción y la síntesis de conocidas y nuevas sustancias: significa el diseño, desarrollo y aplicación de productos y procesos químicos para la reducción o eliminación del uso y generación de sustancias peligrosas para la salud humana, animal y vegetal, en términos prácticos, se trata de causar mucho menos impacto en el medio ambiente.

Por último, cabe destacar que los propios elementos químicos son recursos que se están agotando. La Tabla recuerda que hay menos de 100 elementos estables en nuestro planeta y un par de docenas de elementos radiactivos, de los cuales se derivan todos los demás materiales que se necesitan para una vida digna y confortable. Hay que asegurar que esos depósitos finitos no sean sobreexplotados para que no se dañen aún más los ecosistemas de donde se extraen.

Existe una variación muy grande en la abundancia total de los elementos presentes en la corteza terrestre y también una gran diversidad en la distribución de los mismos alrededor del planeta. Algunos se encuentran en la atmósfera, otros en los continentes y otros en los océanos. Otros más, apenas se pueden encontrar en ubicaciones muy pequeñas y en uno o dos lugares en el mundo.

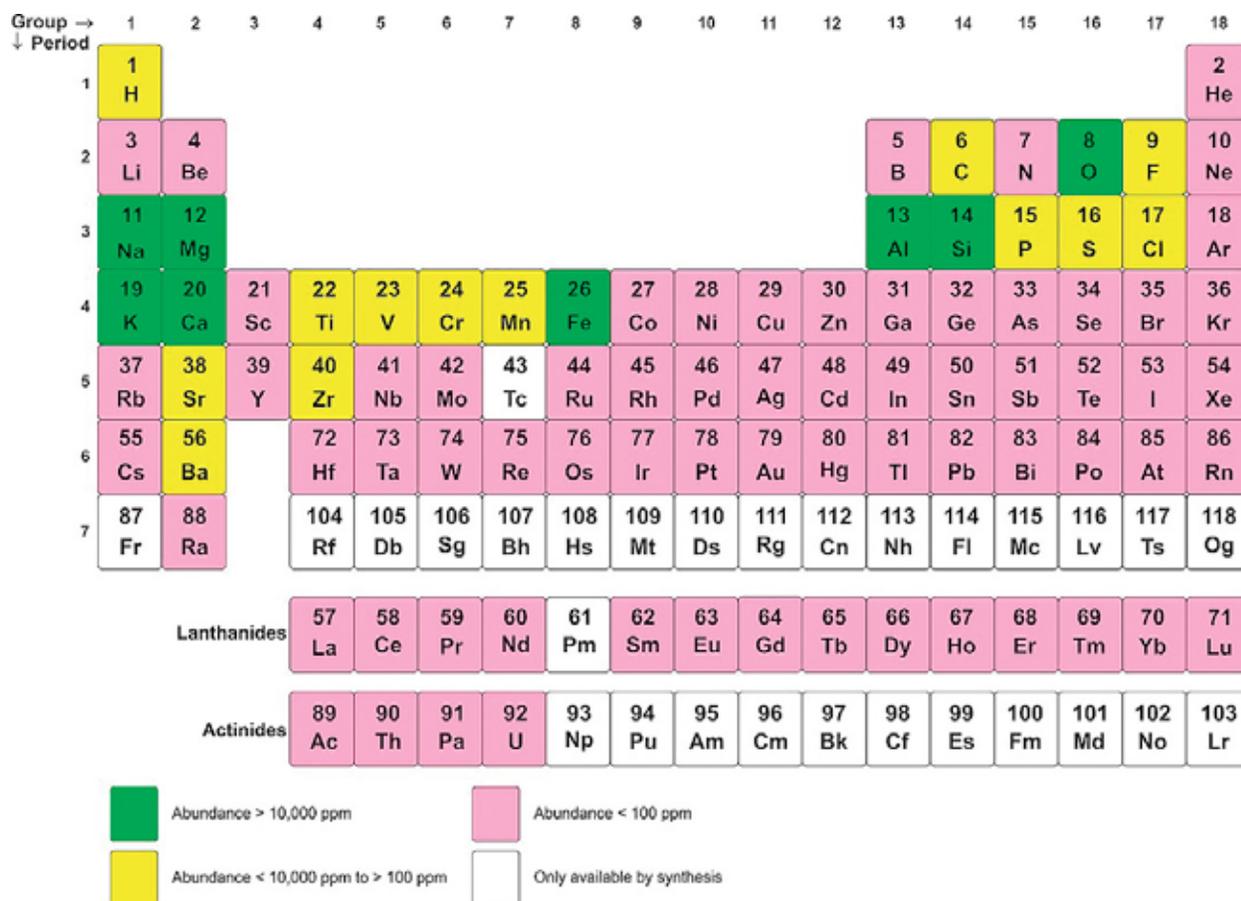


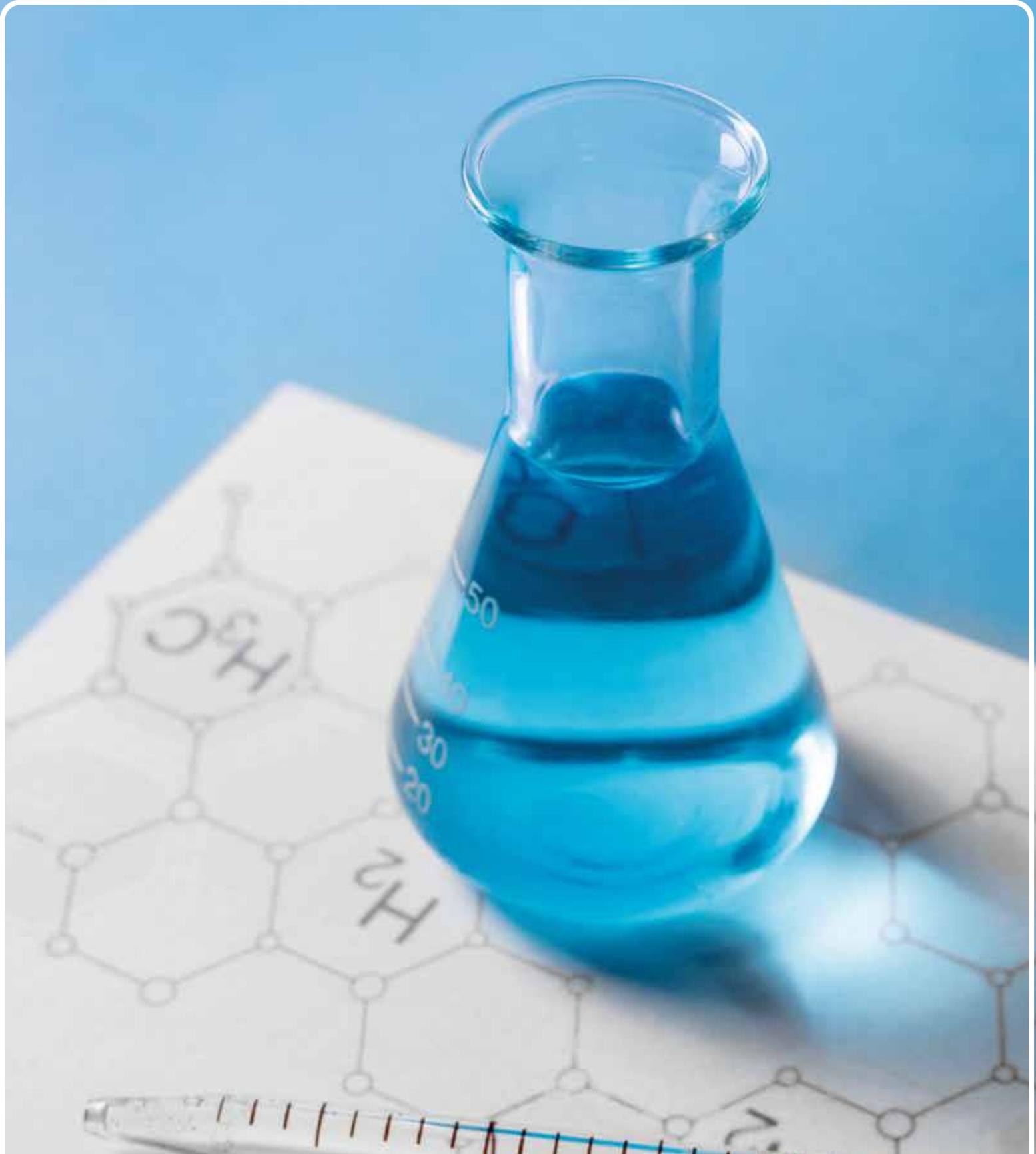
Figura 3: Abundancia relativa de los elementos disponibles en la superficie del planeta. ³

Sólo los elementos en color verde están garantizados en cuanto a su disponibilidad en las próximas décadas.

En la Figura 3 se ve qué tan amenazados están algunos elementos en cuanto a su pronta desaparición como materiales disponibles en la naturaleza. Algunos países ya han cobrado conciencia de esto y saben que cuidar su riqueza mineral es un componente estratégico para garantizar su seguridad ambiental y económica presente y futura.

Por ello, es tan importante que en los recorridos que se realicen con apoyo de esta guía, se haga evidente la importancia que la química tiene ante sí, una enorme responsabilidad frente al desarrollo sostenible y sus 17 objetivos: garantizar el cuidado de las poblaciones humanas, las de otras especies y la de los propios recursos no bióticos de los ecosistemas, todos esos materiales que en mayor o menor abundancia presentan la variabilidad de la materia como la conocemos, la riqueza que representan los elementos químicos para todos.

³ The Periodic Table of the Chemical Elements and Sustainable Development, Stephen A. Matlin, Goverdhan Mehta, Henning Hopf, and Alain Krief. Eur. J. Inorg. Chem. 2019, 4170–4173.



El desafío del desarrollo sostenible
y cómo la química ayuda a resolverlo
CIENCIA PARA LA VIDA COTIDIANA



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI