

*Capítulo V***LA QUÍMICA SE EXTIENDE AMPLIAMENTE...**

Contenido:

[El diamante una vez más](#)

[Moléculas interminables](#)

[El corazón de diamante y la piel de rinoceronte](#)

[La unión de carbono y de silicio](#)

[Cribas maravillosas](#)

[Pinza química](#)

[La química vestida de bata blanca](#)

[Un milagro nacido del moho](#)

[Los microelementos, vitaminas de las plantas](#)

[¡Qué comen las plantas y qué tiene que ver con ello la química!](#)

[Una pequeña analogía o cómo los químicos alimentaron las plantas con potasio](#)

["Catástrofe del nitrógeno"](#)

[¡Exento de vida! No, de ningún modo](#)

[¿Para qué se necesita el fósforo?](#)

[Guerra química](#)

[Ayudantes del agricultor](#)

[Los fantasmas sirven al hombre](#)

[Otra vez el sol](#)

[¡De qué se compone el sol!](#)

[Dos mecanismos](#)

[¡Es que Hans Bethe tenía razón!](#)

[¡Por qué, en fin de cuentas, brilla el sol!](#)

[La cosmoquímica trabajando](#)

[¡Qué cuentan los meteoritos!](#)

[Química de la luna](#)

[Unas palabras para justificarnos](#)

\* \* \*

**El diamante una vez más**

El diamante, crudo, no labrado es el campeón entre todos los minerales, materiales, etc., etc., por su dureza. La técnica moderna, en caso de no disponer de diamantes, pasaría un mal rato.

El diamante labrado y tallado se transforma en brillante y no tiene igual entre las piedras preciosas. Los joyeros aprecian sobre todo los diamantes azules. En la naturaleza son muy raros y por eso se paga por ellos sumas fantásticas.

Pero dejemos en paz estos adornos de brillantes. Que haya más diamantes ordinarios, para que no sea necesario temblar por cada cristal diminuto.

Lamentablemente, en la Tierra existen muy pocos yacimientos de diamantes, y menos aún ricos.



Figura 48

En el Sur de Africa se encuentran unas minas muy ricas. Estas dan hasta ahora (sin contar con la Unión Soviética) cerca del 90% de la producción mundial de diamantes. En la Unión Soviética hace unos quince años fueron descubiertas riquísimas tierras diamantíferas en Yakutia, en las que se realiza ahora la extracción de diamantes a escala industrial.

Para la formación de diamantes naturales se necesitaban condiciones extraordinarias.

Temperaturas y presiones gigantescas. Los diamantes se engendraron en los estratos más profundos de la Tierra. En algunos lugares la masa fundida diamantífera se abría paso hacia la superficie para después enfriarse allí, pero esto sucedía muy raras veces.

Acaso ¿es imposible pasar sin los servicios de la naturaleza? ¿Puede el propio hombre crear diamantes?

La historia de la ciencia registró varias decenas de intentos de obtener diamantes artificiales. (A propósito, entre los primeros "buscadores de suerte" figuró Henri Moissan, que separó el flúor libre.) No obstante, todos estos intentos, sin ninguna excepción, fracasaron. O por ser erróneo, en su misma esencia, el método empleado, o por no disponer los experimentadores de aparatos capaces de soportar la combinación de enormes temperaturas y presiones. Sólo a mediados de los años cincuenta la técnica moderna encontró, por fin, llaves para resolver el problema de los diamantes artificiales. Como era de esperar, de materia prima inicial sirvió el grafito. Este fue sometido simultáneamente a la acción de una presión de 100 mil atmósferas y temperatura de 3000°C. Ahora los diamantes se preparan en muchos países del mundo.

Pero en este caso los químicos sólo pueden compartir una alegría común. Su papel no es muy grande, lo principal corre a cargo de los físicos.

Mas los químicos tuvieron éxito en otro campo. Ellos ayudaron a perfeccionar el diamante.

Cómo se puede perfeccionar el diamante? ¿Acaso puede existir algo más ideal que éste? Su estructura cristalina es la encarnación de lo perfecto en el reino de los cristales.

Precisamente debido a la disposición geométrica ideal de los átomos de carbono en los cristales del diamante estos últimos son tan duros.

No se puede hacer que el diamante sea más duro de lo que es en la realidad. Pero se puede preparar una substancia que será más dura que el diamante. Los químicos crearon la materia prima para esta substancia.

Existe un compuesto químico de boro con nitrógeno, nitruro de boro. Su aspecto exterior no tiene nada de particular, pero posee una peculiaridad que hace ponerse alerta: su estructura cristalina es análoga a la del grafito. "Grafito blanco", ésta es la denominación que hace mucho se asocia con el nitruro de boro. Aunque nadie trató de preparar a partir de éste barras de lápices. . .

Los químicos encontraron un procedimiento barato de síntesis del nitruro de boro y los físicos lo sometieron a pruebas más severas: cientos de miles de atmósferas de presión, miles de grados de temperatura. La lógica de sus acciones era sencilla al extremo. Por cuanto se logró transformar el grafito "negro" en diamante, ¿quizá se pueda obtener a partir del "blanco" una sustancia análoga al diamante?

Por fin obtuvieron el llamado borazón, sustancia que por su dureza supera al diamante. Deja rayas en las caras diamantinas lisas. Además, es capaz de soportar temperaturas más altas. El borazón no es tan fácil de quemar.

Por ahora el borazón es aún caro. Sé necesitarán bastantes esfuerzos para bajar su precio en grado considerable. Pero lo principal ya está hecho. El hombre una vez más se muestra más capaz que la naturaleza.

Insertamos aquí otra noticia que hace relativamente poco llegó de Tokio. Los científicos japoneses lograron preparar una sustancia que por su dureza supera en mucho al diamante. Estos sometieron el silicato de magnesio (compuesto que consta de magnesio, silicio y oxígeno) a una presión de 150 toneladas por centímetro cuadrado. Por razones comprensibles no quieren pormenorizar los detalles de la síntesis. El recién nacido "rey de la dureza" no tiene aún nombre. Pero esto no es tan importante. Lo más esencial es que, sin duda, en un futuro muy próximo el diamante que durante siglos encabezó la lista de las sustancias más duras, se verá desplazado a otro lugar, lejos de ser el primero.

[Volver](#)

### Moléculas interminables

Cada uno conoce la goma. Son pelotas y chanclos, puck de hockey y guantes de cirujano. En fin, neumáticos y bolsas de agua caliente, impermeables y mangueras.

En la actualidad, la goma y los artículos de ésta se producen en miles de fábricas. Varios decenios atrás, para la producción de goma en todo el mundo se aprovechaba el caucho natural. La palabra caucho procede del indio "cahuchu" que significa "lágrimas de hevea". Hevea es un árbol. Al recoger y tratar de modo determinado su látex, los hombres obtuvieron el caucho.

Con caucho se pueden hacer muchos artículos útiles, pero su obtención es muy laboriosa y la hevea crece sólo en los trópicos. Fue imposible satisfacer las necesidades de la industria solamente con la materia prima natural.

En este caso también la química acudió en ayuda del hombre. La primera pregunta que plantearon los químicos era la de por qué el caucho es tan elástico. Durante mucho tiempo estudiaron las "lágrimas de hevea" y, por fin, encontraron la respuesta. Resultó que las moléculas del caucho tienen una estructura en sumo grado peculiar. Constan de un número grande de eslabones iguales que se repiten y forman cadenas gigantescas. Claro está que esa molécula "larga" integrada por casi quince mil eslabones es capaz de serpentear y posee elasticidad. El eslabón de esta cadena es el hidrocarburo isopreno  $C_5H_8$ , y su fórmula estructural se puede representar así:

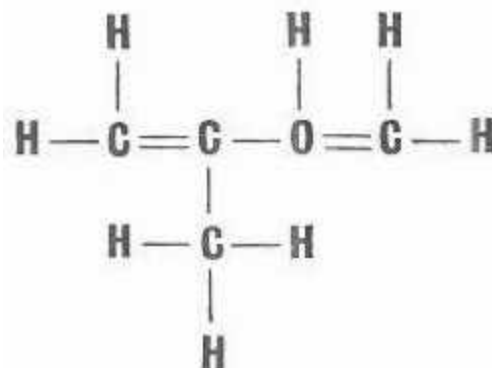


Figura 49

Sería más correcto decir que el isopreno es una especie de monómero natural inicial. En el proceso de polimerización la molécula de isopreno varía algo, rompiéndose los enlaces dobles entre los átomos de carbono. A costa de estos enlaces liberados los eslabones aislados se unen en la molécula gigante de caucho.

El problema de la obtención artificial de caucho hace mucho que atraía la atención de los científicos e ingenieros.



Figura 50

Al parecer, no era un asunto muy complicado. Primero es necesario obtener isopreno. Luego, obligarlo a que se polimerice, o sea, ligar los eslabones de isopreno aislados en cadenas largas y flexibles de caucho artificial.

Pero una cosa es "parecer" y otra "resultar". Los químicos, aunque con dificultad, sintetizaron el isopreno, más en cuanto llegaron a su polimerización no se produjo caucho. Los eslabones se ligaban entre sí, pero caóticamente, sin observar ningún orden determinado, creándose productos artificiales que a pesar de tener cierto parecido con el caucho, en mucho se distinguían de éste.

Los químicos tenían que inventar métodos para obligar a los eslabones de isopreno a formar cadena en la dirección necesaria.

Fue en la Unión Soviética, donde por vez primera en el mundo se obtuvo caucho industrial sintético. El académico S. V. Lébedev eligió para su obtención otra sustancia, el butadieno:

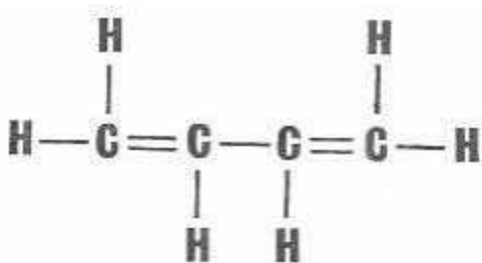


Figura 51

El butadieno se parece mucho por su composición y estructura al isopreno, pero su polimerización es más fácil de dirigir.

En la actualidad se conoce un número bastante grande de cauchos sintéticos (que, para diferenciarlos del natural, se llaman ahora con frecuencia elastómeros).



Figura 52

El propio caucho natural y sus artículos tienen inconvenientes esenciales. Por ejemplo, se hincha fuertemente en aceites y grasas, es poco resistente a la acción de muchos oxidantes, en particular, del ozono, cuyos indicios siempre están presentes en el aire. Al fabricar artículos de caucho natural es necesario recurrir a la vulcanización, es decir, someterlo a la acción de altas temperaturas en presencia de azufre. Justamente así el caucho se convierte en goma o en ebonita. Durante el funcionamiento de los artículos fabricados con caucho natural (por ejemplo, neumáticos) se desprende una cantidad considerable de calor, lo que provoca su envejecimiento y desgaste rápido.

Esta es la razón del porqué los científicos tuvieron que preocuparse por crear nuevos cauchos sintéticos que poseyeran propiedades más perfectas. Por ejemplo, existe una familia de cauchos llamada "buna". Su nombre procede de las palabras "butadieno" y "natrium" (nombre latino de sodio; el sodio juega el papel de catalizador en la polimerización). Algunos elastómeros procedentes de esta familia tienen excelentes propiedades.

Una importancia extraordinaria cobró el llamado caucho butílico que se obtiene por la copolimerización de isobutileno e isopreno. En primer lugar resultó ser el más barato. En segundo, a diferencia de caucho natural, casi es insensible a la acción del ozono. Además, la impermeabilidad al aire del caucho butílico vulcanizado, que ahora se aplica ampliamente en la fabricación de cámaras, es diez veces mayor que la del caucho natural vulcanizado.

Muy peculiares son los llamados cauchos de poliuretano. Poseen una alta resistencia a la tracción y ruptura y casi no sufren envejecimiento. A partir de los cauchos de poliuretano se prepara el así llamado caucho "esponjoso", que sirve para el revestimiento de los asientos.

En el último decenio se han elaborado cauchos con propiedades que los científicos antes ni siquiera podían imaginar. En primer lugar son elastómeros a base de compuestos orgánicos de silicio y de fluoruros de carbono. Estos elastómeros se distinguen por su alta termorresistencia que supera dos veces la termorresistencia del caucho natural. Son estables respecto a la acción del ozono, y el caucho a base de los compuestos fluorocarbonados ni siquiera teme a los ácidos sulfúrico y nítrico fumantes.

Por si esto fuese poco, recientemente se han preparado los llamados cauchos que contienen carboxilo, copolímeros de butadieno y de ácidos orgánicos. Estos son extraordinariamente resistentes a la tracción.

Se puede decir que también en este campo la naturaleza cedió su primacía a los materiales creados por el hombre.

[Volver](#)

### El corazón de diamante y la piel de rinoceronte

En la química orgánica hay una clase de compuestos que recibió el nombre de hidrocarburos. Y de verdad merecen ese nombre, ya que su molécula sólo se compone de átomos de hidrógeno y de carbono, sin ningún otro elemento. Los representantes típicos y más conocidos de los hidrocarburos son: el metano (constituye aproximadamente el 95% del gas natural) y el petróleo (hidrocarburo líquido) a partir del cual se obtienen diferentes clases de gasolina, aceites lubricantes y otros muchos productos valiosos.

Examinemos el más simple de los hidrocarburos, el metano  $\text{CH}_4$ . Qué se obtiene si sustituimos los átomos de hidrógeno del metano por los de oxígeno? Anhídrido carbónico  $\text{CO}_2$ . ¿Y por los átomos de azufre? Un líquido muy volátil y tóxico, sulfuro de carbono  $\text{CS}_2$ . Y si sustituimos todos los átomos de hidrógeno por los de cloro? También se obtiene una sustancia conocida, el tetracloruro de carbono. ¿Y si en vez de cloro se toma flúor?

Hubo pocos que hace unos treinta años podían dar una respuesta inteligible a esta pregunta. No obstante, en la actualidad, de los compuestos carbonados de flúor se ocupa una rama independiente de la química.

Por sus propiedades físicas los fluoruros de carbono son casi análogos de los hidrocarburos. Pero aquí la comunidad de sus propiedades acaba. Los fluoruros de carbono, a diferencia de los hidrocarburos, resultaron ser sustancias casi por completo privadas de la capacidad de reacción. Además son muy estables en cuanto al calentamiento. No en vano se les llama a veces "sustancias con corazón de diamante y piel de rinoceronte". La esencia química de su estabilidad en comparación con los hidrocarburos (así como con otras clases de sustancias orgánicas) es relativamente sencilla. Los átomos de flúor son de mucho mayor tamaño que los de hidrógeno y por lo tanto "cierran" densamente, ante otros átomos reactivos, el acceso hacia los átomos de carbono a los que circundan.

Por otra parte, los átomos de flúor convertidos en iones ceden su electrón con gran dificultad y "no tienen ganas" de entrar en reacción con cualesquiera átomos. El flúor es el más activo de los no metales y prácticamente no existe otro no metal que pueda oxidar su ion (es decir, quitarle su electrón). Además, el enlace carbono-carbono es de por sí estable (recuérdese el diamante).



Figura 53

Precisamente en virtud de sus propiedades inertes los fluoruros de carbono encontraron la más extensa aplicación. Por ejemplo, el plástico a base de los fluoruros de carbono, el llamado teflón, es estable al calentarlo hasta  $300^{\circ}\text{C}$ , no se corroe por los ácidos sulfúrico,

nítrico, clorhídrico y otros. Este plástico no lo afecta el álcali hirviente ni se disuelve en ninguno de los disolventes orgánicos e inorgánicos hasta ahora conocidos.

No en balde al fluoroplasto lo denominan a veces "platino orgánico", porque es un excelente material para preparar vasijas de laboratorio químico, diversos aparatos de la industria química y tubos para los más variados propósitos. Ud. puede creernos: en el mundo muchos objetos se hubieran hecho de platino si no hubiera sido por su costo tan alto. En cuanto al fluoroplasto, este material es relativamente barato.

Entre todas las sustancias conocidas en el mundo el fluoroplasto es la más resbaladiza. Una película de fluoroplasto echada sobre una mesa prácticamente se "escurre" al suelo. Los cojinetes de fluoroplasto se puede decir que no necesitan lubricación. En fin, el fluoroplasto es un magnífico dieléctrico y, además, posee alta termoestabilidad. El aislamiento de este material resiste el calentamiento hasta 400°C (¡esto es superior a la temperatura de fusión del plomo!).

Tal es el fluoroplasto, uno de los materiales artificiales más admirables creado por el hombre.

Los fluoruros de carbono líquidos no son combustibles y su punto de congelación es muy bajo.

[Volver](#)

### La unión de carbono y de silicio

Dos elementos en la naturaleza pueden pretender a un lugar excepcional. Primero, el carbono. Es la base de todo lo vivo, lo que se debe, ante todo, a la propiedad que tienen sus átomos de ligarse sólidamente uno con otro, formando combinaciones a modo de cadena:

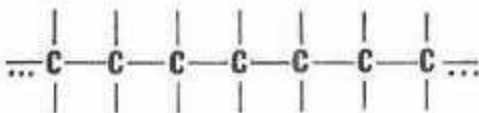


Figura 54

Segundo, el silicio. Este es la base de toda la naturaleza inorgánica. Pero los átomos de silicio no pueden formar cadenas tan grandes como los átomos de carbono. Por eso, en la naturaleza se encuentra menos compuestos de silicio que de carbono, aunque la cantidad de los primeros es considerablemente mayor que la de los compuestos de cualesquiera otros elementos químicos.

Los científicos decidieron "corregir" este defecto del silicio. En efecto, el silicio, lo mismo que el carbono, es tetravalente. Aunque el enlace entre los átomos de carbono es mucho más estable que entre los de silicio, este último, en cambio, no es un elemento tan activo.

Y si se lograra obtener, con su participación, compuestos semejantes a los orgánicos, ¡qué propiedades maravillosas podrían acusar éstos!

Al principio los científicos no tuvieron éxito. A pesar de que se demostró que el silicio podía formar compuestos en los cuales sus átomos se alternaban con los átomos de oxígeno: estos compuestos resultaron poco estables.

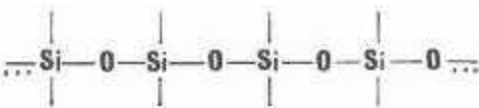


Figura 55

El éxito llegó cuando se decidió combinar los átomos de silicio con los átomos de carbono. En efecto, los compuestos obtenidos, que recibieron el nombre de organosilícicos o siliconas, poseen una serie de propiedades únicas. Sobre su base fueron creadas diferentes resinas

que permitían obtener masas plásticas capaces de resistir durante largo plazo la acción de altas temperaturas.

Los cauchos preparados a base de los polímeros organosilícicos tienen propiedades muy valiosas, por ejemplo, termoestabilidad. Algunas clases de goma de silicona son estables hasta la temperatura de 350° C. Figúrese una cubierta de neumático hecha de esta goma. Los cauchos de silicona no se hinchan en absoluto en disolventes orgánicos. Con ellos se empezó a fabricar diferentes tuberías para transfusión de combustible.

Algunos de los líquidos y resinas de silicona casi no varían su viscosidad en un intervalo amplio de temperaturas. Esto les abrió camino para ser utilizados como materiales lubricantes. Debido a su pequeña volatilidad y alta temperatura de ebullición los líquidos de silicona encontraron uso amplio en las bombas para obtener alto grado de vacío.

Los compuestos organosilícicos tienen propiedades hidrófobas y esta valiosa cualidad también se toma en consideración. Se empezó a aplicarlos para preparar telas hidrófugas. Pero no se trata sólo de telas. Como se sabe: "gota a gota, se ablanda la piedra". En la construcción de muchas obras importantes se probó la protección de materiales constructivos mediante los distintos líquidos de silicona. Los experimentos dieron buenos resultados.

En los últimos tiempos, a base de siliconas fueron creados esmaltes termorresistentes estables. Las placas de cobre y de hierro revestidas con esos esmaltes soportaron durante varias horas el calentamiento de hasta 800° C.

Todo lo mencionado es tan sólo el comienzo de la unión original entre el carbono y el silicio. Pero esta alianza "bipartita" ya no satisface a los químicos. Se plantearon el problema de introducir en las moléculas de los compuestos organosilícicos otros elementos, como, por ejemplo, aluminio, titanio, boro. El problema fue resuelto felizmente. Así nació una clase completamente nueva de sustancias: los polisiloxanos organometálicos. En las cadenas de estos polímeros pueden aparecer diferentes eslabones: silicio-oxígeno-aluminio, siliciooxígeno-titanio, silicio-oxígeno-boro, etc. Estas sustancias se funden a temperaturas de 500-600°C y en este sentido pueden competir con muchos metales y aleaciones. Cierta vez en la literatura apareció la información de que, al parecer, los científicos japoneses habían logrado crear un material polímero que puede soportar la temperatura de 2000° C. Es posible que sea un error, pero un error que no dista mucho de ser verdad. Ya que el término "polímeros termorresistentes" debe aparecer pronto en la larga lista de los nuevos materiales de la técnica moderna.

[Volver](#)

### **Cribas maravillosas**

La estructura de estas cribas es bastante peculiar. Son moléculas orgánicas enormes que poseen una serie de propiedades interesantes.





Figura 56

En primer lugar, al igual que muchos plásticos, son insolubles en agua y en disolventes orgánicos. En segundo lugar, forman parte de ellas los llamados grupos ionógenos, o sea, grupos que en un disolvente (en particular, en agua) pueden dar tales o cuales iones. De este modo, estos compuestos pertenecen a la clase de los electrólitos.

El ion de hidrógeno puede sustituirse en estos compuestos por algún metal. Así tiene lugar el intercambio de iones.

Estos compuestos peculiares recibieron el nombre de permutadores de iones. Entre ellos, los que son capaces de reaccionar con los cationes (iones positivos) se llaman cationitas, o cambiadores de catión, y los que reaccionan con los iones negativos llevan el nombre de anionitas (o cambiadores de anión). Los primeros permutadores de iones orgánicos fueron sintetizados a mediados de los años 30 de nuestro siglo e inmediatamente conquistaron el más amplio reconocimiento. En ello no hay nada de asombroso, pues mediante los permutadores de iones se puede convertir el agua dura en blanda y el agua salada en dulce. Imagínese dos columnas, una rellena de cationita y otra de anionita. Supongamos que nos hemos planteado el objeto de purificar agua que contiene la sal común. Al principio el agua se deja pasar por el cambiador de catión. En éste todos los iones de sodio "se permutan" por los de hidrógeno, y en el agua, en vez del cloruro de sodio se presentará el ácido clorhídrico. Luego, el agua se deja pasar por el cambiador de anión. Si éste se presenta en forma hidroxilada (es decir, que sirven de aniones capaces de permutarse los iones de hidroxilo) todos los iones de cloro en la solución serán sustituidos por los iones de hidroxilo. Y estos últimos junto con los iones de hidrógeno libres forman inmediatamente moléculas de agua. De este modo, el agua que al principio contenía cloruro sódico, al pasar por las columnas de intercambio iónico, llegó a ser plenamente desalada.

Por sus propiedades puede desafiar hasta la mejor agua destilada.

Sin embargo, no sólo el desalado del agua y su conversión en potable dio a los intercambiadores iónicos fama general. Resultó que éstos, de distinto grado y con distinta fuerza, retienen los iones. Por ejemplo, los iones de litio se retienen con más fuerza que los de hidrógeno; los iones de potasio, más fuertemente que los de sodio; los de rubidio, más que los de potasio, etc. El empleo de intercambiadores iónicos proporcionó la posibilidad de efectuar fácilmente la separación de distintos metales. Los agentes intercambiadores de iones, en la actualidad, desempeñan un papel grande en diferentes ramas de la industria. Por ejemplo, durante mucho tiempo en las fábricas fotográficas no hubo procedimiento conveniente para captar la plata preciosa. Precisamente los filtros de ionitas resolvieron este problema.

Sueno, podrá el hombre alguna vez aprovechar los intercambiadores de iones para extraer del agua de mar metales valiosos? Se debe responder a esta pregunta afirmativamente. A

pesar de que el agua de mar contiene una cantidad enorme de sales diferentes, por lo visto, la obtención de metales nobles a partir de ella es asunto de un futuro no muy lejano. Ahora la dificultad consiste en que al dejar pasar el agua de mar a través del cambiador de catión, las sales que ésta contiene, de hecho, impiden que las pequeñas cantidades de metales nobles se sedimenten en el primero. Pero en los últimos tiempos se han sintetizado las llamadas resinas de intercambio electrónico. Estas no sólo intercambian sus iones por los iones del metal de la solución, sino que son capaces, además, de reducir este metal cediéndole electrones. Los experimentos recientes con estas resinas demostraron que si a través de ellas se deja pasar una solución conteniendo plata, pronto en la resina se depositarán no iones de plata, sino plata metálica, con la particularidad de que la propia resina conserva durante un largo período sus propiedades.

De este modo, si por el permutador de electrones se deja pasar una mezcla de sales, los iones que se reducen con mayor facilidad pueden convertirse en átomos de metal puro.

[Volver](#)

### **Pinza química**

Según afirma una vieja anécdota, lo más fácil en el mundo es coger leones en el desierto. Ya que el desierto consta de arena y de leones, sólo hace falta coger una criba y pasar por ella el desierto. La arena se filtrará por los orificios y los leones quedarán en la criba.

¿Y qué es necesario hacer si un elemento químico valioso está mezclado con una enorme cantidad de otros que no representan para nosotros ningún interés? ¿O si hace falta purificar cierta sustancia de una impureza nociva que se presenta en cantidades muy pequeñas?

Esto sucede a menudo. Por ejemplo, la impureza de hafnio en el circonio que se utiliza en la construcción de los reactores nucleares no debe superar varias diezmilésimas de por ciento, mientras que el circonio corriente contiene cerca de dos décimas de por ciento de hafnio.

Estos elementos son muy parecidos por sus propiedades químicas y los métodos ordinarios, como se dice, aquí, no sirven. Ni siquiera la maravillosa criba química. Mientras tanto se necesita circonio con un grado de pureza excepcionalmente alto... Durante siglos los químicos siguieron una receta muy sencilla: "lo semejante se disuelve en lo semejante". Las sustancias inorgánicas se disuelven bien en disolventes inorgánicos, las orgánicas, en los orgánicos. Muchas sales de los ácidos minerales se disuelven bien en agua, en el ácido fluorhídrico anhidro, el ácido cianhídrico líquido. Muchas sustancias orgánicas se disuelven bastante bien en disolventes orgánicos: benceno, acetona, cloroformo, sulfuro de carbono, etc., etc.

¿Y cómo se comportará una sustancia que es algo intermedio entre compuesto orgánico e inorgánico? En general, los químicos conocían hasta cierto punto compuestos de este género. Por ejemplo, la clorofila (materia colorante de la hoja verde) es un compuesto orgánico que contiene átomos de magnesio. La clorofila es bien soluble en muchos disolventes orgánicos. Existe una enorme cantidad de compuestos organometálicos artificiales, sintetizados por el hombre, que la naturaleza no conoce. Muchos de ellos son capaces de disolverse en disolventes orgánicos, con la particularidad de que esta propiedad depende de la naturaleza del metal.

Los químicos decidieron aprovechar esta particularidad.

En el curso del trabajo de los reactores nucleares, de vez en cuando surge la necesidad de sustituir los bloques de uranio trabajados, aunque la cantidad de impurezas en ellos (fragmentos de fisión de uranio) por lo común no supera una milésima parte de por ciento. Al principio los bloques se disuelven en ácido nítrico. Todo el uranio y otros metales formados como resultado de las transformaciones nucleares pasan a sales nítricas. Además, algunas impurezas, como xenón y yodo, se eliminan automáticamente en forma de gas o vapor. Otras, por ejemplo, estaño, quedan en el precipitado.



Figura 57

Pero la solución obtenida, además de uranio, contiene impurezas de muchos metales, en particular, plutonio, neptunio, tierras raras, tecnecio y algunos otros. En este caso se recurre a la ayuda de las sustancias orgánicas. La solución de uranio y de otras sustancias en ácido nítrico se mezcla con una solución de sustancia orgánica denominada tributilfosfato. Entonces, prácticamente todo el uranio pasa a la fase orgánica y las impurezas quedan en la solución nítrica.

Este proceso recibió el nombre de extracción. Después de la doble extracción el uranio casi se libera de impurezas y puede aprovecharse de nuevo para la preparación de bloques. Y las impurezas que quedaron se dirigen para su siguiente separación. De éstas se extraerán plutonio y algunos isótopos radiactivos.

De la misma manera se puede separar el circonio y el hafnio.

En la actualidad, los procesos de extracción obtuvieron en la técnica una gran difusión. Mediante estos procesos no sólo se realiza la purificación de compuestos inorgánicos, sino también de muchas sustancias orgánicas: vitaminas, grasas y alcaloides.

[Volver](#)

### La química vestida de bata blanca

Llevaba el nombre altisonante de Johann Bombastus Theophrastus Paracelsus von Hohenheim. Paracelso no era su nombre propio sino más bien un título *sui generis* que significaba "superexcelente". Paracelso fue un químico magnífico y la voz popular, propagándose de boca en boca, le atribuía curaciones prodigiosas, pues no sólo era químico, sino también médico.

En los años del medievo se fortaleció la alianza entre la química y la medicina. En aquel entonces la química aún no mereció el derecho de llamarse ciencia. Sus concepciones eran demasiado confusas y dispersaba sus fuerzas en las búsquedas vanas de la famosa piedra filosofal.

Mas incluso embrollada en las redes de la mística, la química aprendía a curar a la gente, salvándola de graves males. Así surgió la iatroquímica o química medicinal. Y muchos químicos de los siglos dieciséis, diecisiete, dieciocho se llamaban boticarios y farmacéuticos, a pesar de que se ocupaban de la química de pura ley, preparando diferentes drogas y brebajes, curativos. Aunque, a decir verdad, los preparaban "a tientas" y no siempre estas "medicinas" eran útiles a la gente.

Entre los "boticarios" Paracelso era uno de los más destacados. La lista de sus medicinas incluía ungüentos mercurícos y sulfúricos ( a propósito, hasta ahora se emplean para el tratamiento de enfermedades cutáneos), sales de hierro y de antimonio, distintos jugos vegetales.

*Figura 58*

Al principio, la química sólo podía dar a los médicos sustancias que se encuentran en la naturaleza y, además, las daba en cantidades muy reducidas. Para la medicina esto era poco.

Si hojeamos las guías farmacéuticas modernas, veremos que el 25% de las medicinas son, por así decirlo, preparados naturales. Entre éstos figuran extractos, infusiones y tisanas hechos de diferentes plantas. Lo demás son sustancias medicinales sintetizadas y desconocidas en la naturaleza. Sustancias creadas por el poder de la química.

La primera síntesis de una sustancia medicinal fue verificada hace unos cien años. Hacía ya mucho que se conocía la influencia curativa del ácido salicílico sobre el reumatismo. Pero era muy difícil y caro obtenerlo a partir de materia prima vegetal. Sólo en 1874 se logró elaborar un procedimiento simple para preparar el ácido salicílico a partir del fenol.

Este ácido sirvió de base para muchos preparados medicinales, por ejemplo, la aspirina. Por regla general, el plazo de "vida" de un fármaco es corto. Para sustituir a las viejas vienen nuevos medicamentos, más perfectos, más "adiestrados" para luchar contra distintas afecciones. En este sentido la aspirina es una excepción peculiar. Cada año revela nuevas propiedades antes desconocidas y maravillosas. Resulta que la aspirina no sólo es un preparado antipirético y analgésico, sino que la esfera de su acción es mucho más amplia.

También es un medicamento muy viejo (nació en 1896) el piramidón, por todos conocido.

En la actualidad, durante un solo día, los químicos sintetizan varios nuevos preparados medicinales. Con las más diversas cualidades y contra las más diversas enfermedades.

Desde analgésicos hasta preparados que ayudan a curar enfermedades psíquicas.

Restaurar la salud de las personas. No hay tarea más noble para los químicos, ni, al mismo tiempo, más difícil.

Durante varios años el químico alemán Paul Ehrlich trató de sintetizar un preparado contra la terrible enfermedad del sueño. En cada síntesis se lograba cierto progreso, pero cada vez Ehrlich quedaba insatisfecho. Sólo en el 606° intento fue obtenido un remedio eficaz, el salvarsán, y decenas de miles de personas pudieron curarse no sólo de la enfermedad del sueño, sino también de otra afección pérfida, la sífilis. Y en su 914° intento Ehrlich obtuvo otro preparado, más poderoso aún, el neosalvarsán.

*Figura 59*

Largo es el camino de un medicamento cualquiera desde el matraz químico hasta el mostrador de una farmacia. Esta es la ley del tratamiento médico: mientras el remedio no haya pasado la comprobación multilateral, no se puede permitir recomendarlo para el uso práctico. Cuando esta regla se infringe, ocurren errores trágicos. Hace relativamente poco unas firmas farmacéuticas germanooccidentales anunciaron ampliamente un nuevo soporífero, talidomida (contergán). Una pequeña pastilla blanca sumía en un sueño rápido y profundo a las personas que padecían insomnio constante. De la talidomida sólo cantaban poemas llenos de elogios, mas ésta resultó ser un enemigo horrible para los embriones humanos. Decenas de miles de niños desfigurados aún antes de nacer, éste fue el precio que pagó el hombre por el hecho de que una medicina no del todo comprobada fue lanzada apresuradamente a la venta.

Precisamente por esta razón para los químicos y para los médicos es importante no sólo saber que tal o cual medicina pueda curar con éxito una enfermedad determinada, sino también necesitan analizar detalladamente de qué modo actúa y cuál es su mecanismo químico de lucha contra dicha enfermedad.

Insertamos un pequeño ejemplo. En la actualidad, tanto soporíferos se usan con frecuencia los derivados de los llamados ácidos barbitúricos. Son compuestos en cuya composición entran átomos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Además, a uno de los átomos de carbono se añaden dos llamados grupos alquilo, es decir, moléculas de hidrocarburo privadas de un átomo de hidrógeno. He aquí la conclusión que sacaron los químicos. El ácido barbitúrico acusa sus propiedades soporíferas solamente en el caso en que la suma de los átomos de carbono en los grupos alquilo no es inferior a cuatro. Cuanto mayor es esta suma tanto más prolongada y rápida es la acción del preparado.

Cuanto más profundamente penetran los científicos en la naturaleza de las enfermedades, tanto más escrupulosamente realizan los químicos sus investigaciones. La farmacología, que antes sólo se ocupaba de preparar diferentes medicamentos y dar recomendaciones para su aplicación contra las distintas enfermedades, ahora se hace una ciencia cada vez más exacta. Un farmacólogo debe ser al mismo tiempo químico, biólogo, médico y bioquímico, para que nunca vuelva a repetirse la tragedia de la talidomida.

La síntesis de sustancias medicamentosas es uno de los logros más importantes de los químicos, creadores de la segunda naturaleza.

A principios de nuestro siglo los químicos no cesaban en sus intentos tenaces de preparar nuevos colorantes. Como sustancia inicial tomaban el llamado ácido sulfanílico. Su molécula es muy "flexible", capaz de distintas reestructuraciones. En algunos casos,

reflexionaban los químicos, la molécula de ácido sulfanílico puede transformarse en molécula de un colorante valioso.

En efecto, así resultó. Hasta 1935 nadie pensó que los colorantes sulfanílicos sintéticos son al mismo tiempo poderosos preparados medicamentosos. La caza de sustancias colorantes retrocedió a un segundo plano para dar paso a la búsqueda de nuevos preparados medicinales que recibieron el nombre común de sulfamidas (sulfonamidas). Los nombres de las sulfamidas más conocidas son: sulfapiridina, prontosil, sulfadiazina y sulfatiazol. En la actualidad, las sulfamidas ocupan uno de los primeros lugares entre los medios químicos antibacterianos.

... Los indios de la América del Sur obtenían de la corteza y de las raíces de una planta de la familia de las loganiáceas un veneno mortal, el curare. El enemigo, herido con la flecha cuya punta fue mojada en curare, perecía al momento.

¿Por qué? Para contestar a esta pregunta los químicos tuvieron que analizar esencialmente el enigma del veneno.

Pusieron de relieve que el principio activo fundamental del curare es el alcaloide tubocurarina. Cuando penetra en el organismo, los músculos no pueden contraerse, se quedan paralizados. El hombre no puede respirar y muere.

Pero en condiciones determinadas este veneno puede ser útil. Puede servir a los cirujanos, al efectuar algunas operaciones muy complicadas, por ejemplo, en el corazón. Cuando es necesario desconectar los músculos pulmonares y transponer el organismo para la respiración artificial. De este modo el enemigo carnal interviene como amigo. La tubocurarina se introduce en la práctica clínica.

Y otra vez los químicos. Estos estudiaron la molécula de tubocurarina en todos sus aspectos. La desintegraron en todas las porciones posibles, investigaron "los fragmentos" obtenidos y, paso por paso, pusieron de relieve la ligazón que existe entre la estructura química del preparado y su actividad fisiológica. Resultó que su acción se determina por los grupos especiales que contienen un átomo de nitrógeno cargado positivamente y que la distancia entre estos grupos debe ser estrictamente definida.

Ahora los químicos pudieron pisar el camino de imitación de la naturaleza e incluso tratar de superarla. Al principio obtuvieron un preparado que por su actividad no era inferior a la tubocurarina. Luego lo perfeccionaron. Así nació la "sincurina" que es dos veces más activa que la tubocurarina.

He aquí otro ejemplo, más evidente aún. La lucha contra el paludismo. Este fue tratado con quina (o, científicamente, quinina), que es un alcaloide natural. Los químicos, en cambio, lograron crear un preparado llamado plasmoquina, que es una sustancia sesenta veces más activa que la quinina.

La medicina moderna dispone de un enorme arsenal de remedios, y se puede decir que para todos los casos posibles. Casi contra todas las enfermedades conocidas.

Existen remedios muy fuertes que tranquilizan el sistema nervioso y devuelven la calma hasta a la persona más agitada. Hay, por ejemplo, un preparado que quita plenamente la sensación de temor. Naturalmente, nadie recomendará este preparado al estudiante que siente pánico ante un examen.

Existe un grupo entero de los llamados sedativos, medicamentos tranquilizadores. A ellos pertenece, por ejemplo, la reserpina. La aplicación de esta medicina para el tratamiento de algunas enfermedades psíquicas (esquizofrenia) desempeñó en su tiempo un gran papel. En la actualidad, la quimioterapia ocupa el primer lugar en la lucha contra las enfermedades mentales.

Sin embargo, no siempre las conquistas de la química medicamentosa se vuelven con su lado positivo. Existe por ejemplo, un remedio nefasto (y es difícil encontrar otro epíteto) llamado LSD-25.

En muchos países capitalistas se utiliza como narcótico que provoca artificialmente distintos síntomas de esquizofrenia (todo tipo de alucinaciones, que por algún plazo permiten olvidar

las "dificultades de la vida"). Pero hay casos de muchas personas que tomaron LSD-25 y nunca regresaron a su estado normal.

La estadística moderna testimonia que la mayoría de los casos letales en el mundo son resultado de los infartos de miocardio o de hemorragias cerebrales. Los químicos luchan contra estos enemigos inventando diferentes medicamentos cardíacos y preparando remedios que dilatan los vasos cerebrales.

Mediante la "tubazida" y PAS, sintetizados por los químicos, los médicos triunfan sobre la tuberculosis.

Y, en fin, los científicos buscan con tenacidad, los medios para combatir el cáncer, esta terrible plaga del género humano. En este campo hay muchas cosas desconocidas y confusas.

Los médicos esperan de los químicos nuevas sustancias prodigiosas. Esta espera no es vana. La química tiene que manifestar de qué es capaz.

[Volver](#)

### **Un milagro nacido del moho**

Esta palabra se conoce desde hace mucho. Los médicos y microbiólogos la conocían. En libros especiales hacían mención de ella. Pero no decía absolutamente nada a una persona no iniciada en la biología o medicina. Hasta muy pocos químicos sabían su significado. Ahora esta palabra es del dominio de todos.

Esta palabra es "antibióticos".

Pero antes aún que la palabra "antibióticos" el hombre conoció la palabra "microbios". Se determinó que una serie de enfermedades, como neumonía, meningitis, disentería, tifo, tuberculosis y otras deben su procedencia precisamente a los microorganismos. Para combatir estas enfermedades se necesitan antibióticos.

Ya en los años del medievo se conocía la acción curativa de algunas especies del moho.

Verdad es que las representaciones de los galenos medievales eran muy originales. Por ejemplo, se consideraba que sólo los mohos tomados de los cráneos de los hombres ahorcados o ejecutados por sus crímenes ayudaban a luchar contra las enfermedades.

Pero no nos apartemos del tema y volvamos a lo esencial. Y lo esencial es que el químico inglés Alejandro Fleming, al estudiar una de las especies de mohos, supo separar su principio activo. Así apareció la penicilina, el primero entre los antibióticos.

Resultó que la penicilina es un arma excelente en la lucha contra muchos microorganismos patógenos: estreptococos, estafilococos, etc. La penicilina puede incluso vencer la espiroqueta pálida, agente causante de la sífilis.

Sin embargo, aunque Alejandro Fleming descubrió la penicilina en 1928, sólo en 1945 se logró descifrar la fórmula de este medicamento y ya en 1947 fue realizada la síntesis completa de la penicilina en el laboratorio. Parecía que esta vez el hombre había alcanzado a la naturaleza. Pero la cosa no era así. No es una tarea fácil realizar la síntesis de laboratorio de la penicilina. Mucho más fácil es obtenerla del moho.

Pero los químicos no retrocedieron. En este caso también podían decir su palabra y no sólo decirla, sino también ayudar en la práctica. La esencia consiste en que el moho de que se obtenía habitualmente la penicilina era de poco "rendimiento". Los científicos decidieron aumentar su productividad.

Este problema fue resuelto al encontrar sustancias que, internándose en el aparato hereditario de los microorganismos, varían sus características. Además, los nuevos rasgos eran capaces de heredarse. Precisamente con su ayuda se logró cultivar una nueva "raza" de mohos que se mostró mucho más activa en la producción de penicilina.

En la actualidad, el surtido de antibióticos es muy imponente: estreptomina, terramicina, tetraciclina, aureomicina, biomicina, eritromicina, etc. En total, ahora se conocen cerca de mil antibióticos y una centena de ellos se aplica en el tratamiento de distintas enfermedades. Y un papel importante en su obtención lo juega la química.

Después de que los microbiólogos acumularon el llamado medio líquido de cultivo que contenía colonias de microorganismos, comenzó el turno de los químicos. Precisamente ante éstos se plantea la tarea de separar los antibióticos, el "principio activo". Se movilizan diversos métodos químicos de extracción de compuestos orgánicos complejos a partir de la "materia prima" natural. Los antibióticos se absorben mediante absorbentes especiales. Los investigadores aplican la "pinza química", la extracción de los antibióticos por diversos disolventes.

Los purifican en las resinas de intercambio iónico, los sedimentan a partir de las soluciones. Así se obtiene el antibiótico crudo que de nuevo se somete a un ciclo prolongado de purificación, hasta que, al fin y al cabo, se presenta en forma de sustancia cristalina pura. Algunos antibióticos, por ejemplo, la penicilina, siguen sintetizándose con ayuda de los microorganismos. Pero la obtención de otros es sólo a medias asunto de la naturaleza. Pero hay antibióticos, por ejemplo, la sintomicina, donde los químicos prescinden totalmente de los servicios de la naturaleza. La síntesis de este preparado desde el principio hasta el final se realiza en las fábricas.

Sin los métodos poderosos de la química la palabra "antibiótico" nunca hubiera conquistado tan amplia popularidad. Y sin éstos no se hubiera realizado esa verdadera revolución en la utilización de los medios medicamentosos y en el tratamiento de muchas enfermedades debida a los antibióticos.

[Volver](#)

### Los microelementos, vitaminas de las plantas

La palabra "elemento" tiene numerosas acepciones. Así se llaman, por ejemplo, los átomos de una misma especie que tienen la carga del núcleo igual. ¿Y qué son "microelementos"? Este nombre lo llevan los elementos químicos cuyo contenido en los organismos animales y vegetales es muy pequeño. Por ejemplo, el organismo humano contiene el 65% de oxígeno, cerca del 18% de carbono, 10% de hidrógeno. Estos son macroelementos, su contenido es grande.



Figura 60

En cambio, el titanio y el aluminio se presentan en cantidad de una milésima de por ciento cada uno; éstos sí que se pueden llamar microelementos.

En los albores de la bioquímica nadie prestaba atención a tales hechos. ¡Qué importancia podían tener no se sabe qué centésimas o milésimas de por ciento! En aquel entonces ni se sabía determinar esas cantidades.

La técnica y los métodos de análisis se perfeccionaban, y los científicos encontraban cada vez más elementos en los objetos vivos. Sin embargo, durante largo tiempo no se logró



establecer qué papel juegan los microelementos. Incluso ahora, a pesar de que el análisis químico permite determinar millonésimas y hasta cienmillonésimas partes de por ciento de impurezas prácticamente en cualesquiera muestras, incluso ahora no está clara la significación de muchos microelementos para la actividad vital de las plantas y de los animales.

No obstante, hoy ya sabemos algunas cosas. Por ejemplo, que en diferentes organismos están presentes tales elementos como cobalto, boro, cobre, manganeso, vanadio, yodo, flúor, molibdeno, zinc e incluso... radio. Sí, precisamente radio, aunque en cantidades infinitamente pequeñas.

A propósito, en la actualidad, en la composición del organismo humano se ha descubierto cerca de 70 elementos químicos, y hay fundamento para suponer que los órganos humanos contienen todo el sistema periódico. Además, cada elemento desempeña una función completamente determinada. Existe incluso un punto de vista conforme al cual muchas enfermedades son causadas por la alteración del equilibrio de los microelementos en el organismo.

En el proceso de fotosíntesis de las plantas juegan un papel importante el hierro y el manganeso. Si la planta se cultiva en un terreno que no contiene ni siquiera trazas de hierro, sus hojas y tallos serán blancos como papel. Pero basta rociar esta planta con una solución de sales de hierro, para que ésta pronto adquiera su color verde natural.

El cobre también es imprescindible para el proceso de fotosíntesis e influye en la asimilación de los compuestos nitrogenados por los organismos vegetales. Si la cantidad de cobre es insuficiente, las plantas forman muy mal las proteínas en cuya composición figura el nitrógeno

Los compuestos orgánicos complejos a base de molibdeno entran en forma de partes integrantes en distintos fermentos. Precisamente éstos contribuyen a la mejor asimilación del nitrógeno. La falta de la cantidad necesaria de molibdeno provoca a veces quemaduras en las hojas por acumularse en éstas gran cantidad de sales de ácido nítrico, las cuales, en ausencia de molibdeno, no se asimilan por las plantas. El molibdeno influye también en el contenido de fósforo en las plantas. En ausencia de molibdeno no se realiza la transformación de los fosfatos inorgánicos en orgánicos. La insuficiencia de molibdeno se manifiesta también en la acumulación de los pigmentos (materias colorantes) en las plantas: aparecen manchas y coloración pálida de las hojas.

Las plantas asimilan mal el fósforo en ausencia del boro. El boro contribuye también al mejor transporte de distintos azúcares por los sistemas de las plantas.

Los microelementos juegan un papel importante no sólo en los organismos vegetales, sino también en los animales. Resulta que la ausencia completa de vanadio en los alimentos de los animales causa la pérdida de apetito y hasta la muerte. Al mismo tiempo, el gran contenido de vanadio en la nutrición de los cerdos acarrea su rápido crecimiento y la formación de capas gruesas de grasa.

El zinc, por ejemplo, desempeña funciones importantes en el metabolismo y entra en la composición de los eritrocitos de los animales.

El hígado, si el animal (y el hombre) está en estado de excitación, envía a la circulación sanguínea manganeso, silicio, aluminio, titanio y cobre, mientras que durante la inhibición del sistema nervioso central manda manganeso, cobre y titanio, reteniendo silicio y aluminio. Además del hígado, en la regulación del contenido de microelementos en la sangre toman parte el cerebro, los riñones, los pulmones y los músculos.

La determinación del papel de los microelementos en los procesos del crecimiento y del desarrollo de las plantas y los animales es una tarea importante y de gran interés para la química y la biología. En un futuro próximo, esto, sin duda alguna, aportará resultados de suma trascendencia, abriendo para la ciencia un camino más en la creación de la segunda naturaleza.

[Volver](#)

**¡Qué comen las plantas y qué tiene que ver con ello la química!**

Ya los cocineros de la antigüedad eran famosos por sus éxitos culinarios. Las mesas de los palacios reales estaban repletas de platos exquisitos. Los hombres acaudalados se hacían melindrosos en la comida.

Las plantas, al parecer, eran mucho menos exigentes. En un desierto árido y en la tundra polar sobrevivían hierbas y arbustos. Sobrevivían, aunque eran de aspecto flácido y consumido.



Figura 61

Algo era necesario para su desarrollo. ¿Pero qué? Este misterioso "algo" los científicos lo buscaron durante largos años. Experimentaban y discutían los resultados.

Pero no hubo claridad.

La respuesta fue encontrada a mediados del siglo pasado por el célebre químico alemán Justus von Liebig. A él le ayudó el análisis químico. El científica "descompuso" las más diversas plantas en elementos químicos aislados. Al principio resultaron ser relativamente pocos. Nada más que diez: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, calcio, potasio, fósforo, azufre, magnesio y hierro. Pero esta decena hacía agitarse el verde océano del planeta Tierra.

De aquí se desprendía: para vivir, las plantas deben de cualquier modo asimilar, "comer", dichos elementos.

¿Cómo, precisamente? Dónde están los almacenes de alimentos para las plantas?

En el suelo, en el agua y en el aire.

Pero ocurrían cosas asombrosas. En unos suelos la planta se desarrollaba impetuosamente, florecía y daba frutos. En otros, se ahilaba, se marchitaba y se ponía inválida, enclenque. La causa estaba en que en estos suelos faltaban ciertos elementos.

Los hombres, ya antes del descubrimiento de Liebig, conocían otra cosa. Si en el mismo suelo, por fértil que fuese, año tras año, se siembran las mismas plantas agrícolas, la cosecha disminuye cada año.

El suelo iba agotándose. Las plantas "se comían" gradualmente todas las reservas de elementos químicos necesarios que en éste habían.

El suelo necesitaba "alimentación" adicional; necesitaba que se introdujeran sustancias deficitarias, en una palabra: abonos. Estos ya se empleaban en los tiempos antiguos, se aplicaban por intuición, basándose en la experiencia de los antepasados.

Liebig elevó la utilización de los fertilizantes al rango de ciencia. Así surgió la agroquímica. La química se convirtió en una sirvienta de la fitotecnia. Ante ella se planteó el problema de enseñar al hombre a aprovechar correctamente los abonos conocidos e inventar nuevos.

Ahora se utilizan decenas de diferentes abonos. Entre ellos, los principales son los de potasio, nitrógeno y fósforo. Pues precisamente el potasio, nitrógeno y fósforo son elementos sin los cuales no puede crecer ninguna planta.

[Volver](#)

### **Una pequeña analogía o cómo los químicos alimentaron las plantas con potasio**

... Hubo tiempos, en que el uranio, tan célebre ahora, se ubicaba modestamente en el rinconcito más apartado del campo de la química. Tan sólo el teñido de los vidrios y la fotografía mostraban por él cierto interés discreto. Después, en las menas de uranio fue descubierto el radio. A partir de miles de toneladas de estas menas se extraía una partícula minúscula de metal argentino. Y los desechos, que contenían una enorme cantidad de uranio, seguían amontonándose en los almacenes de las fábricas. No obstante, en fin de cuentas, le llegó la hora al uranio. Se puso de manifiesto que precisamente es este elemento el que le da al hombre poder para la utilización de la energía atómica. Los desechos se convirtieron en algo precioso.

... Desde tiempos muy remotos se conocían los yacimientos de sales de Stassfurt alemanes. Estos contenían muchas sales, principalmente potásicas y sódicas. La sal sódica, sal común, encontraba una aplicación inmediata. En cambio, las sales de potasio se desechaban sin compasión alguna. Cerca de las minas se amontonaban montañas de estas sales. La gente no sabía qué hacer con ellas. La agricultura estaba sedienta de abonos potásicos, pero los desechos de Stassfurt no se podían aprovechar porque contenían mucho magnesio. Y este elemento, útil para las plantas en dosis pequeñas, en grandes cantidades resultaba pernicioso.

Aquí es donde ayudó la química, encontrando un procedimiento sencillo para purificar las sales potásicas del magnesio. Y las montañas que rodeaban las minas de Stassfurt empezaron a "derretirse" prácticamente ante los ojos. Los historiadores de la ciencia comunican el siguiente hecho: en 1811 en Alemania se construyó la primera fábrica para elaborar las sales potásicas. Al año siguiente ya eran cuatro, y en 1872 treinta y tres fábricas alemanas elaboraron más de medio millón de toneladas de sal cruda.

Poco tiempo después en muchos países fueron creadas empresas para producir abonos potásicos. Ahora, en muchos países, la extracción de materia prima potásica supera muchas veces la obtención de la sal común.

[Volver](#)

### **"Catástrofe del nitrógeno"**

Aproximadamente cien años después del descubrimiento del nitrógeno, uno de los eminentes microbiólogos escribía: "Desde el punto de vista biológico general, el nitrógeno es más valioso que los más raros de los metales nobles". Y tenía plena razón, puesto que, prácticamente, el nitrógeno es parte integrante de cualquier molécula proteínica, tanto vegetal, como animal. Sin nitrógeno no hay proteínas. Y sin proteínas no hay vida. Engels dijo que la "vida es la forma de existencia de cuerpos proteínicos".

Para formar moléculas proteínicas las plantas necesitan nitrógeno. Pero, ¿de dónde lo sacan? El nitrógeno se distingue por su poca actividad química. En condiciones normales no entra en reacciones. Por consiguiente, las plantas no pueden aprovechar el nitrógeno atmosférico. Resulta como en el proverbio: "lo verás, pero no lo catarás". En consecuencia, el almacén de las plantas es el suelo. Pero, por desgracia, un almacén con reservas bastante escasas, ya que en el suelo hay pocos compuestos nitrogenados. Por esta razón el suelo despilfarra pronto su nitrógeno y es necesario enriquecer el suelo complementariamente con este elemento, o sea, introducir abonos nitrogenados.

*Figura 62*

En la actualidad el término "nitro de Chile" pertenece ya a la historia. Sin embargo, hace unos setenta años estas palabras estaban muy en boga.

En los vastos espacios de la República de Chile se extiende el triste desierto de Atacama. Se extiende a miles de kilómetros. A primera vista es un desierto como otro cualquiera, pero una circunstancia interesante lo distingue de todos los demás desiertos del globo terráqueo: bajo una capa delgada de arena se encuentran enormes yacimientos de nitrato sódico, o salitre. Estos yacimientos se conocían desde hace mucho, pero se puede decir que se acordaron de ellos por vez primera cuando en Europa comenzó a escasear la pólvora, pues antes para producirla se empleaba carbón, azufre y salitre.

De inmediato se organizó una expedición para traer el producto de ultramar. Mas toda la carga la tuvieron que echar por la borda, porque se averiguó que para la producción de la pólvora sólo era conveniente el salitre potásico. El salitre sódico absorbía ávidamente la humedad del aire, la pólvora se recalaba siendo imposible utilizarla.

Esta no era la primera vez que los europeos tuvieron que echar por la borda los productos de ultramar. En el siglo XVII, a las orillas del río Pinto fueron encontrados granos de un metal blanco que recibió el nombre de platino. El platino apareció en Europa en 1735. Pero nadie sabía, en realidad, qué hacer con este metal. De los metales nobles en aquel entonces sólo se conocían el oro y la plata. El platino no encontró demanda. Pero hubo granujas que se fijaron en que los pesos específicos del oro y del platino son cercanos entre sí. Valiéndose de esta circunstancia, empezaron a añadir platino al pro que se destinaba para el acuñado de monedas. Esto ya era falsificación. El gobierno español prohibió la importación de platino y las reservas de este metal que ya quedaron en el Estado, fueron reunidas y, en presencia de numerosos testigos, sumergidas en el mar.

Pero la historia del nitro de Chile no terminó así. Este salitre resultó ser un magnífico fertilizante nitrogenado, que la naturaleza puso benévolamente a la disposición del hombre. No se conocían otros abonos nitrogenados en aquel tiempo. Empezó la elaboración intensa de los yacimientos naturales del salitre sódico. Cada día abandonaban el puerto chileno de Iquique barcos que llevaban a todos los rincones del mundo este valioso fertilizante.

En 1898 el mundo fue conmovido por el presagio lúgubre del famoso sir William Crookes. En uno de sus discursos vaticinaba a la humanidad una muerte por penuria de nitrógeno. Anualmente, los campos pierden nitrógeno que es llevado junto con la cosecha. Y las reservas del nitro de Chile van disminuyendo. Los tesoros del desierto Atacama resultaron ser una gota en el mar.

Entonces, los científicos se acordaron de la atmósfera. Se puede decir que el primer hombre que prestó atención a las inmensas reservas de nitrógeno atmosférico fue el eminente científico ruso Kliment Arkádievich Timiriázev. Timiriázev confiaba profundamente en la

ciencia y en la fuerza del genio humano. No compartía los temores de Crookes. Timiriázev estimaba que la humanidad vencería la catástrofe de nitrógeno y saldría de la crisis. Y tenía razón. Ya en 1908 los científicos Birkeland y Eyde realizaron en Noruega, a escala industrial, la fijación del nitrógeno atmosférico mediante el arco eléctrico.

Aproximadamente en este mismo período, en Alemania, Haber elaboró el método de obtención de amoníaco a partir del nitrógeno e hidrógeno. Así fue resuelto definitivamente el problema del nitrógeno combinado, tan necesario para la nutrición de las plantas. La atmósfera contiene gran cantidad de nitrógeno libre: los científicos calcularon que si todo el nitrógeno atmosférico se convirtiera en fertilizante, esta cantidad bastaría a las plantas para más de un millón de años.

[Volver](#)

### **¡Exento de vida! No, de ningún modo**

Varios años después del descubrimiento en el aire de un gas reconocido como sustancia independiente, Lavoisier propuso denominarlo "aire mefítico" y más tarde "ázoe" que en griego significa "sin vida". La causa de tales denominaciones radicaba en que se mostró incapaz de sostener tanto la respiración como la combustión. Hasta ahora, el elemento N° 7 conocido como nitrógeno ("que engendra nitro") en algunos idiomas (en particular, en ruso y en francés) sigue llevando este nombre. Y durante muchos años este nombre parecía ser justo.

Al fin y al cabo los científicos se convencieron de que el nitrógeno sin duda es indispensable para la vida, pero puede aprovecharse sólo en forma fijada, sólo combinado. Unicamente algunas bacterias nodulares que viven en las raíces de las plantas leguminosas poseen la propiedad, única en su género, de asimilar el nitrógeno libre.

Así, aproximadamente, se afirmaba en todas las partes donde se trataba de nitrógeno y de sus propiedades, y se añadía, además, que por cuanto el nitrógeno gaseoso, libre, no sostiene la vida, el organismo no lo necesita.

No obstante, se logró refutar esta opinión categórica. Como trastornador de esta tesis que parecía indiscutible se presentó el científico soviético M. Volski.

Este científico puso al descubierto y demostró algo sorprendente: las plantas y los animales superiores son capaces de asimilar el nitrógeno molecular directamente a partir del aire. Pero es más, de ningún otro modo pueden desarrollarse normalmente.

Volski realizó numerosos experimentos. Por ejemplo, comparaba el peso y la composición de un huevo de gallina y los de un pollo recién salido del huevo que no había recibido aún ningún alimento. Resultó que en el pollo había más nitrógeno que en el huevo. Por consiguiente, este nitrógeno adicional el embrión lo asimiló del aire.

Después, el científico "marcó" el nitrógeno. Sustituyó parte del nitrógeno atmosférico por su isótopo con el peso atómico 15. El huevo no contenía este isótopo, pero en el pollo fue descubierto. En lugar de huevos de gallina el investigador tomaba los de paloma y codorniz; el resultado era el mismo: los embriones asimilaban el nitrógeno directamente a partir del aire. Luego Volski pasó al estudio de las ninfas de las abejas, del maíz y de otros objetos del mundo animal y vegetal. Y en todos los casos, sin excepción, encontraba demostraciones del hecho de que el organismo asimilaba el nitrógeno atmosférico.

Entonces surgió la pregunta: Hasta qué punto el nitrógeno del aire es necesario para el desarrollo del organismo? El científico tomó dos partidas de huevos de gallina. Una pasó su período de incubación en la atmósfera común y corriente y la otra en el aire cuyo nitrógeno casi por completo fue sustituido por la cantidad correspondiente de argón. La diferencia era para quedarse estupefacto. Los pollos que se desarrollaban en el aire de "argón" nacían deficientes y muy pronto morían. Más tarde los científicos lograron demostrar que el nitrógeno afecta directamente el proceso de formación del sistema vascular del embrión. Según la opinión de varios bioquímicos alemanes el hombre también es capaz, en cierto grado, de asimilar el nitrógeno. Es posible que el hombre no pueda vivir un período

prolongado en una atmósfera privada por completo de nitrógeno. Es muy importante tener en cuenta esta circunstancia en la organización de los vuelos cósmicos prolongados. Tenemos pleno derecho para incluir el descubrimiento de Volski entre los más notables de nuestro siglo. Pero es necesario seguir estudiando su esencia intrínseca, el propio mecanismo de fijación del nitrógeno molecular del aire por los organismos, porque en este sentido quedan muchos problemas por aclarar.

La llave para descubrir los enigmas la pueden dar los trabajos de otro científico soviético, M. Volpin, que investigó (empleamos el lenguaje químico) los procesos de fijación del nitrógeno en condiciones suaves. Para que se entienda mejor lo que queremos decir, añadimos que, por ejemplo, no se puede llamar de ningún modo suaves las condiciones en que se desarrolla la síntesis industrial del amoníaco, pues en ésta se aplican presiones de centenas de atmósferas y temperaturas de centenas de grados.

Volpin y sus colaboradores, en el curso de las investigaciones que duraron muchos años, demostraron que algunos compuestos complejos de los metales transitorios: cobalto, titanio, molibdeno, rutenio e iridio, pueden fijar el nitrógeno atmosférico incluso a temperatura ambiente. Se supone que en los organismos vegetales y animales es enorme el papel que desempeñan los compuestos complejos. Es muy posible que sean precisamente los complejos los que contribuyen a la asimilación del nitrógeno del aire. Pues ya se ha demostrado que el pigmento de los microorganismos (pariente cercano de la hemoglobina) forma con el nitrógeno un compuesto bastante estable.

[Volver](#)

### **¿Para qué se necesita el fósforo?**

Justus von Liebig consideraba que las plantas pueden absorber el nitrógeno atmosférico. El suelo es necesario abonarlo sólo con potasio y fósforo. Pero precisamente con estos elementos no tuvo suerte. Su "abono patentado" cuya preparación asumió una de las casas inglesas no acarrea aumento de cosecha. Sólo transcurridos muchos años Liebig entendió y reconoció abiertamente su error. Este utilizaba fosfatos insolubles, por tener miedo de que los bien solubles serían lavados del suelo por las aguas pluviales. Pero resultó que las plantas no pueden asimilar fósforo a partir de fosfatos insolubles. Y el hombre tuvo que preparar para las plantas una especie de "semiproducto".

Cada año las cosechas en todo el mundo extraen de los campos cerca de 10 millones de toneladas de ácido fosfórico.

¿Para qué necesitan las plantas el fósforo? Este no forma parte de las grasas, ni de los hidratos de carbono. Además, muchas moléculas proteínicas, sobre todo las más simples, también contienen fósforo. Pero todos estos compuestos simplemente no se pueden formar sin fósforo.

La fotosíntesis no es la mera síntesis de los hidratos de carbono a partir del anhídrido carbónico y el agua, que la planta efectúa sin ningún esfuerzo, como jugando. Es un proceso complicado. La fotosíntesis se desarrolla en los llamados cloroplastos, que son "órganos" peculiares de las células vegetales. Precisamente en la composición de los cloroplastos entran muchos compuestos de fósforo. Con una aproximación muy burda se puede figurar los cloroplastos como el estómago de un animal en que se realiza la digestión y asimilación de los alimentos, pues ellos son los que entran en contacto directo con los "ladrillos" constructivos de las plantas: el anhídrido carbónico y el agua.

La asimilación por la planta del anhídrido carbónico a partir del aire se verifica mediante compuestos fosfóricos. Los fosfatos inorgánicos convierten el gas carbónico en aniones de ácido carbónico que luego se dirigen para la construcción de moléculas orgánicas complejas. Naturalmente, no se limita con ello el papel del fósforo en la actividad vital de las plantas. Además, no se puede decir que está revelada por completo su importancia para las plantas. Sin embargo, incluso lo que se conoce, muestra el papel importante del fósforo para su actividad vital.

[Volver](#)

### Guerra química

Es una verdadera guerra. Sólo que sin cañones y tanques, sin cohetes y bombas. Es una guerra "silenciosa", a veces invisible en muchos de sus rasgos, es una guerra a muerte. Y la victoria en esta guerra significa dicha para todos los hombres.



Figura 63

Cuánto daño, por ejemplo, causa un moscardón común y corriente? Resulta que esa criatura malvada, sólo en la URSS causa estragos calculados en millones de rublos. ¿Y las malas hierbas? Su existencia cuesta a los EE.UU. cuatro mil millones de dólares. O, por ejemplo, la langosta, esa calamidad, esa plaga, que convierte campos florecientes en tierra desierta y privada de vida. Si se calcula todo el daño que causan a la agricultura los expoliadores vegetales y animales en un solo año, obtendremos una suma inconcebible. ¡Con este dinero se podría alimentar gratuitamente, durante un año entero, 200 millones de personas! ¿Qué significa el sufijo "cida"? Se traduce como "matador". Y los químicos se preocuparon por la creación de todo tipo de "cidas". Crearon insecticidas, que "matan insectos"; zoocidas, que "matan roedores"; herbicidas, que "matan hierbas". Todos estos "cidas" encuentran ahora aplicación muy vasta en la agricultura.

Antes de la segunda guerra mundial, por lo general, se utilizaban ampliamente sustancias químicas tóxicas inorgánicas. Todas las especies de roedores, insectos y hierbas malas se trataban con preparados venenosos de arsénico, azufre, cobre, bario, flúor y muchos otros. Sin embargo, ya a mediados de los años cuarenta, se difundió con más intensidad el empleo de sustancias tóxicas orgánicas. Esta "inclinación" hacia los compuestos orgánicos fue hecha con plena conciencia. El asunto radica no sólo en que resultaron menos nocivos para el hombre y los animales de corral. Estos compuestos son más universales y se necesitan en cantidades menores que los inorgánicos para producir el mismo efecto. Así, por ejemplo, una sola millonésima parte de gramo de polvo de D.D.T. por un centímetro cuadrado de superficie líquida por completó algunos insectos.

En el uso de las sustancias tóxicas orgánicas también ocurrían cosas curiosas. En la actualidad se considera sustancia tóxica eficaz el hexaclorano (hexaclorociclohexano), pero de seguro pocos conocen que esta sustancia fue obtenida por Faraday en 1825. Más de cien años los químicos estudiaron el hexaclorano sin sospechar siquiera sus cualidades maravillosas. Y sólo después del año 1935, cuando asumieron su estudio los biólogos, este insecticida empezó a prepararse a escala industrial. Ahora se estiman como mejores insecticidas los compuestos orgánicos de fósforo, por ejemplo, la fosfamida o el preparado M-81.



Hasta hace poco se empleaban para la protección de los vegetales y animales preparados de acción externa. Pero juzgue Ud. mismo: cae la lluvia o pasa una ráfaga de viento y la sustancia protectora desaparece. Hace falta comenzar todo de nuevo.

Los científicos se plantearon otro problema, el de introducir las sustancias tóxicas químicas dentro del organismo que se defiende, de modo semejante a como se hacen inoculaciones a las personas y éstas no temen ya a las enfermedades. Apenas los microbios penetran en tal organismo, son aniquilados inmediatamente por los "guardianes invisibles de la salud" que surgieron en el organismo como resultado de la introducción de la vacuna.

Resultó completamente posible crear sustancias químicas tóxicas de acción interna. En este caso los científicos pusieron en juego la estructura diferente de los organismos de los insectos parásitos y de las plantas. Una sustancia tóxica de esta índole es inofensiva para las plantas, pero representa un veneno mortífero para los insectos.

La química protege las plantas no sólo contra los insectos, sino también contra las hierbas malas. Se crearon los llamados herbicidas que ejercen una influencia inhibitoria en las hierbas malas, pero prácticamente no impiden el desarrollo de los cultivos.

Por extraño que parezca, se puede decir que fueron los abonos los que se presentaron como los primeros herbicidas. Los agricultores prácticos ya hace mucho notaron que si se introducen en los campos cantidades elevadas de superfosfato o de sulfato potásico, se inhibe el crecimiento de las hierbas malas, mientras que los cultivos siguen desarrollándose intensamente. Pero en la esfera de los herbicidas, al igual que en la de insecticidas, el papel definitivo pertenece a los compuestos orgánicos.

[Volver](#)

### **Ayudantes del agricultor**

El chico cumple 16 años y se puede decir que por primera vez en su vida entra en la sección de perfumería. No es la mera curiosidad lo que lo lleva a este lugar, sino la necesidad. Ya le comienza a crecer el bigote y ,llega el tiempo de afeitarse.

Para los novatos es una operación bastante interesante pero pasan diez o quince años y parece ya tan aburrida que a veces dan ganas de dejarse crecer la barba.

Mire, por ejemplo, la hierba, esa que crece en las vías férreas y que de ningún modo puede permitirse. De año en año los ferroviarios tienen que "afeitarla" con hoces y guadañas. Pero imagínese Ud. el ferrocarril Moscú - Jabárovsk. Son nueve mil kilómetros. Para segar la hierba en toda su extensión y, además, varias veces durante el verano, se necesitarán casi mil obreros.

¿Es que no se puede inventar algún procedimiento químico para "afeitarla"? Resulta que se puede.

Para segar la hierba que crece en una hectárea se necesita una ,jornada de trabajo de 20 personas. Los herbicidas efectúan la "operación liquidadora" en la misma superficie en varias horas. Además, la hierba se extirpa por completo.

Sabe Ud. qué son los defoliantes? "Folio" significa hoja. Defoliante es una sustancia que provoca la caída de las hojas. La aplicación de los defoliantes dio la posibilidad de mecanizar la recolección del algodón. De año en año, de siglo en siglo, los hombres acudían a los algodones para recoger a mano esta planta. El que no ha visto la recolección manual del algodón, a duras penas puede figurarse cuán difícil es este trabajo que además se realiza en la estación de un bochorno insoportable de 40-50°C.

Ahora todo sucede de un modo mucho más sencillo. Unos días antes de que las cápsulas con borra se abran, las plantaciones de algodón se tratan con defoliantes. El más simple de ellos es el  $Mg(ClO_3)_2$ . Las hojas de los arbustos algodoneiros caen y en los campos empiezan a trabajar las cosechadoras de algodón. A propósito, en calidad de defoliante puede usarse el  $CaCN_2$ , lo que significa que, al tratar los arbustos con esta sustancia, en el suelo se introduce complementariamente abono nitrogenado.



*Figura 64*

Pero la química fue más adelante aún en su ayuda a la agricultura, en la "corrección" de la naturaleza. Los químicos descubrieron las llamadas auxinas, aceleradores de crecimiento de las plantas. Verdad es que al principio sólo naturales. Los químicos aprendieron a sintetizar las auxinas más simples, por ejemplo, la heteroauxina, en sus laboratorios. Estas sustancias no sólo aceleran el crecimiento, el florecimiento y la fructificación de las plantas, sino también aumentan su resistencia y capacidad vital. Además, se averiguó que la aplicación de las auxinas en concentraciones elevadas produce un efecto diametralmente opuesto, es decir, inhibe el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

En este caso se observa una analogía casi completa con las sustancias medicamentosas. Así, se conocen preparados medicinales que contienen arsénico, bismuto y mercurio, sin embargo, en concentraciones grandes (mejor dicho, elevadas) todas estas sustancias son venenos.

Las auxinas, por ejemplo, pueden prolongar en grado considerable los plazos de florecimiento de las plantas decorativas, en primer lugar, de las flores. Pueden inhibir el brotamiento de las yemas y el florecimiento de los árboles durante las súbitas heladas primaverales, etc., etc. Por otra parte, en las regiones frías donde el verano es corto esto permitirá obtener con métodos "acelerados" cosechas de muchas frutas y hortalizas. Aunque estas propiedades de las auxinas no se han realizado aún a gran escala y representan tan sólo experimentos de laboratorio, no cabe duda que en un futuro próximo ante los ayudantes de los agricultores se abrirá un camino real.

He aquí otro hecho que no carece de interés. Los químicos australianos descubrieron un preparado capaz de secar las hierbas y convertirlas en heno, por así decirlo, "a raíz". Esto significa que el acopio de forrajes no dependerá del tiempo.

[Volver](#)

### **Los fantasmas sirven al hombre**

Le damos a conocer un hecho que puede causar sensación en la prensa: a un eminente científico sus colegas como reconocimiento a sus méritos le obsequian un jarrón... de aluminio. Naturalmente, cualquier regalo merece gratitud. Mas ... regalar un jarrón de aluminio... ¡Qué excelente material para notas irónicas!

Así sucede hoy en día. Pero cien años atrás un regalo como ése era cosa muy generosa. En efecto, tal regalo fue hecho por los químicos ingleses, y no a un fulano cualquiera, sino a Dmitri Ivánovich Mendeléiev en persona. En señal de reconocimiento por sus grandes servicios a la ciencia. ¡Ve Ud. qué relativo es todo en el mundo! En el siglo pasado no se conocía un procedimiento barato de obtención de aluminio a partir de sus menas, por cuya

razón este metal era muy caro. Cuando ese procedimiento fue encontrado, los precios bajaron vertiginosamente.

Muchos elementos del sistema periódico siguen siendo caros hasta ahora. Este hecho limita con frecuencia su aplicación. Pero estamos seguros de que sólo hasta cierto tiempo. La química y la física más de una vez realizarán una "rebaja de precios" de los elementos. La realizarán obligatoriamente, ya que a medida que avanzamos, la práctica incorpora a la esfera de su actividad más y más elementos de la tabla de Mendeléiev.

Pero entre ellos hay aquéllos que o bien no se encuentran por completo en la corteza terrestre, o bien se hallan en cantidades tan pequeñas que se pueden considerar ausentes en ésta. Por ejemplo, el astato y el francio, el neptunio y el plutonio, el prometio y el tecnecio. . .

No obstante, se pueden preparar artificialmente. Y apenas el químico tiene entre sus manos un elemento nuevo, comienza a pensar en su aplicación práctica.

Por ahora, entre los elementos artificiales el más importante es el plutonio. En la actualidad, su producción mundial supera la obtención de muchos elementos "ordinarios" del sistema periódico. Añadimos que los químicos consideran el plutonio entre el número de los elementos más estudiados, aunque es aún "menor de edad", tiene un poco más de 25 años. Esto no es casual, pues el plutonio es un magnífico "combustible" para los reactores nucleares, que en nada es inferior al uranio.

En algunos satélites de la Tierra norteamericanos sirvieron de fuente de energía el americio y curio. Estos elementos se distinguen por una radiactividad poderosa. Durante su desintegración se desprende mucho calor que por medio de termopares se transforma en electricidad.

¿Y qué podemos decir respecto al prometio que hasta ahora no ha sido encontrado en menas terrestres? Con su participación fueron creadas baterías diminutas cuyas dimensiones apenas superan el tamaño de la cabeza de un chinche común y corriente. Las baterías químicas, en el mejor de los casos, sirven no más de medio año. Una batería atómica de prometio trabaja sin tregua durante cinco años. Su aplicación es bastante amplia: desde aparatos auditivos hasta los proyectiles dirigidos.

El astato está dispuesto a ofrecer sus servicios a los médicos para luchar contra las enfermedades del tiroides. En la actualidad, se hacen intentos de curarlas haciendo uso de emisiones radiactivas. Se sabe que esta glándula es susceptible de acumular yodo, y el astato es el análogo químico del yodo. El astato introducido en el organismo se concentrará en la glándula tiroides y para sus propiedades radiactivas llegará el tiempo de pronunciar su palabra.

De todo lo dicho se deduce que algunos elementos artificiales no son de ningún modo inútiles para las necesidades prácticas, aunque sirven al hombre unilateralmente. Los hombres pueden aprovechar solamente sus propiedades radiactivas. El turno de las particularidades químicas aún no ha llegado. La única excepción es el tecnecio. Las sales de este metal, como se averiguó, pueden hacer resistentes a la corrosión artículos de acero y de hierro.

[Volver](#)

### Otra vez el sol

¿Por qué brilla el Sol? Esta pregunta, que no es en modo alguno retórica, podría servir de epígrafe al hablar de la química de nuestro Lucero diurno.

En la actualidad ya sabemos que la química del Sol es una química peculiar, pues los procesos que transcurren en nuestro Lucero, y que lo hacen brillar en el cielo durante miles de millones de años, no tienen nada de común con las reacciones químicas corrientes. La química del Sol son transformaciones nucleares, interacciones de los núcleos, cuyo resultado es la liberación de cantidades gigantescas de energía.

Hubo un tiempo en que los hombres adoraban el Sol como una divinidad. Vieron en el Sol el origen de todo lo vivo. Pero estas cándidas creencias en general correspondían a la verdad,

pues de haberse extinguido súbitamente el Sol, indiscutiblemente que la vida desaparecería de la Tierra.

Sabemos, aproximadamente, cuántos años hace que existe el Sol. En cambio, no es tan fácil contestar a la pregunta de cuántos años seguirá existiendo. Pero los científicos calcularon con precisión que cada centímetro cuadrado de la superficie solar en un solo segundo irradia 1500 calorías de calor vivificante.

Sin embargo, al principio, cuando la ciencia decidió en serio explicar la fuente de la energía solar, se suponía que en el Sol se desarrollan reacciones químicas de combustión de inaudita envergadura. Aunque muy pronto un cálculo exacto lo dejó todo en su lugar. Incluso en el caso de que el Sol estuviera compuesto de combustible de la mejor calidad que sólo se puede imaginar, se consumiría muy pronto. Además, ni siquiera podría crear la temperatura tan alta que existe en su superficie y que se calcula en unos 6000 grados.

Lo dicho pone ya de manifiesto que la fuente de energía del Sol no es de naturaleza química. Los físicos trataron de encontrar la explicación. El célebre científico alemán Helmholtz, a finales del siglo pasado, discurría de la siguiente manera. Al principio el Sol era frío y tenía un volumen enorme que no se podía comparar con el actual. Por acción de la fuerza de gravedad empezó a comprimirse y, en este proceso, comenzó a calentarse. En este incesante proceso de compresión que no se ha interrumpido hasta ahora, Helmholtz vio la fuente de la energía solar. Esta idea emocionó por algún tiempo las mentes, pero el cálculo exacto demostró que era también inconsistente. Si se toma en consideración la cantidad de calor que el Sol emite con tanta generosidad, resulta que en el curso de su compresión, independientemente del volumen inicial, debería haber adquirido su tamaño actual hace ya veinte millones de años. Pero la vida en la Tierra existe hace unos tres mil millones de años. Helmholtz, uno de los físicos más grandes del siglo pasado, se equivocó.

El que más se acercó a la verdad fue un químico y, además, de gran renombre. Se trata del fundador de la teoría de disociación electrolítica, el científico sueco Svante Arrhenius. En 1923 enunció que existe una sola posibilidad, para explicar la inconcebible prodigiosidad energética del Sol, posibilidad que consiste en la suposición de que en el Sol se opera una condensación *suí generis* de los átomos de hidrógeno en más pesados. En el curso de estos procesos se desprende una enorme energía, que, hablando con propiedad, hace del Sol nuestro Lucero.

¿Era ésta una conjetura genial? Sin duda alguna. Sin embargo, necesitaba ser plasmada, por así decirlo, en forma más material, de carne y hueso, necesitaba una revelación del mecanismo intrínseco de los procesos. Los científicos se ocuparon precisamente de este problema.

[Volver](#)

### ¡De qué se compone el sol!

Cabe señalar que ya hace mucho los científicos se interesaron por este problema. Poco tiempo después de que fuera descubierto el análisis espectral, el espectro solar pasó a ser objeto de la más alta atención. Los descubrimientos sensacionales no se hicieron esperar. Ya hemos hablado sobre el descubrimiento del helio.

Más tarde se puso de manifiesto que el helio, junto con el hidrógeno, es el componente predominante del Sol, aunque cede al hidrógeno, cuya parte es cinco veces mayor. Pero, en general, el contenido de estos elementos supera 1000 veces el de los demás tomados en conjunto. En el Sol, es relativamente grande la proporción de oxígeno y nitrógeno, a éstos les siguen el magnesio, silicio, hierro, sodio, potasio, calcio, aluminio y carbono. En total, los científicos determinaron la presencia de cerca de 60 elementos químicos y entre ellos figura, por ejemplo, un elemento tan raro como el torio.

De por sí surge la pregunta: ¿De dónde procede esta diversidad? ¿Es que existía desde los tiempos inmemorables o es que todos estos elementos se formaron gradualmente, debido a los procesos de fusión de los núcleos ligeros en pesados, es decir, como resultado de procesos que ahora se llaman termonucleares? Precisamente en este sentido orientaba la

hipótesis de Arrhenius. Mas, ya a mediados de los años veinte los científicos se daban cuenta de que la fusión de los núcleos, si es que tiene lugar de hecho, necesita temperaturas verdaderamente fantásticas. No de 6000 grados, sino de millones y decenas de millones de grados.

Mas para entender de dónde aparecen estas temperaturas, era indispensable esclarecer el mecanismo de la síntesis termonuclear más simple, o sea, el mecanismo de formación de los núcleos de helio a partir de los núcleos de hidrógeno. A la par, era preciso establecer si el calor, que se libera en este caso, basta para que se pueda fundamentar la riqueza energética del Sol. De este modo surgió un nexo entre dos problemas: el de la génesis de los elementos y el de la fuente de la energía solar.

[Volver](#)

## Dos mecanismos

Al principio se supuso que la formación de helio a partir del hidrógeno transcurre del siguiente modo. Dos protones (núcleos del átomo de hidrógeno) se fusionan; este sistema, de por sí, es inestable y uno de los protones se transforma en neutrón. De este modo surge el núcleo del isótopo pesado de hidrógeno, deuterio. El deuterio y un nuevo protón forman un isótopo raro de helio con el número másico 3. Dos núcleos similares de helio, al interactuar entre sí, dan el isótopo corriente de helio, helio-4, y un protón.

Esto es fácil suponer y difícil demostrar. Recordemos que el Sol en un segundo derrama de un centímetro cuadrado de su superficie 1500 calorías. Esto es posible sólo en el caso de que la temperatura de sus entrañas alcance 20 millones de grados. A esta conclusión llegó el científico alemán Hans Bethe.

Mientras tanto, el proceso de formación del helio, a partir de hidrógeno (se llama cadena proton-protón) antes descrito, transcurre a 10 millones de grados.

Pero ¿qué significa este hecho? Que en condiciones análogas no se pueden formar elementos más pesados que el helio y que la verdadera fuente de la energía solar sigue siendo insuficiente. Cualquiera que fuese el camino emprendido, éste convencía de que las entrañas del Sol necesitaban un calentamiento adicional.

Bethe ofreció otra salida a esta situación.

Al parecer, razonaba el científico, la transformación del helio en hidrógeno en el Sol puede realizarse no sólo mediante la cadena protón-protón, sino también por otra vía. He aquí el cuadro que dibujó Bethe. En el Sol existe carbono. Su isótopo, carbono-12, choca con el protón. Es fácil entender que se forma un nuevo núcleo cuya carga es mayor en una unidad. Este núcleo pertenece al átomo de nitrógeno con el número másico 13, que es inestable y se desintegra rápidamente, transformándose de nuevo en carbono. Pero no en carbono-12 inicial, sino en carbono-13.

Este es el primer paso del proceso.

El segundo paso comienza con el carbono-13, que a su vez, entra en interacción con el protón. Es fácil entender que vuelve a formarse el núcleo de nitrógeno, pero esta vez de nitrógeno-14. Este es el isótopo corriente y estable que tanto abunda en la atmósfera terrestre. El segundo paso está realizado, termina la segunda etapa del proceso.

Los protagonistas de la tercera etapa son el nitrógeno-14 y el protón. El balance del proceso es el isótopo de oxígeno con el número másico 15. Este isótopo de oxígeno es radiactivo y, al desintegrarse, otra vez engendra nitrógeno, pero esta vez su isótopo más pesado y estable, el nitrógeno-15.

El proceso culmina en la cuarta etapa. El protón vuelve a ofrecer sus servicios, pero los acontecimientos, en este caso, toman otro curso. Apenas el protón se hubo fusionado con el nitrógeno-15, el núcleo compuesto que se forma emite inmediatamente la partícula alfa, que es el núcleo del helio, y se transforma en el núcleo del carbono-12 inicial. De este modo resulta que este último desempeña el papel de un peculiar catalizador nuclear.

Este complejo proceso multietápico recibió el nombre de ciclo del carbono-nitrógeno. En su curso el núcleo de carbono pasa por cuatro reacciones sucesivas con los protones y, como

resultado, se transforma tres veces en nitrógeno; una vez, en oxígeno, y, en fin de cuentas, en el isótopo inicial de carbono y el núcleo de helio.

Todo este ciclo admirable de reacciones nucleares dura un período muy largo. Tienen que transcurrir 5 millones de años antes de que el núcleo de carbono-12, después de todas las transformaciones, vuelva a convertirse en este mismo núcleo. El hecho reside en que sólo una colisión con el protón entre muchas puede dar inicio a la reacción nuclear. Son muy raras las colisiones que dan un resultado favorable.

Los 20 millones de grados exigidos se consiguen. Mas, lamentablemente, incluso en estas condiciones la síntesis de los elementos no pasa más allá de la formación de helio. Pero esta cuestión necesita ya un examen especial.

Cuando los físicos aprendieron a realizar en los laboratorios diferentes reacciones nucleares, lograron también reproducir por separado cada una de las etapas del ciclo del carbono-nitrógeno. Necesitaron para ello muy poco tiempo, pues los aceleradores permiten comunicar a los protones tanta energía que supera considerablemente la energía de éstos en las condiciones naturales del Sol. Por esta razón crece inmensamente la probabilidad de colisiones favorables.

[Volver](#)

### ¡Es que Hans Bethe tenía razón!

El esquema del ciclo del carbono-nitrógeno propuesto por Bethe para las transformaciones nucleares llegó a ser clásico. Los astrofísicos que sugerían teorías de la procedencia de los elementos se vallan ampliamente de este esquema. Este se citaba en los manuales. Daba coincidencia excelente para el balance energético. En una palabra, sus méritos eran indiscutibles.

Sin embargo, tenía un defecto esencial. Este esquema de Bethe no era más que una hipótesis, muy armoniosa, lógica y elegante, pero, con todo, nada más que una hipótesis. Y la vida de las hipótesis en la ciencia no es perpetua: o se rechazan o se convierten en teoría. Para que la hipótesis del físico alemán se convirtiera en teoría, necesitaba confirmaciones experimentales. La palabra decisiva pertenecía al experimento, aunque éste fuese indirecto. Los científicos se las ingeniaron durante mucho tiempo para encontrar los caminos de su realización y al fin y al cabo se les ocurrió una idea; esta idea del experimento resultó ser tan simple que causaba asombro.

... En el mundo de las partículas elementales el neutrino es una de las más misteriosas. En italiano su nombre quiere decir "neutronicito". Al igual que su "hermano mayor", el neutrón, el neutrino no lleva ninguna carga. Además tiene muy pequeña masa de reposo. Estas peculiaridades suyas condicionan la propiedad de penetración sin precedente del neutrino. Si alineáramos en una fila cien mil millones de globos terráqueos, el neutrino pasaría por todo este espesor fantástico sin perder toda su energía.

En las transformaciones nucleares nace una cantidad inmensa de neutrinos. Por ejemplo, durante el trabajo de los reactores nucleares en cada segundo aparecen miles de billones de estas partículas inatrapables. "Inatrapables" es precisamente la palabra adecuada, porque se necesitó un plazo de casi cinco lustros para que el neutrino, nacido, hablando en sentido figurado, en la pluma de los teóricos, fuese atrapado en los experimentos. El Sol, que es un gigantesco reactor nuclear natural, expulsa cantidades colosales de neutrinos que atraviesan todo el Sistema Solar y llegan a la Tierra.

Los científicos que aspiraron a confirmar experimentalmente la hipótesis de Bethe "se agarraron" del neutrino. Por medio de cálculos complejos éstos establecieron que si en realidad, el ciclo del carbono-nitrógeno asegura la riqueza energética del Sol, entonces, sobre cada centímetro cuadrado de la Tierra, cada segundo, deben caer cerca de 6 mil millones de neutrinos que nacen en las perturbaciones de los núcleos atómicos en el Sol. Mas, ¿cómo captar y, lo que es lo principal, cómo contar estos neutrinos? ¿Seguramente se necesitan unas trampas sobrenaturales?

No. Resultó que la trampa también es muy simple.

El elemento cloro tiene un isótopo con el número másico 37. Supongamos que el núcleo de este isótopo absorbe un neutrino. Entonces el comportamiento del núcleo será como sigue. El núcleo expulsa un electrón, aumentando de este modo su carga en una unidad, se convierte en el núcleo del isótopo de argón con el mismo número másico. Pero el núcleo de argón es radiactivo debido a lo cual es fácil registrar su desintegración mediante un contador especial.

Esta es la idea principal de la trampa y fue propuesta por el científico soviético Bruno Pontecorvo.

¿De qué modo se puede realizar esta trampa en la práctica? Es necesario tomar una cantidad grande, pero muy grande, de algún compuesto líquido de cloro: por ejemplo, es muy cómodo usar el tetracloruro de etileno. Después esta cantidad de líquido se coloca en un depósito especial enterrado profundamente bajo la superficie de la Tierra, con el fin de retener todas las demás partículas. Luego, hay que esperar. Esperar mucho, hasta que algún neutrino acierte en el núcleo del cloro y provoque la reacción nuclear de formación del núcleo radiactivo de argón.

Pontecorvo dio también respuesta a la pregunta de cuánto tiempo es necesario esperar. Calculó que si se toman aproximadamente 400 toneladas de tetracloruro de etileno, esta cantidad será más que suficiente para asegurar que durante 24 horas sean captados cinco neutrinos. Y si, en efecto, estas cinco captaciones tienen lugar, resultará verdadera la hipótesis de Bethe.

[Volver](#)

### **¡Por qué, en fin de cuentas, brilla el sol!**

En el curso de año de 1968 un grupo de científicos norteamericanos encabezado por R. Davis se preocupó por captar los neutrinos solares. Su trampa la construyeron en una mina abandonada, instalándola a una profundidad de tres kilómetros. El equipo fue diseñado con tanto esmero que la captación de los cinco neutrinos necesarios parecía un asunto, aun cuando no asegurado por completo, pero muy probable.

Este experimento, sin igual por su idea y envergadura, duró casi medio año. Los científicos de todo el mundo cada día estaban en espera de un resultado positivo.

Mas éste no llegó. Davis no logró registrar ni una sola captación de neutrino.

Nosotros repetimos: la instalación de Davis fue diseñada con tanto esmero que no sería lícito acusarla de imperfección. Es difícil esperar que la repetición de los experimentos dé otros resultados.

La conclusión que se saca de este hecho, aunque no rechaza del todo a la hipótesis de Bethe, no da al mismo tiempo fundamento para elevarla al rango de teoría. El experimento de Davis demostró que la intensidad del flujo de los neutrinos procedentes del Sol era demasiado pequeña. Mucho menor de aquella que correspondería a la temperatura solar de 20 millones de grados. En la realidad, las entrañas del Sol son más tibias de lo que pensó Bethe, en todo caso, su temperatura no excede de 12 millones de grados.

Las reacciones termonucleares que son capaces de transcurrir a aquellas temperaturas están en condiciones de asegurar nada más que un 10%, como máximo, de la riqueza energética de nuestro astro.

¿Y los demás 90%? ¿Acaso se crean como resultado de otros procesos, no termonucleares, que por ahora siguen siendo desconocidos para nosotros?

Tanto la experimentación, como las concepciones teóricas vigentes nos responden que esto es precisamente así. ¿Y qué se puede decir en cuanto al ciclo propuesto por Bethe? Es posible que aquí hubiera tenido lugar una coincidencia eventual. No obstante, incluso en el caso de que ha tenido lugar una coincidencia, tenemos que rendirle lo merecido, puesto que desempeñó un papel importantísimo en el desarrollo de la astrofísica.

Pero, en fin de cuentas, ¿a costa de qué procesos, precisamente, se cubren los 90% que faltan en el balance energético del Sol y, por consiguiente, de otras estrellas? Pues nuestro



Sol es, en realidad, un astro de montón. ¿Es posible que estamos a punto de descubrir una nueva forma de energía?

Los astrofísicos buscan con perseverancia la respuesta. Y se puede decir con seguridad que no está lejos el día en que se esclarezca definitivamente por qué brilla el Sol.

Con ello, la química del Sol descubrirá el más grande de sus enigmas.

[Volver](#)

### **La cosmoquímica trabajando**

Se puede decir que el nombre de esta ciencia interesante, la cosmoquímica, no refleja estrictamente su contenido, pues, como sabemos, las reacciones que transcurren en diferentes cuerpos y objetos del Universo - en el Sol, en las estrellas y en el espacio cósmico- son, por, excelencia, procesos nucleares. No tienen nada de común con las reacciones químicas ordinarias a que estamos acostumbrados, que se desarrollan en 1-y- que se realizan en los laboratorios químicos. Pero el término de "cosmoquímica" ocupó un puesto seguro en el arsenal de la ciencia. En las páginas de las revistas y los libros especiales se publican anualmente informes sobre sus alcances. A la cosmoquímica, en primer lugar, se debe el que conozcamos cómo está estructurado y cómo evoluciona el inmenso e infinito Cosmos.

Bueno, ¿de qué se ocupa esta ciencia?

Estudia de qué elementos químicos constan los astros y los planetas, qué compuestos contienen las atmósferas de los planetas del Sistema Solar y qué son los meteoritos, mensajeros del lejano Cosmos que llegan a la Tierra.

La cosmoquímica investiga también un problema de primordial importancia para el entendimiento de la evolución del Universo, el de cómo se efectúa la formación de los elementos químicos. He aquí la respuesta que da esta ciencia: las estrellas lejanas son una especie de fábricas colosales de síntesis nuclear, en las que en condiciones de temperaturas y presiones inmensamente grandes se operan diferentes procesos, debido a los cuales los núcleos atómicos se hacen más complejos. Es un camino largo y complicado que empieza en el hidrógeno, elemento más ligero y más difundido del Cosmos y termina con la síntesis de los elementos muy pesados que no se ha logrado aún obtener artificialmente en la Tierra. En fin, la cosmoquímica trata de penetrar en el espacio interestelar y esclarecer qué es lo que existe allá: el vacío absoluto y perfecto o, aunque en concentraciones ínfimas, ciertas partículas materiales.

Estos son los objetos fundamentales del estudio de la cosmoquímica.

¿Y cuáles son sus instrumentos y sus métodos? No será una exageración decir que en el arsenal de la cosmoquímica se aprovechan los alcances de casi todas las ciencias exactas. El cosmoquímico no sólo debe ser un químico excelente que se orienta con soltura en el sistema periódico de los elementos, sino que debe orientarse bien en los diversos campos de la física, saber utilizar su aparato teórico y, además, poseer ingenio e inventiva de un magnífico experimentador. Luego, tiene que conocer astronomía y radiotecnología. Y, en fin, debe saber soñar y creer en su causa.

El arma principal del cosmoquímico es el análisis espectral, pues por desgracia no hay ninguna posibilidad de llevar a los laboratorios terrestres muestras de la sustancia solar o estelar. Por eso, los científicos se ven obligados a estudiar la composición del Sol y de las estrellas por los espectros que emiten sus atmósferas incandescentes. Potentes telescopios y espectrógrafos sensibles, éstos son los instrumentos imprescindibles para un cosmoquímico. En los últimos decenios la cosmoquímica comenzó a utilizar ampliamente los métodos radioastronómicos.

Con estos métodos se puede investigar los cuerpos celestes o mediante la captación de ondas de radio emitidas por estos cuerpos o bien por recepción de radioseñales reflejadas que se envían desde la Tierra.

[Volver](#)

### ¡Qué cuentan los meteoritos!

A un cosmoquímico se le puede encontrar en un laboratorio químico común y corriente, que por su aspecto exterior no tiene nada de particular capaz de sorprender nuestra imaginación. Sin embargo, los matraces, retortas y muflas ordinarias cumplen una tarea muy importante ayudando a estudiar la composición química de los meteoritos.

Desde tiempos muy remotos los hombres se interesaron por las "piedras celestes". Sus descripciones figuran incluso en los antiguos anales. Existen fundamentos para suponer que los meteoritos de hierro sirvieron al hombre primitivo de material para elaborar los primeros instrumentos. Los químicos procedieron al estudio de los meteoritos aproximadamente a mediados del siglo XVIII, y desde aquella época estas piedras, tan deslucidas por su aspecto exterior, no cesan de suministrar a los cosmoquímicos la más valiosa información.

No obstante, hubo casos en que la ciencia no pudo encontrar explicación adecuada para los acontecimientos acaecidos. Hacemos alusión a la caída del meteorito de Tunguska, suceso que tuvo lugar el 30 de julio de 1908. No se conoce cataclismo igual a éste. Al penetrar en las capas densas de la atmósfera el meteorito explotó, y el eco de esta explosión se propagó a cientos de kilómetros. ¿Mas, fue de verdad un meteorito? No se conservó de él ningún fragmento material, aunque numerosas expediciones han tratado de encontrar alguna huella suya. Debido a ello surgieron muchas hipótesis intentando explicar "la maravilla de Tunguska", entre las que figuraban las más fantásticas: la explosión de una nave interplanetaria, un fragmento de antimateria que por caminos desconocidos irrumpió en nuestra Galaxia, etc., etc. En una palabra, la cosmoquímica no puede dar respuesta unívoca respecto a la naturaleza del meteorito de Tunguska.

Empero, en general, los meteoritos nos contaron mucho.

En el proceso del análisis de centenares y miles de meteoritos los científicos establecieron el contenido medio de algunos elementos químicos que forman parte de su composición y que al mismo tiempo son los más abundantes en la Tierra. He aquí el resultado: en los meteoritos, el contenido de hierro, oxígeno, silicio, magnesio, aluminio y calcio constituye en total un 94%, es decir, la proporción de estos elementos es la misma que en la Tierra.

También coincidieron los valores del contenido de elementos por separado. Más aún, se logró demostrar que, salvo algunas excepciones, coincide hasta la composición isotópica de los elementos en los meteoritos y en la Tierra. Por ejemplo, la correlación entre los isótopos estables del azufre en los minerales terrestres (azufre-32 y azufre-34) constituye 22,2. Para los mismos isótopos de azufre presente en los meteoritos se halló una correlación completamente igual. Resultados análogos se logró obtener para otros muchos elementos. En fin, los compuestos que los químicos encuentran en los meteoritos, se conocen también en nuestro planeta.

¿Qué demuestran estos hechos? Estos hechos son testimonio de la unidad de la - materia en todo el Universo, son testimonio de que la Ley Periódica de los elementos químicos descubierta por Mendeléiev es válida no sólo en los marcos de la Tierra. Esta ley es válida para todos los dominios del Cosmos en que existen átomos con sus envolturas electrónicas. Más de una vez se comunicó que en algunos meteoritos se lograba descubrir la presencia de materia orgánica. Estas comunicaciones provocaban discusiones vivas, pero los científicos no llegaron aún a una opinión única.

Durante largo tiempo los meteoritos eran prácticamente los únicos objetos materiales de estudio de que disponía la química cósmica. Ya estos tiempos pasaron.

[Volver](#)

### Química de la luna

El 21 de julio de 1969 los cosmonautas norteamericanos Armstrong y Aldrin pisaron la superficie de la Luna y recogieron en un "container" especial muestras de piedras lunares y de polvo lunar. Los círculos de negocios estadounidenses propensos a valorarlo todo en dinero se apresuraron en comunicar que el precio de las muestras era de 18 millones de dólares. Mas para la ciencia estos fragmentos lunares son verdaderamente inapreciables,



pues ayudarán a levantar el velo que cubre los secretos del Universo. He aquí la razón de por qué los científicos esperaron con tanta impaciencia el momento en que vería la luz el contenido del container. Este acontecimiento tuvo lugar el 4 de agosto. Esta fecha significa que se abrió la primera página de la química lunar.

La primera conclusión a que llegaron los investigadores era que las rocas lunares se diferencian de todo lo que existe en la Tierra. El polvo lunar contiene muchas bolitas vidriosas. No en vano afirmaron Armstrong y Aldrin que la superficie de la Luna es resbaladiza. Los científicos suponen que el descubrimiento de vidrio en la superficie de nuestro satélite es lo más inesperado. Para explicar el proceso de su formación se sugirió lo siguiente: cuando los meteoritos chocan contra la superficie de la Luna, la materia lunar se evapora y luego precipita en forma de pequeñas gotas de vidrio esféricas. Las bolitas de vidrio tienen nada más que varias décimas partes de milímetro de diámetro. Su color es marrón oscuro, amarillo o marrón amarillento.

No es menor el interés que representan las piedras lunares. Los investigadores las clasificaron, distinguiendo tres tipos diferentes: rocas que recuerdan escorias y contienen burbujas de gas; rocas porosas que también incluyen pequeñísimas burbujas de gas, y fragmentos de sustancia meteorítica y lavas. En fin, en las piedras lunares se logró descubrir un alto contenido de óxido de titanio. Para la superficie terrestre esto es un fenómeno raro.

La mayoría de las muestras recolectadas son rocas de origen volcánico. Los minerales que las constituyen son casi los mismos que se encuentran en los productos de la actividad de los volcanes en la Tierra. Pero también hay diferencia: en la Luna estos minerales no son de granulosidad tan fina como en la Tierra. Ahora los científicos tratan de resolver este enigma. En una palabra, no debe caber duda que las piedras lunares ofrecerán aún muchas sorpresas.

[Volver](#)

### **Unas palabras para justificarnos**

Hay asuntos en los cuales lo más difícil es detenerse a tiempo.

Pero detenerse es necesario. Incluso en el caso de que en la punta de nuestra pluma nos espere una interesante historieta química más.

Sin embargo, todo esto es, como se dice, un preámbulo. Para resumir, queremos decir lo siguiente:

Una vez fuimos testigos de una disputa acalorada, muy parecida a las que en su tiempo se denominaban "problema de los físicos y de los líricos". Pero esta vez los que discutieron eran los representantes de las ciencias exactas. Y uno de los contrincantes declaró que, en general, la ciencia química, como tal, no existe, que es simplemente un caso particular de la física. Así declaró, sin equívocos.

La ciencia química no existe – prosiguió –, porque cualquiera que sea el proceso químico que consideremos, si surge la necesidad de explicar su mecanismo íntimo, esto se puede hacer sólo sobre la base de las leyes de la física. Los átomos interaccionan e intercambian sus electrones. Mas, ¿a qué está sujeta la posibilidad de tal intercambio? ¿Cuál es la base del enlace químico? Leyes físicas. . .

¡Ud. puede imaginar cuál fue la indignación de los químicos al oír semejantes razonamientos!

Claro que los electrones son electrones, mas la ciencia química, antigua, pero eternamente joven, existe. Con sus reglas y leyes, con su historia y sus perspectivas ilimitadas. Otra cosa es que con frecuencia tiene que recurrir a la ayuda de la física, las matemáticas y la cibernética.

La peculiaridad de la química del siglo veinte que la distingue de los períodos tempranos del desarrollo de esta ciencia, reside precisamente en que se subdividió en muchas ramas independientes. ¡Y ni siquiera ramas, sino ciencias independientes! Electroquímica,

fotoquímica, química de la radiación. Química de bajas temperaturas y altas presiones. Química de altas temperaturas y bajas presiones.

Y no son raros los casos en que el científico que trabaja en una rama entiende mal a su colega especialista que trabaja en otra. Esto de ningún modo es testimonio de la baja calificación de estos químicos.

Los "dialectos" químicos se convirtieron en "lenguas" químicas independientes.

Pero tampoco con ello termina el asunto.

En la actualidad, la química se entrelazó íntimamente con otras ciencias: biología y geología, mecánica y cosmogonía. Estas "alianzas" engendraron todo un "ramillete" de las llamadas ciencias híbridas: bioquímica, geoquímica, cosmoquímica, mecánica físico-química etc., etc.

Consideremos, por ejemplo, una rama tal como la bioquímica. Pues precisamente esta ciencia debe, en fin de cuentas, revelar qué es la vida en sus innumerables manifestaciones. Y será la bioquímica junto con la farmacología y la medicina la que ha de encontrar nuevos y poderosos medios de lucha contra las enfermedades.

¡Y la cosmoquímica, o sea la química de los lejanos astros y planetas! Ciencia que está a sus mismos albores y a la cual, sin embargo, pertenecerá una palabra muy importante en el conocimiento de la evolución del Universo.

Aquí se puso de manifiesto una cosa del todo inesperada. Son precisamente las ciencias híbridas las que traen casi diariamente frutos sorprendentes: hechos y observaciones que nadie ni sospechaba. La práctica también cifra sus esperanzas en estos "híbridos".

Ahora trátase de entender nuestra situación. Uno toma un pliego de papel y quiere escribir algo puramente químico. Mas apenas ha compuesto dos o tres frases, en el fondo de éstas ya se vislumbran las caras burlonas de la física y de la biología. Y la construcción de perfil tan claro y nítido se hace borrosa y confusa. ¿Se acuerda Ud. del proverbio que dice: "¡Qué tres: Araña, Concha y Cortés!" En la ciencia moderna, y, en particular, en la química, frecuentemente se pone al descubierto que existe un vínculo concreto entre cosas tan incompatibles a primera vista como estos tres personajes. Si alguna vez volvemos a estar ante la necesidad de escribir algo popular sobre la química, puede ser que pondremos este proverbio como epígrafe.

Mientras tanto, en el libro que acabamos de presentar al lector intentamos no rebosar los márgenes químicos.

[Volver](#)