

Wolfgang Schad Hacia una química racional

“El hombre entendido lo encuentra casi todo ridículo
el razonable casi nada”. (Goethe, Máximas y reflexiones)

La química se ha convertido en un espectro, al menos, para la mayoría de nuestros contemporáneos. Para ellos es sinónimo de alejamiento de la vida, enemistad con la naturaleza, contaminación del medio y puro materialismo. Si se compra una bebida en el supermercado, todo el mundo se pregunta cuánta “química” contiene: ácido ascórbico, colorantes, emulgentes, aromas “semejantes al natural”, etc. No siempre es así. En la clase de química que realiza el profesor principal Waldorf en séptimo y octavo (13 y 14 años), los niños todavía están entusiasmados con la química. Pero cuando llegamos a los cursos superiores, en donde hay que establecer contacto con el contemporáneo mundo científico y social, la química, en el mejor de los casos, se convierte en una mera curiosidad. Me gustaría conocer cuántos alumnos Waldorf al final de su estimado período escolar se pusieron a estudiar química y se convirtieron en químicos o en entusiastas profesores de química. ¿Dónde están? ¿Acaso su escasez no está incluso hablando *a favor* de la bondad de la cultura Waldorf? Pues el estado de ánimo latente es que ejercer la química actual no es una profesión que satisfaga la vida, ¡sino que frecuentemente se la considera ahrimánica!

El que las ciencias naturales, y por tanto también la química, se hayan vuelto extremadamente materialistas –sobre todo con el derecho total a ejercer el monopolio en su explicación–, históricamente no se debe a ellas mismas, sino a que, según el análisis de Rudolf Steiner, en el año del concilio de Constantinopla, que ejerció su efecto en toda la ulterior cultura europea desde el año 869 d.C., se fue hablando cada vez menos del aspecto espiritual del ser humano. En todos los magníficos y tormentosos descubrimientos de la emergente ciencia natural desde el siglo XVI, los representantes del “espíritu”, los religiosos mismos dejaron en la estacada ese aspecto. Fijados en un su rígido vocabulario de fe, ninguna de las dos iglesias era capaz no sólo de resistir el hecho de que la naturaleza se explicara cada vez más, sino tampoco, y en especial, la capacidad de transformación del mundo y con ello la idea de la evolución. Como Dios es Todopoderoso y bueno, tiene que haber creado el mundo ya perfecto. A fin de cuentas, ¿por qué el mundo habría de desarrollarse desde un supuesto estado imperfecto? Eso no podía ser. No se sospechaba en absoluto que el espíritu vivo vive precisamente en proceso de evolución. Quien hoy en día niegue el pensar en metamorfosis y por caminos formales deriva con ello la evolución a partir de prototipos eternos (confesionalmente: Dios; o filosóficamente: el mundo completo de las Ideas), demuestra con ello su lejanía espiritual. En 1870 el Vaticano aún logró salvarse a sí mismo con el dogma de la infalibilidad. El papa respectivo, Pio IX, fue incluso declarado beato recientemente, el 3 de septiembre de 2000. En todo caso, las ciencias naturales fueron espiritualmente abandonadas. Sin que ellos lo perciban en su propio horizonte, los rígidos representantes del espíritu acaban provocando con ello el materialismo

mismo (Steiner, GA 93a: 72; GA 293: 162). Eso hizo que los científicos mismos se pusieran tercios y les fue fácil adoptar la posición opuesta –la negación de todo espíritu-. Pero Steiner prefería siempre a los materialistas con espíritu que a los espiritistas sin espíritu (Steiner 1917: 217). El problema no está en las ciencias naturales mismas: “La ciencia natural está plena del buen espíritu, aunque no siempre los científicos” (Steiner). No caigamos, pues, en las posiciones defensivas que van incrementando su antagonismo. Si se los mira de cerca, los sabelotodo de ambos bandos, que están constantemente peleándose, lo único que hacen es mostrar la misma incapacidad. Valgan estas palabras como avance a nuestro tema, el de introducir también la razón en la química, al margen de que se entiendan o no.

En todas las ciencias naturales existen tres enfoques. El inventario de existencias asume siempre lo que se puede encontrar hoy en día. Pero también nos gustaría entender cómo ha llegado a ser eso que podemos encontrar, cómo ha surgido desde su propio devenir. Busquemos, pues, los elementos causales primigenios, dirigiendo la mirada interrogadora hacia el pasado. Mas eso no nos basta. Queremos poder prevenir el curso del mundo hacia el futuro. Por consiguiente preguntemos también prospectivamente qué es lo que se puede hacer con ello en el futuro: Apostamos por que las cosas sean predecibles y reproducibles, aunque con el peligro de que con ello el futuro se conciba como un mero pasado que sigue rodando hacia delante. Veamos nuestra civilización técnica que al final utiliza las leyes causales y opina que eso es todo lo que puede hacerse. Al fin y al cabo, ello evidencia que esa forma de entender la ciencia tiene siempre la ventaja de ampliar en el tiempo, de temporalizar nuestra relación con el mundo, trascendiendo la mera aparición momentánea, incluso si la concepción del tiempo permanece lineal (es decir, representada sólo espacialmente).

Pero un cuarto aspecto consiste en una temporalización general que asume tan plenamente el presente que lo anterior y lo posterior concurren en el mismo campo de visión y se logra una persistencia, la compatibilidad a largo término. Pues no hay nada más práctico que la superación de la perspectiva temporal vista desde abajo y la conquista de la vista de pájaro que abarca el tiempo. Con ello hemos alcanzado un segundo punto de partida para lo siguiente. Y ahora entremos en el tema en sentido estricto.

La química ha ido creciendo existencialmente junto con la misma existencia humana. Realiza sus logros supremos en las regiones de los órganos que se hallan lo más alejadas de nuestra consciencia: en la formación de proteína, en la síntesis y distribución de hormonas, en la química inmunológica, en el metabolismo muscular, o tomemos la forma suprema de química corporal: en la formación embrional del organismo. ¿Quién sabe algo de cómo funciona esa química de la vida aparte de lo que nos dicen los libros?

Todo lo inconsciente lo experimentamos de una manera global. Para captarlo con la consciencia hemos de separarlo del conjunto y ejercer un análisis. De ahí que en el segundo intento en pos de llegar a una química como ciencia siempre sobresale su “arte de separar”. El análisis elemental averiguó cuáles eran cualitativa y cuantitativamente los elementos químicos. La pregunta que surgió acto seguido fue: ¿Qué es lo que queda por hacer cuando ya hemos separado lo suficiente? Quedaba

por producirse el movimiento opuesto cuando se perdió la vista de conjunto sobre la plétora de elementos. ¿Qué elementos son más cercanos de acuerdo con sus cualidades químicas? ¿los metales o también los no metales, los que forman bases o los que forman ácidos? Goethe estaba sumamente interesado en ello. Ya en la Teoría de los Colores ordenó los polos de los colores químicos en ácidos que daban rojo y bases que daban azul. Él esperaba que Heinrich W.F. Wackenroder le acabara dando claves importantes sobre la química fisiológica de las savias vegetales en la serie gradual de transformaciones foliares de la planta floral individual (a Wackenroder, 21-1-1832).

Con ese objetivo, en 1810 Goethe llamó a Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) para la Universidad de Jena, y pronto hizo que lo introdujera en la sacarificación de las féculas y el efecto catalítico del platino, y que le explicara las leyes estequiométricas. Goethe lo promovió en lo que pudo. “Durante muchos años he visto a algunos jóvenes excelentes (...) en este camino, pero nunca a ninguno que me haya satisfecho tanto, que en mi más íntimo convencimiento me hubiera dado mejores esperanzas.” (a F.A.G von Ende, 28-4-1812). A petición de Goethe de que analizara el mineral de celestina que él había encontrado en Dornburg en 1817, Döbereiner descubre la primera tríada calcio/estroncio/bario y con su regla de las tríadas establece la base del gradual descubrimiento del sistema periódico (*van Spronsen* 1969: 1; 1992: 207). Cuánto se habría alegrado Goethe si hubiera podido conocer la regla de las octavas descubierta por J.A.R. Newlands (1838-1889) en 1864: En cada octavo elemento vuelve a resonar el mismo tono químico fundamental.

Los dos descubrimientos de Döbereiner, la catálisis del platino y las tríadas de elementos, habrían de tener consecuencias insospechadas. Toda la bioquímica sería impensable sin el concepto de catálisis: ¡las sustancias actúan sin desgastarse! La coronación de la regla de las tríadas fue el posterior descubrimiento del sistema periódico natural: la materia posee de hecho una ordenación natural. En la filosofía al principio se halla el asombro, así lo veían Platón y Aristóteles. Steiner recomendaba lo opuesto: “Al enseñar hay que estimular el asombro al final de un capítulo. (...) Hay que hacer que ellos (los alumnos) comprendan que eso es algo ante cuya magnificencia se arrodillaría el mismo Novalis.” (Steiner, GA 300/11: 42-43)

El materialismo tiene dos aspectos. El uno es el justificado. Hace que empíricamente prestemos atención al mundo de la materia y lo investiga con los medios de todas las ciencias naturales ligadas a los sentidos. El otro aspecto es su pretensión o exigencia de validez universal, de que solo existe la materia. En esa exigencia no es más que ideología, como cualquier tipo de exigencia de absoluto. Para clarificar este último aspecto todo antropósofo siempre está justificadamente dispuesto. Mas para clarificar el primer aspecto hay que seguir citando al propio Steiner:

“¿Puede decirse que los materialistas tienen razón con sus afirmaciones? Sí. Sobre la materia y sus leyes tal vez ellos siempre podrán sacar a luz muchas cosas extraordinariamente útiles y valiosas.” (Steiner, GA 151, 21-1-1914; GA 237, 4-8-1924)

Para él, hay que considerar el materialismo como una de las doce concepciones del mundo justificadas. Siempre tendríamos que distinguir claramente entre el materialismo ideológico y el metodológico. (*Schad* 2004)

Sobre la ordenación del sistema periódico en grupos principales

La última cita es especialmente aplicable al sistema periódico, uno de los descubrimientos más importantes y fructíferos de la química. Desde ese momento, cualquier química sensata es incapaz de sobrevivir sin esa ordenación. Cada vez que un químico se plantea la predictibilidad sobre las cualidades básicas de los elementos, el entender las leyes del sistema periódico le ofrece en abundancia las primeras respuestas. ¿Qué valencias son posibles, qué situación de transición entre los tres tipos de enlaces principales pueden darse, qué posición ocupa algo entre alcalinidad y acidez, qué forma de manifestación elemental puede presentarse? Mendeleev pudo predecir rápidamente muchas cosas en el momento en que tuvo la primera visión de conjunto en 1869. Los períodos temporales de las transformaciones químicas también son inmensos a partir de ahí. Pero nuestra intención no es resaltar solamente qué conocimiento determinante puede derivarse de ahí, sino experimentar las ordenaciones cualitativas con la mirada goetheana.

Así por ejemplo podemos plantearle provechosamente la pregunta al sistema periódico sobre qué elementos son especialmente idóneos para la vida y en qué períodos y grupos se encuentran. Visiblemente, la vida consiste siempre en una tensión temporalmente activa entre antagonismos, al menos siempre en diferencias energéticas que –mientras algo viva- nunca llegan a equilibrarse, pues eso representaría la muerte. La tensión química polar más clara es la que existe entre los álcalis y los halógenos del primero y el séptimo grupo principal. Los álcalis generan poderosas bases, los halógenos enérgicos ácidos. Ya en las concentraciones intermedias son enemigos de la vida. La vida necesita condiciones más temperadas, pero nunca en equilibrio estático. Bases y ácidos fuertes la destruyen. A ello hay que agregar que en la vida predominan cuantitativamente los elementos de menor peso de los primeros períodos. Los elementos preferentes no son los pesados, sino los ligeros. Más allá del Cinc (número de orden 30) existen muy pocos elementos importantes para la vida (véase Zeek 1997: 16ss). Eso llega tan lejos que en el proceso bioquímico más central en la Tierra, en la fotosíntesis, se prefiere extraer de las condiciones naturales el más ligero $^{12}\text{CO}_2$ al más pesado $^{13}\text{CO}_2$.

De ese modo, partiendo de las propiedades básicas de los procesos de la vida, se entienden dos cosas, a saber, que el elemento bioquímico fundamental de la química orgánica no se halle en los grupos extremos, sino precisamente en el grupo principal central (el cuarto) y, además, en su representante más ligero, el carbono. Por eso, la química orgánica se caracterizó como la química de los compuestos del carbono (aunque cada célula viva consiste en mucha más agua, por lo menos en relación a sus hidratantes, siempre y cuando no interpretemos esa agua como parte de los compuestos hidrófilos de carbono). Ya Eugen Kolisko vio en la posición que ocupaba el carbono en el segundo Período la ley goetheana de la intensificación entre las polaridades, esas “dos ruedas motrices de la naturaleza” según Goethe (HA 13:48).

El siguiente elemento un poco más pesado que el carbono, en el mismo grupo principal, es el silicio, una sustancia a menudo empleada fisiológicamente que desde el soluble H_2SiO_3 fácilmente se convierte en ópalo (SiO_2 amorfo) y ahí le sigue fácilmente

la formación del plasma celular. Observemos simplemente las estructuras silíceas de los espongiarios silíceos, hidrolarios, silicoflagelados y especialmente de las diatomeas, o la inserción de ópalo en la estructura del armazón de todas las colas de caballo, de las vainas de los haces vasculares en el helecho águila, de las herbáceas (bordes foliares y aristas), de los pelos urticantes de las ortigas, etc.

Aún es más patente la presencia del silicio en los procesos materiales de la corteza terrestre. Su mayor parte consta de silicatos, por ejemplo, todas las plutonitas (granito, gneis, gabro) y una parte considerable de las vulcanitas, especialmente del vulcanismo de compresión (*Schmutz* 1986: 12ss). En la frecuencia de elementos de la corteza terrestre (hasta 16 km de profundidad) el silicio (25,75%) y el oxígeno (49,52%) aparecen cada vez unidos, con una frecuencia de 75,27% en la cúspide misma de la escala. El silicio -si bien siempre en forma oxidada- sería comparativamente el “carbono” en la construcción y en el metabolismo de la Tierra que nos es accesible. Las mismas plutonitas antiguas contienen un promedio de 3% de carbono en forma de grafito (*Pflug* 1984: 127). Ello hace que en la corteza terrestre exista más carbono que en la biosfera conjunta de la Tierra en sus organismos. Por otra parte, el dióxido de silicio aunque esté presente en todos los organismos como elemento biogénico, se halla ahí en minoría en comparación con el carbono. Y aunque ambos elementos sean tan afines, se sitúan mutuamente como complementarios y como representantes del organismo individual y del organismo terrestre.

Como quiera que la alcalinidad en los elementos del primer grupo principal aumenta con el simple peso equivalente (masa atómica), la acidez en los siete grupos principales, sin embargo disminuye, siendo en este aspecto el francio y el cloro los polos más contrapuestos (el ácido fluorhídrico permanece en asociación mutua. Todos los demás elementos de los grupos principales constituyen escalonadamente los miembros de transición intermedios. Esa ordenación existente evidencia que no sólo los elementos que se hallan uno al lado del otro o uno debajo del otro muestran similitudes químicas, sino también los que se hallan relacionados mutuamente en la diagonal superior izquierda o en la inferior derecha. Eso hace que las “relaciones en diagonal” sean tan universales. Y como realmente hacen visible un profenómeno goetheano, levantemos al menos una vez las proclamadas barreras de comprensión.

Uno de los principales reproches contra el goetheanismo de los elementos químicos es que, en la mayoría de ellos, no estamos frente a fenómenos naturales inmediatos sino a estados de sustancia provocados técnicamente por el hombre. Sólo algunos elementos aparecen en la naturaleza de una manera elemental en condiciones normales, así por ejemplo el carbono, el oxígeno el azufre, el cobre, el mercurio, todos los metales nobles como oro, platino, plata, etc., además de los gases nobles. ¡Cuán pocos en comparación con la mayoría de los 92 elementos! No vamos a apelar aquí a la seriedad con la que Rudolf Steiner acogió el concepto de los elementos aislados en la agricultura y la medicina, en cuestiones como el abono o los medicamentos, sino a relacionarnos simplemente con la metodología de Goethe.

“Que cada uno de nosotros pueda decir en toda ocasión que separar y vincular son dos actos inseparables de la vida, (...) y cuanto más vivamente se comporten esas

funciones de la mente, como se comportan entre sí la inspiración y la espiración, tanto mejor se cultivarán las ciencias y su gozo”. (HA 13:233)

La mayoría de las veces se ha contrapuesto injustificadamente a Goethe como el gran sintético, amigo de la vida, frente a todos los analíticos. Pero el quehacer de Goethe, tanto en la práctica como en su convicción, nunca contrapuso lo uno a lo otro, sino que ejerció ambos alternativamente. Sus estudios zoológicos la mayoría de las veces no surgieron de la observación de animales vivos, sino que son mayoritariamente osteológicos. Pero el esqueleto es siempre un fenómeno secundario, con frecuencia fabricado por el hombre. Y como objeto reducido, sólo es posible volver a situarlo en el gran contexto si uno primero lo ha separado de ese conjunto. Para Goethe ambas actividades se pertenecen mutuamente como el inspirar y espirar, “pues aunque en toda mi vida siempre me comporté poetizando y observando, de manera sintética y luego analítica, la sístole y la diástole del espíritu y la mente humana fue para mí como una segunda inspiración, nunca separadas, siempre pulsando.” (HA 13:27). No tendríamos que seguir ocupándonos en la estéril polarización, sino tener en cuenta que siempre tienen lugar ambas cosas. No puede ser tan difícil entenderse al respecto. La esterilidad de las unilateralidades ya nos sirve de suficiente advertencia. El mero análisis nos lleva únicamente a cementerios de datos, la mera síntesis a sobrevuelos sin sentido por los hechos. Nuestros alumnos de bachillerato son alérgicos a ambos. Por eso ellos son a menudo el mejor correctivo para maestros goetheanistas.

Acerquémonos a los elementos en sus formas de manifestación en condiciones normales y fijémonos sólo en su relación con la luz, manteniéndonos por el momento en los grupos principales. Acumulándose hacia la izquierda y hacia abajo tenemos un gran dominio de los metales que se presentan elementalmente puros en un brillo reflector. Es decir, que devuelven la luz que choca con ellos en su mayor parte inalterada y, con ello, permanecen oscuros en sí mismos. Inversamente, en el otro polo, se hallan los no-metales, con su predominio en la región derecha y superior de los grupos principales: ahí predominan los gases que -variadamente transparentes e incoloros- dejan que los atraviese la luz casi libremente. Si luego se observa el segundo período desde el litio hasta el flúor, el brillo metálico empieza a disminuir gradualmente, empezando por el berilio, pasando por el boro hasta llegar al carbono, llegando así al negro tosco y sin brillo del carbón. No obstante, por sus modificaciones mismas, el carbono muestra ya delicados matices: su negro es el más intenso cuando es amorfo como el hollín, el grafito, ya más mineralizado, es de un negro grisáceo y hasta brillante, el recientemente descubierto (buckminster-)fulereno (C_{60}), disuelto en tolueno se presenta en color violeta rojizo y el diamante puro es totalmente incoloro y transparente. Los siguientes elementos en la serie -nitrógeno y oxígeno- son gases incoloros igual como todos los gases nobles. El flúor en temperatura ambiente es un gas verde claro, muy suave, casi incoloro.

En el segundo período se mantiene el brillo metálico del sodio, pasando por el magnesio y el aluminio, hasta llegar al silicio, si bien en este último empiezan a predominar en su química las propiedades no metálicas. Tanto el fósforo como el carbono -en dirección diagonal arriba- pueden ser negros, pero como fósforo rojo y

blanco realiza una transición cromática que se prolonga en la coloración amarilla del azufre y del cloro.

En los períodos tercero a séptimo aparecen cada vez más los elementos de coloración negra y mate desplazados más hacia la derecha: el arsénico se presenta en una modificación negra y amarilla, el selenio en una variación negra, rojo-oscura y roja. En la línea de los halógenos especialmente se alcanza una profundidad cromática cada vez más intensa, hasta que el yodo (que como gas es morado) se presenta en negro brillante. El astato es muy poco conocido (dado que es efímero y radiactivo), por lo que se desconoce su color. Habría que esperar que fuera de un color metálico oscuro. Entre los metales sólidos y los no-metales más ligeros, gaseiformes de los grupos principales, entre la plena opacidad a la luz y la plena transparencia reluce una especie de “orla de color”, en la que la luz es acogida superficialmente y es devuelta de una forma modificada. Esos “elementos periféricos” disponen de una actividad incrementada en su intercambio con la luz. El carbono puro, como ya vimos, puede asumir las tres cualidades: negro, coloreado y transparente incoloro; y ahí es igualmente el punto intermedio integrador. En los siguientes períodos de los grupos principales escribimos en cursiva los elementos que aparecen con color para poderlos resaltar:

H	-	-	-	-	-	-	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	<i>P</i>	S	<i>Cl</i>	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	<i>Br</i>	Kr
Rb	SR	IN	Sn	Sb	Te	<i>I</i>	Xe
Cs	Ba	TI	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra						

Igual como la transición de la luz a la oscuridad y viceversa no se produce en una gama de tonos grises, sino que, para la mirada goetheana, es en esa transición donde se produce claramente la irrupción de los colores, lo mismo sucede en el brillo cromático superficial en la ordenación fundamental del sistema periódico.

Sustancias fluorescentes

Ya en 1570 fue el médico español Nicolás Monardes el primero que describió la fluorescencia de un líquido, supuestamente de una solución orgánica. El zapatero, interesado en alquimia, Vincenzo Casciarolo, en 1602 descubrió en Bolonia que la baritina ($BaSO_4$), pulverizada y calentada con harina (¡carbono!) hasta ponerse candente, después de haber sido expuesta a la luz, brillaba en la oscuridad (Schulz 1975). Según sea la afluencia de energía podemos distinguir, entre otras, la fotoluminiscencia, la termoluminiscencia, la electroluminiscencia, la cristaloluminiscencia (en la cristalización, por ejemplo, de $AsCl_3$) y la triboluminiscencia (por frotamiento mecánico) de la bioluminiscencia, por ejemplo de las luciérnagas, los

micelios de la *Armillaria mellea*, bacterias fotógenas, etc. (véase también Gehlig 1995). Si se produce esa irradiación luminosa posterior hablamos tradicionalmente de fosforescencia. El fósforo blanco, descubierto en 1669 por Henning Brand, brilla en la oscuridad por su oxidación en el aire, mostrando pues quimioluminiscencia, no “fosforescencia”, aunque el elemento haya recibido su nombre de ahí (Phosphorus=portador de luz).

Fenómenos de luminiscencia naturales son las auroras polares (boreal y austral), es decir, el brillo de elevadas capas del aire. Así pues, tanto los gases, como los líquidos y las sustancias sólidas pueden mostrar luminiscencia. Incontables sustancias orgánicas muestran esos fenómenos, especialmente cuando están disueltas. Así por ejemplo la clorofila verde resplandece con un color rojo rubí ya cuando la atraviesa la luz dispersa. Desde Stokes (1852) a todas esas fotoluminiscencias se las llama también fluorescencia, sacando el nombre de la fluorita (CaF_2). Muchas fluoritas violetas se muestran con un brillo verdoso cuando la luz las atraviesa. Aún más impresionantes son las fluoritas irradiadas con luz negra (luz ultravioleta) que a menudo brillan intensamente con luz fluorescente azul. (Pueden adquirirse muy baratas pequeñas lámparas de luz UV en lugares como “Astromedia”)

Para nuestro tema, aquí nos limitaremos a los sumamente interesantes fenómenos de fluorescencia que aparecen en los minerales. En 1960 Gleason contó cerca de 210 minerales fluorescentes, de entre ellos 31 que eran también fosforescentes. Los más importantes son la fluorita, calcita, apatita, sal gema, blenda, willemita, scheelita, wollastonita, circón, rubí, diamante, autunita.

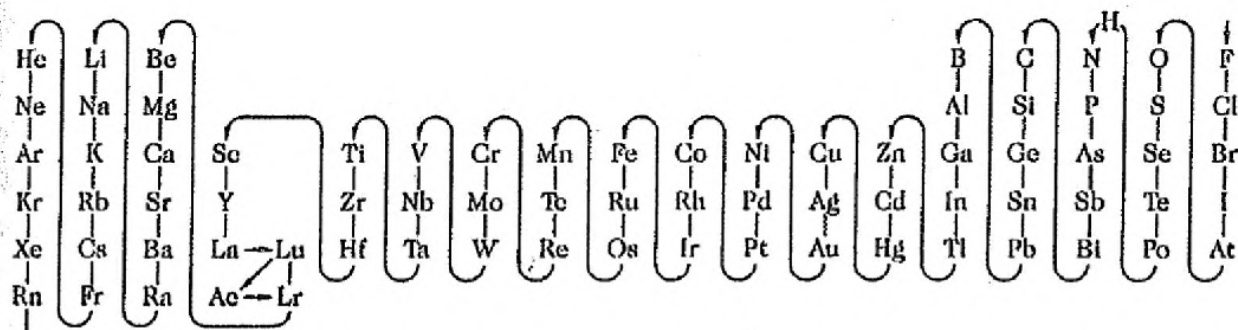
Ahora bien, en la mayoría de los casos, los colores fluorescentes de los minerales no son en absoluto característicos de su mineral principal correspondiente, sino de ciertas mezclas repartidas muy sutilmente. Al ser calentado, el sulfuro de cinc con residuos de cobre brilla con fluorescencia verde amarillenta, con una relación óptima de Cu a ZnS de 1:10000 (Winkler 1955). Las zonas de defecto que se producen con ello en la red cristalina como el metal que se ha añadido son precisamente las que, conjuntamente, generan el efecto cromático. Esa es la importante diferencia entre los elementos de los grupos representativos y los de los grupos de transición del sistema periódico que nos hace incluirla en el tema.

La mayoría de minerales cristalizados que constan de elementos de los grupos principales son en general incoloros y transparentes. Pensemos en la sal gema (NaCl), fluorita (CaF_2), calcita (CaCO_3), yeso (CaSO_4), apatita ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), baritina (BaSO_4), alumbre ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$), cuarzo (SiO_2), corindón (Al_2O_3) o también el diamante puro (C); incluso la cerusita (PbCO_3) puede llegar a cristalizar en cristales claros e incoloros. Todos ellos son compuestos de elementos del lado metálico con otros del lado no metálico del sistema del grupo principal. No todos ellos brillan de una forma totalmente pura, puesto que dejan pasar la luz sin obstáculos. En cambio, a la inversa, la mayoría de los compuestos de los grupos de transición tienen un color intenso propio (idiocromáticos) y tampoco brillan -cuanto más idiocromáticos sean-, en cambio son excepciones los compuestos incoloros de cinc, cadmio, mercurio y circón. El hierro y el óxido de manganeso, hasta en sus residuos, son extintores de fluorescencia; de todos los elementos, el hierro es el más sólido de la Tierra (véase el siguiente capítulo) y el

manganeso es su pariente más cercano en el sistema periódico. Pero si los cristales claros de los grupos representativos se ven homeopáticamente impregnados por iones metálicos de los grupos de transición, en la mayoría de los casos, bajo la luz ultravioleta, aparecen los colores del arco iris en todo su esplendor, de acuerdo con su respectivo elemento y el grado de su valencia (Lieber 1957).

Así pues, el corindón coloreado en rojo por los residuos de cromo, e incluso el rubí, brilla en rojo ya a la luz visible, y aún más a la luz ultravioleta. Los zafiros, corindones de color azul por los residuos de hierro, no brillan a causa de la sustancia extintora. En la fluorita existen muchos residuos de tierras raras que permiten que aparezca un brillo azul oscuro bajo los rayos ultravioleta; en la calcita el manganeso bivalente a menudo es el “activador” del brillo rojo, y el europio -supuestamente con otras tierras raras- es nuevamente el responsable del brillo azulado (Robbins 1983). Los más importantes activadores son el cromo, el manganeso, el cobre, la plata, el itrio, muchas tierras raras y el uranio. Bajo la luz UV, este último brilla en un verde cardellino, incluso en sus escasas menas, si bien sólo en la hexavalente forma del ión de uranilo (UO_2)²⁺. El tungsteno de calcio (scheelita = CaWO_4) y el molibdato de calcio (powellita = CaMoO_4) también brillan en la más pura consistencia sin mezclas. Ahí se encuentran elementos de los grupos representativos y de transición en una combinación cuantitativa que, evidentemente, es especialmente adecuada, donde los elementos de los grupos de transición, como son el tungsteno y el molibdeno, no desempeñan el cargo de cationes como los metales típicos, sino que con mucho oxígeno generan los residuos ácidos, y, por tanto, adoptan un carácter casi de no-metal.

Pero, en general, para los minerales fluorescentes rige la regla (con excepciones) de que el mineral base consta de elementos de los grupos representativos, y los sutiles activadores proceden de metales de los grupos de transición del sistema periódico, y especialmente de las tierras raras. Ahí se expresa de forma visible y como profenómeno, que la conocida coloración de muchos compuestos de los grupos de transición, a la luz normal, y su participación en los fenómenos de fluorescencia mineral, a la luz ultravioleta, presentan la parte media intensificada no sólo como una “orla cromática” (para expresarlo como Goethe), sino también como una ancha “banda cromática” -incluida entre los opuestos de los metales y no-metales de los grupos representativos, aunque estén desplazados hacia el lado de los metales, puesto que todos ellos son metales. La siguiente ordenación del sistema periódico ilustra bien ese contenido (del Lexikon der Chemie).



La polaridad dentro de los grupos representativos en todo el cosmos de elementos experimenta una abundante intensificación en los grupos de transición, y la mayoría de minerales fluorescentes son la más bella expresión de ello, incluso estéticamente.

El grupo del hierro

Los grupos de transición se salen ampliamente de las reglas mencionadas arriba para los grupos representativos. Al estar insertas entre el segundo y tercer grupo representativo, y a partir del cuarto período, todos ellos son por tanto exclusivamente metales. Y como en cada período son químicamente más parecidos entre ellos que los elementos del grupo representativo entre sí, aquí, en lo sucesivo, el “parentesco horizontal” va a representar un papel mayor que el parentesco vertical o la relación en diagonal. En todas las similitudes entre ellos causa impresión su “delicada ordenación”. Resaltemos los primeros grupos de transición, en tanto que contienen principalmente elementos residuales necesarios para la vida. Dejemos de lado los dos primeros elementos (Sc, Ti) y el último (Zn) de la serie para dirigir nuestra mirada de morfología comparativa:

vanadio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre.

Ahí tiene mucho sentido examinar esos metales no sólo por sus propiedades metálicas, sino por sus cualidades cromáticas que ellos producen en sus compuestos salinos solubles. Así pues, el bivalente hierro es de un delicado y contenido color verde, mientras que el hierro trivalente se presenta en suaves tonos amarillos, anaranjados, rojos y marrones. Así pues, en estado de baja valencia tiende hacia los colores pasivos, y en la alta valencia lo hace hacia los colores activos del espectro. El primer rasgo se incrementa en el cobalto, cuyo color de azul cobalto oscuro -al principio como acuocomplejo delicadamente rosa- predomina como bivalente. En el níquel la sal bivalente como acuocomplejo es de color verde hierba, mientras que como aminocomplejo aparece en colores azules. El siguiente, el cobre, siendo bivalente en los diversos complejos, se presenta azul oscuro, así por ejemplo en sus carbonatos minerales como la azurita; en la malaquita se presentará también con un verde oscuro

saturado, según sea el contenido de agua. Su aminocomplejo es de un profundo azul oscuro.

Al margen de los frecuentes compuestos de Fe(II) y de Fe(III) -y en contraposición a Co, Ni, Cu- con cierto poder químico también podemos oxidar el hierro a su hexavalencia en los ferratos de color rojo violáceo. Esas valencias altas son mucho más frecuentes en su estado natural en los hermanos más ligeros del hierro. Se puede llevar el manganeso fácilmente por todas las valencias, desde la bivalencia hasta la hexavalencia, y ahí pueden aparecer casi todos los colores del espectro, según cual sea la valencia, el complejo y el tamaño del grano (*Mohr* 1954:202s). Los compuestos más estables tienden al lado rojo del espectro, así pues entre los minerales naturales de la rodocrosita (carbonato de manganeso) y de la thulita (zoisita de manganeso) o al violeta rojizo oscuro el conocido permanganato potásico. A pesar de la variedad de colores, éstos siguen siendo contenidos, suaves -como pasa con el hierro.

En las sales de cromo, y de ahí el nombre, los colores adquieren un brillo muy llamativo, y de nuevo especialmente en los compuestos de valencia alta: en los cromatos y bicromatos hexavalentes. Incluso el cromato bivalente le da al elemento una coloración de rojo púrpura. El perióxido de cromo trivalente, agitado en éter, se vuelve azul brillante. La gran parte de la coloración de todas las turmalinas se basa en la belleza de los colores del cromo en sus diversas valencias, atravesando todo el espectro del arco iris. Cerca del cromo está el vanadio que tiende a los vanadatos de valencias más altas, y que, como pentóxido de vanadio V_2O_5 , es especialmente estable. Los colores predominantes de los minerales de vanadio van del amarillo al rojo si las sales de laboratorio también contienen los otros colores (*Mohr* 1954: 193s).

Desplegar ante un undécimo año escolar la danza de los colores de los siete parientes del hierro, en sus iones y complejos es un verdadero premio estético. Muestra la enorme riqueza de matices cromáticos que se oculta en los metales puros que pueden aparecer prácticamente sin color (a excepción del cobre y del oro). Luego se agrega a ello que cada uno de los siete, en toda su variedad cromática, tiene una nota individual propia de saturación de color que les caracteriza y que es difícil de describir cualitativamente. ¡Cuán apagados son los colores de la mayoría de compuestos de hierro, cuán llamativos son los compuestos de cromo! Ahí se muestran precisamente las respectivas individualidades metálicas.

La pregunta en torno a las propiedades metálicas de esos elementos no deja de aparecer. La imagen de manifestación abarca desde el apagado gris acero del vanadio puro hasta el cálido rojo oscuro del cobre. Las aleaciones con hierro son polarmente características. La de acero con vanadio, cromo y manganeso es especialmente dura, pero tiende a la fragilidad. En cambio, las aleaciones del hierro con cobalto, níquel y cobre son manifiestamente elásticas. En el primer caso uno tiene buenos cinceles, en el segundo tenemos buenos rodamientos. En esas imágenes de cómo se presentan también pueden ordenarse adecuadamente las propiedades químicas:

	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
gris				brillante claro			rojizo
duro				aleaciones de acero			elástico
tendencia a los colores rojos y amarillos				en compuestos salinos y en complejos			tendencia a los colores verdes y azules
alta				valencia			baja
quebradizas				aleaciones de hierro			elásticas

La existencia de esos metales en la bioquímica es igualmente muy reveladora. Todos ellos tienen funciones biocatalíticas. El cobalto se halla en la tan necesaria vitamina B12. El vanadio, el hierro y el cobre desempeñan un elocuente papel, especialmente como complejos de la respiración. El hierro es de conocida importancia capital en el hemo de pigmento rojo de la sangre, la hemoglobina (¡aquí sólo bivalente! el color rojo lo aporta ya el hemo carente de hierro (=protoporfirina). El cobre es el respectivo metal de la respiración en la hemocianina de la sangre de la mayoría de los moluscos (caracoles, bivalvos, calamares), en los que la sangre oxidada es azul por el ión (II) de cobre y la reducida es incolora. El vanadio se encuentra específicamente enriquecido en la sangre de los cohombres de mar (holoturios = con los erizos de mar y animales marinos parientes de las estrellas de mar y, cómo ellas, con una estructura corporal de estrella de cinco puntas) así como en las ascidias (tunicados). Así pues, vale la pena comparar una holoturia, un vertebrado y un caracol de viñedo.

Así, se expresa plenamente la posición central del hierro al compararla con sus elementos hermanos. Ocupa el centro entre los opuestos y se halla prácticamente presente por todas partes. Esa posición intermedia se refuerza aún más cuando uno observa todo el sistema periódico fijándose en la resistencia de sus elementos. Todos los paradigmas de estabilidad que nos han sido transmitidos desde la antigüedad han sido dinamizados en la época moderna. Ya en 1440 Nicolás de Cusa tenía claro que la Tierra no está en reposo, sino que gira alrededor del Sol. Johannes Kepler, partiendo de las mediciones de Tycho Brahe concluyó que los planetas no se mueven con la misma velocidad, sino que lo hacen en elipses y a velocidades variables. Igualmente, Leibniz postula en 1798 las alteraciones de las especies de los organismos. Los astrónomos Edmond Halley (1718) y Johann Tobias Mayer (1760) habían pronto descubierto que incluso las estrellas fijas no se mantienen fijas en sus relaciones mutuas, sino que se mueven. Del mismo modo, el descubrimiento de la radioactividad en 1896 por parte de Henri Becquerel desencadenó pronto la idea de la inmutabilidad de los elementos. Y desde 1912 Alfred Wegener empezó a hablar de que la posición recíproca de los continentes iba variando.

Los elementos más pesados por encima del plomo¹ no tienen isótopos plenamente estables, y, por desintegración nuclear, se van alterando lenta o rápidamente en elementos más ligeros uno de los cuales a menudo es un gas noble; igualmente sucede con el tecnecio y el prometio que son más ligeros. En cambio, los elementos más ligeros pueden convertirse en elementos más estables mediante fusión nuclear. Mediante la fisión o la fusión nuclear, cada vez se libera energía nuclear en los extremos polares del sistema periódico en su conjunto y los elementos resultantes que permanecen al final son más estables que los elementos de partida. Si se determina el respectivo potencial de energía, veremos que disminuye hacia el “centro” del sistema periódico. En este sentido, el elemento más estable ha resultado ser el hierro que, en cuanto a energía nuclear, es el elemento central del sistema periódico.

La ordenación del sistema periódico

En un momento, la química como arte de separar, esperaba acercarse a una visión general de la inconmensurable plenitud de sustancias, derivándolas a pocos elementos químicos. Si hoy contamos con 109 elementos es que se ha producido una inesperada abundancia que, en el siguiente paso, se quiso reconducir a tres partículas elementales (protón, neutrón, electrón), pero en ese nivel también se han producido gran cantidad de descubrimientos. El alumno experimenta como un gran éxito en el conocimiento el que pueda mostrarse matemáticamente la ordenación inherente del sistema periódico. Para ello, sumamos el número de elementos en los siete períodos.

I	2
II	8
III	8
IV	18
V	18
VI	32
VII	19+x

Ahí se ve cómo el segundo y el tercer período tienen la misma magnitud, así como el cuarto y el quinto respectivamente. Si uno considera en su totalidad el séptimo período, se produciría, junto con el sexto, igualmente un período doble de la misma magnitud. Llegamos entonces a la serie numérica de 2/8/8/18/18/32/32. Ya esa secuencia satisface nuestra necesidad de ordenación, simetría, periodicidad. Eso se intensifica aún más cuando se muestra que en ellos subyacen unas leyes comunes:

¹.- Durante mucho tiempo el bismuto era considerado el elemento estable más pesado. Pero tras las más recientes verificaciones es metaestable con una vida media de 2×10^{19} años (Nature 422: 876-878; 24-4-2003)

$$\left. \begin{array}{l} 2 = 2 \times 1^2 \\ 8 = 2 \times 2^2 \\ 18 = 2 \times 3^2 \\ 32 = 2 \times 4^2 \end{array} \right\} 2 \times n^2 \quad (n = 1, 2, 3, 4)$$

Por tanto la materia no es un mero caos. Posee una ordenación que puede formularse matemáticamente y causa gran sorpresa, mentalmente estética, al alumno del undécimo curso.

Vale la pena dejar que ese resultado pase por la noche y a la mañana siguiente se vuelva a abordar con un nuevo planteamiento. Aunque la ordenación de la serie numérica $2 \times n^2$ sea clara, en la realidad no se cumple del todo: al final, el último período se interrumpe de una manera natural en el elemento 92, el uranio, y en los producidos artificialmente lo hacen en el 109, el meitnerio; todavía faltan 9 elementos y tendrían que finalizar con un gas noble con la cifra 118. Pero no son conocidos, pues la radioactividad de todos los elementos más allá del plomo hace que éstos vayan desintegrándose en más ligeros.

Pero aquí, no sólo al final, sino también al principio, el sistema periódico no es completo, sino que se interrumpe. Pues igual como para $n = 2, 3$ y 4 cada vez hay dos períodos, por razones de simetría, para $n = 1$ tendría que haber igualmente dos períodos. A pesar de la regularidad de sus leyes el sistema periódico no es completo, sino que permanece abierto al principio y al final. El mundo material no es un mundo cerrado, completo en sí mismo.

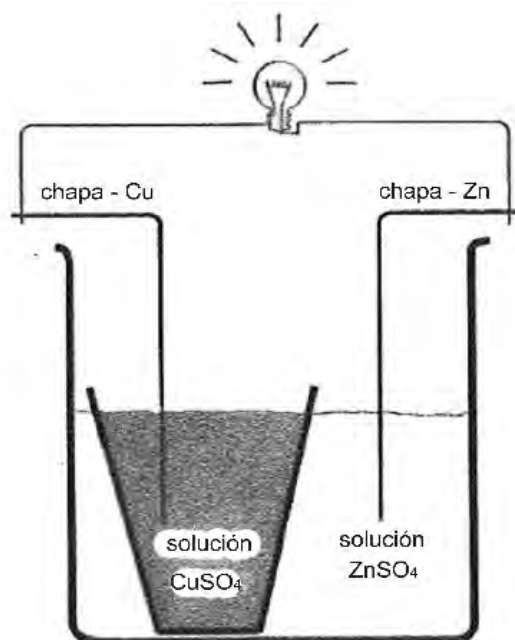
Cuando planteaba ese problema al décimo o undécimo curso, cada vez se extraía la misma conclusión: el mundo de la materia no está acabado, sino que está en evolución. Igual como una planta desplegada ya no muestra sus primeras hojas, ni tampoco sus futuros brotes, lo mismo sucede con el cosmos material. Así se le ha ofrecido a jóvenes de diecisiete años, por ejemplo, un conocimiento demostrable con el que ellos mismos pueden liberarse del dogma del determinismo material, pues la misma materia no está acabada.

Ya la simple posibilidad de pensar en esa dinamización de la imagen físico-química del mundo vale la pena. Al final de mi época (de química) hago una encuesta a los alumnos sobre qué es lo más importante que han sentido en ella, y, muy frecuentemente, me responden: esa exposición sobre el sistema periódico abierto. Y ello con total independencia del talento científico de cada alumno. Pues esa es la edad en que la consciencia juvenil empieza tentativamente a erigir su propia imagen del mundo.

Al mencionado tema de la evolución del sistema periódico se dedicaron ya en los años cincuenta los físicos y matemáticos antroposóficos Arnold Blicke y Ernst Bindel (*Bindel & Blicke* 1952). En su artículo, digno de leer por su aptitud en la especialidad, también destacan el hecho de que en el número de elementos por Período (2/8/18/32) nos hallamos ante una gradación en cuatro etapas que, como sucede con muchos elementos de cuatro etapas, es el resultado de los cuatro eones transcurridos hasta ahora de una evolución en siete etapas, tal como en 1913 los describió Rudolf Steiner en las cuatro encarnaciones del cosmos planetario. De ahí los cuatro reinos naturales, los cuatro elementos de los griegos, los cuatro miembros constitutivos del ser humano. Sólo que Bindel y Blicke leen la temporización del sistema periódico en el sentido de la teoría de Proust de que el hidrógeno es el elemento más antiguo y, por tanto, el elemento base de todos los demás. Parecidas son las reflexiones en la cosmogonía de la astrofísica actual. Según ésta, el 99% de toda la materia cósmica está presente como oxígeno. Pero si observamos al actual cosmos astrofísico como una de las cuatro incorporaciones de sí mismo, la lectura se hace mucho más dinámica. El octavo y el séptimo período son entonces los últimos remanentes del eón más antiguo (“Antiguo Saturno”) en donde ya estaban presentes, aunque todavía en estado germinal y, por tanto, todavía eran ligeros. De acuerdo con ello el hidrógeno y el helio son, en nuestro eón de la evolución terrestre, los elementos que se hallan en el estado más germinal y que, como Sol, le ofrecen al cosmos planetario la energía para vivir. Entre ellos se hallan las diversas estructuras de sustancia mucho más evolucionadas de los eones que se suceden cronológicamente en su evolución gradual. Ahí nos hallamos con un útil planteamiento para una química futura capaz de ahondar más profundamente.

En torno a la electroquímica y la teoría de los enlaces

Es importante realizar una introducción de la electroquímica para la estructuración empírica de la teoría de los enlaces, al margen de que se hable de sus aplicaciones tecnológicas (batería electroquímica, electrólisis, galvanización). Aquí es oportuno evitar una inmersión teórico-formal y, en su lugar, ofrecer experimentos profenómicos. Sólo por esa razón describiremos dos de ellos. Primero mostramos que, sin disponer de electricidad extra, podemos extraerla directamente de las sustancias. Para ello construimos la pila (o celda de) Daniel:

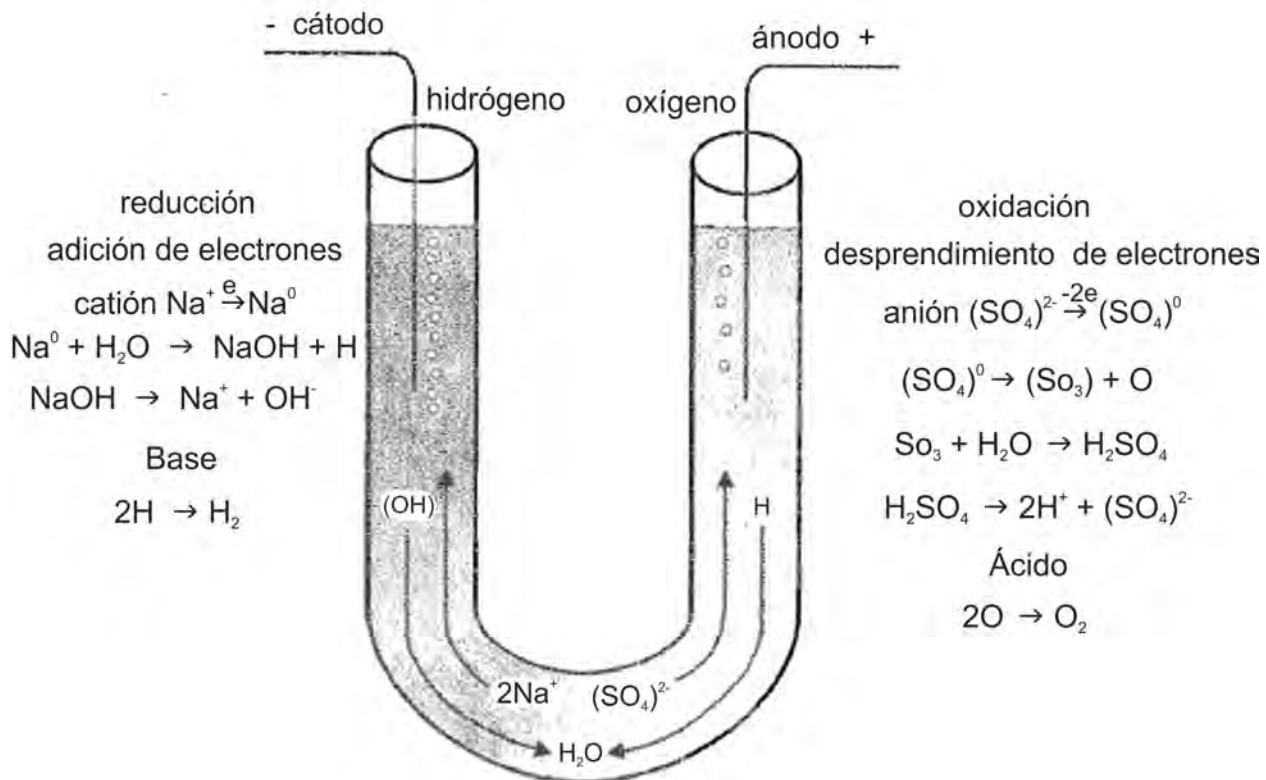


La bombilla o ampolleta incandescente se enciende cuando el recipiente interior es una maceta de barro cocido, no barnizado, cerrada por la parte de abajo. En ella introducimos una solución de sulfato de cobre, mientras que en el cubilete de vidrio introducimos una solución de sulfato de cinc, y luego introducimos las respectivas tiras de chapa metálica. La chapa de cobre se irá haciendo más pesada, la de cinc más ligera. Eso se puede volver a pesar. Así que el cinc se disuelve por emisión de electricidad, y el cobre se precipita metálicamente cuando absorbe electricidad. En estado de disolución, el cinc, el cobre y el sulfato se mueven como portadores de carga en las soluciones, son por tanto migradores = iones. Los iones del sulfato han de pasar por la membrana semipermeable del recipiente de barro, puesto que en él se presentan en exceso y fuera de él están en déficit. Con ello se puede abarcar ese circuito de corriente como un circuito cerrado. De ese modo, mediante la percepción y el pensar, se pueden desarrollar sin rupturas los conceptos básicos de la química de los iones.

El reverso de ello, y a su vez un experimento que lo resume fenomenológicamente, sería la electrólisis de sulfato sódico diluido en el tubo, con electrodos de platino (también funciona brevemente con alambre de florista) y un indicador universal aplicando activamente electricidad desde fuera.

A ello pueden seguirle numerosos conceptos químicos básicos que convierten en algo estéticamente inolvidable el valor arquetípico de ese proceso, a través del fenómeno cromático primordial del azul al rojo con todos los colores de transición del espectro.²

².- Estas reacciones transcurren sólo teóricamente. La aparición de ácidos y bases se basa únicamente en la descomposición del agua. Na⁺ y SO₄²⁻ no se descargan en estas condiciones. (Nota de Dirk Rohde).



Naturalmente que el indicador universal es una mezcla artificial de diversos colorantes escogidos para hacer lo más visible posible cada grado de pH. Y existen indicadores que de ningún modo muestran el traspaso del rojo al azul al pasar de lo básico a lo ácido (rojo congo, fenolftaleína, etc.). Y aun así tenemos una justificación cualitativa en el punto de vista de Goethe en el capítulo "colores químicos" de su Teoría de los Colores. "El amarillo y el amarillo rojizo se dirige hacia los ácidos, el azul y el rojo azulado a los álcalis." Las antocianinas de muchas fanerógamas se corresponden precisamente con la vida cromática cualitativa de los opuestos de azul y rojo. Eso lo demuestran en su forma, por ejemplo, muchas plantas de la familia de los boragináceas como la pulmonaria, la nomeolvides o la lengua de pedrisca (*Lithospermum purpureo-coeruleum*): En la fase activa de las flores todavía abiertas, el jugo celular es ácido y la corola es igualmente roja. En la corola plenamente florecida y que ha entrado en reposo el jugo celular se vuelve alcalino y su color azul brillante.

En el experimento mencionado arriba estas polaridades y sus intensificaciones (formaciones de iones polares y entre medio el agua neutral) eso se hace visible experimentalmente. Con ello se hace asimismo evidente que igual como puede surgir corriente eléctrica a partir de sustancias químicas, a la inversa, con la corriente eléctrica se pueden producir transformaciones químicas.

Goethe siguió con gran interés los inicios de la electroquímica. Y así en su informe sobre Döbereiner a Heinrich von Treba (7-4-1812), dice:

“Con los avances del galvanismo la experiencia misma se ha convertido en teoría, y de ese modo todo transcurre con un paso más claro y seguro.”

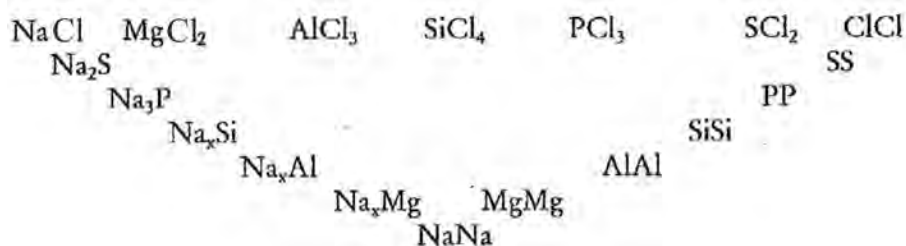
Y el propio Döbereiner (26-12-1812):

“Si uno no deja nunca las magníficas directrices mentales electroquímicas, el resto no se nos puede escapar.”

La electroquímica siempre se había ocupado de la cuestión sobre la índole de las fuerzas químicas que reúnen los elementos en compuestos. La manera más clara de proceder deriva del sistema periódico cuando, por ejemplo, examinamos los elementos del tercer período en las siguientes frecuencias de la mano de sus compuestos (según *Hollen & Wiberg 1955*).

**Enlace iónico
(heteropolar)**

**Enlace atómico
(homopolar)**



Enlace metálico

Surgen ahí los tres tipos de enlaces principales cuyas transiciones asimismo despiertan la atención. En efecto, se hace patente que los enlaces puros, ya sea heteropolares, homopolares o metálicos, sólo se presentan en los casos extremos. Lo normal son los estados intermedios. La transición del enlace iónico al atómico se hace también evidente en la siguiente secuencia de compuestos:

LiF BeO BN CC

Si observamos la química del fluoruro de litio, del óxido de berilio, del nitruro de boro y del carbono, se podrá constatar la disminución del carácter salino y el aumento de la facultad para la polimería. En un polo transcurren en el agua procesos de *disociación* que con gran rapidez se tornan eléctricamente activos, en el otro existe la tendencia a la *asociación* en dirección hacia sustancias eléctricamente neutras.

Si se observa el plan teórico de los tipos de enlaces, llama la atención que característicos compuestos inorgánicos como las sales, ácidos y bases, y por tanto todos los electrolitos, siguen siendo fácilmente interpretables con la clásica atracción electrofísica de iones con cargas distintas. El enlace, por tanto, es interpretable por la entrega y absorción de los electrones distribuidos corpuscularmente para el completamiento de la respectiva cadena de electrones y la simple atracción electrostática de los iones que surgen de ese proceso. Pero cuanto más se acerque el

tipo de enlace al enlace atómico y con ello se pueda llegar a la formación de los polímeros fundamentales para la vida, desaparece la capacidad de distribución puntual de los electrones concebidos corpuscularmente. ¿Cómo habría de sostenerse en sí mismo un enlace de pares de electrones si ambos electrones tienen la misma carga? Eso sólo es interpretable en la teoría cuántica, es decir, “socavando” las leyes de la física clásica, de modo que comienzan las imprecisiones de vector espacial e impulso, o de eje temporal y energía. El lugar y el tiempo ya no pueden especificarse con exactitud, sino tan solo probabilidades, y por tanto potencias. Desaparece la capacidad de representárselo. Sin embargo, es de sumo interés que esas experiencias límite irreversiblemente aparecen justo cuando las formas de pensar dinamizadas se acercan a la sustancia orgánica y con ello a la bioquímica de lo vivo.

Eso rige aún más para la *mesomería* que poseen casi todos los enlaces orgánicos: es decir, que el tipo de enlace se halla entre dos fórmulas con enlaces de pares de electrones especificables. El enlace simple del hidrógeno tiende fácilmente a disolverse en dos semienlaces, ¿Adónde ha ido a parar ahí el enlace del par de electrones? Tanto si se trata de la formación del par de electrones o de la mesomería, en ambos casos afloran relaciones de teoría cuántica que no describen algo que se nos presente, sino las posibles probabilidades. La teoría ondulatoria de los electrones utilizada para ello tampoco trata de ondas factuales sino sólo de su probabilística.

Precisamente el mundo de sustancias de la vida, como la vida misma, y a diferencia del de los electrolitos que caracterizan lo inorgánico, no es racionalizable en el sentido de la mera adición de meras unidades corpusculares. Naturalmente, existen también minerales macropolímeros, especialmente entre los silicatos. Pero no representan ninguna contradicción a ello si se los entiende como “bioquímica” de la Tierra, como geoquímica de la “vida telúrica”.

En 1921 Rudolf Steiner tenía en cuenta a su manera ese “ablandamiento” de las representaciones rígidas sobre las moléculas, cuando de las estructuras cristalinas de la inorgánica se pasa a las configuraciones internas de la sustancia viva:

“Pero ahí se generan siempre sustancias que el químico puede investigar y que, digamos, no siempre tienen una cristalización exterior, pero sí una configuración interna. En la época moderna se puede incluso aludir a esa configuración interior mediante las conocidas fórmulas estructurales. (...) Pero el secreto está en que cuanto más orgánico vaya a ser un nexo entre sustancias, tanto menos se unirá químicamente lo uno con lo otro, y tanto más caóticas se arremolinarán entre sí las sustancias.” (Steiner, GA 205: 88/89, 1-7-1921).

En la vida, la sustancia que hasta entonces había sido inorgánica se libera de sus fuerzas de cristalización. Con ello se menciona cualitativamente la transición del enlace ionogénico hacia el enlace covalente, todavía justificable con la teoría del caos y la teoría cuántica, cuyo reconocimiento teórico se hallaba dramáticamente en discusión en el frente especializado contemporáneo de los años 30 (del siglo XX). Se trataba de decidir entre el determinismo objetivo de Einstein o el indeterminismo probabilístico de Bohr. Este último salió victorioso y Einstein aceptó al menos lo que formulaba William Bragg: “Todo lo que ya ha sucedido es corpuscular, todo lo futuro son ondas” y también lo que en 1970 describió su hijo Lawrence Bragg diciendo: “El progresivo tamiz del

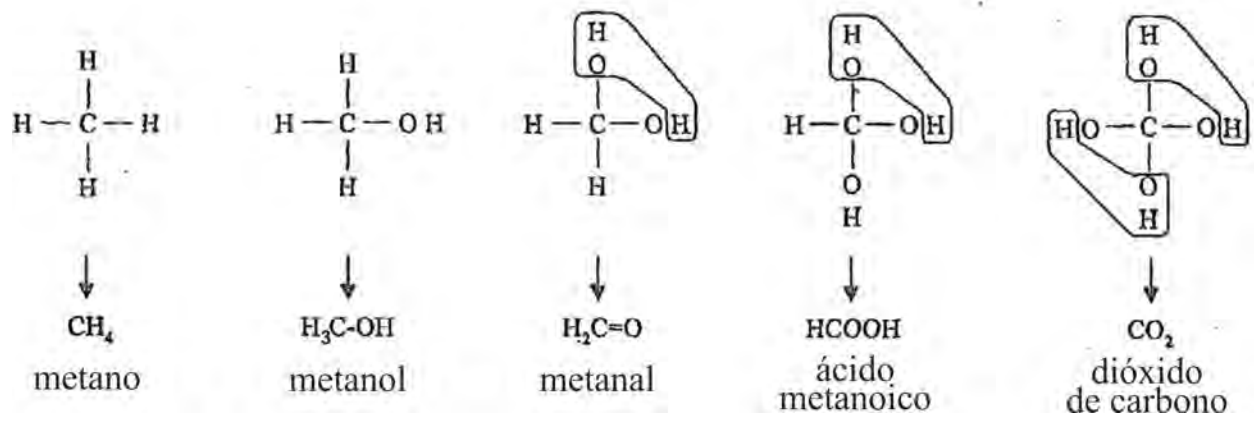
tiempo coagula ondas en partículas hasta llegar al punto temporal que llamamos ahora” (Clark 1973). En ello se hace evidente que también la realidad física de las sustancias no es aprehensible sin implicar en ella el tiempo, puesto que también aquellas, en su proceso de generación, se van coagulando constantemente en la realidad.

En este punto, el problema de la química escolar consiste en el hecho de que el profesor de química, en su formación misma, normalmente no tuvo oportunidad de entrar en sus contenidos en los fundamentos de la teoría cuántica y entenderlos. Pero ¿qué es lo que el profesor Waldorf de los cursos superiores tendría que haber conocido del principio fundamental de la teoría cuántica? Aquí hay algo de obligada necesidad. A la larga, no tiene sentido que el profesor, ante las preguntas insistentes de sus alumnos de duodécimo y decimotercero sólo pueda decirles que él tampoco entiende la teoría cuántica de la tendencia al octeto, del enlace atómico, de la mesomería y del anillo de benceno, pero que los alumnos tienen que poder decir en los exámenes lo que es uso del idioma. Y no sirve de consuelo que en este punto suceda lo mismo en las escuelas públicas. Aquí habría de producirse un mínimo de comprensión de lo que pasa, al menos en lo principal-inicial, porque, en el sentido de Steiner, valdría la pena hacerlo.

Con ello se cumpliría, al menos en sus inicios, algo de lo que ya Goethe en sus últimos años preveía como objetivo de trabajo de la futura química:

“En esta especialidad (es decir, en la teoría de la naturaleza orgánica) estamos muy en deuda con el químico, que anula el contenido y la estructura (de un organismo) y sólo presta atención a las propiedades de las sustancias y a las relaciones entre sus mezclas, y todavía lo seremos más, porque los descubrimientos más modernos permiten realizar las más sutiles separaciones y compuestos y, por tanto, podemos esperar acercarnos con ello a las labores infinitamente sutiles del cuerpo orgánico vivo. Igual como ya podemos obtener una fisiología anatómica con la exacta observación de la estructura, del mismo modo, a medida que pase el tiempo, podemos esperar tener una (fisiología) físico-química, y sería deseable que ambas ciencias puedan avanzar siempre como si cada una de ellas por su cuenta tuviera que completar todo el asunto.” (Walden 1943: 81/82)

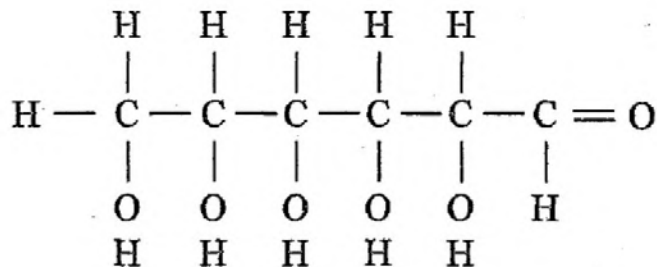
Aquí nos interesa sobre todo el carácter procesual de los tipos de enlaces, y por tanto, sus formas relacionadas con el tiempo. Es precisamente en ello que los enlaces heteropolares y homopolares son verdaderas polaridades. Los iones se enlazan con velocidad incalculable. Si reunimos sosa cáustica con ácido clorhídrico, bruscamente se producirá agua a partir de la mayoría de iones de hidrógeno e hidróxilo. E inversamente, los enlaces entre asociados sin carga eléctrica (y por tanto átomos o grupos moleculares en lugar de iones) son, en el caso clásico, manifiestamente lentos para enlazarse. Carbones de madera de los usos del fuego del hombre más primitivo (> un millón de años) se encuentran hoy todavía en los sedimentos. Desde la edad de la Tierra (era de Zechstein: 250 millones de años) el petróleo, por ejemplo, se ha mantenido inalterado hasta hoy en día. En las más antiguas rocas de la Tierra (3.800 millones de años) se encuentra grafito que, con toda seguridad, ya había pasado por la fotosíntesis (Pflug 1984). Sólo con las etapas heteropolarizadoras los enlaces de carbono se ven integrados en el mundo procesual de lo vivo.



Por consiguiente, bajo el aspecto del tiempo, las series de oxidación por ejemplo de los hidrocarburos alifáticos que tan gustosamente se utilizan como acceso a la química orgánica, adquieren ahí la expresión que les permite avanzar. Partimos de los cuatro grados de oxidación del compuesto más sencillo, del metano, hasta llegar al producto final más pobre en energía, el dióxido de carbono.

El metano es de enlace puramente atómico y por tanto -sin energía de activación adicional- es de baja reactividad. El metanol ya es más capaz de ser transformado y el metanal en aún mayor grado. El ácido metanoico (=ácido fórmico), sin embargo, se disocia ya claramente en iones y ello hace que pase a rapidísimas reacciones iónicas como sucede con los iones del ácido carbónico que surgen del dióxido de carbono. Si de una manera aún muy general ponemos a debate las series de los alcanos, alcoholes, alcanales y ácidos alcanóicos (=ácidos carboxílicos), para ver su idoneidad para la vida, pronto se evidencia que si un organismo constara sólo de sustancias de enlaces iónicos, en muy breve tiempo ya habrían llegado a su objetivo con reacciones definitivamente acabadas. Si un organismo constara sólo de sustancias de enlaces atómicos, no se pondrían en movimiento las necesarias cadenas de reacciones. En un caso se habría alcanzado el final de la vida ya inmediatamente, en el nivel más bajo de energía. En el otro caso el organismo se mantendría metastable como si estuviera en el elevado potencial de energía que se venía dado desde el principio. Con ello se evidencia que la vida real utiliza de múltiples maneras precisamente los compuestos que se hallan en grados intermedios. Si uno toma una cadena de carbono no muy prolongada, con algunos compuestos de hidrógeno como portadores de energía, muchos grupos de alcoholes como potencias de baja reactividad y, al menos, un grupo de aldehídos como componentes de mayor reactividad, sin que se llegue ya al ácido alcanóico, de ello resultará de por sí una de las sustancias más amigas de la vida: un monosacárido, por ejemplo, la glucosa, tal como surge en toda fotosíntesis. Ello permite entender por qué un metabolito tan importante es un alcohol polivalente y un aldehído monovalente (o una cetona), porque ese metabolito representa la moderada zona intermedia entre los patrones temporales opuestos.

De ahí puede y sólo debiera leerse no sólo la estructura espacial, sino también el gesto temporal. Y debiera leérselo a partir de ahí para ir pasando de la química de las sustancias a la química de los procesos. La cinética de reacciones pertenece por tanto a uno de los aspectos más interesantes de la química moderna.



Además de eso, los aminoácidos, como sustancias fundamentales de las proteínas, también tienen integradas la alcalinidad y la acidez en la estructura molecular (un "zwitterión") y con ello se hallan constituidos para una más rápida capacidad de reacción por encima de los grupos aminos y los grupos carboxilos, pues ambos grupos son ionogénicos -en un caso por absorción de protones para llegar a R-NH_3^+ , y en el otro por desprendimiento de protones para llegar a R-COO^- . No es de extrañar que, cuantitativamente, el mundo vegetal conste sobre todo de hidratos de carbono, mientras que en el animal, que se mueve, predominen las proteínas. Y entonces se hace igualmente interesante que el agua, tan amiga de la vida, posea sus elementos hidrógeno y oxígeno predominantemente de enlace atómico, pero no sólo eso: la débil disociación en sus iones (producto iónico $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$) es lo que facilita su sensibilidad, por ejemplo en la formación de hidratos y, consecuentemente, como medio de disolución de todos los iones solubles en agua. En cambio, por su preponderante capacidad de enlace atómico, tiene la posibilidad, en su dilución, de hacer más lentas muchas de las transformaciones que transcurren con demasiada rapidez. Pero limitándonos a los gradientes entre las cualidades de enlace homopolar y heteropolar de ningún modo hemos agotado todavía el estudio de la química del agua, pues precisamente a ella le siguen también una escala de posteriores enlaces más débiles. Mencionemos simplemente la de los puentes de hidrógeno por el efecto dipolar de su estructura inestable (angular), o la de las fuerzas de Van der Waals que sólo son manejables desde la teoría cuántica. Así pues, el hecho de que el agua disponga de un teclado de muchas escalas de tipos de enlaces, le permite adoptar muchas formas y velocidades de composición de delicadas estructuras que favorecen la vida. Todo buen químico sabe que el agua es más que $(\text{H}_2\text{O})_x$.

La mayoría de sustancias orgánicas fisiológicamente activas retardan su reactividad condensándose (por pérdida de agua) o polimerizándose (sin pérdida de agua) en macromoléculas de cadenas largas: así, por ejemplo, la glucosa en celulosa, la N-acetilglucosamina en quitina, el fenilpropano en lignina, el ácido acético en ácidos grasos o en isoprenoides como el caucho, los alcanos simples hasta las ceras, los

aminoácidos hasta las escleroproteínas (cuerno). Pero de esta manera no sólo surge la sustancia de la estructura, sino realmente depósitos de energía como almidones, hemicelulosas, grasa de larga cadena, etc. Todos estos condensados o polimerizados son en gran medida de enlace atómico, de alta energía, y le dan al organismo estructura y masa. Frente a ellas, las sustancias totalmente ionizables nos presentan la contraimagen. Ellas se hacen fisiológicamente activas no por asociación, sino por disociación de sus compuestos. En ellas no se produce neutralidad eléctrica como en los polimerizados, sino polarización eléctrica. Allí donde desempeñan un papel en el organismo tienen lugar reacciones muy rápidas, pues reaccionan súbitamente para restaurar niveles inferiores de energía. Todos los ritmos nerviosos se basan en rápidas migraciones iónicas.

Toda proteína en una célula viva, por su citoesqueleto adquiere su arquitectura interior con enlaces predominantemente covalentes, y adquiere su reactividad por su inventario iónico en el citosol. En efecto, en la proteína viva -tanto si es gel como si es sol- están siempre ambos en estrecha cooperación: el encadenamiento largo contiene la potencia energética adquirida por la constitución, los grupos aminos y carboxilos, en una primera aproximación, dan la ocasión para cascadas de reacciones de descomposición y de ese modo actualizan las potencias por liberación de energía. Pero el hecho de que no se llegue a la mera salinización del contenido celular lo consigue la posición (α) del grupo amino frente al grupo carboxilo en la mayoría de los aminoácidos. Cualquier otra posición conduciría rápidamente a la "salinización interior", ya dentro de la misma molécula. *La vida, también en su descripción química, no consiste en la abolición, sino en el mantenimiento de la tensión atenuada, y la constante alternancia cíclica entre la formación y el parcial (!) equilibrio de tensiones.* De ese modo llegamos comparativamente a la polaridad fundamental de los tipos de enlaces:

homopolar =covalente =enlace atómico	enlace	heteropolar =ionogénica =enlace iónico
polimerización condensación asociación rico en energía	estructura molecular energía	electrolítica disociación bajo en energía
construcción de la masa de la sustancia hasta la sustancia de la estructura	metabolismo	descomposición n hasta compuestos microcelulares o inorgánicos
formación corporal curso de la vida encarnación	formación	disolución del curso de la vida excarnación

La captación antroposófica de la naturaleza descubre pronto que, en esta contraposición, estamos tratando con los instrumentos de las dos actividades polares de lo etérico. Por un lado, el cuerpo etérico de todo ser vivo se halla entregado a la edificación de su cuerpo físico. Esa es precisamente la esfera del reino vegetal y desde la primera adquisición de tierra en el devónico va apareciendo cada vez más y alcanza su punto álgido en la formación de los árboles. Las secuoyas y los eucaliptos son hoy en día los organismos más altos de la Tierra. Las formaciones corporales masivas en el animal y en el ser humano constituyen la “planta” en ambos. Por el contrario, los procesos de desestructuración transcurren desde las sustancias de alto peso molecular hasta las de bajo peso, con energía que se libera. Precisamente esa descomposición fisiológica es lo que permite la facultad anímica de la sensibilidad en el organismo animal y en el humano (*Fortlage* 1869). (Para los procesos anabólicos en el mundo vegetal Rudolf Steiner no habla de la vida sensitiva de la planta individual, sino de todo el paisaje, del alma de la Tierra, véase GA 60, 8-12-1910). Para que lo astral pueda intervenir hacen falta rápidos procesos iónicos. Las frecuencias fisiológicas más veloces en el espectro de ritmos del ser humano (*Rosslénbroich* 1994) son los ritmos nerviosos por la polarización y despolarización por medio de la migración de iones Na^+/K^+ en las membranas celulares. En la utilización de enlaces bivalentes el etérico se halla orientado hacia lo físico, en la aplicación de procesos ionogénicos lo está hacia lo astral. La bilateralidad de lo etérico se expresa químicamente y con insistencia en los antagonismos de los enlaces homopolares y heteropolares.

También vale la pena examinar las transiciones hacia la formación metálica y los compuestos metálicos en las mismas aleaciones, enlaces complejos y compuestos salinos. Llama ya la atención que la mayor parte de los elementos químicos son precisamente metales. El deslizamiento de los enlaces heteropolares al enlace metálico se produce desde los metales ligeros a los metales nobles de la mano del amplio espectro de su comportamiento *redox*: fundamento, por ejemplo, de toda la electroquímica. Correspondientemente *entre* los metales ligeros y los nobles se halla, en la zona intermedia, la mayoría de los metales pesados que en sus compuestos generan una exuberante plenitud de colores, así, por ejemplo, la belleza de muchas menas metalíferas. Esos metales químico-nucleares de la máxima estabilidad tienen efectos fisiológicos múltiples. Ahí se hallan especialmente sus enlaces complejos que en la química orgánica muestran la transición al enlace homopolar.

Las condiciones de vida nunca consisten en meras polaridades, sino precisamente en el dinamismo intensificado entre ellas. Anímicamente, estamos todavía unidos de la manera más directa con nuestra química corporal mediante la ingestión de alimentos para la nutrición. ¿Qué es lo que saboreamos con tanto gusto? El azúcar es una sustancia intermedia entre almidón por un lado, y el dióxido de carbono; por el otro. Ninguno de los dos estados limítrofes tienen sabor alguno, ¡pero no así la zona de transición entre los monosacáridos y los disacáridos! Algo parecido sucede con las proteínas. Las sustancias de partida: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y agua son insípidas e inodoras. Y también lo son pocas proteínas de alto valor como la clara de huevo o la carne pura sin tratamiento. Pero sólo a partir de los estadios intermedios, en el espacio limítrofe entre descomposición y composición, empiezan a tener gusto

para nosotros. Las proteínas vegetales tal como se utilizan para producir el condimento Maggi, empiezan a adquirir su sabor por su descomposición fermentativa parcial hasta los aminoácidos. Las grasas y aceites puros no saben a nada. Los sazónamos con iones, con sal de cocina en la manteca y vinagre en el aceite para ensalada. Pero los ácidos grasos de cadenas relativamente cortas, esterificados con alcoholes de cadenas cortas, generan los magníficos aromas frutales de las frutillas (fresas), frambuesas, duraznos (melocotones), peras y el perfume de las bananas. Ahí tenemos también la zona química intermedia intensificada entre unas sustancias estructuradas de alto peso molecular y otras de bajo peso, totalmente descompuestas, que nos dicen muy poco en sus extremos. Lo que Goethe expresó como orla cromática, como arquetipo de la intensificación entre luz y oscuridad en su teoría de los colores nos presenta también el mundo químico como su respectiva (“orla gustativa y olfativa”) entre los polos opuestos.

¿La química como reactivo sobre las fuerzas formativas?

¿Cuál ha sido el resultado de los reactivos químicos sobre las fuerzas formativas: la llama sensible, la imagen de cristalización del cloruro de cobre, la dinamólisis capilar, la imagen de impacto de gota? Ninguno de los métodos ha resistido siquiera una crítica benevolente si se los compara con la temprana pretensión de poder reflejar lo suprasensible en el laboratorio. El más abundante y elocuente es la secuencia de formas del cloruro de cobre y de la dinamólisis capilar, especialmente mediante la adición de suplementos orgánicos. En lo que se refiere a la capacidad de reproducción por la estandarización de todos los parámetros, donde aparece el mejor resultado es en la imagen de cristalización del cloruro de cobre. La repetitividad llega tan lejos, que, entre tanto, las formaciones de imágenes características también pueden generarse artificialmente con polímeros sintetizados artificialmente (*Hummel* 1992). En la imagen de dinamólisis capilar el tipo de papel es limitado, pues en las fibras de celulosa que contiene existe una mezcla de diversas longitudes, y cada carga de papel incluso del mismo tipo y de la misma empresa es siempre distinta. Por eso, la actual cromatografía de película fina sobre el gel de silicio posee una reproducibilidad más fiable.

Un problema abierto fue por mucho tiempo el intercambio científico de los que trabajaban experimentalmente en el método de la dinamólisis capilar. De hecho, ese intercambio en gran parte no se produjo. El autor solicitó durante 10 años que se produjera ese encuentro con intercambio ilimitado en la Sección de Ciencias Naturales en Dornach, lo que finalmente se produjo en 1986, y cuyos resultados aparecieron en 1987 en el cuaderno núm. 46 de Elementos de la Ciencia Natural. Allí se llegó al unánime dictamen de que con los métodos de creación de imagen no se comprueba la intervención directa de fuerzas formativas etéricas, sino la característica de las composiciones de las sustancias previamente organizadas en el organismo vivo por las fuerzas formativas. En cada caso estamos ante un fenómeno reducido, pues para ello se destruye, se desmenuza la planta respectiva, se exprime su contenido en jugo, éste es depurado previamente y, de ese modo, se saca la planta de su contexto viviente holístico. Por eso es suficientemente laborioso volver a restaurar, desde la imagen de

la cristalización, el contexto ideal con la planta respectiva, sus órganos, su época de cosecha, etc. Jochen Bockemühl dijo, y con razón, que la *morfología* de la planta viva, intacta en su dinámica de transformación es más evidente que cualquier tratamiento de laboratorio.

Pero a pesar de ello, éste dice muchas cosas si se lo examina con pluralidad de métodos. El grupo de trabajo de Ruth Manderer y Hans-Joachim Strüh del laboratorio de investigación de la Wala (*Manderer* 1987, *Strüh* 1987), en particular ha vuelto a trabajar imparcialmente con la dinamólisis capilar y ha destacado tres tipos llamativos que ellos denominan:

“Tipo esponjoso”

“Tipo azúcar”

“Tipo coloidal”

Con ello se observa sólo en la parte inferior del papel cromatográfico cuán lento, cuán a medio plazo o cuán veloz y manifiestamente alto es el ascenso del jugo. Del examen goetheano de la teoría de los enlaces antes expuesto pronto se hace evidente que el tipo coloidal abarca todas las sustancias orgánicas mucilaginosas que poseen un elevado grado de condensación o de polimerización, pero poco solubles en el agua. Por el contrario, son las sustancias ionogénicas, por ejemplo, la antocianina del color rojo cereza, las que ascienden más fácil y rápidamente y depositan las bandas cromáticas superiores del tipo esponjoso. Entre ambos se hallan las sustancias equilibradas que disponen de ambos polos ejerciendo una acción armónica intermediaria y equilibradora, ¡por ejemplo el azúcar! Si las fracciones de sustancia orgánica son incoloras por sí mismas, pueden “desarrollarse”, hacerse posteriormente visibles con sales de complejo metálico. Friedrich Ferdinand Runge (1795-1867) lo había descubierto ya en la época de Goethe (Harsch/Bussemas 1985).

Semejante interpretación de la dinamólisis capilar de los jugos orgánicos en relación con el espectro de enlaces de naturaleza homopolar y heteropolar puede encontrarse con dos valoraciones diametralmente opuestas. La una es la del desengaño, pues uno tiene ante sí algo que ha sido explicado que uno preferiría que no le hubiesen explicado, y entonces uno recurre al reproche materialismo y del racionalismo como concepto antagonista. La otra valoración consiste en que uno no rechace la explicabilidad, sino que la acoja para ampliarla cualitativamente. Lo espiritual no debiera servir nunca para tapar lagunas de las cosas inexplicadas, sino al contrario: hay que celebrar el mundo mismo de los efectos en su brillo tan manifiesto. ¿Cómo expresó esto Rudolf Steiner a los primeros maestros Waldorf?

“Y tampoco debe cultivarse la imagen, que tanto le gusta a los humanos, de que lo desconocido es un prueba del espíritu. La gente se dice: “¡Oh, eso no puedo saberlo, ahí se revela el espíritu!” En lugar de que sientan que se puede saber del espíritu, que el espíritu se revela en la materia, la gente tiende a pensar que cuando hay algo que no se explica, eso es una prueba de lo divino.” (*Steiner*, GA 300/I: 100, 26-9-1919).

Ya Tomás de Aquino era partidario de que en el quehacer del pensar no habría que abusar del mundo espiritual como “refugio de la ignorancia”, como de un mero *asylum ignorantiae*.

Equilibrios dinámicos

La transformación se produce siempre en el campo intermedio entre los opuestos. Ya dijimos que las sustancias ideales de enlace atómico son tan escasas como las que son puramente de enlace iónico. Las posiciones intermedias en todas sus gradaciones son las que generan la plenitud de la mayoría de compuestos de sustancias. A pesar de ello, en sus transformaciones pueden aparecer exteriormente estacionarias, pero no lo son, sino que, en ese momento, se encuentran en equilibrio *dinámico*; pensemos simplemente en todos los sistemas *buffer* (o tampón químico) en la bioquímica intracelular y extracelular, ya sea simplemente en el *buffer*-pH de la sangre. Ahí siempre subyacen *estadios de enlaces intermedios* de las sustancias implicadas, especialmente ácidos y bases débiles. Ello hace que todos los ácidos carbónicos y compuestos aminos sean capaces de generar *buffer*. Si se produce una acidosis, ésta se ve amortiguada; si se presenta una alcalosis, ésta se ve atenuada. Lo que en 1867 encontraron los dos noruegos, el químico Peter Waage (1833-1900) y el matemático Cato Maximilian Guldberg (1836-1900) y que desde entonces se denomina la “Ley de Acción de Masas”, es la descripción exacta de ello. Aunque el nombre no es muy afortunado, pues no se trata precisamente de una acción de masas, sino de una acción de *concentración* como sabe todo el que la ha entendido. La dosis es la que ejerce el efecto.

Pero la misma Ley de Acción de Masas no deja de ser un caso especial de un principio mucho más abarcante, que engloba esos ajustes de equilibrio dinámico con inclusión de procesos energéticos: el *Principio de Le Chatelier*. Ante una oferta elevada de energía aparecen compuestos endotérmicos y con ello disminuyen las magnitudes de energía, mientras que con una oferta reducida de energía emergen más bien compuestos exotérmicos que liberan energía. Eso no sólo es aplicable a los intercambios químicos, sino también a los físicos, si uno no quiere considerar como reacciones químicas las transiciones entre los diversos estados de agregación (aunque son reacciones químicas, pues la reconstrucción de las estructuras moleculares con uso de fuerzas de enlaces y los matices calóricos se producen ahí igual como en la mayoría de reacciones químicas.

Todo el acontecer climático se halla dominado por ello. Cuando se introduce calor tienen lugar procesos de enlace de energía como el derretido o la evaporación. Con la disminución de calor vuelve a generarse calor por condensación y cristalización. De ese modo el agua es capaz de generar todo tipo de compensaciones y con ello permite la presencia de la biosfera de la Tierra. Por eso, el *principio de Le Chatelier* se halla activo en todos los procesos de compensación, y sólo en el equilibrio de los opuestos puede la vida convertirse en realidad sin permitir que se llegue al equilibrio completo. Ese equilibrio sólo es posible en la muerte y solamente en lo inorgánico, y en esa medida el principio de la “presión exterior menor” en su forma matematizable pertenece a la física y la química de lo muerto. Pero aquí se manifiesta, como en un reflejo, algo característico de la vida, pues genera una zona intermedia intensificada, en este caso, por ejemplo, entre las polaridades de enlaces, pues sólo así puede dejar plenamente su sello. No se pueden generar soluciones *buffer* con ácidos fuertes, sino sólo con

ácidos débiles. Realmente podríamos llamar al *Principio de Le Chatelier* una ley fundamental biológica que ha desembocado en el mundo físico-químico. ¿Acaso lo inorgánico, incluso en sus leyes, procede de lo orgánico? La concepción antroposófica de la evolución responde afirmativamente a esa pregunta.

La capacidad de constante equilibrio compensatorio se halla en su ámbito propio en lo etérico. El mismo Goethe descubrió ya el principio de compensación de los organismos. Así por ejemplo, toda nuestra organización sensorial se halla dominada por él. Si vemos demasiada claridad, el ojo se hace insensible y ve sólo relativamente oscuro. Pero cuando paseamos por la noche percibimos los más delicados rastros de luz. Si vemos verde, el ojo se hace sensible al rojo; si vemos violeta, se hace sensible al amarillo. Si extendemos nuestras extremidades, los músculos flexores incrementan su disponibilidad, etc. Las sombras cromáticas no son ni objetivas ni subjetivas, sino una consecuencia de nuestra fisiología sensorial, y, como todo lo etérico-viviente, se halla más allá de la objetividad y de la subjetividad, se asienta allí donde se franquea el abismo de esa dualidad entre cuerpo y alma, es decir, en el miembro que los vincula: en la vida. De ello se proyecta en lo inorgánico y emergen las leyes del Principio de Le Chatelier, y por ello mismo es indispensable para la existencia física de la vida.

Estereoisomería

El descubrimiento de la estereoisometría especialmente por Louis Pasteur (1822-1895), Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911) y Joseph Achille le Bel (1847-1930) es uno de los más importantes realizados en la bioquímica: lo digno de atención no es sólo el qué sino el cómo de la sustancia. Para la efectividad de sus compuestos lo decisivo no son sólo los elementos implicados como tales, sino la respectiva estructura espacial. Lo decisivo no es primordialmente la masa, sino la forma. Con ello, la química, de ser un mero estudio de las sustancias, pasó a ser una morfología molecular. Que no se diga que la química estructural ha sido sólo “construida teóricamente”. Lo mismo sucedía con todos los mapas geográficos hasta que tuvimos las fotografías satelitales, y antes de ello podíamos fiarnos de ellos para planificar nuestros viajes. Entre tanto, existen buenas fotografías de la morfología molecular que permiten percibir lo que se describió teóricamente. Steiner recomendó a los primeros maestros Waldorf que, al introducir fórmulas, acto seguido se introdujeran las fórmulas espaciales (Steiner GA 300/11 1:32). El C_2H_6O puede ser tanto alcohol etílico como éter dimetílico - dos sustancias muy distintas con el mismo material de construcción. El material no es lo único esencial, sino más bien el cómo- el prototipo de toda comprensión de la forma.

El fenómeno más impresionante de la estereoquímica en la bioquímica es la quiralidad. No hay prácticamente ninguna sustancia orgánica que no sea quiral, cuyo efecto fisiológico no dependa esencialmente de su dirección asimétrica de giro. Pasteur la descubrió en el ácido láctico de derecha o de izquierda. Le Bel y Van't Hoff descubrieron, cada uno independientemente, que, en la mayoría de los casos, la asimetría de cuatro ligandos de carbono era esencial. En algunos casos nuestra nariz puede oler directamente la diferencia: la carvona del aceite esencial de alcaravea

(comino de prado) huele distinto en su forma derecha que en su forma izquierda, conteniendo la misma (!) estructura con una asimetría que sólo puede distinguirse en imagen de espejo: en un caso huele a comino, en el otro a menta crespa. Con dos films polarizados en el cilindro iluminado se puede hacer fácilmente visible a nivel macroscópico la estructura espiral distinta de los azúcares dextrógiros (glucosa, sacarosa) y levógiros (p.ej. fructosa) (*Wenger*-materiales didácticos). Todas las microestructuras químicas relevantes para la vida son claramente asimétricas. Y aún es más sorprendente que entonces se pueda llegar macroscópicamente a simetrías en la construcción corporal de los organismos. Tanto si hay simetrías radiales o bilaterales, en la mayoría de los casos, los órganos vitales centrales del metabolismo se hallan estructurados asimétricamente. En la cúspide de todas las espirales de las caracolas se halla la glándula del intestino medio que controla la digestión, y la mayoría de las caracolas es dextrógira, como por ejemplo nuestros caracoles de viñedo y caracoles moros (helícidos), aunque también aparezcan obligatoriamente levógiros, como la mayoría de nuestros pequeños clausílicos.

La química inorgánica apenas conoce la quiralidad (*Schad* 200. 107). Y aún es más sorprendente la excepción del cristal de roca y de los silicatos emparentados con él. Constituyen el mayor porcentaje de contenido mineral de la corteza terrestre y que conocemos como rocas primitivas (plutónicas). Esa sustancia principal de la Tierra, cercana a la biosfera, tiene ella misma capacidad quiral. Existen cuarzos dextrógiros y levógiros (v. *Schad* 1981a). ¿Tendrían que ser éstos también fisiológicamente activos y hasta de forma distinta?

Esa idea se aproxima a la concepción antroposófica si uno entiende todo organismo como una globalidad -si bien abierta-. Ya en su "Teoría del Conocimiento" el estudiante Steiner pregunta cuál es esa globalidad en lo inorgánico, y él no la ve en ningún detalle, sino en "la totalidad de lo inorgánico como un sistema", y eso es el cosmos entero (*Steiner* 1886 GA 2). De manera que todo ser vivo -por el hecho de ser una totalidad- en cierto sentido es una reproducción miniaturizada del cosmos entero. La consciencia cotidiana geometrizaradora se imagina el cosmos exterior como algo homogéneo y con el mismo valor en todas direcciones. En cambio, Steiner plantea la concepción de que el cosmos tiene direcciones con valores desiguales: si hubiéramos de tener una imagen geométrica, no sería la de la esfera, sino la del huevo de un ave (*Steiner*, GA 136; 11-4-1912; GA 205: 90/1, 1-7-1912). Es bien conocido entre los embriólogos que el eje corporal del primer rudimento del pollo se halla situado perpendicularmente con respecto al eje del huevo en unos 70%, de modo que el polo cefálico está alejado del observador y el polo caudal dirigido hacia él cuando mantiene el huevo con el polo redondeado a la izquierda y el polo puntiagudo hacia la derecha. Por consiguiente, la posición original en el huevo es siempre asimétrica y la frecuencia de su dirección se halla repartida de manera desigual. Ahora bien, que todas las sustancias orgánicas de alta calidad generadas por el metabolismo viviente en sí mismas sean asimétricas ya en lo más pequeño no deja de ser expresión de la naturaleza cósmica global de los procesos vitales.

Recién en 1956 descubrió la física (*Lee u. Yang* 1956) una disimetría inherente del mundo físico en la desintegración beta. En 1997 los astrónomos americanos Nodland y

Ralston descubrieron experimentalmente, por la emisión de ondas de radio de 160 galaxias lejanas, la estructura espiral asimétrica del universo físico que no se modifica de la misma manera en sus espacios medidos diametralmente. Antes se partía estrictamente de una isotropía de todas las direcciones del espacio.

Es evidente la idea de que el preparado biodinámico de sílice en cuerno (preparado, además, en un cuerno de vaca con giro siempre asimétrico) es el preparado más efectivo en base a la quiralidad del cuarzo. Hace ya años que el médico antroposófico Otto Wolff (1921-2003) presuponía ese hecho. En 1982 realicé, junto con Rainer Dietrich, los primeros experimentos con fumigación separada de cuarzo dextrógiro y cuarzo levógiro en huertas experimentales del Instituto para Pedagogía Waldorf en Witten-Annen. Las judías o porotos verdes en tamaño y profundidad del verde foliar reaccionaron mejor con el cuarzo dextrógiro que con el levógiro. Bajo la égida del profesor Wolfram Achnich en el marco de una disertación sobre experimentos de cultivo de campo en Göttingen, Christina Senger pudo constatar y confirmar ese planteamiento. Pero a pesar de muchos intentos, el Círculo de Investigación Biológico-dinámica (biologisch-dynamische Forschungsring) no ha podido llegar hasta el momento a resultados concluyentes al respecto. No podemos hacer más que sorprendernos por el genial acierto de Rudolf Steiner por haber captado el mineral más cercano a la fisiología de la vida en el preparado de sílice en cuerno. Como ya dijo Goethe en sus Máximas y Reflexiones (Nº 705):

“Si en sus inicios sin vida la naturaleza no fuera tan profundamente estereométrica ¿cómo iba finalmente a desembocar en la vida imprevisible e inconmensurable?”
¿Cómo es que el sabio de Weimar ya sabía de ello?

La semejanza divina de la materia

Haciendo una previsión de futuro, en una ocasión Rudolf Steiner habló de que en lo venidero se podría mostrar la acción de Cristo hasta en las leyes de la química (Steiner, GA 15: 66). El espiritualismo y el materialismo ya no se enfrentarán como incompatibles. El futuro tiene siempre sus gérmenes en el presente según esta manifestación de Rudolf Steiner. ¿Existen para ello elementos de contenido ya en las ciencias inorgánicas? Existen ya algunas primeras aproximaciones aun inadvertidas. ¿Qué es lo que describen la física y la química sobre la delicada estructura de la materia en la física y la química nucleares? Los más de cien elementos son atribuidos claramente a pocas partículas elementales. Si bien su número ha aumentado considerablemente. Pero siempre son, como mínimo, tres propiedades que corresponden a la caracterización de cada partícula elemental. Por un lado su masa, concentrada céntricamente en el espacio más reducido y, por tanto, envuelto por un campo gravitatorio minúsculo. Por otro lado, la mayoría de partículas elementales llevan consigo cargas eléctricas y con ello tienen a su alrededor un campo eléctrico más intenso. En principio, los campos de carga se extienden ilimitadamente en el espacio (si bien va disminuyendo rápidamente con el cuadrado de la distancia). Esos son básicamente gestos polares en la estructura de la materia.

Pero con el número de masa y la magnitud de carga aún no se ha caracterizado la partícula elemental, sólo lo conseguimos plenamente mediante un tercer valor: el espín. Es un par motor asimétrico en el que entran tanto las direcciones de las rotaciones de las masas como de las cargas. Ahí hallamos una característica vinculadora, rítmicamente vibratoria que es tan constitutiva como la masa y la carga. Sólo con los tres valores se puede identificar cada partícula elemental.

Parecidos dinamismos se hallan presentes en la configuración de cada átomo. En el núcleo se concentran los nucleones de fuerte masa, donde los neutrones fortalecen la masa nuclear y no la carga. Son muy necesarios para que los protones positivos de igual carga se repelan entre sí, es decir, para apagar realmente sus recíprocos efectos de carga. En cambio, la envoltura atómica consta de electrones negativos pobres en masa y de carga elevada, que determinan la intensidad del campo en el entorno. En lo que se integra entre la envoltura nuclear y la exterior, como pieles o cáscaras, usando un término desafortunado por ser demasiado mecánico, existe un acontecer rítmico, interpretable sólo según la teoría ondular y que está lleno de “saltos cuánticos”. El pedagogo de Basilea Johann Jakob Balmer (1825-1898), que fue el primer descubridor (en 1885) de la ordenación matemática de la secuencia rítmica conocida como “serie de Balmer del átomo de hidrógeno”, vio en esa relación un manifiesto pitagorismo (v. también *Hagenbach* 1941, *Hartmann* 1949).

No hace falta aquí que interpretemos con más detalle esa descripción. Lo que ahora ya es evidente es que todas las estructuras materiales, en último término, se hallan configuradas de una manera trimembrada en el sentido de polaridad e intensificación. Ese elemento trinitario que se hace visible mediante un goetheanismo iluminado por la antroposofía, hace que los datos, hasta ahora demasiado irrelevantes y que sólo interesaban tecnológicamente, cobren un valor que les permita convertirse en una ayuda para que, en la comprensión de sí mismo, el ser humano se oriente en la ordenación natural circundante.

Herder aún se había burlado de Goethe: “uno de los períodos de genio más ridículos fue el de los mineros en Weimar, cuando las minas de Ilmenau tenían que hacerse viables de nuevo; allí el ser humano no era nada, y la piedra lo era todo. Goethe encontró en la ordenación del granito la trinidad divina que sólo podía ser explicada con un Misterio.” (Conversación con Falk). Herder se refiere aquí al ensayo de Goethe “sobre el granito” que surgió a partir de sus excursiones por el macizo del Harz. Pero Rudolf Steiner habló de ese ensayo de Goethe con gran veneración y lo recomendó en su “Curso de ampliación” (GA 302: La estructuración de la enseñanza basada en el conocimiento del ser humano”) para la preparación de los maestros:

“Hay que impartir con verdadera sensibilidad sobre todo la historia, la geografía, la geología, etc. Esto último es especialmente interesante cuando uno presenta la geología y tiene un profundo sentimiento de empatía por las rocas que se hallan bajo tierra. En este sentido podría recomendarse a cada pedagogo estudiar y *sentir* empáticamente el ensayo de Goethe sobre el granito, para ver cómo entra en una relación humana con el primigenio y antiquísimo granito una personalidad que no sólo se sumergía en la naturaleza con la mera vida de representaciones, sino con todo su ser. Y naturalmente eso hay que ampliarlo a otras cosas” (13-6-1921)

En efecto, en Rudolf Steiner la trimembración del granito encuentra su aplicación terapéutica en el organismo trimembrado del ser humano (*Steiner*, GA 349: 19, 17-2-1923).

Goethe disponía en aquel entonces de los conocimientos geológicos de su época en los que fue introducido por Heinrich von Trebra, vicecapitán de minas de Clausthal Zellerfeld, uno de los pocos a quién le ofreció el trato de “tú” para personas de más confianza. Cuarzo, mica y feldespato, muestran, ya en su comportamiento con la luz, la polaridad de transparencia, reflejo, y, en el último, la intensificación cromática. Toda su teoría de los colores es igualmente una tentativa de captar una esfera de la física en cualidades trinitarias.

Hoy tenemos un conocimiento inigualablemente inmenso, pormenorizado, múltiple y diferenciado de casi todos los fenómenos naturales. Pero su valor formativo para el *ser humano* y, del otro lado, nuestra inclinación por comprender *la naturaleza*, ambos brillan por su ausencia, porque la capa social educada que se interesa espiritualmente por ese saber de la naturaleza se aísla y se abandona a sí misma, no lo integra culturalmente, frunce los labios y arruga la nariz ante él, considerándolo como un mero reduccionismo y materialismo. Y sin embargo, nada de ello es producto del diablo, sino que las ciencias naturales están llenas del buen espíritu. Simplemente debemos descubrirlo. Hace ya tiempo que tenemos la metodología para ello, sólo hay que desear y buscar su descubrimiento. De lo contrario, cada forma de apartado espiritualismo ajeno al mundo, por desaprovechar su tarea, genera por sí misma y especialmente la forma caduca de materialismo que se vuelve negativa (*Steiner*, GA 295: 167). Eso es lo que tiene ya aquella tradición secular de la que hablamos al principio y de la que podemos liberarnos finalmente.