Selección de textos de Química



Elementos de ayuda para iniciar la estructuración de la clase de química en las escuelas libres Waldorf

Recopilados por el Dr. Dirk Rohde

Escuela Libre Waldorf de Marburg, Alemania

2013

Selección de textos
de
Química

Elementos de ayuda para iniciar la estructuración de la clase de química en las escuelas libres Waldorf

Recopilados por el Dr. Dirk Rohde
Escuela Libre Waldorf de Marburg, Alemania
2013

Selección de textos de química

Índice

3 Introducción; Dirk Rohde

19 Aproximación al estudio de la naturaleza en Escuelas Waldorf; por Eugen Kolisko

30 Séptimo año escolar; por Eugen Kolisko

53 Octavo año escolar I: Proteína, grasa e hidratos de carbono; por Rudolf Steiner

59 Octavo año escolar II; por Frits Julius

70 Noveno año escolar I; por Manfred von Mackensen

83 Noveno año escolar II; por Dirk Rohde

86 Décimo año escolar; por Frits Julius

110 Undécimo año escolar I: Electrólisis; por Rudolf Steiner

113 Undécimo año escolar II: Electrólisis; por Günther Heuschkel

118 Undécimo año escolar III: Electrólisis; por Gerhard Ott

123 Undécimo año escolar IV: Sistema periódico, tipos de enlaces; por Wolfgang Schad

158 Undécimo año escolar V: El sistema periódico; por Friedrich Kipp

159 Undécimo año escolar VI: La escritura de fórmulas; por Manfred von Mackensen

175 Undécimo/duodécimo año escolar: Elementos químicos de la proteína; por Rudolf Steiner

183 Duodécimo año escolar: Ácido fórmico y ácido oxálico; por Manfred von Mackensen

189 Consideraciones ulteriores y finale; por Rudolf Steiner

Dirk Rohde, FWS Marburg, Navidad de 2013

Introducción a los textos de química para Escuelas Libres Waldorf

I Advertencias preliminares generales

La química es una ciencia fascinante y muy interesante. Tiene mucho que ver con cada uno de nosotros: salud y enfermedad, medicina, alimentación, todos los posibles aspectos técnicos, cuestiones medioambientales, viajes espaciales – casi por todas partes nos topamos con las innumerables posibilidades de aplicaciones positivas y con los incalculables riesgos que conllevan las diversas orientaciones de la química. Por ello, evidentemente, hoy en día forma parte de las asignaturas escolares. La posición de la pedagogía Waldorf al respecto consiste en abrir la puerta a los jóvenes a una multitud de posibilidades de contacto con esa importante ciencia e introducirlos en la gran movilidad de sus razonamientos, de modo que, como personalidades independientes y con juicio propio, puedan establecer con ella una relación determinada por ellos mismos.

La pedagogía Waldorf ha desarrollado para ello una aproximación propia que por lo menos en parte ya ha dado sus frutos. Las investigaciones en el marco del informe PISA demostraron en 2006 que los estudiantes Waldorf, tanto alemanes como austríacos, -junto a su buen nivel de conocimientos especializados semejante al de los estudiantes de escuelas estatales- mostraban un interés por las ciencias naturales mucho mayor, y que las diferencias de género (en perjuicio de las niñas) claramente perceptibles en las escuelas estatales no se presentaban en las escuelas Waldorf auditadas. Por tanto tampoco sorprende que, tras un estudio de egresados Waldorf (realizado por Heinz Barz y Dirk Randoll), el segundo grupo más grande hubiera escogido profesiones científicas. (1; 2; comentarios a estas y a las siguientes notas al pie se encuentran al final de este capítulo introductorio).

Y eso no es tan fácil de entender. A muchos contemporáneos les cuesta hallar acceso a las ciencias naturales, y especialmente a la química. Existen proporcionalmente muy pocos químicos, y los que hay se sienten llamados a convertirse más en especialistas de un ambivalente y pequeño ámbito especializado que a representar algo que sea conocido y apreciado a nivel general. Y por eso es aún más importante para ellos el intenso intercambio interdisciplinar. Esto rige en especial medida para los pocos profesores de química en las escuelas Waldorf, dadas las demandas del particular concepto pedagógico.

En un seminario de formación de química de maestros Waldorf realizado en Moscú en la primavera de 2010 surgió la pregunta de si no sería posible que el movimiento Waldorf internacional dispusiera por escrito de elementos fundamentales que sirvieran para la preparación y el repaso. Ese deseo es tanto más comprensible si se tiene en cuenta cuán difícil es –especialmente por la distancia geográfica frecuentemente muy larga- que muchos colegas puedan establecer intercambios como otros profesores Waldorf de química al margen de esas semanas de formación.

Por otro lado, existe el problema de que la literatura sobre la clase de química en la Escuela Waldorf, que ha ido surgiendo a lo largo de los decenios, es tan amplia que se ha ido haciendo casi imposible traducirlo todo en otras lenguas del mundo. Faltan los recursos personales y financieros y duraría demasiado. A ello se agregaría que el principiante probablemente se sentiría sobre exigido al tener que hacer rápidamente una selección que cubriera sus necesidades partiendo de un canon tan enorme. Por eso propuse asumir el asunto. Desde 1988 doy clases de química en la Escuela Libre Waldorf de Marburg (Alemania) y participo desde hace muchos años en la formación y capacitación de maestros. La oferta de crear una selección de textos de química para principiantes, tuvo un múltiple eco positivo, lo que llevó a que en el verano de 2010 pudiera empezarse con el trabajo.

Hay que adelantar que esta selección de textos se dirige explícitamente a los *principiantes*. Con esos textos han de tener en sus manos un hilo conductor que les ayude a ir estructurando la clase de química en una Escuela Waldorf o a asumir una situación en la que disponen de muy poca ayuda que venga de fuera. Al mismo tiempo ha de suministrarles estímulos para prepararse para cursos de capacitación en los que el intercambio lleve a que puedan seguir desarrollando su clase a partir de ello.

Por eso, buscarán en vano muchas cosas que desde hace años los avanzados en la profesión suelen comentar a un nivel secundario en interesantes congresos. Eso también se aplica, por ejemplo, a los métodos creadores de imagen que han ido surgiendo en el contexto antroposófico y que para mí son personalmente muy importantes. Mas el principiante necesita fundamentos seguros antes de atreverse a avanzar. Además no he acogido nada que tenga relación directa con las normas estatales como planes de estudio o exámenes de fin de año escolar: pues éstos difieren mucho según los países, y uno mismo tendrá que buscar su adecuada relación con ellos en su propio lugar.

Otro criterio de exclusión fue la extensión del texto de los diversos artículos que había que elegir. En muchos aspectos exige un gran esfuerzo el traducir una página a otro idioma. Por ello y en consideración a los objetivos de la acción que se perseguía quedó claro de antemano que la extensión general de la selección de textos tendría que hallarse en torno a las 100 páginas (dobles de libro). Como quiera que la clase de química Waldorf abarca sobre todo los seis años escolares desde el séptimo al duodécimo año escolar (en Alemania) y con ello han de abordarse una serie de temas, de antemano no se tuvieron en cuenta artículos relativamente largos.

Mis posteriores reflexiones me llevaron a considerar que sería bueno dejar hablar a muchos autores distintos que abarcaran el período que abarca el movimiento Waldorf, es decir desde 1919: autores que dejaron su sello de manera muy propia en la clase de química de nuestras escuelas. Espero que, a pesar de todas las dificultades de traducción a otras lenguas, esta riqueza pueda perdurar al menos en su mayor parte. Con ello, el novicio percibe en el original una multitud de voces diversas que se destacan entre sí no sólo por su contenido, sino también por su aproximación y su temperamento, lo que precisamente ofrece múltiples inspiraciones. En mi opinión es como si se formara un “coro” armónico. Siento que los diversos autores se complementan bien, puesto que no se trata de confrontarlos entre sí, sino de ver cómo interpretan de manera distinta el mismo punto de partida: los datos del plan de

estudios de Rudolf Steiner. Pero al mismo tiempo, también puede verse que, a lo largo de los decenios, esas interpretaciones conquistan nuevos espacios de pensamiento que siempre amplían lo anterior.

Mas como en esta época la química ha dado pasos gigantescos fuera del movimiento antroposófico, se hizo necesario leer minuciosamente todos los artículos, y realizar algunas correcciones y anulaciones: algunas cosas han sido entre tanto revisadas científicamente, otras (al menos en Alemania) han dejado de ser permitidas en la clase por motivos de seguridad; mientras que otras remiten a situaciones que no fueron acogidas en la selección de textos, y hubo que eliminarlas. Que cada usuario se sienta obligado a continuar independientemente lo que aquí se señala. El desarrollo de la química sigue avanzando, de modo que todos los contenidos necesitan una continua comprobación con el fin de generar una actualización en caso necesario.

II En torno al plan de estudios de las Escuelas Waldorf

El plan de estudios de las Escuelas Waldorf fue surgiendo en un paulatino proceso a lo largo de conferencias que Rudolf Steiner fue dando al profesorado en los años 1919 a 1924. En 1919 empezó la primera Escuela Libre Waldorf (en Stuttgart, Alemania) con los años primero a octavo. Con su creación Rudolf Steiner dio también indicaciones sobre cuáles temas de química había que enseñar en los años séptimo y octavo de la Escuela Waldorf. Eso se prolongó varios años hasta 1924, sobre todo con datos sobre los grados superiores que se iban agregando, en 1920 para el primer noveno año escolar, etc. Ahí pueden encontrarse para la química (y para otras asignaturas) una serie de importantes líneas directrices para su didáctica en la Escuela Waldorf: Con los grados cada vez superiores la enseñanza sigue ejemplarmente una serie de pasos cognitivos concretos tal como han ido surgiendo en la historia de la química.

Igualmente es importante que para cada año escolar estaba prevista (y en muchos casos este criterio se mantiene hasta hoy) una sola época de química de tres a cuatro semanas. Por tanto, la química se dio sólo por épocas, a razón de unas dos horas diarias, es decir, en un año escolar completo se enseña en tres a cuatro semanas en unas 30 a 50 horas de clase.

Los datos concretos de Steiner para las clases que entonces había que dar en esa única escuela, después de su muerte en el año 1925, tanto para la química como para las otras asignaturas, han sido considerados como sugerencias y puntos de partida para todos los demás años escolares y escuelas que desde entonces han ido agregándose por el mundo entero. Lo mismo hay que decir para la presente selección de textos: no hay que tomarlo como una “receta” 1=1. Más bien presenta un compendio de sugerencias que quiere apoyar al profesorado en sus esfuerzos pedagógicos por estimular individualmente y de la mejor manera el desarrollo de los alumnos. Al mismo tiempo, de ahí crece en cada profesor la tarea de ajustar de la manera correspondiente estas sugerencias con las demandas que reclama cada situación docente concreta, y de desarrollar desde ahí un plan de enseñanza propio.

En 1920 ingresó en la Junta de Maestros de la primera Escuela Waldorf el austriaco Eugen Kolisko, que en aquel entonces contaba con 27 años. Su padre era un médico vienés muy reconocido. Eugen Kolisko había estudiado medicina y era además una personalidad muy inteligente, dotada y con una formación manifiestamente amplia, con numerosos talentos. Al mismo tiempo era discípulo íntimo de Rudolf Steiner y un antropósofo extraordinariamente activo. Kolisko se convirtió en el primer médico escolar del movimiento de Escuelas Waldorf y dejó su primera impronta inconfundible a esa nueva imagen profesional. Por otra parte, como profesor especialista, asumió las clases en asignaturas de ciencias naturales y ahí elaboró especialmente la enseñanza específica de la química de las Escuelas Waldorf. Y tuvo tanto éxito que desde entonces Rudolf Steiner también hablaba de la química de Kolisko, cuando quería describir el proceder del comienzo de la química antroposófica. (4) En un ensayo que precedió a los primeros ensayos sobre química, en 1929 Kolisko describe de una manera muy apropiada el propósito especial de la enseñanza de la ciencia natural en la Escuela Waldorf. (3)

II.1: Séptimo año escolar

La indicación de Rudolf Steiner para el séptimo año dice: “Partan ustedes de un proceso como el de la combustión y de un proceso cotidiano como ése busquen cómo encontrar la transición de la combustión a las representaciones químicas sencillas”. (4) De ahí Kolisko desarrolló un procedimiento para la época de introducción a la química que, aunque tal vez no en todas las Escuelas Waldorf, incluso hoy en día constituye la línea directriz central para la clase. Por eso acogí en esta selección de textos su importante ensayo de 1932 “Sobre la primera clase de química” como base para el séptimo año. (3)

II.2: Octavo año escoar

Para ese año escolar sugiere Steiner: “Sigan introduciendo los conceptos químicos sencillos, de tal modo que el niño también aprenda a entender cómo los procesos industriales se relacionan con lo químico. En relación con los conceptos de la química intenten desarrollar lo que hay que decir sobre las sustancias que constituyen los cuerpos orgánicos: almidones, azúcar, proteína, grasa.” (4)

Hay que resaltar que con sus indicaciones, Rudolf Steiner abarca los tres grupos esenciales de sustancias orgánicas de las que nos alimentamos: proteínas, grasas e hidratos de carbono. En 1923, en una conferencia para los trabajadores del Goetheanum, el centro del movimiento antroposófico, el propio Steiner expone cómo esos tres grupos de sustancias se relacionan con nuestra propia constitución (en la que la Antroposofía distingue los llamados miembros constitutivos: cuerpo físico, etérico, astral y yo). Esa conferencia contiene la especial posibilidad de obtener del propio Steiner un vislumbre en los trasfondos de su propuesta de plan de estudios. Por eso se acogió en nuestra selección la parte de la conferencia referente al tema. (5)

Acto seguido le sigue un ensayo de Frits H. Julius. Julius fue profesor de ciencias naturales en la Escuela Libre Waldorf de la Haya (Holanda) desde los años 1930 hasta los 1960. Simultáneamente era investigador y uno de los más importantes goetheanistas que generó el movimiento antroposófico. Estaba dotado de una capacidad extraordinaria de observación, de una manifiesta profundidad espiritual y de una enorme interioridad. Eso puede captarse también en sus ensayos. Describió muchas cosas de sus múltiples experiencias y razonamientos. Me pareció especialmente idóneo introducir en esta selección sus textos para la clase de química en los años octavo y décimo, porque resumen muchas cosas esenciales para esos años de una forma escueta y concisa, a la vez que hondamente impregnada de pedagogía Waldorf.

II.3: Noveno año escolar

"Lo que hemos determinado para el octavo año, los primeros elementos de la química orgánica –donde la palabra 'orgánica' se utiliza como mera abreviación-, lo que es un alcohol, lo que es un éter, hay que proseguirlo en el noveno año". (4) Eso es todo lo que Steiner dice sobre la clase de química para ese año. De ese modo, el profesor se enfrenta a la difícil y gran tarea de desarrollar, a partir de una frase que es como una mera indicación, un plan adecuado a sus propios intereses para una época de tres a cuatro semanas.
Un maestro en esta labor es Manfred von Mackensen. Hasta hace poco era profesor de ciencias naturales en la Escuela Libre Waldorf de Kassel (Alemania), pero su campo de actividad se extiende mucho más allá. Entre otras cosas, también fundó un centro de investigación pedagógica. En ese contexto investigó y describió numerosos materiales para la clase de ciencias naturales de la Escuela Waldorf, a la vez que elaboró planes de enseñanza y publicó muchas cosas. Con ello puso a disposición del movimiento internacional de Escuelas Waldorf numerosos materiales de estudio que se destacan por el amplio conocimiento actualizado y gran profundidad mental, y por su magnífico enfoque hacia la práctica hasta en los últimos detalles. La importancia de Mackensen nunca llegará a ser apreciada lo suficiente.

En esta selección de textos –por las razones expuestas al principio- sólo se pudieron tomar algunos pasajes de la obra completa de Mackensen. También pueden considerarse como ejemplos del contenido de sus otros escritos. Para la época de química en el octavo año reproducimos un breve texto que muestra ejemplarmente cómo se puede llegar a un esbozo de clase bien trabajado, partiendo de una sugerencia de Steiner. (7)

Mi propia interpretación de la indicación que dio Steiner para el noveno año es que en esa época el ciclo del carbono puede convertirse muy bien en el tema central. Investigué el tema a fondo, lo experimenté durante años y lo expuse en una disertación. El breve extracto de mi trabajo debiera dar una escueta impresión de ello. (8)

II.4: Décimo año escolar

Para ese año la indicación de Steiner es un poco más amplia. En lo referente al contenido se trata de transmitir a los alumnos “una representación clara de todo el significado de lo que es una sal, un ácido, una base”; primero mediante una buena observación de “lo básico, lo ácido, lo salino”, luego “hablar de la reacción alcalina y ácida” y después “agregar los procesos fisiológicos” (4). Un ensayo de Julius expone en pocas páginas este tema, de una manera abarcante y a la vez múltiple, con la inclusión de diversos temas laterales importantes. Al incluir aspectos de electroquímica ofrece vislumbres preparatorios para la transición al undécimo año. Por eso me decidí nuevamente por uno de sus artículos como texto introductorio para esa época. (9)

II.5: Undécimo año escolar

Como las declaraciones de Steiner para ese año, a pesar de su brevedad, abordan muchos temas importantes y cuestiones que siguen siendo de la máxima actualidad, las reproduciremos completas: “En la química se hizo necesario desarrollar con la máxima amplitud las ideas químicas directrices de ácido, sal y base, para llegar a saber lo que es un alcohol, un aldehído. Vamos a tener menos en cuenta las cosas tradicionales, la separación entre química orgánica e inorgánica. Ahí es donde a mí me parece que puede intercalarse la visión de conjunto de las sustancias. Es mejor desarrollar el proceso de ese modo, y ahí habría que introducir las sustancias y los metales, de manera que se despierte en clase el sentimiento de que en las sustancias nos hallamos ante procesos retenidos, que se genere la representación de cómo las sustancias son procesos que han entrado en reposo. Si uno tiene ante sí un fragmento de azufre tiene un proceso que ha entrado en reposo. Cuando estoy aquí de pie y está cayendo un chaparrón, ahí tengo un proceso en el que estoy totalmente implicado. Pero cuando miro la nube de lejos, se me presenta como un objeto. Cuando observo determinados procesos es como si estuviera en medio de la lluvia. En cambio, cuando examino el azufre es como si observara la nube desde lejos. Las sustancias son procesos que se muestran solidificados”. (4)

Se ve enseguida que los temas del octavo y noveno año vuelven a aparecer; y hay que volver a empezar de nuevo con la separación entre orgánica e inorgánica; hay que aproximarse de una manera muy especial al concepto de sustancia; y la “visión general sobre las sustancias” podría también referirse al sistema periódico de los elementos químicos. Y aunque se mencione el azufre sólo como ejemplo, por el hecho de ser una sustancia muy importante a la vez que un elemento químico, desempeña a continuación un gran papel en la clase de la Escuela Waldorf. En base a la multilateralidad de los temas los ensayos respectivos ocupan un lugar más amplio en la presente selección de textos.

Temáticamente, la transición entre el décimo y el undécimo año puede concebirse también desde un punto de vista de la historia de la ciencia, como una transición hacia la nueva química que se produjo en torno al 1800. Comenzó con el intento de redefinir los elementos químicos, lo que llevó al descubrimiento de una serie de nuevos elementos. A lo largo del siglo XIX, en el proceso entró en acción intensificada la recién descubierta electricidad,

especialmente en la electrolisis. Por eso, la electroquímica ocupa una posición central en el undécimo año escolar de las Escuelas Libres Waldorf.

En una conferencia para los médicos, Rudolf Steiner menciona la electrolisis muy brevemente, pero con detalle y profundidad. La sitúa en la relación con bases, ácidos y sales por un lado, y por el otro con los metales plomo, estaño y hierro, sus efectos de irradiación y sus relaciones con el yo, el cuerpo astral y el etérico por otra parte. En mi opinión es imprescindible conocer esas indicaciones de Steiner si uno prepara la clase para el undécimo año. Por eso se hallan en la presente selección de textos al principio de los materiales para este año escolar. (10)

El sobresaliente experimentador y muy activo antropósofo, el químico Günther Heuschkel residente en Hamburgo, que ocupó su vida profesional en la industria química, después de haberse jubilado asumió esas (y otras) exposiciones de Steiner sobre los metales, las investigó en amplitud y profundidad, y publicó muchos de sus resultados. Para la clase se nos ocurrieron a los dos una serie de ideas en común sobre cómo podrían transformarse los enunciados de Steiner sobre la electrolisis, de tal modo que no sólo tematizáramos los contenidos electroquímicos, sino que a su vez los implementáramos como experimentos escolares en que hiciéramos tan visibles las características formas metálicas diversas que surgen por el proceso de reducción, que se mostraran como imágenes de las formas de irradiación del plomo, del estaño y del hierro. El extracto del amplio libro de Heuschkel “Procesos de los metales” que incluimos en esta selección de textos describe el procedimiento necesario para ello. (11)

Acto seguido le sigue un texto de Gerhard Ott. Ott era uno de los alumnos comprometidos de Kolisko y después de su formación se convirtió en un entusiasta maestro Waldorf. Al principio dio clase en la Escuela Libre Waldorf de Hannover, luego durante la Segunda Guerra Mundial, se trasladó a la escuela Waldorf de Dresde y más tarde regresó desde allí a la Escuela de Hannover. Entre otras obras, editó una en dos volúmenes sobre la “Química según el método fenomenológico”. En ella penetra –en mi opinión de una manera muy ilustrativa- en “la intervención de la electricidad en los ámbitos de la química”. El principiante encuentra en esos pasajes muchos elementos de gran valor para los experimentos que hay que realizar en el undécimo año. (12)

Cada vez que uno se ocupa con los elementos en la química desemboca consecuentemente en la pregunta sobre las afinidades entre esos elementos y con ello en el sistema periódico. Las reflexiones al respecto y las consideraciones sobre las diversas maneras de exposición son esencialmente mucho más variadas de lo que cree la mayoría de los contemporáneos. Una buena introducción a este tema (en la simultánea continuación con una serie de aspectos del espectro de temas del duodécimo año) nos la ofrece Wolfgang Schad. Schad es profesor emérito en la Universidad de Witten, uno de los científicos antroposóficos más acreditados con un campo de actividad manifiestamente amplio y una impresionante lista de publicaciones. Como también fue profesor en la Escuela Libre Waldorf de Pforzheim y profesor en el seminario de formación de maestros Waldorf en Stuttgart, está óptimamente familiarizado con la enseñanza en las Escuelas Waldorf. Por eso, el ensayo de Schad que hemos acogido para nuestra Selección de Textos se dirige expresamente a los profesores

Waldorf de química, y forma parte del libro “Química en las Escuelas Waldorf”. (13) Wolfgang Schad revisó y modificó el texto para incluirlo en la presente selección.

Para redondear el tema del “Sistema periódico” hemos incluido una forma de exposición recomendada por Friedrich A. Kipp, que hemos extraído de la mencionada obra de Ott (12). Kipp fue un excelente científico antroposófico que tuvo muchos logros especialmente en la biología. – En cambio aquí solamente podemos mencionar el artículo recientemente publicado de los colegas de Flensburg Peter Brodersen que abre nuevos horizontes. Partiendo de reflexiones matemáticas establece fundamentadamente un nexo entre los elementos químicos y los planetas que él expresa en una nueva exposición del Sistema Periódico. (14)

Otro aspecto a tener en cuenta al considerar los elementos químicos es que (a más tardar) en este año escolar también hay que entrar en la escritura de fórmulas e introducirla. El ensayo de Mackensen reproducido en esta Selección de Textos muestra un camino fundamentado y probado de cómo se puede manejar esa exigencia desde la perspectiva de la pedagogía Waldorf. (15)

La manera en que Rudolf Steiner se ocupa de los elementos por separado, partiendo de la visión científico espiritual –y por tanto esencial para la enseñanza Waldorf- puede verificarse de manera ejemplar en la tercera conferencia del Curso de Agricultura (GA 327). Por ello se ha insertado el correspondiente fragmento en esta Selección de Textos. Al mismo tiempo presenta una transición a la química de las proteínas del duodécimo año escolar. (16)

II.6: Duodécimo año escolar

En las Escuelas Libres Waldorf todos los temas de un año escolar en cierto sentido se hallan sometidos a una especie de leitmotiv, de lema principal. En el noveno año el lema podría llamarse “Revolución y ruptura”, en el décimo “Polaridad e intensificación”, en el undécimo año “El individuo y su relación con el conjunto, con el mundo” y en el duodécimo curso sería “Sinopsis final” (con el duodécimo curso concluye el ciclo escolar Waldorf, el decimotercer año que existe en algunas lugares está orientado en vista a los exámenes para el diploma escolar).

Esos lemas podemos encontrarlos de nuevo para la clase de química en los años escolares noveno, décimo, y undécimo. En el duodécimo año eso se hace mucho más difícil. Hasta el final del undécimo año, los alumnos aprendieron relativamente poco de la química orgánica (en el sentido convencional), apenas se confrontaron con fórmulas de estructuras ni con modernos procesos técnico-químicos. Por consiguiente, junto a resúmenes que repasan lo hecho anteriormente no se puede evitar tener que entrar en una serie de nuevos temas posteriores.

Las indicaciones de Steiner para el duodécimo año son relativamente amplias, lo que, entre otras cosas, tiene que ver con el hecho de que en su época (igual que hoy) había que tener en cuenta los exámenes finales oficiales. He aquí un extracto que hasta hoy se tiene muy en cuenta: “Provisionalmente hemos de intentar concluir con la química… Una vista general de la

teoría de las formaciones (de tipo rocoso, fosilizaciones) hasta la era glacial, … la naturaleza de los venenos orgánicos, de los alcaloides, una idea de los compuestos de cianuro en contraposición a los compuestos de hidratos de carbono. Hacen falta nexos cualitativos. Se lo puede entender totalmente a partir de nexos cualitativos". "Si uno utilizara al menos fórmulas estereométricas, se podría encontrar en ello un sentido". "Vamos a estudiar la química en relación íntima con el ser humano… Entonces se trataría de que realmente ascendiéramos hasta los procesos que se encuentran no sólo en el animal, sino también en el ser humano, de modo que uno hablaría de pepsina, ptialina, formación de pancreatina, etc. Habría que abordar los procesos metálicos en el ser humano de tal manera que se desarrollara algo de lo fundamental, digamos que (los alumnos y alumnas) entendieran lo que podríamos llamar un proceso de plomo en el ser humano. Hay que enseñar que todas las sustancias y procesos se transforman totalmente en el ser humano. En la formación de pepsina se trata de volver a partir de la formación de ácido clorhídrico, considerada como algo inorgánico y la formación de pepsina considerada como lo que puede realizarse únicamente dentro del cuerpo etérico, donde incluso ha de intervenir el cuerpo astral; es decir, una completa desestructuración del proceso, y una nueva reconstrucción: ácido clorhídrico, uno parte del proceso inorgánico, de la sal común o mediante síntesis, se habla del ácido clorhídrico en sus propiedades. Luego se intenta resaltar una diferencia con lo que sólo tiene lugar en el cuerpo inorgánico. Hay que culminar mostrando la diferencia entre la proteína vegetal, animal y humana, de modo que exista un concepto de proteína ascendente, fundamentada en la diferente estructura del cuerpo etérico. La proteína humana es distinta de la animal. … habría que tener una química inorgánica, una química orgánica, una química animal y una química humana. … (como ejemplo ulterior:) Proceso de metamorfosis ácido fórmico – ácido oxálico." "Habría que partir del ritmo cósmico, explicar el sistema periódico a partir del ritmo cósmico. … Por ejemplo uno tiene algo así como una octava en la relación entre hidrógeno y oxígeno. Pero eso nos lleva demasiado lejos." Y los procesos técnico-químicos en el duodécimo año hay que enseñarlos separadamente y con más profundidad en la asignatura de Tecnología, en el contexto de los hechos más importantes de la economía mundial. (Todas las citas del punto 4)

Por tanto, los temas son muy exigentes y múltiples, y para el profesor Waldorf que ya lleva años vuelve a plantear un gran desafío. No existe ninguna recomendación elaborada por escrito de la estructuración que se haya conservado de toda la época de química del duodécimo año, como las hay para los años séptimo a décimo. Y tampoco hay nada múltiple que tenga a la vez un empuje que vaya en dirección unitaria, al contrario de lo que puede verse para el undécimo año en el material de la presente selección. Para el duodécimo existen sugerencias para algunos de los temas expuestos a la vez que una amplia propuesta de Ulrich Wunderlin (17). Según mi experiencia, son especialmente importantes y manifiestamente instructivos para la exigencia de Steiner de distinguir entre la química vegetal y la animal los experimentos para el proceso de metamorfosis del ácido fórmico – ácido oxálico. Por eso se introdujo en la presente selección de textos la breve exposición de Mackensen que está enfocada a la práctica. Señalemos expresamente que el escrito del que fueron extraídas esas breves páginas, entre otras cosas, contiene más elementos esenciales sobre ese tema y el proceso del plomo mencionado por Steiner. (18)

Para concluir, quiero intentar esbozar brevemente mi propio planteamiento para la época del duodécimo año. Como yo también enseñaba biología y tecnología química, y las

prescripciones estatales para el examen final en Alemania requieren relativamente muchos conocimientos tanto en bioquímica como en genética, intento usar sinergias (que también se derivan de la gran cantidad de clases que combinan mis asignaturas) y, entre otras cosas, convertir las indicaciones de Steiner sobre la proteína en línea directriz de un procedimiento combinado en química y biología. En experimentos sobre la digestión de la proteína traté los temas relacionados con el ácido clorhídrico, ptialina, pepsina y pancreatina (tripsina). Al final de la secuencia de la digestión se llega a los aminoácidos. De forma parecida dejo que los alumnos realicen experimentos escolares con enzimas de restricción y electroforesis en gel para el desglose del ADN. Ambos –los aminoácidos y el ADN- generan el punto de partida para abordar el tema de la biosíntesis proteica. Conectado con ello y pasando por el enlace peptídico, se puede desembocar en las diversas estructuras proteicas: estructuras primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Las consecuencias espaciales concomitantes que ello tiene para las estructuras proteicas ofrecen un punto de apoyo a la hora de transcribirlas en fórmulas estructurales –como exige Steiner, véase más arriba- con el fin de avanzar a representaciones espaciales más realistas. La especificidad de proteínas concretas, por ejemplo, en relación con el sistema inmunológico, ofrece posibilidades de distinguir entre proteína animal y proteína humana. En cambio, convierto en tema central la proteína vegetal en las papilionáceas (= leguminosas) que, en muchos aspectos, representan uno de los pocos y a la vez el más importante portal de entrada del nitrógeno del aire circundante en la biosfera. En este ejemplo, que yo introduzco preferentemente con los ejercicios de la metamorfosis de las plantas de Goethe, se pueden reconocer las especiales posibilidades bioquímicas de las plantas y a su vez distinguirlas de las posibilidades de los animales, sobre todo en lo referente a las diversas proteínas e incluso a otras sustancias. Para ello es útil resaltar claramente la diferencia entre la proteína procesualmente activa (las enzimas) y la proteína estructural (incluyendo la proteína de almacenamiento). Para mayores detalles sobre este esbozo esquemático pueden dirigirse a mí (véase abajo la dirección de e-mail).

II.7 Conclusión

Existe una breve conferencia de Rudolf Steiner que pronunció en un congreso con los maestros Waldorf de entonces a petición de Eugen Kolisko. En mi opinión, esa conferencia deja muy claro qué es lo que espera Steiner de los maestros Waldorf en cuanto a conocimientos de química en relación con sus tareas pedagógicas. Como esa conferencia toca brevemente todos los temas de la clase de química y los sitúa en un contexto práctico que nos afecta a todos como maestros Waldorf, me parece muy adecuado como conclusión redondear la presente selección de textos con esa conferencia. (19)

III Agradecimientos

Esta selección de textos ha sido posible únicamente gracias al apoyo financiero de la Fundación Software AG (para la versión en alemán, ruso e inglés) así como de la Fundación Mahle (para la versión en español). Ellas merecen pues el máximo agradecimiento del movimiento internacional de Escuelas Waldorf que en la presente me encargo de expresar. Igualmente estoy enormemente agradecido a Freunde der Erziehungskunst por haberse

decidido a asumir un apoyo central en el desarrollo del proyecto. Mi más personal agradecimiento al Profesor Dr. Dirk Randoll, mi asesor en el proyecto en la Fundación Software AG, a Alexander Lerch, mi asesor en el proyecto dentro de la Fundación Mahle y a Eleonore Jungheim, mi asesora de proyecto en Freunde der Erziehungskunst. Sin el acompañamiento competente de ellos no habría podido elaborar esta selección de textos.

Y le agradezco de corazón a todos los que me ayudaron en las más diversas instancias, especialmente a los traductores al ruso Maria Babkina y Oleh Faliy, así como a Ksenia Kudrenko que revisó sus traducciones; y a los responsables por la traducción al inglés: Catherine E. Creeger, Peter Glasby †, Martyn Rawson, Diederic Ruarus; así como a quienes se hicieron cargo de la traducción al español: Lía Tummer y Miguel López-Manresa. ¡Muchas gracias!

IV Notas

Las traducciones al ruso fueron realizadas por:

Maria Babkina, Moscú, Rusia: Kolisko, “Sobre el desarrollo y la estructuración de la clase de ciencias en la Escuela Waldorf” (3); Conferencia de Steiner del 22 de septiembre de 1923 (5); Heuschkel sobre la Electrolisis (11); Mackensen sobre la escritura de fórmulas (15).

Oleh Faliy, Dnepropetrowsk, Ucrania: esta introducción a la selección de textos; Kolisko, “Sobre la primera clase de química” (3); Julius sobre el 8º año (6); Mackensen sobre el 9º año (7); Rohde sobre el 9º año (8); Julius sobre el 10º año (9); Ott sobre electrolisis (12); Artículo de Schad (13); El sistema periódico según Kipp (del 12); Mackensen sobre el ácido fórmico y el ácido oxálico (18).

Todas las traducciones (salvo 10, 16 y 19) fueron revisadas por Ksenia Kudrenko, Dnepropetrowsk, Ucrania.

La traducción al ruso de tres de los cuatro textos de Steiner (10, 16 y 19) ya existía:

- La conferencia de Steiner del 18 de abril de 1921 fue traducida por Olga Vartazaryan. Se la reproduce aquí con la amable autorización del editor del tomo 313 de la edición completa de Rudolf Steiner en ruso, facilitada por Sergey Ivashkin, Samara, Rusia.
- El Curso sobre Agricultura (GA 327) en su traducción rusa (realizada por Maria Zhemtschuzhnikova y Alexandr Demidow) fue editado 1997 por Nikolay Banzeliouk, Kaluga. Dio su amable consentimiento a la utilización de la tercera conferencia para la presente Selección de Textos.

- La conferencia de Steiner del 6 de febrero de 1923 fue traducida por Michael Sluch. Se la reproduce aquí con la amable autorización del editor del tomo 300b de la edición completa de Rudolf Steiner en ruso, facilitada por Sergey Ivashkin, Samara, Rusia.

Las traducciones al inglés fueron realizadas por:

Catherine E. Creeger, Ithaca, Nueva York, Estados Unidos: esta introducción a la selección de textos; ambos textos de Kolisko (3); Rohde sobre el 9º año (8); Heuschkel sobre la electrolisis (11); Ott sobre la electrolisis (12); Artículo de Schad (13); El sistema periódico según Kipp (del 12).

Diederic Ruarus, Littelton, Nueva Zelanda, y Martyn Rawson, Elmshorn, Alemania: Mackensen sobre la escritura de fórmulas (15); Martyn Rawson sólo para la parte de: Mackensen sobre el ácido fórmico y el ácido oxálico (18). Peter Glasby †, Wights Mountain / Brisbane, Queensland, Australia, ayudó en las traducciones de Catherine E. Creeger.

Las traducciones de los restantes 7 artículos al inglés ya existían:

- La traducción al inglés de las tres conferencias de Steiner del 22 de septiembre de 1923 (5) y del 18 de abril de 1921 (10) y del 11 de junio de 1924 (16) está publicada en internet (wn.rsarchive.org/GA/GA0350 y wn.rsarchive.org/GA/GA0313) y wn.rsarchive-org/GA/GA0327). La incorporación a esta selección de textos se realiza con la amable autorización de Jim Stewart, e. Librarian.

- El artículo de Julius referente al 8º año (6) fue publicado en su versión inglesa por Steiner Schools Fellowship de Gran Bretaña en el tomo „The World of Matter and the Education of Man“ (sin indicación del año, hace bastante tiempo). El tema de los derechos no pudo ser esclarecido en forma definitiva. El tomo me fue entregado gentilmente para la presente selección de textos por la editorial Freies Geistesleben, Stuttgart, Alemania.

- El texto de Mackensen para el 9º año (7) fue traducido al inglés por Peter Glasby †, publicado en “Phenomenological Organic Chemistry”, 2009, por la Pedagogical Section of the Anthroposophical Society en Australia, y generosamente ofrecido por él para su inclusión en la presente selección de textos.

- El artículo de Julius para el 10º año (9) fue publicado en su versión en inglés por la Association of Waldorf Schools of North America en el libro “Fundamentals for a Phenomenological Study of Chemistry” en el año 2000. La reproducción en esta selección de textos fue autorizada gentilmente por David Mitchell † de AWSNA

Publications; se lo presenta con la mención del copyright y de la disponibilidad por él requerida.

- La conferencia de Steiner del 6 de febrero de 1923 (19) fue publicada en su traducción al inglés por Anthroposophic Press, Estados Unidos, 1998, en el tomo “Faculty Meetings with Rudolf Steiner, vol. 2”. La reproducción en esta selección de textos se realiza con la amable autorización de Gene Gollogly, Anthroposophic Press.

Las traducciones al español fueron realizadas por:

- Lía Tummer, Buenos Aires, Argentina: ambos artículos de Julius (6, 9); Rohde sobre el 9º año (8); así como el texto de Heuschkel sobre la electrólisis (11).
- Miguel López-Manresa, Valparaíso, Chile: la presente introducción a la selección de textos; los dos artículos de Kolisko (3); los cuatro textos de Steiner (5, 10, 16, 19); los tres textos de Mackensen (7, 15, 18); el de Ott sobre la electrólisis (12); el sistema periódico según Kipp (texto 12); y el artículo de Schad (13).

Bibliografía:

(Por razones prácticas las notas se sitúan en el mismo orden que hallamos en el texto precedente de esta introducción a la selección de textos, por lo cual se prescinde de un orden alfabético.)

1: cita de: Comunicación de prensa del 24-3-2009 del Grupo de Trabajo de las Escuelas Libres Waldorf (Landesarbeitsgemeinschaft der Freien Waldorfschulen) del Estado Federal de Hesse. Oficina: Hügelstraße 67, 60433 Frankfurt

2: cita de: Comunicación de prensa de la Federación de Escuelas Libres Waldorf (Bund der freien Waldorf Schulen) del 6-3-2009; oficina: Wagenburgstraße 6, 70184 Stuttgart

3: Los ensayos de Kolisko “Vom Werden und Gestalten des Naturkundeunterrichts an der Waldorfschule” (*Sobre el desarrollo y la estructuración de la clase de ciencias en la Escuela Waldorf*) y “Vom ersten Unterricht in der Chemie” (*Sobre la primera clase de química*) fueron tomadas de: Eugen Kolisko, “Auf der Suche nach neuen Wahrheiten” (*A la búsqueda de nuevas verdades*), de la Philosophisch-Anthroposophischer Verlag en el Goetheanum, Dornach 1989. La reproducción de los mismos se realiza con la amable autorización de la editorial. En dicha editorial aparecieron también otras publicaciones de Kolisko en lengua

alemana que se hallan disponibles. Se está preparando una nueva edición del libro que acabamos de citar.

4: Todos los datos sobre el plan de estudios citados en: E. A. Karl Stockmeyer, “Angaben Rudolf Steiners für den Waldorfschulunterricht” (*Indicaciones de Rudolf Steiner para la enseñanza en la escuela Waldorf*), editado por la Pädagogische Forschungsstelle en la Federación de Escuelas Libres Waldorf, Stuttgart 1988.

5: Rudolf Steiner, “Angaben Rudolf Steiners für den Waldorfschulunterricht” (*Ritmos en el cosmos y en ser del hombre; ¿Cómo se alcanza la visión del mundo espiritual?*), Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1980; Volumen GA 350 de la obra completa, 16ª conferencia, 22 de septiembre de 1923. La reproducción se realiza con la amable autorización de la editorial.

6: Frits H. Julius, “Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Teil 1: Zum Chemieunterricht der Mittelstufe” (*Fundamentos de una química fenomenológica. Parte 1: En torno a la clase de química en la secundaria*) © 1960 Verlag Freies Geistesleben GmbH, Stuttgart. La reproducción se realiza con la amable autorización de la editorial, la mención de las fuentes se produce en la forma deseada por ésta.

7: Manfred von Mackensen, “Vom Kohlenstoff zum Äther“ (*Del carbono al éter*), editado por la Pädagogische Forschungsstelle, Sección de Kassel; Verlag Bildungswerk Beruf und Umwelt, Brabanterstraße 45, 34131 Kassel; 2004. La reproducción se realiza con la amable autorización de la Pädagogische Forschungsstelle, Sección de Kassel.

8: Dirk Rohde, Was heißt ´lebendiger` Unterricht?“ (*¿Qué quiere decir enseñanza ‘viva’?*), Tectum Verlag, Marburg 2003

9: Frits H. Julius, “Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Teil 2: Zum Chemieunterricht der Oberstufe“ (*Fundamentos de una química fenomenológica. Parte 2: En torno a la clase de química en los años superiores*) © 1965 Verlag Freies Geistesleben GmbH, Stuttgart. Sobre el resto véase 6.

10: Rudolf Steiner, “Geisteswissenschaftliche Gesichtspunkte zur Therapie“ (*Puntos de vista científico-espirituales sobre la terapia*), Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1984; Tomo GA 313 de la Obra Completa, 8ª conferencia, 18 de abril de 1921. La reproducción se realiza con la amable autorización del editor ruso.

11: Günther Heuschkel, “Metallprozesse“ (*Procesos metálicos*), autoedición, Hamburgo 2002. La reproducción se realiza con la amable autorización del editor.

12: Gerhard Ott, “Grundriss einer Chemie nach phänomenologischer Methode, Band II“ (*Bosquejo de una química según el método fenomenológico. Tomo II*), Zbinden-Verlag, Basilea 1962. Como el libro está agotado y la editorial ya no existe, no pudieron aclararse los

derechos. El editor de esta selección reproduce el citado texto en la esperanza de no vulnerar los derechos de autor.

13: Wolfgang Schad, “Für eine vernunftgemäße Chemie“ (*Hacia una química racional*), aparecido en el libro: “Chemie an Waldorfschulen“ (*La química en las Escuelas Waldorf*), editado por la Pädagogische Forschungsstelle en la Federación de Escuelas Libres Waldorf, Stuttgart 2004. El ensayo fue revisado y reelaborado por el autor para la presente selección. La reproducción se produce con la amable autorización del autor y de la Pädagogische Forschungsstelle. La recopilación de ensayos existe en alemán en la Forschungsstelle: Wagenburgstraße 6, 70184 Stuttgart.

14: Peter Brodersen, “Vor 200 Jahren postulierte Döbereiner das ´chemische System`“, in: “Chemie in Labor und Biotechnik“ (*Hace 200 años Döbereiner postulaba el ‘sistema químico*)*”, en:* “Chemie in Labor und Biotechnik“ *(Química en el laboratorio y en la biotecnología*) (“CLB“), 01-02/2011, páginas 48-58; Agentur & Verlag Rubikon, Gaiberg bei Heidelberg.

15: Manfred von Mackensen y Reinhard Schoppmann, “Prozesschemie aus spirituellem Ansatz“ (*Química procesual con planteamiento espiritual*), Kassel 2001. Todo el resto véase en 7.

16: Rudolf Steiner, „Bases científico-espirituales para el desarrollo de la agricultura”. Curso de Agricultura. Tomo GA 327 de la Obra Completa. Conferencia del 11 de junio de 1924. La reproducción se realiza con la amable autorización del editor.

17: Ulrich Wunderlin, „Manual de química fenomenológica, tomos II + III“, Edición Waldorf, Stuttgart 2012/2013

18: Manfred von Mackensen y Reinhard Schoppmann, “Ameisensäure, Kleesäure, Harnsäure, Eisen, Gold, Blei” (*Ácido fórmico, ácido oxálico, ácido úrico, hierro, oro, plomo*), Kassel 2003. Todo el resto véase en 7.

19: Rudolf Steiner, “Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart” (*Reuniones con los maestros de la Escuela Libre Waldorf en Stuttgart*), Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1975; tomo GA 300b de la Obra Completa. Reunión del 6 de febrero de 1923. La reproducción se realiza con la amable autorización del editor.

Responsable de esta Selección de Textos:

Dr. Dirk Rohde
Freie Waldorfschule Marburg
Ockershäuser Allee 14
D 35037 Marburg
Alemania
d.rohde@waldorfschulemarburg.de

Marburg, Navidad de 2013

Dirk Rohde

EUGEN KOLISKO, “A LA BÚSQUEDA DE NUEVAS VERDADES”, 1989

CÓMO SE DESARROLLAN Y ENSEÑAN LAS CIENCIAS NATURALES EN LA ESCUELA WALDORF

No es fácil ofrecer una exposición satisfactoria de la enseñanza de las ciencias naturales en la Escuela Waldorf. Pues ahí se aborda un ámbito que, aunque pertenezca a los rasgos característicos más esenciales de la pedagogía antroposófica, es la que también más se aleja de las ideas que hoy suelen hacerse sobre la manera de integrar las ciencias naturales en la enseñanza. Vivimos en la época en que se desarrolla la ciencia natural y ese hecho crea la necesidad de integrar los resultados de ese tipo de concepción científico-natural en la moderna educación y formación. Puede verse claramente cómo en torno a esa integración ha tenido lugar una prolongada lucha que atraviesa como un hilo conductor la evolución de la enseñanza en los últimos cien años. Al principio, a comienzos del siglo XIX se tenía un ideal de la educación que, surgido esencialmente del idealismo alemán, quería educar al ser humano en su totalidad. Pero la idea de esa totalidad que uno se imaginaba había sido extraída de la visión del mundo de la antigüedad, especialmente del mundo cultural grecolatino. Lo que luego se añadió por los enormes pasos dados en el desarrollo progresivo de la ciencia natural moderna, especialmente en la segunda mitad del siglo XIX, no se integró armónicamente en esa idea de la educación humanista relacionada con el ser humano completo, sino que se le implantó como si fuera un cuerpo extraño. Puede observarse ese proceso en la manera cómo evolucionaron los diversos tipos de escuela moderna como la Real Schule[1], el Realgymnasium, y hasta finalmente en la enseñanza de las ciencias naturales de todos los grados escolares incluidos los grados inferiores de la enseñanza Primaria. Eso no se refiere solamente a la cuestión de la enseñanza del latín y del griego en aquel sentido estrecho que adoptó esa lucha en los esfuerzos en pro y en contra del llamado instituto humanista, sino a todo el ámbito educativo. Así por ejemplo, la Realschule no surgió de una idea unitaria de la educación, sino de una especie de forzosa inserción en lo antiguo de lo nuevo que traía la ciencia natural. La gran pregunta era: ¿cómo hacer para que el elemento cultural que no tiene precursor antes del siglo XV, es decir, el patrimonio del desarrollo más moderno de la humanidad que quiere conformar su concepción del mundo desde del conocimiento de la naturaleza mediante la observación y el experimento, se integre en el elemento cultural antiguo esencialmente basado en la forma de pensar grecolatina? Pero aunque el *antiguo* ideal educativo tenía en cuenta al ser humano *integral*, ese ser humano integral lo era de una época cultural ya pasada, aunque con vestiduras aparentemente nuevas; mientras que el *nuevo* ideal educativo no tenía en

1.- Realschule y Realgymnasium: Más o menos equivalente a la Escuela Politécnica. Escuela intermedia y secundaria respectivamente que, en contraposición a la escuela clásica humanista, da más énfasis a asignaturas relacionadas con necesidades sociales, científicas y laborales del presente, cubriendo la demanda de trabajadores mejor cualificados para la industria y servicios.

cuenta a ese ser humano armónico, "*integral*", lo único que buscaba era introducir el saber de la era científico-natural que recién despuntaba. Tenemos una ciencia natural que quiere eliminar al ser humano, sobre todo al ser humano anímico-espiritual, y pretende considerar al ser humano únicamente como producto del desarrollo natural. Ese enorme combate no ha concluido, sigue produciéndose constantemente. Y la enseñanza en las ciencias naturales en todas las etapas de formación, desde las universidades hasta la enseñanza primaria, es un testimonio de ese proceso evolutivo. Necesitamos integrar ese nuevo elemento en la educación. Pero ¿cómo lograr esa integración de forma que surja el ideal de una imagen del ser humano que justificadamente pueda mantenerse firme frente a las exigencias de esa imagen científico-natural del mundo?

Desde una perspectiva así quisiera examinar el desarrollo de la enseñanza de las ciencias naturales en la Escuela Waldorf. Con ello se abordan también los puntos esenciales que gracias a la Antroposofía pueden hacer su contribución en este ámbito. Pues, en su esencia, la Antroposofía se caracteriza por el hecho de que quiere aplicar el pensar educado en la ciencia natural moderna al conocimiento del ser humano integral, corporal y anímico-espiritual y de su relación con el mundo.

Cuando en 1919, Rudolf Steiner asumió la dirección de la Escuela Waldorf, al hablar a los maestros sobre el ideal de la imagen del ser humano y plantearles un nuevo objetivo para la educación, surgió ante ellos con gran claridad la tarea: las ciencias naturales han de ser llevadas al niño y al joven de tal manera que en cada fenómeno natural salga a la luz, por un lado, su relación con el *universo* entero y sus grandes leyes, y, por el otro, se descubra la relación de ese fenómeno con el *ser humano*. Eso no debe permanecer como mera teoría, sino que hay que realizarlo en la práctica hasta en sus detalles. El ser humano ha de entenderse a partir del universo entero, y el universo entero hay que entenderlo a partir del ser humano. Y por la manera en que Rudolf Steiner nos habló a los maestros de ese ideal se podía deducir: ¡Efectivamente, hay un camino para entender la naturaleza del tal modo que el ser humano vuelva a ocupar su lugar en ella! Y desde el entusiasmo por ese ideal se partió para realizar esa tarea.

Primero surgió ante nosotros el *Currículum* o *Plan de Estudios* de la enseñanza de ciencias naturales para los primeros grados o años escolares, tal como nos lo había ofrecido Rudolf Steiner. ¿Cuál es su contenido esencial? En los tres primeros años se presenta la naturaleza entera ante los ojos del niño de tal manera que el sol, la luna, los astros, animales, plantas y piedras hablen los unos con los otros como si fueran seres dotados de alma. El universo entero, lejano y cercano, se le expone al niño como si surgiera de un mundo de cuentos, de tal modo que el niño pueda respirar y moverse dentro de él. Luego, en el cuarto año escolar comienza la verdadera enseñanza de la ciencia natural, y se empieza con el ser humano. El ser humano recién empieza a desprenderse del mundo todavía impregnado y entretejido de alma y espíritu, y aparece como primer objeto ante la mirada del niño. Al niño se le indica cuál es la relación del ser humano con el mundo y la del mundo con el ser humano, por ejemplo, cómo su cabeza refleja en su forma el universo, el *cielo*; cómo las extremidades y la parte inferior del ser humano se relacionan con la *Tierra*; cómo el aire y su entorno configuran la parte intermedia del hombre. Se muestra cómo las formas animales emergen de los miembros de la naturaleza

humana unilateralmente desarrollados. El ave desarrolla especial y casi exclusivamente la cabeza, el depredador el pecho, el caballo o la res las extremidades y la parte inferior del tronco, etc. Luego viene el reino vegetal, y después el mundo mineral. Los niños han llegado ahora a los doce años. Empiezan con la física y la química que ya no tratan de seres naturales individuales, sino de las leyes de la naturaleza orgánica e inorgánica que impregnan el mundo entero y todos los seres vivos. Empezando con la acústica, que como primer objeto de la física todavía se configura plenamente partiendo de su relación con lo artístico y lo musical que los niños conocen, se pasa a óptica, a la termología, a lo gaseoso, a lo acuoso hasta lo sólido, hasta la mecánica, que es lo último que se trata al final de la enseñanza de física en este grado. Y *finalmente* se llega a lo que domina al máximo lo inorgánico. Pero a ello se le contrapone el ser humano en estudio del hombre, que vuelve a retomarse en octavo y que muestra cómo el cuerpo humano es conformado a partir de todos esos reinos de la naturaleza y cómo, aun así, representa algo nuevo frente a esos reinos. De ese modo, el niño es sacado del mundo de los cuentos y llevado hacia el ser humano y, de ahí, desciende hasta la Tierra, vuelve a encontrar al ser humano en la Tierra, pero al mismo tiempo lo entiende en toda su relación con ella y con el universo.

Más tarde, cuando la escuela siguió creciendo, cada año se fue añadiendo un nuevo grado superior. Y en cada ocasión Rudolf Steiner fue configurando de nuevo su plan de estudios. Si más tarde observamos el conjunto, veremos que el camino recorrido fue al revés del que habíamos hecho ascendiendo de primero a octavo. Primero se repiten las materias del octavo año en el noveno, luego en el décimo se estudia el reino mineral en relación con toda la Tierra como organismo, en los dos años siguientes le siguen los reinos vegetal y animal, y al final del duodécimo año escolar se vuelve a abordar el ser humano, pero ahora, al final de los años escolares, es ya el ser humano entendido desde la visión conjunta de todos los reinos naturales que está ya presente en el alma del joven. Partiendo del ser humano, la enseñanza de las ciencias naturales conduce nuevamente a la comprensión del ser humano a partir del universo entero.

Un plan de estudios de esa índole podía entusiasmarnos a emprender esas enormes tareas. Contenía poderosos puntos de vista. Ninguna de las materias estaba situada en un lugar arbitrario, sino que había que deducir, a partir de la evolución del niño, el porqué puede aparecer en ese momento y nunca en otro. En aquel entonces uno *intuía* la importancia fundamental de ese currículum, pero toda su trascendencia se ha ido constatando más tarde con la práctica y la reflexión. No obstante, en ese momento se trataba de entrar en los pormenores de la enseñanza siguiendo esas ideas básicas. Y para ello hacía falta algo más.

Tal vez a algunos les parezca paradójico que poco después de la inauguración de la escuela, Rudolf Steiner impartiera cursos sobre ciencias naturales. Estaban dirigidos a los maestros de la escuela Waldorf, pero también participaron en ellos otras personalidades pertenecientes al movimiento antroposófico que estaban interesadas en la ciencia natural. Los cursos trataron sobre la ciencias de la luz, del calor y de la astronomía. En ellos se encuentran estímulos para innumerables investigaciones científico-naturales y para la resolución de muchos problemas. Pero esos cursos tenían sobre todo la misión de abrirle los ojos al *maestro*, sobre *cómo* ha de enseñar ciencias

naturales cuando aprende a contemplar con nuevos ojos la naturaleza realmente en su conjunto y cómo ha de pensar sobre ello de una nueva manera.

Nunca se me ha olvidado cómo Rudolf Steiner hablaba sobre estos temas en aquel entonces. Uno veía emerger mundos enteros llenos de conocimiento. Allí, por ejemplo, se oía hablar por primeva vez sobre polaridades como la de la luz y la electricidad. La luz pertenece al cosmos extraterrestre, es lo opuesto a la materia, a la gravedad, a lo terrestre. Se halla cerca de la consciencia humana, de la vida clara y despierta del pensamiento en el ser humano. Está emparentada con ese elemento luminoso del ser humano. Lo mismo sucede con el sonido. Pero desde las profundidades de la materia, involucrada en su construcción, igualmente emparentada con lo supraterrenal, irrumpe desde abajo la electricidad y en el ser humano se relaciona con la naturaleza volitiva inconsciente que opera en las extremidades. Ambas fuerzas de la naturaleza se parecen sólo en el hecho de que ambas muestran manifestaciones de “luz”, pero en realidad tienen un origen diametralmente opuesto. La una procede de las amplitudes cósmicas, la otra de las profundidades de lo material. Con las exposiciones de Rudolf Steiner, el elemento claro, evidente, geometrizador, afín a la vida del pensar que poseen las manifestaciones de la luz se distingue con gran claridad de las manifestaciones misteriosas, oscuras, casi espectrales de las irradiaciones eléctricas. Uno sabía que la luz y el sonido estaban emparentadas con la vida consciente del pensar y la representación en el ser humano, y la electricidad lo estaba con el polo volitivo. Pero el calor, por ejemplo, se halla en medio. Todas sus manifestaciones tienen algo mediador entre materia y éter, entre lo consciente e inconsciente. Entre representación y voluntad. Están emparentadas con la vida afectiva, con la naturaleza intermedia del ser humano. ¡Y entonces se hacía evidente cuál es la posición que le corresponde a cada fuerza de la naturaleza en el conjunto del cosmos y al mismo tiempo en el ser humano! Ahí se hizo claro, por ejemplo, ¡que una clase sobre la luz ha de transcurrir de forma distinta a una clase sobre la electricidad! No sólo por su contenido -eso es obvio-, sino por toda su orientación, por toda su posición anímica. Quien conciba que la luz no es más que otro tipo de fenómenos vibratorios eléctricos, impartirá su clase haciendo que en cada forma concreta de exposición se exprese esa concepción. No llevará a los niños a vivenciar que no se trata de dos fuerzas naturales que proceden de los dos polos contrapuestos del organismo humano. Partiendo de esos pensamientos relacionados con la esencia de las fuerzas naturales, los maestros estaban en disposición de encontrar el material adecuado, la correcta ordenación, los ejemplos idóneos para la enseñanza. Pues partiendo de esos vislumbres, incontables fenómenos se hacían inteligibles. Uno también aprendía a pensar sobre los estados de la materia y su naturaleza de manera muy distinta a como lo hacía antes. Así por ejemplo, en lo gaseoso se reconocían activas las fuerzas que conducen hacia el espacio cósmico, mientras que en lo sólido se reconocían las fuerzas contractoras, centrípetas, dirigidas hacia la Tierra. Lo líquido se halla entre ambos. Y efectivamente, ¡esas ideas no las encontramos en ningún libro de física! Pero con ellas se pueden vincular todos los pormenores de la clase. Son gérmenes de quehacer pedagógico.

Algo parecido pasaba con la *astronomía*. Ahí, por ejemplo, uno podía aprender cómo el cielo estrellado tiene que ver con la formación del organismo

humano. En la cabeza, en la formación craneal, se manifiesta el sistema de las *estrellas fijas*; la formación de la parte intermedia del organismo (por ejemplo, las formaciones arqueadas de las costillas) señalan hacia una imagen refleja del curso de los *planetas* con sus recorridos curvos; y en las extensiones radiales de la formación de las extremidades reconocemos las fuerzas de la *Tierra* que se hallan orientadas hacia el centro de la Tierra. Ahí se ofrecen a su vez puntos de vista para la enseñanza de la antropología y de la astronomía. Lo importante en realidad no es el conocimiento concreto, sino el proceso de formación interior que surge con esa concepción del mundo. Cuando se piensa en el sentido de esa cosmovisión pueden hacerse constantemente nuevos descubrimientos sobre las relaciones entre los procesos celestes y la formación del ser humano. Y entonces uno enseña de manera distinta a cómo lo haría sin saber eso. Por ello, esos cursos fueron una especie de universidad de la ciencia para los maestros que participaron en ellos. Rudolf Steiner buscaba siempre ofrecer nuevas visiones sobre la naturaleza del ser humano y de su relación con el cosmos. Y con ello se educa el maestro, con ello se convierte, en cierto sentido, en una persona distinta. Cada clase que imparta será distinta si acoge esas perspectivas a la hora de prepararla.

Y entonces cada profesor tenía que preparar la enseñanza de ciencias naturales en su grado escolar respectivo, ya sea en la clase principal como profesor de clase o como especialista en ciencias naturales. Ahí preferiría informarles de una manera más narrativa partiendo de mi propia experiencia. A lo largo de mi anterior actividad en el laboratorio químico luché con el problema de entender los fenómenos de la *química* de tal modo que desde sí mismos, iluminándose mutuamente, mostraran cuál es su naturaleza. Llamé a esa forma de estudio química fenomenológica. Fue un intento imperfecto de entender la naturaleza en el sentido de la máxima de Goethe: “No busquen nada detrás de los fenómenos, ellos mismos son la teoría”. Pero el método de un enfoque de este tipo me ayudó al trabajar con lo que surgía de las ideas totalmente sorprendentes de Rudolf Steiner. En sus exposiciones sobre el currículum, Steiner dijo escuetamente: “La mejor manera de dar la primera clase de química es partir de los fenómenos de combustión”. Me ha llevado años agotar todo el contenido de esa frase. Lo que hice, pues, fue empezar intentando mostrar lo que es una llama: cómo, por un lado brilla la luz saliendo hacia el mundo, cómo irradia calor, cómo lo imponderable luminoso y calorífero regresa al cielo; y cómo, por el otro lado, cae la ceniza, la ceniza muerta, material, que se ha hecho totalmente terrestre. Y entremedio actúa el aire del que vive la llama, es también el humo en el que lo aéreo y lo acuoso luchan entre sí. A todo el conjunto lo denominamos llama. Ahí se liberan los grandes polos opuestos del mundo. Lo luminoso-calórico y lo sólido-material, terrestre-salino. Todo lo vivo es combustible. Cuando en otoño marchitan las hojas, en realidad estamos asistiendo a una abarcante formación de llamas que asciende hacia el cielo y deja las cenizas tras de sí. El espíritu se desprende de la materia. Así es como hay que ver el proceso ígneo. En una máxima de Goethe se resume lo que habría que decir al respecto:

“Pues lo que el fuego viviente arrastre
ya no es amorfo ni de la tierra un lastre.
Volátil, se nos ha hecho invisible,
y presuroso asciende hacia su origen”.

En este sentido se puede hablar ante los niños sobre los diversos fenómenos de la combustión. Hacemos que el proceso ígneo surja de la naturaleza misma, muestre cómo se desarrolla del florecer y luego del marchitar, cómo el fuego muerto surge de lo vivo. En cada combustión volvemos a encontrarnos esos polos opuestos del mundo. Y el niño aprende a sentir de ese modo *cada* fenómeno ígneo. Sólo más tarde se hablará de la unión con el oxígeno. El oxígeno sostiene la formación de la ceniza, quiere descender a la Tierra, lo quiere solidificar, condensar todo. En su dirección, es opuesto a la luz. A través suyo todo se hace terrestre. En el ser humano existe también un proceso ígneo, pero ¿dónde? En el movimiento de las extremidades, en el hacer, allí donde actúa la voluntad. ¡La llama viva, impregnada de alma, se halla en nuestra voluntad, en nuestras extremidades cuando se mueven! ¡Ahí volvemos a encontrar, aunque totalmente transformado, lo que arde ahí fuera! ¿Y dónde está en ese caso la ceniza? En el esqueleto humano, en las formaciones óseas, pero sobre todo en la cabeza humana. Por tanto, el ser humano es una llama que arde en el sentido inverso, en el organismo metabólico-motor, y ¡deja "caer" las cenizas en la cabeza! En la zona intermedia también vive del aire mediante la respiración humana. Pero el ser humano vive con su alma en esa respiración. En la planta, la cosa es distinta: en su proceso de vida ella arde de abajo hacia arriba, hacia el cielo. Las flores de colores surgen del verde como si fueran llamas. La ceniza se atesora en las raíces y en la corteza de los árboles. Entre medio se hallan las hojas que respiran y contienen agua en su interior: cada planta entrega encendida una llama que es imagen refleja de una forma exterior, una hierba tiene una forma de llama distinta a la de una hoja, a la de una flor. El animal es como una llama caliente, impulsada por el aire que con su apetitividad crepita apasionadamente en busca de aire. En el ser humano eso ha sido superado hasta un cierto grado. La llama se ha invertido, porque el ser humano está erguido. Esas son formas de pensamiento que los niños ya conocen desde otro lado: por el estudio del ser humano conocen ya cómo el hombre, en su posición erguida, se halla situado al revés de la planta, cómo el animal se halla en la posición intermedia.

En esas exposiciones se hallan ocultos los fenómenos básicos de toda la química. Cuando a lo largo de la clase uno lleva a cabo el calentamiento de una sustancia vegetal en condiciones herméticas, como por ejemplo la llamada "destilación seca" de la madera, entonces se exhala el gas luminoso. Es como si "floreciera" ahí arriba, mientras abajo en la retorta, el carbón se precipita como "raíz", carbón que contendrá cenizas si seguimos quemando. Entremedio se destilan todo tipo de fenómenos gaseosos, especialmente cuando utilizamos hojas en lugar de madera. Si tomamos flores habrá más llama, si tomamos cortezas tendremos más carbón. Por consiguiente, de la sustancia vegetal muerta todavía se desarrolla una especie de formación vegetal bajo la influencia del fuego. En la parte superior de la retorta se despliega gas luminoso. En su mayor parte es lo que llamamos metano y también contiene hidrógeno. Ahí los alumnos aprenden a conocer el hidrógeno, y ven cómo, al expulsar el aire del proceso de combustión, el hidrógeno parece brotar y encenderse, "florecer" allí arriba. Los niños entienden que el hidrógeno representa, en forma materializada, una parte de aquella aspiración de la planta por ascender al cielo. Si entonces aprenden las propiedades químicas del hidrógeno, no se sorprenderán de que sea tan ligero, expansivo, volátil, combustible, calorífero e inestable. Ni tampoco se sorprenderán de que

siempre haga lo contrario de lo que sería propio del oxígeno. El hidrógeno lleva hacia el cosmos, el oxígeno hacia la Tierra. Si uno lentamente ha preparado así los fundamentos eso será de enorme importancia para el niño cuando experimente que el agua se deja disociar en hidrógeno y oxígeno. El niño ya conoce el agua. Es ese elemento mediador que por doquier vincula los opuestos. Mediando entre cielo y tierra, entre ácido y alcalino, entre gaseoso y sólido, en la circulación sanguínea en el ser humano, entre los pueblos y los países, etc. Y el niño se dice: ahora se puede entender todo eso. Porque también puede hacer que salgan de ella el hidrógeno ígneo y volátil, y el oxígeno que vuelve las cosas terrosas, las solidifica, y las convierte en ceniza. Esa es una vivencia muy distinta que si yo le dijera prematuramente al niño que el agua está hecha de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno y que la fórmula es H_2O. El niño más bien tendría que entender, con el sentir y el pensar, *por qué*, partiendo de las leyes del universo, el agua ha de tener precisamente esa constitución interior que corresponde a dicha fórmula.

De ese modo -aunque es evidente que en este ensayo sólo pueden darse indicaciones muy vagas- en cada etapa de la enseñanza, refiriéndonos a lo enseñado antes y ampliándolo constantemente, podemos mostrarle al niño todos los hechos que igualmente habría de aprender en cualquier otra escuela. Y eso hay que destacarlo, porque podrá dar fácilmente la impresión de que el niño no aprende lo que necesita como material de los hechos. Pero ese no es para nada el caso. Lo importante es el cómo, la manera cómo experimenta los mismos hechos que de todos modos tiene que aprender. Cuando, por ejemplo, hablo de sales toda la actitud en clase ha de ser distinta a la que se adopta al hablar del proceso del fuego. Pues las sales son lo sólido, lo que se cristaliza a partir de lo líquido, lo que adquiere *forma*, se condensa, se hace terrestre. Los *procesos salinos* son el polo opuesto a los *procesos ígneos*. Por eso, las cenizas contienen tantas sales. Pero el agua, por ejemplo, hace de mediadora entre esos dos polos y lleva de manera viva de un polo al otro.

En un encuentro con los maestros se habló del plan de estudios de química para el undécimo curso o año escolar. “Hablen ustedes sobre cada sustancia”, dijo, más o menos Rudolf Steiner, “de manera que uno reconozca que esa sustancia se ha derramado *en su efecto* por la naturaleza entera, y que también actúa en el ser humano, y que la sustancia misma no es más que la parte aparentemente cristalizada de un proceso vivo.” No nos dijo nada más. Y había que apañárselas con ello. Si, por ejemplo, yo tenía que hablar del azufre, intentaba dejar claro en la clase cómo el azufre no es más que una parte del proceso ígneo volcánico de la Tierra, pero también cómo obra igualmente en la planta, el animal y el ser humano. Estimula el crecimiento, la digestión, todos los procesos metabólicos, actúa en los aceites vegetales combustibles, en el metabolismo del ser humano, pero también participa en todo proceso de descomposición; como medicamento al principio vuelve a despertar antiguos procesos de enfermedad, etc. En resumen, el azufre no es más que una pequeña parte de un abarcante *proceso sulfúreo* que impregna e inflama todos los seres vivos. Las sustancias, en realidad, son cadáveres de *procesos vivos*. Si uno capta estos últimos entonces se halla en el centro de la naturaleza creadora y desde ahí tiene acceso al universo entero y al ser humano.

Cada sustancia puede tratarse de modo semejante. El joven ha de saber, por ejemplo, que el *calcio* se halla en una relación inseparable con los procesos que tienen lugar en el *animal*. Pero lo mismo sucede con el elemento *potasio*

en el caso de la planta, y con el *sodio* en el del *mineral.* No sabemos nada satisfactorio sobre el calcio si no entendemos en qué parte de la naturaleza *viva* tiene sus raíces. Sólo entonces comprendemos también todos los procesos exteriores, incluso los procesos técnicos en los que se utilizan y aplican las sustancias.

Cuando en una ocasión le mostré a los niños varias combustiones y también les mostré cómo, por ejemplo, al quemar el azufre surge un ácido, pero que en otras sustancias surgen álcalis, Rudolf Steiner se acercó, y después de escuchar un tiempo todo lo que yo expuse, le dijo a los niños: “Así pues han visto cómo se ha mostrado eso ante ustedes. Pero ahora piensen qué procesos de ese tipo tienen lugar en su cuerpo. Cuando ustedes mueven sus extremidades siempre se genera algo de ácido, pero cuando permanecen quietos y sólo se esfuerzan con la cabeza, entonces surge en el cerebro algo alcalino”. Y de ese modo los niños sintieron cómo lo que tiene lugar en la retorta se halla unido, como proceso, con los procesos que tienen lugar en su cuerpo. A menudo éramos estimulados por Rudolf Steiner de esa manera y sabíamos en qué dirección se tenía que seguir trabajando.

Así eran también las sugerencias en las otras materias. Cuando una vez en el último grado tenía que enseñar *zoología*, en un encuentro de los maestros comprobamos que sólo nos quedaban entre doce y catorce días disponibles. Le pregunté a Rudolf Steiner cómo podía abordar el tema en tan poco tiempo. Él era siempre partidario de economizar en la enseñanza y por eso me dijo, de una manera despreocupada, como si fuera lo más evidente del mundo: “¿Doce a catorce días? ¡Bueno, eso va perfecto! Hay doce grupos animales, usted puede hablar de un grupo cada día, y luego le quedan aún dos días para hacer una visión de conjunto”. Yo le pregunté sorprendido: “Hay doce grupos?”. - “Efectivamente, mañana se los pondré por escrito”, dijo Rudolf Steiner. Y eso es lo que ocurrió, al día siguiente tenía ante mí los nombres de los doce grupos animales. Pero ahora empezaba el trabajo. Es decir, tenía que elaborar cuáles eran los rasgos característicos de cada uno de esos grupos zoológicos. Y cuando acabé la época de zoología con los niños, sabía ya cómo se dan clases de zoología; pues veía que, si uno los resumía, esos doce grupos realmente configuraban al ser humano entero. ¡Y aún más! Cuando uno reunía cada cuatro grupos en un grupo superior, se veía cómo los primeros cuatro se repetían en el segundo conjunto de cuatro a una escala superior, y a una escala aún superior en el tercer conjunto de cuatro. Por ejemplo, un *pólipo* o una medusa se presenta en todas sus cualidades como una escala inferior del gusano y el gusano a su vez como la escala inferior de una serpiente, o de otro *reptil*. O bien un insecto (séptimo grupo) se mostraba como un grado imperfecto del ave que se halla en el undécimo grupo, etc. En resumen, todo el reino animal se manifestaba organizado de manera maravillosa y en la más íntima relación con el ser humano. Pero eso no surgió por especulación, sino que sencillamente estuvo allí frente a mí cuando acabé de dar las clases.

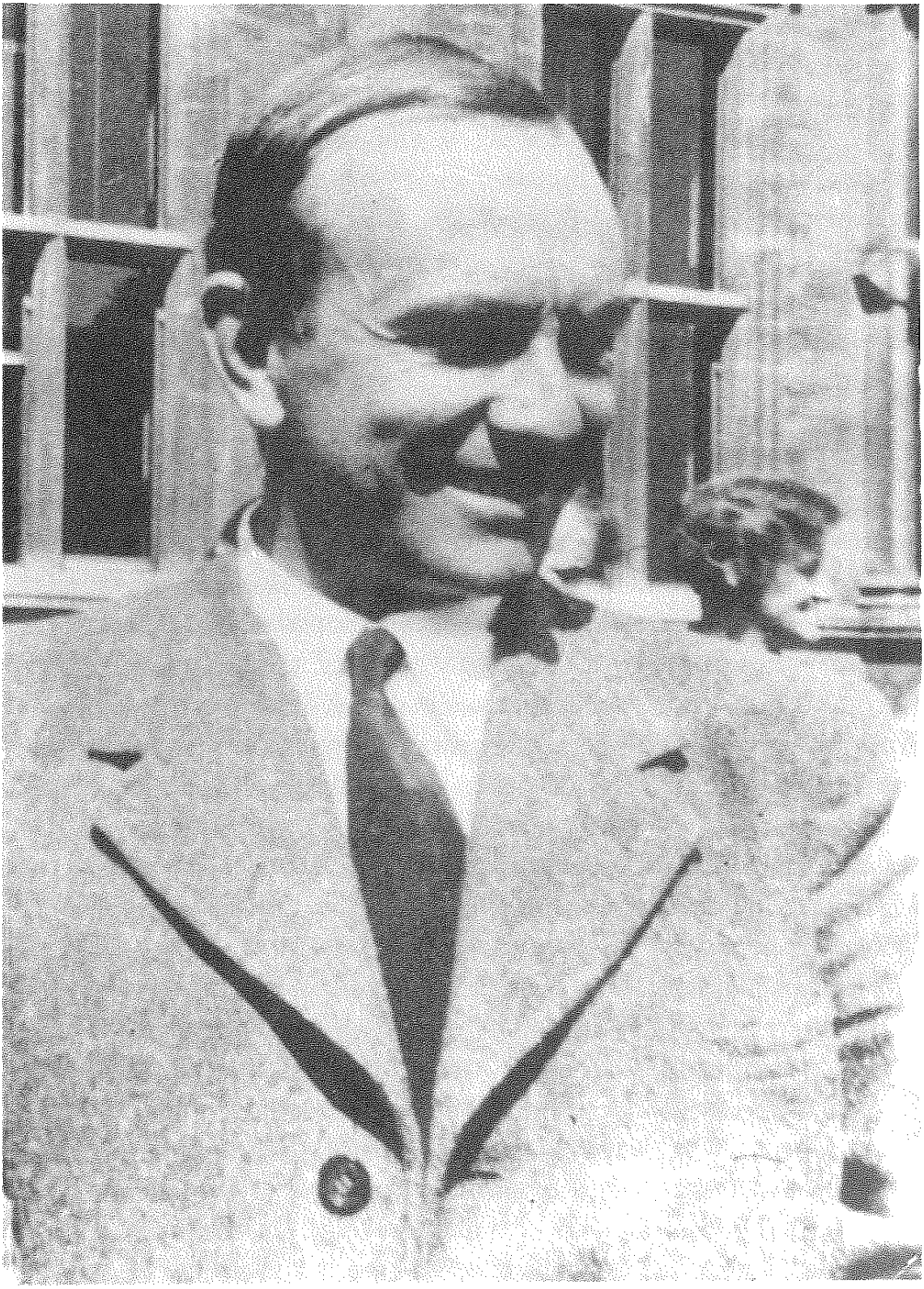
Un ámbito para el que me había preparado de una manera muy especial fue el del mismo estudio del hombre. Es algo que ha de estar en el centro. Se la enseña una y otra vez en todos los grados. Y en ella el norte se halla en el conocimiento de la *trimembración del organismo humano*. Fue uno de los temas principales de la formación de maestros que dio Rudolf Steiner al principio. Hoy, en realidad, cuando uno ha procedido durante un tiempo de la manera indicada, se hace difícil imaginarse cómo se puede enseñar

antropología *sin* concebir esa trimembración. Y ahí la enseñanza de la ciencia natural se convierte en patrimonio común de toda la escuela. ¿Cómo vamos a hablar del ser humano si no partimos del hecho de que su cabeza presta su servicio como la parte despierta y consciente del conocimiento, y que las extremidades y el metabolismo, que son inconscientes, se sitúan en el polo opuesto? Hablamos por ejemplo del sistema nervioso. Ahí tenemos la misma trimembración: *cerebro*, que sirve a la vida anímica totalmente consciente, despierta; la *médula espinal*, entregada plenamente a las acciones reflejas semisoñadoras; *sistema nervioso simpático*, vinculado de manera totalmente inconsciente con la digestión y los órganos internos. O la misma trimembración en el sistema motor: abajo, las piernas, totalmente sometidas a la gravedad; arriba el maxilar (extremidades de la cabeza) integrado plenamente en la formación esférica de la cabeza; y entre medio los brazos, que se mueven libremente, accesibles al ritmo y a los gestos del lenguaje. El hombre superior está formado por las fuerzas cósmicas, el hombre basal, que se ocupa de la alimentación y de la locomoción, lo está por las fuerzas de la Tierra, mientras que el hombre intermedio, con su sistema rítmico, hace de mediador entre ambos extremos. Pero esas son verdades que los niños no sólo aprenden en el estudio del hombre, pues se les aparecen de una manera más o menos consciente en todos los demás ámbitos. ¿Acaso no está presente y activa por todas partes esa trimembración en la euritmia, en gimnasia, en la enseñanza del arte, y en definitiva en todos los demás ámbitos? Y eso lo sienten los niños, sienten que una unidad recorre toda la escuela. El conocimiento del ser humano es el fundamento de todo el arte de educar.

Una enseñanza de la ciencia natural de esa índole ha de ser configurada constantemente por la comunidad de maestros en un crecimiento constante. Si en uno de los cursos o clases superiores un profesor ha conseguido elaborar la ciencia natural de ese modo, ese trabajo no se pierde. Pues lo traspasa a otros profesores que más tarde tendrán que enseñar cuando lleguen a ese grado escolar, o a otros que han de trabajar el mismo tema en cualquier otro grado escolar. De hecho, cada uno tendría que elaborárselo de nuevo uno mismo; pues ninguna clase es igual, ningún profesor es igual al otro. Es un especial método de trabajo pedagógico por el que el maestro configura una manera de introducir en su clase la enseñanza de la química o algún ámbito de la física acogiendo lo que a lo largo del tiempo ha ido resultando de las sugerencias de Rudolf Steiner, las experiencias prácticas de otros colegas que han trabajado especialmente en estas materias, las publicaciones que han aparecido entre tanto. Y ahí los tratados o libros de texto habituales apenas pueden ayudarnos. En la mayoría de los casos enseñan sobre una pequeña parte de la materia, y muchas cosas no pueden usarse. Muchas cosas hay que reunirlas entresacándolas de los más diversos libros. ¿Dónde encontraremos hoy un libro que contenga, digamos, una descripción exhaustiva de los efectos del silicio y del calcio? Encontramos unas cosas en un libro de fisiología humana, otras cosas en uno de botánica, otras en uno de zoología, o incluso en escritos más antiguos, por ejemplo, de contemporáneos de Goethe, que siguiendo la idea generaban esos conceptos abarcantes sobre el conjunto de la naturaleza. Hoy le debemos mucho a los trabajos científicos de amigos antroposóficos que en los últimos diez años han trabajado en los diversos campos haciendo que sus libros le ofrezcan al pedagogo un gran estímulo que le permita extraer de ellos muchos elementos. Así, por ejemplo, cuando apareció el importante libro

de *Guenther Wachsmuth* sobre las “Fuerzas etéricas formativas en el cosmos, la Tierra y el ser Humano”, eso fomentó enormemente la actividad de la escuela. Pues cada maestro podía extraer muchísimas sugerencias para la enseñanza en todas las edades. Quien haya leído ese libro, cuando haya de hablar sobre el curso del sol, los fenómenos atmosféricos en la Tierra como conjunto, cuando haya de impartir algún fragmento de geografía, se situará frente a sus alumnos de forma muy distinta a como lo hacía antes. Y cuando apareció el libro de *Hermann Poppelbaum* sobre “El hombre y el animal”, tuve que decirme: “Ahora cada maestro tiene la posibilidad de elaborar a partir de este libro un gran material, con cuya ayuda, por ejemplo, puede exponer la evolución de la Tierra de la manera en que lo necesita el alma del niño. ¿De qué sirve que hablemos del espíritu y le transmitamos al niño una imagen del devenir de la Tierra en el que el ser humano aparece al final como el animal supremo? Antes, había de reunir dificultosamente los hechos que han sacado a la luz la investigación de la *ciencia natural* en geología y paleontología, los comparaba con lo que expone la “Ciencia Oculta” de Rudolf Steiner, que habla de la evolución del ser humano desde el punto de vista espiritual, y se hacía el enorme esfuerzo de reunir los dos extremos. Había algunas sugerencias, pero era evidente que por un lado existe la exposición científico-natural con toda una infinita serie de hechos de los que no se trasluce espíritu por ninguna parte; y por el otro lado el proceso de evolución anímico-espiritual de la humanidad. Pero cada una de esa serie de hechos científico-naturales ha de reunirse y colaborar con el contenido de la “Ciencia Oculta” y entenderse de una manera nueva. Y luego todo eso hay que elaborarlo de tal manera que se adecue al niño. Ahora de esos escritos de investigadores antroposóficos se pueden extraer muchos elementos estimuladores. Por tanto, no es que no haya que utilizar otra literatura, obras científicas de la época moderna, etc., para prepararse. Pero necesitamos más que eso, y ese *plus* sólo puede generarse de la manera descrita. Hoy tampoco existen todavía libros de texto para niños para la enseñanza de la ciencia natural. Tendríamos que editarlos nosotros mismos en el sentido que hemos indicado.

Por eso, la enseñanza de la ciencia natural tenía que trabajarse como algo totalmente nuevo. Y por eso tal vez es justificado decir que esa enseñanza se halla en camino de satisfacer el ideal que nos planteamos al principio de estas exposiciones. Un ideal que integra realmente la naturaleza en el conocimiento humano de tal manera que podamos reconocer al ser humano como un ser que ha acogido en sí mismo las fuerzas de la naturaleza entera y las ha convertido en algo superior. Pero la naturaleza vuelve a hacérsenos comprensible gracias al ser humano. Por eso, la enseñanza de las ciencias naturales en el marco de la educación se halla integrada de manera que, a partir del conocimiento de la naturaleza conquistado por la época moderna, justifique la imagen del ser humano que ha de situarse hoy como ideal ante la mirada de la humanidad.



Eugen Kolisko en el patio del colegio Waldorf en Stuttgart, en torno a 1925.

EUGEN KOLISKO, “A LA BÚSQUEDA DE NUEVAS VERDADES”, 1989

SOBRE LA PRIMERA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Prólogo:

Las siguientes exposiciones son producto de experiencias recogidas durante la enseñanza en la Escuela Libre Waldorf en Stuttgart. Están pensadas para las clases del séptimo curso o año escolar. En ese período los niños tienen trece años. Anteriormente, del tercer al sexto año escolar se trataron el estudio del ser humano, la zoología, la botánica y la mineralogía de una manera adecuada a las edades respectivas. Al principio, en los tres primeros años escolares el niño había sido llevado hacia el ser humano mediante una descripción imaginativa de la naturaleza, partiendo de la atmósfera del mundo de los cuentos. De ahí en adelante, partiendo del ser humano, el niño empezó a conocer los reinos animal, vegetal y mineral. Después de haber desembocado así, de una manera natural, en lo inorgánico, en el sexto año escolar comienza la clase de física. Le sigue en el séptimo la primera enseñanza de química. De ese modo, el niño es conducido regular y paulatinamente del mundo de los seres dotados de espíritu, de alma y de vida hacia los procesos que tienen lugar en lo material. Y ahora el objetivo consiste en acercar al niño los conceptos básicos esenciales de lo que sucede en la química. Han de ser conceptos que puedan crecer junto a los niños, como lo expresa Rudolf Steiner. En la clase de química, durante todo el proceso escolar hasta los cursos superiores, el niño ha de poder llevarlos consigo, ampliarlos constantemente y confirmarlos una y otra vez con las nuevas experiencias. En la ciencia de la naturaleza de Goethe esos conceptos existían. En su juventud, Goethe a menudo captaba fenómenos fundamentales. Lo que en su larga vida observó en la naturaleza día tras día, se integraba con esas primeras experiencias y conceptos, y era iluminado nuevamente por ellos. Son esos conceptos los que necesita el maestro para el alma infantil. Pues no se trata de limitarse a transmitir un conocimiento, sino de sumergir en el alma del niño gérmenes que puedan seguir actuando a lo largo de toda su vida.

Los libros de texto de química habituales ayudan muy poco en este aspecto. En ellos una y otra vez nos encontramos con exposiciones que parecen ser un extracto de los cursos universitarios. Lo que habría que hacer más bien es buscar lo que realmente demanda la naturaleza infantil en su edad respectiva. Por eso, en estos ensayos, aunque hemos contado con los resultados de la química como ciencia, el mundo de los procesos químicos ha de acercarse primero al alma del niño de una forma muy viva. Y sólo eso lo hace madurar para entender lo esencial de la química. No obstante, lo científico ya vive en esos incipientes comienzos y puede seguir desarrollándose posteriormente, partiendo de esos trasfondos ofrecidos al principio.

Así pues se dio especial valor a dos puntos de vista:

1.- Todo lo expuesto ha de contener sus relaciones con el ser humano; pues sólo la ciencia natural se hace viva para el niño cuando se vincula con el conocimiento de lo que es el ser humano.

2.- En todas partes hay que tener en cuenta la relación con la vida práctica. El conocimiento de los procesos químicos ha de utilizarse para entender los fenómenos cotidianos de los equipamientos técnicos y de los nexos económicos.

Toda enseñanza de ciencias naturales ha de corresponderse con estas demandas. El conocimiento de la relación entre el ser humano y la naturaleza introduce espíritu en la ciencia natural. La referencia a los equipamientos de la vida técnica establece el vínculo con las necesarias exigencias de la vida práctica del presente.

Por consiguiente, la primera enseñanza de la química se sitúa en el gran contexto del cómo se edifica la enseñanza en su conjunto. En lo particular, cada profesor, evidentemente, la configurará de manera distinta. Las siguientes exposiciones hay que considerarlas por tanto sólo como *uno* de esos ejemplos, encaminado a ofrecer sugerencias para esa enseñanza.

I. Sobre la combustión

¿Desde qué lado podemos acercar más fácilmente al niño el campo de la química? Para el alma del niño, la química presenta algo totalmente nuevo. Ellos están mucho más familiarizados con los conceptos de la física. Lo que la luz o el sonido realizan en la naturaleza se efectúa de una manera más manifiesta. Pero la química nos conduce al mundo de la materia, al interior de los procesos materiales. Quien observa desprejuiciadamente descubrirá que incluso para el adulto, a menudo a lo largo de toda su vida, el mundo de la química se halla mucho más lejos de lo que suele pensarse. La mejor manera de acercar al niño las ideas básicas esenciales sobre los procesos químicos es mediante el proceso de *combustión.* En la llama, en la combustión, en realidad se halla oculto todo el proceso químico. Ese sería el mejor punto de partida. Un punto con el que pueden relacionarse muchas cosas.

Uno empieza realizando ante los niños toda una serie de combustiones. Supongamos que es un día de otoño. Hagamos que en un paseo por el bosque los niños recojan todo tipo de objetos que puedan quemarse: hojas secas, ramas, cortezas, musgo seco, hierba muerta, piñas de abeto y otras cosas. Se añaden a ello diferentes tipos de madera, también partes vegetales verdes, además de paja, lana, papel, cera, aceite y bencina. Y luego simplemente se va mostrando sucesivamente cómo van ardiendo esas partes vegetales y todos los demás objetos. Uno los prende y, junto con los niños, observa las muy distintas formaciones de llamas que van surgiendo en cada caso. Cada rama, cada planta, cada objeto tiene una llama distinta. A menudo, por la forma de la llama, se puede reconocer exactamente el tipo de planta que está ardiendo. Así por ejemplo, las hierbas arden afiladas, las agujas del abeto arden titilantes y echando chispas, las piñas lo hacen concentradas y crepitando con fuerza, y cada tipo de hoja arde diferente. Uno adquiere ahí toda una “botánica de las llamas”. Los niños constatan pronto que en la llama vuelve a brillar toda la naturaleza interna de la planta viva. A su vez, las llamas de los otros objetos vuelven a ser bien distintas. Se experimenta el elemento móvil y vivo, y también devorador del fuego. No hace falta decir muchas cosas sobre el conjunto. Los fenómenos hablan por sí mismos. Los niños están presentes con una enorme

expectación. Vivencian lo peculiar del elemento fuego en sus más diversas configuraciones.

Se podrá llamar la atención especialmente hacia un aspecto. Por un lado se despliega siempre *luz* y *calor*. Ambos se muestran como llama. Por el otro lado queda atrás la *ceniza*. La ceniza ya no tiene vida, está muerta, se ha vuelto totalmente mineral. Hay que hacer que los niños experimenten intensamente esos polos de luz y calor, por un lado, y de ceniza por el otro. La alegría que sienten ante las llamas, y la ligera tristeza que subyace en el hecho de que finalmente sólo quede la ceniza, se encargan por sí mismas de que surja la vivencia de esa polaridad. Es bueno que el primer día los niños se limiten a experimentar los fenómenos. Cualquier comentario que se haga es superfluo. Los niños coléricos se sienten especialmente impresionados por las llamas. En los melancólicos uno observa que el proceso de formación de ceniza ejerce una gran influencia sobre ellos. Todos notan cuán distinta puede ser la llama y que el fuego es originalmente algo vivo.

Ahora bien, el profesor, no sólo ha de contar con lo que tiene lugar durante el día en el niño, sino también con lo que el niño vivencia durante la noche. Lo que el niño ha recogido de su observación, al día siguiente, al empezar la clase, se halla presente como pregunta inconsciente sobre la esencia de la cosa. Entonces ya es el momento de extraer la suma de los numerosos fenómenos observados, para indicarle al niño de manera sencilla qué es lo esencial.

Así por ejemplo, podemos decirle: “Mira, ahí recogimos tantas hojas y otras partes de la planta. Luego las prendimos. Y hubo fuego; en él vimos cómo se elevaban hacia arriba luz y calor. En cambio abajo surgieron cenizas. La ceniza cae al suelo. Está totalmente muerta. La luz se mueve hacia el cielo, la ceniza hacia la Tierra. De las plantas que antes estaban vivas irrumpió el fuego, que ascendió al cielo. Sólo ha quedado lo muerto, lo terrestre, lo ceniciento”.

Haciendo las preguntas correctas o partiendo de las manifestaciones espontáneas de los niños, no será difícil oír cómo surgen esos pensamientos u otros parecidos, y se peguntará: ¿De dónde viene realmente la luz? No es más que la luz solar que las plantas acogieron en sí mismas en su día. El Sol brilló en su momento sobre la Tierra, las plantas a su vez brotan y crecen en dirección al Sol. *Todo lo vivo es inflamable. Cuando enciendes el fuego, la luz regresa al Sol.*

Los niños sienten qué es lo que sucede con la combustión. Lo que se había endurecido totalmente hasta convertirse en madera, en carbón, se hace invisible y desaparece. La luz se libera. De ese modo, los niños captan una importantísima polaridad: *luz y gravedad*. Ya están acostumbrados de antes a sentirse inmersos en esas polaridades.

Luego puede hablarse de la planta. “¡Observen las flores en las plantas! Con sus colores rojos, amarillos, policromos parecen como si fueran llamas, por ejemplo la amapola. Cuando arden, ¿queda mucha ceniza de ellas? ¡No! Pero cuando uno quema raíces, entonces hay muchas cenizas. La raíces al arder no brillan tan bellamente. ¿Por qué? Las flores brillan ya antes de que se las queme. Su propio florecer es ya como un arder. Se hallan vinculadas con el cielo. Su misma belleza lo muestra. Pero las raíces pertenecen a la Tierra, y por eso queda tanta cosa muerta, petrificada, cenicienta. Pues bien, ¿qué son realmente las plantas? ¡Llamas vivientes! Desde sus partes verdes intermedias

se entrega suavemente la flor hacia arriba, pero las cenizas se hunden hacia abajo en las raíces."

Después de que los niños hayan conocido esos fundamentos se puede llevar el conjunto a una imagen, dibujándola en color en la pizarra. Esa imagen tiene importancia para toda la vida. De ese modo no se caerá en la tentación de considerar el proceso de combustión como un mero proceso químico, material. Uno lo relaciona con el mundo entero. Uno ve cómo en la planta viva ya está presente el proceso de combustión que luego nosotros realizamos con la parte muerta de la planta. Lo que hacen las plantas en su crecer, florecer y echar raíces, se prolonga de una manera más violenta y destructiva cuando arden. Lo que dentro del ritmo vital sucede de una manera atenuada en la flor y en la raíz, se ve desgarrado en dos partes en la brillante llama y en las cenizas, cuando hacemos que arda.

Ahora también podemos vincularlo con el ser humano. ¿Existe igualmente en el hombre una combustión? Los niños llegan fácilmente a descubrir que en el ser humano, en la sangre, en los procesos de alimentación y en la actividad de las extremidades obra el calor. Sienten que en ellos mismos, desde su interior, actúa el calor. Saben que los órganos interiores e inferiores están más calientes. Pero ¿dónde está el máximo de ceniza en el ser humano? Eso también lo conocen los niños por su estudio del hombre. En la cabeza es donde hay lo más mineral, lo más ceniciento. De modo que abajo está el calor y arriba las cenizas. También en el ser humano arde una especie de llama. Pero lo hace a la inversa que la planta. A los niños eso les encanta, porque ya antes habían oído que el ser humano se sitúa en el espacio en posición invertida con respecto a la planta. Pues la raíz de la planta se corresponde en realidad con la cabeza del ser humano. Ahí también se puede pintar ante los niños ese contraste polar de los procesos de combustión en el ser humano y en la planta.

Esa manera de aproximarse al tema puede ampliarse aún más en su aplicación. Uno recuerda a la clase, por ejemplo, lo que en tiempos antiguos significaba para la humanidad el fuego, al quemar un cadáver. Igual como en la combustión la luz se libera de la materia, del mismo modo el alma se libera del cuerpo vivo del hombre. Y lo que queda es el cadáver. La ceniza es también un cadáver de ese tipo. De esa manera se tiene oportunidad de establecer relaciones con representaciones históricas y religiosas. En el cuerpo vivo vive el alma igual como en las sustancias combustibles vive la luz. De esa manera, mediante una vinculación interior de lo científico con lo artístico se llega a lo religioso-espiritual. También puede recordarse el significado del fuego en el sacrificio, así como la relación que el ser humano busca establecer entre la Tierra y el cielo en la llama sacrificial. Lo importante es que la concepción espiritual del fuego y de la combustión se afiance plenamente en el ser humano.

Se puede resumir todo eso en frases sencillas y dictárselas a los niños. Ellos ya pintaron con gran interés las diversas llamas en los procesos de combustión y representaron en la imagen el efecto del fuego en el ser humano y en la planta. Es entonces la hora de insertar un breve texto y dejar que el conjunto concluya con algún verso o máxima que, de una manera evidente, resuma el resultado de los dos días de clase. El texto no necesita ser explicado. Una conclusión de ese tipo es de la máxima importancia pedagógica. Tiene lugar de la manera siguiente:

"Todo lo vivo es combustible. Si por tanto encendemos las partes secas de la plantas, emerge y sale la llama. Luz y calor se escapan hacia arriba, hacia el amplio universo. Pero detrás queda la ceniza. La luz es clara y ligera. La ceniza es pesada y ha de caer a la Tierra. En la combustión se libera una luz que se hallaba hechizada en la planta. Es la fuerza del Sol que ella había acogido en su interior. Y cuando quemamos algo del cuerpo animal, sucede lo mismo. Pues en el animal y en el cuerpo humano ha penetrado la luz oculta mediante las plantas que se ingirieron en la alimentación. La planta es una llama viviente. Arde hacia arriba, hacia la flor. También el animal y el ser humano son llamas vivientes. Pero ellos arden en la otra dirección. La llama en el ser humano arde hacia abajo. La ceniza asciende hacia la cabeza. Cuando observamos el fuego, sentimos que todo lo devora y lo vuelve a llevar hacia el cielo, desde donde procede todo lo que ha sido traído a la tierra.

"Pues lo que el fuego viviente arrastra
ya no es amorfo, ni la Tierra lastra.
Volátil, se nos ha hecho invisible,
y presuroso asciende hacia su origen"

W.J.v Goethe

Luego puede seguirse adelante, y al día siguiente se puede hablar de la *relación* entre la *llama* y el *aire*. Se vuelven a hacer una seria de experimentos. Se muestra que la llama necesita el aire para vivir. Se intensifica con la corriente de aire, y se debilita cuando el aire baja. La velocidad de la combustión, la intensidad del calor que ahí se despliegan dependen de la provisión de aire. La llama de una vela se extingue pronto si uno la tapa con un vaso. Entonces se hace el conocido experimento con una vela que flota sobre el agua debajo de una campana. La vela está sostenida sobre una pequeña placa de corcho. Después de encenderla se la cubre con la campana. Al cabo de un tiempo la vela se apaga, y la superficie del agua junto con la vela sube de nivel en torno a una quinta parte del espacio de aire existente. El niño ve ahí que la llama ha consumido algo del aire[1]. No hará falta en este contexto hablar ya del oxígeno. Basta con conocer el hecho de que el aire estimula la llama y en ello él mismo también se consume. Luego encendemos una serie de llamas en las que se vaya introduciendo aire cada vez más. Tomamos (la llama) de una vela y soplamos sobre ella con un canuto o tubito. Luego mostramos un quemador de gas con provisión de aire (por ejemplo varios mecheros de bunsen). Finalmente mostramos una fragua con fuelle. Los niños ven con ese incremento cómo el aire actúa sobre la llama. Y comprueban asimismo cómo hay que ir esforzándose cada vez más para suministrar aire. Y al final hay que poner en movimiento la fragua pisando el fuelle con el pie. Al mismo tiempo los niños aprenden a conocer una serie de implementos que se utilizarán constantemente en la vida. Llamamos la atención sobre cómo la llama sin provisión de aire ya es amarillenta, pero más fría; si le suministramos aire se va haciendo azul y más caliente. Ahí se puede volver a indicar la polaridad de los colores que puede verse también en la llama de la vela. ¿Por qué la llama es

1.- Incompleto: menos de una décima parte, y químicamente un proceso más complejo. (Nota de D.Rohde)

azul abajo? Porque aparece así frente al trasfondo oscuro.[2] Por la misma razón por la que el cielo aparece azul, pues uno está viendo el espacio cósmico oscuro mediante el aire iluminado. Para los niños es interesante notar por primera vez que la llama intensa de color azul claro del soplete, vista ante un fondo claro (por ejemplo ante la luz del Sol), es totalmente invisible. Esa oposición entre azul y amarillo, es decir, entre luz y oscuridad, es algo que los niños conocen hace ya tiempo. Así pues hacemos que aparezca ante el niño toda la variabilidad de la llama; cómo se transforma, brilla, se oscurece, cómo crece o disminuye, en pocas palabras, cómo tiene una vida independiente.

Para el *surgimiento* de la llama, para la formación de luz y ceniza se considera la polaridad entre cielo y Tierra, entre arriba y abajo. La *modificación* de la llama, su aumento o disminución su transformación, son provocados por el aire.

De ese modo los niños han conocido el elemento del fuego como algo independiente. Sienten que la llama mantiene unidos en sí misma lo que tiende a contraponerse: la luz y el calor hacia arriba y la ceniza hacia abajo. Si no puede prender del todo, por ejemplo cuando tomamos partes verdes de la planta para quemar, entonces veremos que surge humo en medio. Éste no llega ni a una llama luminosa ni a la formación de ceniza. Entremedio se forman vapor y hollín. Por eso sólo arde bien la planta seca, muerta. Lo acuoso de lo vivo genera humo y la llama no acaba de abrirse paso. No se llega a producir una verdadera separación entre arriba y abajo.

Antes de que entremos en consideraciones químicas más abstractas tiene que existir primero en los niños la vivencia del elemento fuego. Uno ha unido así la naturaleza de la llama con el universo entero y con el ser humano. Y ahora se puede también hablar de la aplicación práctica de la llama. Se puede exponer el significado de las llamas para la iluminación y la calefacción.

Partimos del fenómeno de que una llama que brilla sobre un objeto frío desprende hollín. Es decir, de la llama se genera carbón. Ese carbón brilla, pero sólo lo hace cuando no se le agrega demasiado aire. Luego arde y al hacerlo se calienta. Se muestra una llama de acetileno que brilla intensamente y deja mucho hollín, y luego una llama de gas caliente, azul, que no brilla. Con la una podemos *iluminar*, con la otra podemos *calentar*, como en el horno de gas. La llama oscila siempre entre la luz y el aire. El calor es quien une los dos polos, luz y aire. Y ahora podemos volver a preguntar: ¿No se podría alumbrar también con la llama caliente? ¿No podríamos añadirle algo a la llama caliente para que brille más? Los niños pronto descubren que para ello no se puede tomar carbón, pues éste ardería rápidamente. Por tanto hay que tomar algo que no pueda arder, pero que brille. Y eso sólo puede hacerlo una sustancia de la índole de la ceniza, de índole pétrea. Con ello los niños han entendido también la luz del gas incandescente (o de alumbrado), el quemador de Auer. Pues en él la sustancia terrosa se calienta hasta el blanco incandescente con el calor de la llama no luminosa del gas. Lo opuesto a ello lo vemos en la lámpara eléctrica de filamento de carbono que es llevada a la incandescencia por la electricidad, pero que no se quema porque se ha extraído el aire de la bombilla o ampolleta. Así pues, en un caso, en la ampolleta o bombilla incandescente, brilla algo combustible que no puede arder; mientras que en la luz de gas

2.- Incompleto: Relación sobre todo con las diversas sustancias combustibles (carbono, hidrógeno, monóxido carbónico) (Nota de D. Rohde).

incandescente el calor de la llama no luminosa del gas hace que brille algo no combustible.

De esa manera y otras parecidas podemos mostrar fácilmente a los niños las diversas aplicaciones de la llama en el ámbito técnico. También podemos resumirlo todo mediante dibujos, imágenes y un dictado.

En una clase siguiente damos un paso más. También mostraremos otros cuerpos inflamables que no proceden todos directamente del reino de lo vivo: *azufre, fósforo* y, en comparación con ellos, el *carbón* natural.

Primero se le habla a los niños del *azufre*. Es amarillo, hay un fuego en él. Cuando lo encendemos arde con un curioso color azul claro u oscuro. En esa llama parece como si estuviera desarrollada con especial intensidad y unilateralidad la parte azul de la llama de la vela. El azufre procede del interior de la Tierra. En la mayoría de los casos sale de los volcanes. Es un fuego eruptivo que ha irrumpido desde el interior de la tierra. Hablamos así a los niños y dejamos que sientan que ese fragmento de azufre que tienen sobre la mesa no es más que una minúscula parte del proceso ígneo que actúa en el interior de la Tierra. Y así obra también el azufre en la planta y en el ser humano. Le recordamos a los niños, por ejemplo, el color de un campo de colza y les decimos que esas plantas contienen aceites sulfurosos. En el rábano y en la mostaza, con su sabor picante, tenemos también azufre. En el ser humano el azufre actúa acelerando los procesos metabólicos. Los baños de azufre tienen un efecto curativo frente a los endurecimientos, reumatismo y semejantes. En los enfermos que toman baños de azufre, éste provoca que al principio se reaviven las enfermedades que habían estado latentes durante mucho tiempo. Pueden incluso aparecer erupciones cutáneas y abrirse antiguas heridas. De modo que en el ser humano el azufre también actúa sobre los procesos corpóreos de manera volcánica, inflamable.

Muy distinto es el *fósforo*. Su llama brilla con mucha luminosidad, casi como el Sol. En la oscuridad también irradia luz. Los niños se entusiasman cuando ven por primera vez que con fósforo blanco pueden escribir sobre la pizarra en la oscuridad y que luego permanecen los trazos luminosos. Y se dicen: ¡eso no es ninguna sustancia, eso es luz! Y no aparece calor alguno. Cabe destacar el contraste entre la oscura llama del azufre con su color azul, y la llama blanca del fósforo. Es como si se hubiera independizado la otra parte luminosa de la llama de la vela. Luego le contamos a los niños que el fósforo aparece en el cerebro humano. ¡Ahí en la cabeza actúa el fósforo que posee un verdadero poder iluminador! ¿Por qué aparece en el cerebro? Los niños averiguan pronto que tiene relación con el pensar en la cabeza humana. En el pensar se produce luz en el cerebro, y para ello hace falta el fósforo. El fósforo puede tener un olor extraño; es el mismo[3] que aparece después de una tormenta. En la tormenta brillan los rayos que descienden del cielo. Es como si desde el cosmos brillara algo sobre la Tierra. En la erupción volcánica sucede lo contrario. Ahí brilla algo caliente desde lo subterráneo. Surge el desagradable olor del azufre. Pero cuando caen los rayos surge el mismo olor[4] que también aparece al arder el fósforo. ¿Qué es lo que dice uno cuando se le ocurre algo, cuando ha

3.- Simplemente se parece, sólo puede entenderse a modo de comparación (Nota de D. Rohde)

4.- Véase nota anterior.

entendido algo? Uno dice, por ejemplo: “me vino la luz”, “se me aclaró”. Y eso tiene que ver con el fósforo que existe en el cerebro. Efectivamente, ¡el fósforo es un fuego celeste sobre la Tierra! ¡Pero el azufre es un fuego subterráneo! Como tal, encontramos el azufre como producto del proceso volcánico en la naturaleza. El fósforo hay que producirlo artificialmente.

A medio camino entre esos dos cuerpos inflamables tenemos el *carbón.* Los niños ya saben que los carbones son plantas muertas. Es decir, que el carbón ha surgido directamente de lo vivo. Y por eso es combustible. Pero su luz la lleva totalmente en el interior. Está hechizada. De modo que por sí mismo es negro y oscuro. Se ha formado en la Tierra. Cuando arde el carbón tenemos el tipo común de llama que brilla arriba y que abajo es azul. Ahí tenemos unidos los dos tipos de llamas que se hallaban separadas en el azufre y el fósforo. Y lo mismo sucede con todas las llamas vivas: todas ellas contienen también carbón.

Ahora podemos volver a establecer la relación con el ser humano, después de haber mostrado cómo obran esas sustancias en el cosmos. La acción del azufre en el ser humano emerge de los órganos inferiores. Desde la digestión actúa en la sangre hacia fuera y hacia arriba. Es un fuego que arde en el interior del hombre. En cambio, la fría luz del fósforo parte del cerebro. Pensamos con ella. Pero ¿qué es lo que pasa con el carbón? Nosotros quemamos carbono en nuestro interior y lo exhalamos a través de nuestros pulmones. También las plantas han inhalado carbono por medio de la luz solar. Las llamas vuelven a exhalar el carbono. Con una explicación así se despierta en los niños una vívida consciencia de que las tres sustancias combustibles más importantes, azufre, fósforo y carbón, que no proceden directamente de lo vivo, se relacionan con procesos muy distintos que tienen lugar en el ser humano: El *azufre* con la *digestión*, el *carbono* con la *respiración* y el *fósforo* con la *luz del pensar* que surge en el cerebro. También podemos resumir estas cosas, por ejemplo, dictándolas de la manera siguiente: “Existen tres sustancias combustibles especialmente importantes: *azufre, fósforo y carbono.*

De las montañas que vomitan fuego irrumpe el tenebroso fuego devorador. Sordamente ruge y truena desde el interior de la Tierra. De esa emanación vaporosa emerge el *azufre*. En los bellos cristales amarillos vuelve a brillar el fuego desde las profundidades. Arde con llama oscura y azul. Ese fuego también está en nosotros. Actúa en nuestra sangre y la calienta, pone en movimiento todos los humores, hace que el cuerpo cobre vida y fuego.

Totalmente distinto es el *fósforo*. Brilla con su llama como el Sol. Es todo luz. Cuando brillan los relámpagos aparece el olor del fósforo.[5] Ahí la luz desciende del cielo a la Tierra. Esa luz también la tenemos en nosotros. Pues el fósforo se halla en nuestro cerebro. Allí brilla cuando entendemos bien alguna cosa. Y eso hace que desde arriba la cabeza esté clara.

A medio camino entre ambos el *carbono* actúa en la respiración de nuestro pulmón”.

2.- Sobre el calcio y la formación salina

En química, es de capital importancia entender los polos opuestos. Hemos empezado con los procesos de combustión. *Lo contrario de la combustión es la*

5.- Véase las dos notas anteriores.

formación de sales. La mejor manera de exponer esos fenómenos es con el ejemplo del calcio. Mostramos primero las múltiples formas diferentes en las que aparece el calcio: conchas de moluscos, caracolas, corales, esponjas calcáreas, ammonites, cretas y huesos de todo tipo. Todos ellos surgen del reino animal. Le siguen las rocas que muestran claramente un origen orgánico, como, por ejemplo, caliza de agua dulce, caliza de ammonites y crinoideos, etc. Finalmente se mostrarán la calcita, estalactitas y estalagmitas, mármol y caliza granular. Cuanto más variada sea esa sesión de observación tanto mejor. Y entonces planteamos la pregunta sobre cómo han surgido esas formaciones. Todo ello, en último término, ha sido depositado desde el agua. Hizo falta mucho tiempo hasta que, por ejemplo, se formaran las estalactitas y estalagmitas desde el agua. También se explica cómo en el mar se va precipitando constantemente una fina lluvia de animales muertos de todo tipo y que se deposita como lodo calcáreo. Así por ejemplo la creta ha surgido a partir de incontables conchas de seres vivos diminutos. Y así se forman montañas enteras como, por ejemplo, las rocas cretáceas del mar del Norte y del mar Báltico. Algo parecido sucede con los sedimentos de caliza de conchas. Todo eso requiere mucho tiempo para formarse. Lentamente, de la caliza se van formando montañas. Lo calcáreo se deposita precipitándose desde el agua y genera la tierra firme. Ahí se trata de un proceso distinto al de la combustión. En las combustiones había que prender las diversas partes de la planta y, al volatilizarse, se transformaban en fuego y humo. Ahora llevamos al aula una cantidad ilimitada de conchas y piedras. Todas ellas se ha solidificado a partir del agua o han sido segregadas por seres vivos. Todo entra en reposo cuando lo térreo se separa de lo acuoso. Es un proceso semejante al que sucede cuando se deposita sal en el mar. En el fuego operan sobre todo calor, luz y aire. Queda muy poco de sólido. Totalmente distintos son los procesos de la cristalización, de la sedimentación del calcio y de otras sales. Aunque el calcio se genera también desde los seres vivos, no actúa como lo hace el fuego que devora todo lo vivo y lo devuelve al cielo, sino que hace que todo sea precipitado hacia la Tierra desde el elemento acuoso de la vida. Ahí predomina la gravedad. Si durante un buen tiempo los niños observan esos fenómenos, a menudo suelen llegar por sí mismos a descubrir esos grandes polos opuestos.

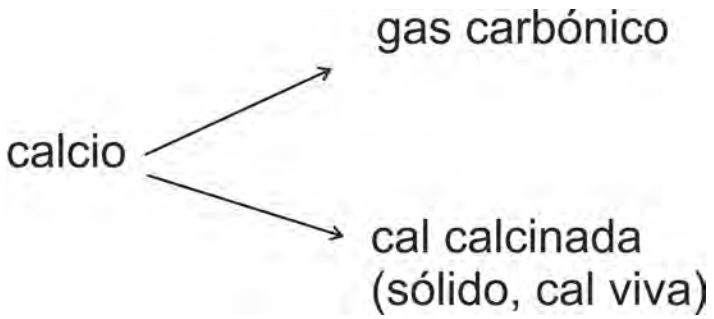
El agua no sólo deja que se precipite la cal, sino que también vuelve a disolverla. Más tarde puede producirse una nueva sedimentación. Así surgen las estalactitas y estalagmitas en las cuevas, la toba calcárea y también las costras calcáreas que se forman relativamente rápido sobre los objetos que uno introduce en fuentes que contienen calcio, por ejemplo en las aguas minerales de Karlsbad. Arroyos y ríos disuelven mucho calcio y lo transportan consigo. Y si hay mucho calcio en los ríos tendría que haber mucho más en el agua del mar adonde desembocan todos los ríos. Pero extrañamente, y uno se lo explica a los niños, en el agua del mar encontramos muy poco calcio. ¿Adónde ha ido a parar? Se halla en todos los animales marinos, en las conchas de las caracolas y moluscos, en los corales, etc. Y sólo cuando estos animales mueren las conchas se hunden y se depositan en el fondo, creando montañas. De ese modo, se produce una especie de ciclo del calcio en el que se hallan insertos los animales. En realidad, todo el calcio procede de los animales. Pues la calcita, las estalactitas y estalagmitas, el mármol, etc., se han formado exclusivamente por la disolución de las montañas calcáreas orgánicas originales y su posterior cristalización desde el agua. Pero lo que

vuelve a disolverse de ellos vuelve nuevamente a la formación de conchas calcáreas de los animales marinos y en la formación de huesos. No se puede considerar el calcio sin relación con el reino animal. En épocas antiguas se sabía eso, y de ese saber surgió la máxima latina: *Omnis calx e vermibus* (toda cal procede de los gusanos). Así es como antaño se llamaba a todos los animales inferiores. El calcio se deposita ya sea desde lo líquido viviente como caparazón y hueso, o desde el agua. El agua transporta el calcio sobre la Tierra, lo disuelve y lo deja caer de nuevo. De esa manera se va construyendo la Tierra desde lo acuoso. Para ese y otros procesos de sedimentación desde el agua adoptamos el nombre de “formación salina”.

En estas exposiciones sobre la formación salina los niños se comportan de manera muy distinta a como lo hicieron antes. El fuego actúa estimulando. Los niños coléricos se sienten especialmente animados. De hecho la mayoría de los niños, al contemplar los procesos ígneos se tornan más vivos y coléricos. El efecto se produce sobre la voluntad, sobre la naturaleza metabólica del ser humano. La cosa es muy distinta al observar el calcio. Es más afín a la reflexión. Uno se ve estimulado a reflexionar sobre cómo esas rocas tan increíblemente múltiples se han ido formando en largas épocas. La cristalización necesita tiempo. Sólo puede hacerse con calma y orden. Incluso cuando la capa de nieve cae sobre la Tierra y se forman cantidades infinitas de cristales, es como una especie de proceso salino. Y entonces se puede plantear la pregunta: Si el fuego en el ser humano está activo en la sangre y en los movimientos de las extremidades, ¿dónde encontramos en él los procesos salinos? La mayor parte de hallan presentes en la cabeza, allí donde hay el máximo de sustancia ósea. Nunca podríamos pensar ni entenderlo todo con calma, si no se depositara el calcio ahí arriba en la cabeza. Tampoco habría una estructura ósea y en el ser humano todo se desharía. De ese modo hemos vinculado los procesos de formación calcárea con el ser humano. Sin embargo, existe otra región del organismo humano con la que se relacionan esos procesos. Los procesos de combustión se mostraron unidos con la zona inferior del hombre y sus extremidades. Los procesos salinos con la zona superior, con la cabeza. Mas, por otra parte, hemos logrado sembrar la sensación de que lo muerto constantemente surge de lo vivo. Incluso que la mayor parte del globo terrestre se formó de esa manera. Quien haya asumido eso, más tarde no intentará explicar lo vivo partiendo de lo muerto. De ese modo el estudio del calcio se ha unido con el mundo, por un lado, y con el ser humano por el otro.

En una clase posterior, se puede continuar el estudio sobre el calcio en otra dirección. Calentamos una piedra caliza. Si es posible en un fuego avivado por el fuelle. Dejamos enfriar el calcio calcinado y le echamos agua encima. Al ser mojado con el agua, el calcio calcinado (o cal) empieza a borbotear y se calienta. Repetimos el experimento con mayor cantidad de cal. El agua es absorbida ávidamente por la cal. Grandes cantidades de agua desaparecen sin dejar rastro en el interior de la cal. Al cabo de un tiempo empieza a desprender humo y se produce elevado calor. De modo que la cal viva o calcio calcinado echa de menos el agua, pues por la acción del fuego ha sido separado totalmente del agua a la que debe su origen. Por eso vuelve a absorberla con tanta avidez. La naturaleza profundamente “animal” del calcio se muestra incluso después de haberse separado desde mucho tiempo antes del ciclo de lo animal. Si le añadimos aún más agua, entonces se genera un líquido lechoso (lechada de cal). Al dejarlo reposar se deposita la cal muerta, parte de ella

permanece disuelta y genera un líquido claro (agua de cal). Luego metemos en el agua papel de tornasol. Antes, el calcio no calcinado no coloreaba de azul el papel de tornasol. Al líquido que colorea de azul el papel de tornasol lo llamamos álcali. Los álcalis tienen también un determinado sabor como los ácidos. Es decir, que por la combustión del calcio y la disolución con agua ha surgido un álcali. El calcio se ha convertido en algo distinto por la acción del fuego y la posterior acción del agua. ¿Ahora bien, al calentar el calcio ha desaparecido algo? Eso se muestra en la calcinación del calcio. En el horno de cal algo se escapa. Me refiero al gas carbónico. Y o bien lo recogemos o bien le explicamos a los niños cómo puede producirse eso, mostrándoles luego el gas carbónico ya formado. Ese gas carbónico es el mismo que emana de las fuentes minerales, que burbujea en las aguas minerales. De modo que al ser calcinado el calcio ha exhalado algo. Se ha endurecido al convertirse en cal. Ese elemento sólido se convierte en álcali cuando se le ha agregado agua. Por eso al calcio calcinado también se le llama base, porque constituye, digamos, el fundamento sólido de la sal calcárea. El aire expulsado también puede mezclarse con agua. El gas del ácido carbónico le otorga al agua un sabor ácido. El papel tornasol se vuelve rojo cuando lo sumergimos en esa agua carbonatada. El calcio ha surgido de un proceso de formación salina. Él mismo es una sal. Y es transformado por el fuego. Desprende el gas carbónico y permanece la cal. Del gas surgen los ácidos carbónicos cuando se le añade agua; de la cal sólida surge el álcali.
Así pues:



Por tanto, al agregarse agua aparecen el ácido y el álcali. El fuego los separó. En el agua se muestran los dos polos opuestos.

Estas diferencias se pueden ilustrar aún mejor. Se muestran dos botellas, una con agua que contenga ácido carbónico, como vemos en las fuentes de agua mineral, y la otra con agua calcárea. En la primera vemos burbujas. Son lo mismo que se ha desprendido del calcio: el gas de ácido carbónico. El líquido tiene un sabor ácido, también picante y con chispa. El papel de tornasol se enrojece al mojarlo en él. En cambio, el agua de cal en la otra botella es insípida y áspera; el papel tornasolado se pone azul. A los niños les encanta poder vivenciar esas grandes diferencias. Para ellos también es evidente que lo picante y ácido se vuelva rojo, y lo soso y aburrido se vuelva azul. Para ellos eso es comprensible, por su vivencia del color y por lo que han aprendido en clase de pintura. De las aguas carbonatadas burbujea el ácido carbónico escapándose hacia arriba. El tapón salta si uno no lo sostiene con un cierre de

seguridad. En la botella con el agua calcárea se forma un sedimento blando en el fondo. Por tanto, en la botella de agua carbonatada la dirección es ascendente, el aire quiere salirse. En la botella de agua calcárea la dirección es descendente, lo sólido quiere depositarse. Si metemos el papel tornasol en la una y en la otra el resultado es también polarmente opuesto. Estos dos polos se hallaban originalmente en el calcio. Simplemente se han liberado por intervención del fuego, y el agua ha hecho que cada uno se manifieste. Acto seguido mostramos el siguiente experimento: Tomamos agua con gas y la derramamos en el agua calcárea. Ésta se enturbia y empieza depositarse una sal blanca en el fondo. Esa sal vuelve a ser calcio. Tiene exactamente el mismo aspecto que el lodo de creta. De modo que hemos vuelto a reunir los opuestos.

Luego tomamos un vaso de agua calcárea y con una cañita soplamos dentro. Vuelve a surgir el mismo sedimento blanco en el fondo. Es decir, que el aire que exhalamos contiene lo mismo que lo que se desprende cuando calcinamos el calcio: ácido carbónico. El fuego, pues, ha transformado el calcio. El gas carbónico se ha desprendido hacia arriba; la cal sólida ha permanecido abajo; entre lo sólido y lo gaseoso, es decir, entre la cal calcinada y el gas carbónico, se halla el agua. Si se añade agua, en cada caso aparecen ácido y base. Al reunir ambos, vuelve a aparecer el calcio, o como ahora podemos denominarlo con más precisión, el carbonato cálcico. El fuego ha conformado el calcio en dos direcciones ha hecho que se manifestaran los polos opuestos. El agua hace que ambos se manifiesten claramente, pero también vuelve a unirlos. *Lo que el fuego ha separado vuelve a reunirlo el agua.*

Ahí es de gran importancia que uno no parta de ácido y base y de ahí derive la sal, como suele hacerse habitualmente, sino a la inversa. Ese es el proceso natural. Pues en la naturaleza el calcio se presenta como tal. Primero se halla por doquier dotado de alguna forma. Los ácidos y las bases se generan después, artificialmente. Esos son extremos que recién empiezan a diferenciarse a partir de la sal por nuestra intervención. Igual como en la aritmética cuando hemos de enseñarle al niño pequeño las formas de cálculo. En ellas tampoco partimos de la adición de los sumandos, derivando de ellos la suma, sino que hacemos que los niños entiendan que una unidad original se ha dividido y que luego esas partes han de ser reconducidas hacia la unidad. Partimos de la suma, no de los sumandos. Del mismo modo, aquí también hemos de partir del conjunto y luego ver cómo emergen las partes desde él. Ese es un punto de vista importante que el maestro también ha de sentir en esta etapa de la enseñanza de la química: que él no puede considerar el concepto de “composición química” viendo esos compuestos solamente como la suma de las partes o como la suma química de los elementos. La composición es algo nuevo, ella es incluso algo que ya se halla en el principio.

Partimos aquí del calcio como de la sustancia natural entretejida en los procesos orgánicos de los huesos y de la formación de caparazones. Y sólo luego derivamos lo que surge de ella por un proceso de diferenciación. El calcio surge del proceso orgánico, y bajo la influencia del fuego el calcio se muestra como carbonato cálcico al aparecer ácidos y bases con motivo de esa intervención.

En una clase posterior se puede proseguir con su *aplicación a lo técnico y a la vida práctica.* El calcio aparece en la Tierra. Lo sacamos de las canteras. Lo llevamos a las fábricas de cal. Y entonces se le explica a los niños cómo está montado ese horno. Hay que calentar el calcio. E desprenden los ácidos

carbónicos y sólo queda la cal viva. Se dibuja la estructura del horno. En la medida de lo posible, aprovechamos la oportunidad de visitar uno de esos hornos. Luego se explica cómo la cal se introduce en sacos y se lleva en ferrocarril allí donde haga falta. En esa ocasión puede hablarse también de las relaciones económicas que se producen por esas minas de cal. Lo que, por otra parte, corresponde con el resto del plan de estudios para esa edad. Luego, llega la cal, por ejemplo a las paredes. Primero hemos de disolverla. Y volvemos a demostrar con qué violencia se realiza esa disolución en las grandes cantidades de cal. Y entonces preguntamos: ¿de dónde viene realmente el calor que aparece en ese proceso? Viene del hecho de que antes introdujimos mucho calor en el calcio al calcinarlo. Ese calor sigue viviendo (latente) en la cal y también en el ácido carbónico que se desprendió. El calcio calcinado, que posee en su interior como una especie de fuego durmiente, tiene una enorme sed de agua. Al introducirle agua, se satisface la sed, y el fuego hace su aparición. Se puede entonces mostrar también qué peligros reviste la disolución de cal, señalando hacia el efecto corrosivo de la cal hidratada. Ahí se pueden mencionar algunos aspectos sociales relacionados con ese oficio. Con ello rozamos ya temas docentes relacionados con la salud.

Los albañiles mezclan la cal muerta con arena. Y así surge el mortero. Ahí volvemos a encontrar una polaridad que es muy conveniente resaltar en la clase. Se trata de la polaridad entre el calcio y el silicio. La arena es sílice o ácido silícico, en cambio la caliza es una base. Sin que haga falta todavía entrar en la naturaleza ácida del silicio, cuando se fabrica vidrio se manifiesta la oposición entre el ávido calcio, que se transforma en cales hidratadas lisas y resbaladizas, y la arena reposada, configurada, dura y seca.

Acto seguido se muestra cómo pueden pegarse dos ladrillos con mortero y cómo eso se endurece rápidamente. Luego se explica que las casas recién construidas se secan mejor encendiendo fuego en su interior. Entonces desaparece el agua de la cal muerta. Pero esa no es la única causa del secado. Del fuego se desprende nuevamente gas carbónico, y ese gas, junto con la cal muerta genera carbonato cálcico. El agua desaparece.



El secado de una casa recién construida puede lograrse también simplemente cuando la casa es habitada por la gente. La gente exhala anhídrido carbónico y por eso se les llama “habitantes secadores”.[1] Lo que no es lo mejor para su salud. Ahí también se ve, en lo práctico, cómo en el proceso respiratorio existe de forma viva algo parecido a lo que sucede en el proceso ígneo en la

6.- Método de los “Trockenwohner”, descartado en Europa Central hace ya mucho tiempo. (Nota de D. Rohde)

naturaleza. De ese modo hemos mostrado, en su aplicación práctica, las mismas cosas que antes se mostraron en el experimento de laboratorio.

Y ahora se conduce la clase al punto de partida. Lo mejor es hacerlo al día siguiente. Entonces se puede comenzar con la siguiente presentación: Al final hemos conseguido el carbonato cálcico que mantiene unidas las piedras de las casas. Ahí está mezclado con el silicio. Pero antes ya teníamos carbonato cálcico cuando el calcio estaba todavía en la cantera... ¿Por qué hemos hecho todo lo que hicimos si al final volvemos a tener lo mismo? Primero teníamos ahí el carbonato cálcico, y al final volvemos a tenerlo en las casas. Pero al dividir el carbonato cálcico y volverlo a reunir de nuevo hemos hecho que las casas se mantengan firmes. El hombre, pues, ha intervenido con el fuego extrayendo del carbonato cálcico de la naturaleza los polos opuestos que contenía. Pero en ese caso no solamente vuelve a reconstruirse el calcio, sino que, por la fuerza de su reunificación, mantenemos también nuestras casas cohesionadas. El hombre, pues, ha dividido lo que en la cantera representa la cohesión natural entre las calizas. Y ahora se mantienen consolidadas por toda la Tierra las casas que él ha construido de ese modo.

Es como si la cantera que se halla desperdigada por el mundo entero volviera a contraerse y le diera consistencia a las casas de los humanos. Puede generar una cierta impresión cuando el alumno siente cómo, en el proceso técnico, el ser humano separa fuerzas de la naturaleza que tienden a unirse y utiliza su rápida tendencia a volverse a unir para realizar todo tipo de aplicaciones técnicas. El embalse de un lago ofrece fuerza hidráulica cuando se da salida a parte del agua. Y lo mismo sucede en el ámbito de la química.

Por otra parte, lo dicho sobre el calcio ha sido edificado siguiendo los efectos de la vida. Los alumnos han aprendido que le deben al calcio el esqueleto que llevan consigo, cómo el calcio se relaciona con los procesos animales y que tiene su hogar en el reino animal. El calcio aparece como un proceso en la naturaleza entera y vinculado con el ser humano.

Y ahora puede ampliarse el concepto de formación salina. Hablamos entonces de la *sal del mar*. La sal está inseparablemente unida con el mar. Explicamos cómo se deposita desde el mar ya sea por evaporación o por congelación. Hacemos que se experimente cómo esa precipitación a partir de lo líquido se realiza lentamente, y muestra también la técnica para obtener esa sal. Luego hablamos de yacimientos de sal en las montañas, e informamos de cómo se obtiene la sal en las minas y en las salinas. Y hacemos que se sienta claramente la diferencia con el calcio. Esa sal, nuestra sal de cocina mineral, tiene que ver mucho menos con un proceso de vida. Y la sal puramente mineral es también el único alimento mineral que el ser humano necesita. Las otras sustancias minerales ya están contenidas en la alimentación, sólo la sal ha de estar presente *como tal* en lo que comemos. El hombre moriría si no ingiriera sal alguna. Pues la sal mantiene, conserva, frena los procesos de descomposición. En ello se basa la salmuera y la salazón. El aire del mar ejerce el mismo efecto. Hace que el ser humano esté más despierto. Por otra parte, un contenido muy alto de sal marina mata todo lo vivo (piénsese en el Mar Muerto).

Ahora bien, ¿se puede tratar la sal de la misma manera que el calcio? En el calor de la fragua o del fogón se funde, y hasta se evapora. Y se expulsa un gas. Eso se consigue si en lugar de utilizar la alta temperatura se usa ácido sulfúrico concentrado y se lo derrama sobre la sal gema o sobre la sal de

cocina. Obtenemos entonces un vapor blanco de olor muy penetrante, el gas del ácido clorhídrico, del cual conseguimos el ácido clorhídrico al introducirlo en el agua. En este caso es más difícil conseguir una base y un ácido de la sal mineral mediante un proceso de calentamiento. Es mucho más difícil que con la combustión del calcio. Se puede lograr más fácilmente mediante la electricidad. Eso ya lo oirán más adelante los niños.

Luego mostramos sosa cáustica y ácido clorhídrico. En ellos se puede vivenciar mejor la polaridad entre ácido y base. Uno vuelve a detallar:

Ácido:	*Base:*
agudo	áspero
Coloración roja	*Coloración azul*
despierta	embota la sensación en la lengua
gaseoso	sólido

Y ahora volvemos a aplicar el conjunto al ser humano. Y decimos: Cada vez que levantáis el brazo, surge ácido en vuestros músculos, y aún más al caminar y al correr. Por tanto en todo trabajo se produce ácido en el cuerpo humano. Pero también podemos estar sentados tranquilamente en una habitación, reflexionando sobre algo. Entonces no se produce ningún ácido, sino más bien sustancias más básicas-alcalinas en el cerebro. Por tanto: Cuando os movéis los músculos se vuelven ácidos, y cuando movéis pensamientos en la cabeza, pero estáis sentados tranquilamente, la cabeza se vuelve alcalina, y entonces se genera una base. De ese modo, el ácido y el álcali también tienen que ver con vosotros mismos. (Ese ejemplo se lo debo a Rudolf Steiner en que él mismo lo expuso a los alumnos de manera muy ilustrativa en ocasión de una visita a una clase de la Escuela Waldorf).

Y ahora mostramos la misma polaridad en el *reino vegetal*. En las raíces de las plantas encontramos un predominio de las bases, de lo alcalino, mientras que en los tallos, en las hojas y hasta en los frutos hallamos los ácidos vegetales. Así por ejemplo, el trébol[2] tiene un sabor ácido, pero las raíces tienen un sabor más salino o alcalino, abajo predominan las bases. Eso es fácil de entender, pues el ácido pertenece en realidad al aire, en cambio la base más a la Tierra sólida. En este grado escolar aún no vamos a hablar sobre las excepciones a esta regla. Su tratamiento será precisamente de gran importancia para un estudio posterior.

Esta sección se puede resumir de la manera siguiente en el dictado:

"También de la sal se pueden presentar polos opuestos. El gas del ácido clorhídrico tiene un olor penetrante, un sabor picante y ácido. Despierta. El papel tornasol se vuelve rojo. Es una sustancia activa. En cambio, la sosa cáustica es insípida, embota la lengua. Y en el papel tornasol surge un color azul. La mayoría de los álcalis como la sosa cáustica son sólidos. Poseen gravedad en su interior. En las raíces de las plantas lo que hay es más álcali. Mientras que en las hojas se encuentra el ácido. La mayoría saben ácido, por ejemplo el trébol[7]. El ácido es afín al aire. La base tiende a descender a la Tierra. En nosotros, la situación vuelve a ser a la inversa. Cuando nuestras piernas están activas surge ácido, pero en la cabeza surge algo alcalino, base,

7.- Se supone que se refiere a la acedera (oxalis). (Nota de D. Rohde)

cuando reposadamente pensamos. Allí hay también mucho calcio. Por tanto ácidos y bases son dos grandes polos opuestos que actúan por toda la naturaleza."

En una clase posterior se puede hacer uso de esa oposición para pintarla como imagen. La oposición de los colores ya es largamente conocida para los niños. Ahora han de pintar el "combate" entre el ácido y la base. Para ese propósito, en las clases anteriores se ha estado presentando el siguiente experimento: En un mismo recipiente se vierten sosa cáustica y ácido clorhídrico. Se produce una violenta reacción. El líquido hierve, silba y salpica, mucho más que en el hidratado de la cal. Eso ya lo vieron los alumnos, y ahora han de expresar ese "combate" entre ácido y base en el color. Surgen notables imágenes cuando dejan que el rojo interactúe con el azul. Todos los temperamentos se ven reflejados en esa oportunidad. Así se hace posible que desde el aspecto artístico se experimente una polaridad fundamental de la química. Se ha sembrado el germen en el niño de un elemento científico-artístico. (Pedagógicamente, desde el punto de vista aquí representado, se consideraría absurdo hablar de los conceptos de ácido y base mencionando el hidrógeno e hidróxilo como desgraciadamente suele hacerse hoy en los libros de texto). De ese modo hemos mostrado el proceso que tiene que ver con ácido y base en el cosmos y en el ser humano.

Con ello hemos conducido al niño a otro ámbito de la química. Primero era la combustión. Luego ha conocido también la formación salina. Esos polos opuestos podemos volver a presentarlos en clase a modo de resumen, antes de seguir adelante.

3. Algunas indicaciones sobre el agua y los metales

El agua

En los años anteriores, a lo largo de la enseñanza en general se habló ya mucho sobre el agua y sus propiedades. Ahora podemos tratar el tema de una manera resumida y desde un nuevo enfoque. Así pues empezamos con una vívida exposición del efecto del agua en la Tierra.

Por el calor del Sol el agua se volatiliza, se evapora desde el mar. En cambio, en invierno se congela y con ello se acerca más a la Tierra. Pero desde ambos estados, desde el cielo y desde la Tierra, regresa una y otra vez a su estado líquido. Es lo que sucede en la lluvia y en las fuentes. Por otro lado el mar nunca se hiela hasta el fondo. Y eso se debe a que el hielo flota sobre el agua. En la profundidad el agua es más cálida. Allí tiene una temperatura de 4º C, y esa agua es también la más pesada. Así pues el agua en el océano nunca se solidifica. Los glaciares se deslizan hacia el valle porque en su base hay agua. El agua tampoco quiere permanecer en el aire. Vuelve a caer sobre la Tierra en la lluvia. "Del cielo procede, hacia el cielo remonta, y otra vez ha de caer a la Tierra, en eterna alternancia", dice Goethe. ¿Por qué no se congela el agua del mar hasta el fondo? Podríamos preguntarnos. Porque el agua fundamentalmente quiere permanecer líquida. Sólo se endurece arriba y no abajo. Y aunque el hielo se solidifique desde el agua, recibe con ello un impulso ascensional y se vuelve más ligero, mientras que el resto de cuerpos sólidos se hunden al solidificarse. El agua sigue fluyendo aunque esté en forma de hielo, como podemos ver en los glaciares. De modo que, en realidad, el

hielo no es del todo sólido y se comporta como si fuera una piedra líquida. Es conocido que el hielo se funde con la presión. A decir verdad, uno no se desplaza sobre el hielo cuando se desliza con los esquíes, sino sobre el agua que surge del hielo por la presión del cuerpo. Estas explicaciones pueden resumirse en un dictado en el que se expone lo siguiente:

"El agua tiende siempre a permanecer líquida. Por eso su hogar es el mar, que es la sangre de la Tierra. Siempre quiere regresar a su patria, al estado líquido. El agua también vincula lo sólido con el aire. En el agua hay siempre aire disuelto, de lo contrario los peces no podrían vivir en ella. Por otra parte, en el agua de mar hay mucha sal. De toda agua siempre queda como resto algo salino, sólido. En el agua hay siempre algo que procede de la Tierra (lo salino) y algo que procede del aire. Por eso el agua vincula la tierra y el aire y hace de mediadora entre ambos."

¿Tiene el agua otras funciones mediadoras? Uno recibirá de los niños ciertas respuestas que proceden de lo que aprendieron antes. El agua hace de mediadora entre partes del mundo y de la Tierra y también entre los pueblos. ¿No existe también en el ser humano un agua que todo lo vincula? Efectivamente, es la sangre. Fluye por todo el cuerpo y por todas parte crea interrelación. Los ríos de la Tierra vinculan las ciudades por las vías del agua. Lo mismo hacen las venas de la sangre con todos los rincones del cuerpo humano. Todo es unido por el agua.

Ahora los niños se han hecho una imagen de cómo es la naturaleza del agua. Y entonces ya podemos entrar más en su aspecto químico. Recordamos que el anhídrido carbónico no ponía rojo el papel tornasol al secarse. La cal viva seca tampoco daba color azul. Sólo cuando una gota de agua caía sobre ella, aparecían la coloración roja y azul. Es decir, el ácido y la base surgen sólo cuando se añade agua. Tampoco podríamos saborear lo ácido y lo alcalino si tuviéramos la boca totalmente seca. La humedad es lo que permite la aparición del sabor. Se puede mostrar ese hecho todavía con otro ejemplo. Tomamos jugo de limón cristalizado y explicamos que esa sustancia puede sacarse del limón. Por otro lado mostramos la soda común, y sin profundizar más en esa etapa, se puede demostrar que el polvo de soda, al ser humedecido por el agua, da un color azul en el papel tornasol, es decir, es un álcali. El ácido cítrico sólido cuando se disuelve en agua genera color rojo en el papel tornasol, y por tanto muestra que es un ácido. Mezclamos entonces ambos polvos, el ácido cítrico sólido y el polvo de soda. Y no sucede absolutamente nada. Vertemos agua encima de la mezcla y de repente empieza a producirse una intensa espuma. La reacción es tan intensa como cuando juntamos algo alcalino y ácido clorhídrico. Es lo que suele llamarse polvos efervescentes. De ahí vemos que el ácido y la base sólo reaccionan mutuamente cuando agregamos agua. Sólo el agua los vincula.

Al día siguiente, se pueden repetir todos los ejemplos en los que el agua desempeña ese papel mediador, como por ejemplo en la hidratación de la cal, la unión entre ácido y base, separación de aire y de sales, efecto vinculador entre los pueblos, etc. Podemos recordar la indicación de que los colores sólo aparecen en el agua. Los niños ya han oído hablar mucho del arco iris y lo han visto a menudo. ¿Dónde surge? Cuando la luz y la oscuridad entran en contacto. El Sol y la oscura cortina de lluvia. Pero las gotas de lluvia, las gotas de agua han de estar presentes. Ahí también el agua es la mediadora, en ese caso entre luz y oscuridad. Los griegos y los romanos hablaban de Hermes o

Mercurio, el mensajero de los dioses que trae las cosas del cielo a la tierra y las vuelve a llevar al cielo. El agua es como ese “Mercurio”. En la gota de rocío también se hace visible cuando brilla con todos los colores. Las gotas de rocío son verdaderos mensajeros que descienden del cielo a la Tierra.

Al resumirlo todo nuevamente en un dictado se puede encontrar tal vez una bella conclusión agregando al final el poema de Goethe “Canto de los espíritus sobre las aguas”. Cada palabra de ese poema puede haberse preparado antes en la clase, de manera que no haga falta volver a comentar el poema. No es más que un colofón que lo resume y lo expresa todo. De modo que lo que al principio era conocimiento permite que surja algo que el niño pueda preservar en su corazón. Más tarde, uno puede volver a vincularse con ello. No hace falta que en esta etapa se le hable al niño de hidrógeno y oxígeno, es mejor que al principio haya conocido el agua como algo unitario. Más adelante entenderá mucho mejor que en el agua misma existen polos opuestos, que incluso en él mismo se hallan unidos los polos contrapuestos. Y luego la capacidad del agua de unirlo todo aparece en una luz aún superior cuando entendemos que ella reúne en sí misma los polos más extremadamente opuestos.

Los metales

Si así hemos aproximado a los niños algunos aspectos del agua de una forma sencilla, podemos ahora ofrecer una pequeña visión global sobre los metales. Mostramos una serie de metales. El niño ha de verlos muy bien y familiarizarse con sus propiedades. Lo mejor es tomar sólo los metales relativamente accesibles y que tienen mayor importancia. En este contexto no hablaremos, por ejemplo, del sodio ni del potasio, que en realidad son pseudometales. Lo mejor es escoger los siete metales siguientes: oro, plata, plomo, estaño, hierro, cobre y mercurio. En lo que sigue iremos viendo porqué hemos preferido escoger esos siete metales. Cuanto más mostremos esos metales mismos, y sobre todo objetos fabricados con ellos, tanto más se familiarizará el niño con ellos. Ahora bien, ¿por qué llamamos con el mismo nombre de “metales” a todas esas sustancias, que no dejan de ser tan distintas? Brillan, tienen una especie de luz que irradia desde su interior. No son transparentes. Desde la oscuridad del metal brilla luz propia. Los metales se ven muy distintos a las demás rocas. ¿Dónde se los encuentra? En el interior de la Tierra. Entonces hablamos de los mineros. Se puede describir lo que experimenta un minero después de haber trabajado largo tiempo en las rocas y de repente encuentra una veta metálica, plata, oro o cualquier mena metalífera. Es como si brillara una estrella desde la tierra oscura. Efectivamente, los metales son como estrellas celestes que brillan en el interior de la Tierra. Luego intentamos evocar una imagen de cómo ese fragmento de plata no es más que una minúscula parte de la plata que se extiende por toda la Tierra. Ello forma en la Tierra una especie de cuerpo de plata. Imaginaos -se le puede decir a los niños- que pudierais ver todo el cuerpo de plata de la Tierra. Veríais cómo refulgen por todas partes delicados hilos que atraviesan la Tierra. Lo mismo sucede con el oro y los demás metales. Por doquier resplandecen esas estrellas en el interior de la Tierra. Es todo un cielo estrellado, y son esas estrellas lo que buscan los mineros. Es algo enorme lo que hacen los seres humanos cuando extraen el brillante metal de las tinieblas de la Tierra. Por eso se siente que esos metales son algo que tiene mucho valor.

Mostramos entonces el oro. Los niños pronto notarán que el oro brilla como el Sol. Explicamos entonces cómo han surgido los metales. Han descendido del cielo; pues en épocas muy antiguas la Tierra no era tan sólida, y entonces los metales se hallaban disueltos en el vapor de la atmósfera. No se habían precipitado sobre la Tierra. Antes de endurecerse todavía eran totalmente fluidos y antes aún eran más sutiles: se hallaban disueltos en una especie de tierra aérea y ellos mismos estaban en estado gaseoso. Luego fluyeron en las venas metalíferas; y posteriormente todo se endureció, y los metales quedaron enterrados en el seno oscuro de la Tierra. El resto de las piedras y rocas ya se había petrificado antes y envuelve en su interior las venas metalíferas. Así que los metales proceden del cielo, son hijos del cielo y se hallan envueltos por la Tierra que los abraza como una madre. Por eso, a las rocas de las que se extrae el metal se las llama también matrices o rocas madres. Los metales en realidad no proceden de la Tierra, sino que fueron irradiados desde el cosmos, por eso no es de extrañar que tengan luz propia como los astros. Es fácil descubrir que el oro brilla como el Sol y la plata como la luna. Y se le puede decir a los alumnos que lo mismo sucede con los otros metales, aunque ahí ya es más difícil de percibirlo.[3]

Ahora podemos ir abordando cada uno de los metales, por ejemplo, el *oro*. Lo encontramos en las vetas de las minas, pero también en los ríos. El oro pasa casi directamente de una veta a otra. Afluye saliendo de la noche de la Tierra hacia la luz del día. El valor del oro se vincula con el hecho de que en todo el mundo se sentía su relación con el Sol. Para los indios el oro se utilizaba en el culto solar de los peruanos y mexicanos. Pero cuando los españoles se llevaron ese oro, se produjeron muchos males por el uso del oro. Eso lo saben los niños por la clase de historia. Pueden sentir cómo puede utilizarse de diversas maneras. Puede tener un efecto positivo si existe inegoísmo en el ser humano, y tenerlo negativo cuando se usa con fines egoístas. Se puede recordar cómo el oro obraba positivamente cuando lo poseía la orden de los Templarios, y cómo obró negativamente cuando fue usado con propósitos egoístas. Eso hace que se haga presente para los niños el aspecto moral de un fenómeno natural como ese. Se habla de cómo, durante largo tiempo, se medía el valor de todos los objetos siguiendo el patrón del oro. También en la luz del Sol todo en la naturaleza muestra su valor. El parentesco con el Sol es el sentido más profundo del valor del oro. Cuando hemos hablado así durante un tiempo podemos abordar ya más las propiedades materiales del oro. El oro es un metal noble. No se deja quemar. Eso se le muestra a los niños. Resiste al fuego que devora todo lo demás. En el fuego es tan inalterable como lo sería una piedra o la cal viva.[4] Pero el color es parecido al de una sustancia combustible, como por ejemplo el azufre. Así pues, aunque no sea un cuerpo de tipo ceniza, no sea una piedra, aun así es resistente. Tiene la apariencia del azufre, pero es indestructible. Por eso se halla precisamente a medio camino entre el azufre combustible y la sal incombustible. Y así es el metal más noble. Se puede hacer que los niños sientan lo que significa que una sustancia no está protegida frente a la combustión porque sea tan fría y muerta como la

---

8.- Kolisko se refiere aquí a múltiples declaraciones de Rudolf Steiner (Nota de D.Rohde)

9.- Exagerado, el oro se funde ya con 1064 ºC. (Nota de D.Rohde)

piedra y la ceniza, sino porque no arde desde el interior. El oro tiene ya un fuego en sí mismo, pero no deja que salga. Es un fuego dominado. Produce una gran impresión cuando uno ve cómo el oro se halla prácticamente en el centro de los procesos químicos, entre el mundo apasionado del fuego y el reposado mundo de lo sólido. Si uno mira algo a través de una delgada lámina de oro lo veremos verde. El color es opuesto al del oro rojo habitual. Algo parecido sucede en la sangre habitualmente roja, pero que aparece verde cuando la luz brilla a través de ella. Podemos seguir explicando que el oro puede utilizarse como medicamento para el corazón enfermo. El oro se relaciona con el corazón. Con esas consideraciones se crea un sentimiento vivo del significado que se atribuye al oro. Algunas cosas ya se conocen de antes, de las clases de historia y de religión, y también se entiende el significado económico que tiene el oro.

Luego tomamos otros dos metales que, por su naturaleza sean opuestos, por ejemplo, el *plomo* y la *plata*. Mostramos objetos que estén hechos de esos metales. El plomo tiene una apariencia muy poco vistosa, gris y carente de brillo. Lo más llamativo es su peso. Se le nota una enorme pertenencia a la Tierra. En las minas por todas partes acompaña a la caliza y aparece en las profundidades. En el aire y en el agua se cubre con una capa de blanco grisáceo. No es un metal noble. Arde con facilidad en el aire y se convierte en ceniza.[5] El lenguaje tiene algunas expresiones que describen bien la naturaleza del plomo, por ejemplo: “tengo plomo en las extremidades”, “pesado como el plomo”. El plomo se utiliza especialmente en las letras de las imprentas y con su ayuda se imprimen todos los libros. El plomo es venenoso y ejerce un efecto extraño sobre el ser humano.

Los huesos y las venas se endurecen bajo el efecto del plomo. Es como si el ser humano se volviera como un viejo por el efecto del plomo. Entre todos los metales, el plomo es el que está más cerca de la tumba. Es el que más se ha sumergido en la oscura tumba de la Tierra al descender del cosmos. También tiene una apariencia triste y lúgubre. Es tan pesado y aun así no tiene demasiado valor, pues no es noble. Arde fácilmente en el aire y se convierte en ceniza.[10]

Luego hablamos de la plata. La plata posee una luz clara y refleja intensamente las cosas. Los espejos que hoy fabricamos están hechos de plata. Ese metal proporciona los más bellos espejos, más bellos que los antiguos espejos de mercurio. Mientras que el plomo es muy oscuro y gris negruzco, la plata es muy clara y reflectante, y más blanquecina. Ese es especialmente el caso cuando se ha extraído hace poco. Cuando fundimos las vetas de plata, la plata se acumula en el fondo del crisol y ofrece un brillo claro, la llamada “mirada de plata”. Eso puede hacerse delante de ellos. Uno siente cómo la plata está unida a las fuerzas de la luz. Emerge hacia la superficie desde las profundidades de la Tierra. Es un metal muy noble. La luz de la plata recuerda a la de la Luna. También la Luna es un espejo. Refleja la luz del Sol. La plata actúa en el ser humano justo al revés que el plomo. Se relaciona con fenómenos de fiebre y actúa intensamente en las inflamaciones y estados febriles. No endurece al ser humano, no lo envejece. Esa plata es todavía muy joven. Brilla como si recién hubiera nacido desde el cosmos. Tan distintos son la plata y el plomo.

10.- Exagerado, sobre todo se funde y evapora con facilidad. (Nota de D. Rohde)

De modo parecido mostramos después otros dos metales opuestos, por ejemplo, *mercurio* y *estaño.* El estaño es quebradizo. Cuando uno dobla una barra de estaño se oye como si algo friccionara y crujiese. A ese sonido se le llama “grito del estaño”. El estaño no es tan poco vistoso como el plomo y tampoco tan pesado. Es bastante noble. Los objetos de estaño son muy duraderos. Sólo ante un frío intenso los objetos de estaño pueden convertirse en polvo, desmigajarse y desmenuzarse.

La cosa es totalmente distinta en el *mercurio*. En primer lugar es líquido. Un metal líquido así se parece mucho al agua y, sin embargo, es a su vez muy distinto. Si el estaño era áspero y difícil, si raspaba y crujía, el mercurio genera con enorme facilidad gotas redondas que vuelven a cohesionarse entre sí cuando se tocan y vuelven a separarse con igual facilidad. Todo en el mercurio es redondo y móvil. El estaño es dentado y anguloso, el mercurio se desplaza como una oleada redonda.

A los niños les encanta la fluidez del mercurio. En realidad es una prodigiosa sustancia. Uno no se cansa de verlo. Entonces explicamos que antaño todos los metales habían sido igual de fluidos que el mercurio. Eso sucedía cuando la Tierra entera todavía era líquida. Pero el mercurio -decimos- ha permanecido así hasta hoy. Por eso nos sorprende tanto cuando lo vemos y notamos que un metal puede ser tan líquido como el agua. ¿Pero es tan parecido en todo al agua? Y entonces mostramos que, en sus propiedades, el agua se comporta curiosamente al revés que el mercurio. Llenamos con ellos unos tubos. El agua tiene una superficie cóncava, el mercurio la tiene convexa. El agua lo moja todo, el mercurio recoge todas sus gotas en su gota mayor y lo deja todo seco. El agua es ligera, el mercurio es llamativamente pesado. A los niños les conmueve enormemente comprobar lo mucho que pesa el mercurio si uno pesa dos volúmenes iguales de agua y mercurio. Pero aún es más sorprendente cuando uno toma el mercurio en la mano y comprueba que se le escapa constantemente. El mercurio y el agua son casi los únicos líquidos naturales que hay en la Tierra.

El mercurio es un líquido de épocas anteriores. Al revés que nuestra agua. El mercurio o “agua de épocas anteriores” se conserva en el interior de la Tierra en forma de finas gotas. También se lo puede extraer en las vetas metalíferas. A esas gotas se les llama mercurio virgen. También puede mencionarse cómo el mercurio es capaz de disolver el oro y la plata; y casi todos los otros metales, excepto el hierro. Y aún más: cuando uno calienta la disolución, la llamada amalgama, el mercurio se evapora, se convierte en aire, y después se precipita en el entorno, mientras sólo quedan el oro y la plata. Ahí el mercurio vuelve a parecerse al agua. En el agua se disuelven las sales, en el mercurio se disuelve la mayoría de los metales. Con ello regresan al estado líquido. También el mercurio es móvil como el agua y hace de mediador de los grandes polos opuestos. Los químicos de la Edad Media, los alquimistas, llamaban al mercurio “servidor fugitivo” (servus fugitivus). Pues después de haber disuelto oro o plata en él, se puede volver a evaporar el mercurio, de modo parecido a como en el agua se puede disolver todo y volverlo a recuperar por condensación del vapor. De ese modo el mercurio y el agua son también servidores que uno puede llamar y volver a despedir. A esas propiedades que al mismo tiempo se relacionan estrechamente con la formación de gotas, antaño se las llamaba propiedades *mercuriales*.

Igualmente podemos hablar ahora del *cobre* y del *hierro*. Se muestra el color rojizo del cobre y su naturaleza suave y elástica. Uno puede alargar un hilo de cobre y hacerlo fínísimo. Junto con el estaño genera el bronce. Con ello se hace más duro y configurable para los más diversos objetos. Las campanas tienen un bello sonido. Antes de que los seres humanos se sirvieran del hierro, tenían armas de cobre o de bronce. El cobre en el fuego se vuelve negro. Expuesto al aire, al cabo de un tiempo se vuelve verde (pátina). Con ácidos se vuelve azul. Por tanto, puede adoptar los más diversos colores. De manera que en el cobre hay algo suave, blando y policromo. Su belleza, ductilidad y flexibilidad son notables.

Totalmente distinto es el *hierro*. Es gris, a menudo negruzco, pero tiene brillo metálico. Expuesto al aire, y especialmente en presencia de agua, se oxida. Los colores de las menas que contienen hierro y sales tienden hacia el rojo.[6] También está en la flor y no podríamos respirar sin el hierro. De hierro se hacen las armas, los ferrocarriles y todo el mundo de las máquinas que utilizamos. Obtenemos el hierro sólo por un poderoso proceso de fuego de los altos hornos. Y de ahí producimos el acero. Tiene algo duro, potente y hasta belicoso. Impregna toda la Tierra, siendo el metal que más abunda en ella. En muchos aspectos el cobre es opuesto. El cobre es rojo, en la llama se vuelve negro. El hierro es negruzco y en el aire se vuelve rojo. Las menas de hierro tienden hacia el color rojo, las de cobre hacia el verde azulado. Por tanto hay una gran diferencia entre el hierro y el cobre.

En esta etapa, pues, podemos hacer que surja un imagen muy sencilla de los planetas. Más adelante podremos elaborar y profundizar el tema desde esos comienzos.

La comparación entre el agua y el mercurio nos dejó claro cuál es la relación entre el metal y el agua. El agua es la esfera superior de lo líquido en la Tierra. El agua se relaciona siempre con la atmósfera y de ese modo con el universo entero. De ellas surge también todo lo vivo, y ella actúa en todos los seres vivientes. En cambio, el mercurio, ese metal que se ha mantenido en el pretérito estado líquido de la Tierra, podría considerarse el representante de un extinto estado acuoso-metálico del cosmos. De esa manera los niños pueden sentir que existen dos esferas líquidas, una superior y otra inferior. Los metales que extraemos de las venas metalíferas de la Tierra se corresponden con la esfera inferior. También causa impresión destilar mercurio frente a los niños. Ven cómo el metal desaparece y como en el proceso de enfriado vuelva a precipitarse como una especie de lluvia. Pero el metal necesita muchísimo calor para evaporarse y volver a surgir de nuevo. El agua se traspasa fácilmente a la atmósfera y regresa con la lluvia. Para que el mercurio haga ese mismo proceso hace falta el poder del fuego.

En conjunto, estas exposiciones transmitieron una visión de procesos que se hallan a medio camino entre las combustiones y las formaciones salinas. Tanto en el agua como en los metales lo esencial son la formación de gotas, las fuerzas de fluidez, la tendencia a la evaporación y a la nueva condensación. El agua y los metales pueden considerarse los representantes de los procesos intermedios o de circulación de la Tierra. Después de que de ese modo se haya expuesto, en las tres etapas, un pequeño fragmento de lo que es la química, podemos volver a resumirlo todo. Se vuelven a exponer los siguientes tres

---

11.- Pero los compuestos de Fe (II) tienden al verdoso. (Nota de D. Rohde)

procesos: 1.- Una combustión (por ejemplo del azufre). 2.- La cristalización de una solución de sal. 3.- la destilación de agua o mercurio (oposición y mediación). Con ello se muestra la enorme oposición de la combustión que se adueña de todo el poder de la voluntad, y de la reposada y fría cristalización, donde se generan formas cristalinas que uno puede observar tranquilamente. Finalmente, el agua que siempre se mueve y vuelve a reposar, y el curioso mercurio. Ellos oscilan entre lo aéreo y lo líquido. Con ello hemos plantado en los niños el germen de los conceptos químicos fundamentales que se relacionan tanto con la naturaleza exterior como con el organismo humano. Una enseñanza de ese tipo puede crear los fundamentos para los años siguientes. Naturalmente que esa tarea se puede hacer de muy variadas maneras, y estas consideraciones tendrían que servir solamente de ejemplo que cada uno puede configurar según sus propias necesidades.

RUDOLF STEINER
Fragmento de la decimosexta conferencia del ciclo incluido en el Nº de la Obra Completa GA 350

DECIMOSEXTA CONFERENCIA

Dornach, 22 de septiembre de 1923

Muy bien caballeros[1], ¿hay algo para hoy?

Pregunta: Con respecto a la alimentación, quisiera preguntar si en la alimentación con papas o patatas existen condiciones distintas a las que se dan entre los europeos.

Dr- Steiner: Hoy vamos a hablar otra vez sobre el tema global de la alimentación, de la relación que existe entre la alimentación y el mundo espiritual. Ya saben que las patatas fueron introducidas recién en la época moderna. Ya les comenté que en la antigua Europa no existía la alimentación con patatas, sino que antaño los pueblos se alimentaban de una manera muy distinta, y lo hacían esencialmente de otros productos. Es evidente que hoy en día en realidad no podemos resolver este tema sin examinar la relación del mundo espiritual con la alimentación.

Recordarán -ya mencioné una vez estas cosas- que el ser humano en realidad vive de muchos productos: de la proteína que ingiere con todos sus alimentos, y que se halla, digamos, en una forma característica, especialmente significativa, en el huevo de gallina, aunque también está presente en todos los alimentos. Así pues, lo primero es la proteína. Y por el otro lado el ser humano ingiere también grasas (lípidos), no sólo al comer directamente grasa animal, sino que ésta está también presente en todo. Ya saben que también hay otros productos que son transformados en alimentos que contienen grasa, como por ejemplo la leche que se transforma en queso, etc. El tercer alimento lo constituyen los productos que llamamos hidratos de carbono, y eso es todo lo que ingerimos del reino vegetal, pero que se hallan especialmente presentes en alimentos como el trigo, cebada, lentejas, alubias (porotos), pero también en las patatas, y sobre todo predominantemente en las patatas. Y el último elemento que el ser humano necesita para vivir y que normalmente se considera como aditamento, pero que es especialmente necesario para la vida, son las sales. Ahora bien, en principio ingerimos nuestras sales en forma de sal de cocina, pero los alimentos también contienen sales. De modo que podemos decir que, para que el ser humano pueda vivir, la alimentación humana ha de consistir en proteína, grasas, hidratos de carbono y sales.

Quisiera ahora describirles qué significado tienen realmente para el ser humano estos diversos alimentos, que recibimos de diversas formas por el hecho de disfrutar de una alimentación mixta. Tomemos en primer lugar *las sales*.

[1].- Trabajadores en la construcción del Goetheanum en Dornach, Suiza. (Nota de D.Rohde)

Las sales, aunque las tomemos en pequeñas cantidades, son un alimento extraordinariamente importante para el ser humano, no son sólo un estimulante. No salamos nuestros alimentos únicamente para tener un sabor más agradable, sino que ponemos sal en nuestras comidas para que, a fin de cuentas, podamos pensar. Como alimento, las sales en realidad han de llegar al cerebro para que podamos pensar. Así que las sales se relacionan sobre todo con lo que es nuestro pensar. Si, por ejemplo, alguien está tan enfermo -pues eso ya es una enfermedad- que todo lo que sea sal en la alimentación lo deposita en el estómago o el intestino y no lo envía al cerebro con la sangre, entonces se vuelve deficiente mental, tonto. Es a eso a lo que hay que prestar atención.

Hay que tener bien claro que el espíritu existe, pero para que el espíritu pueda obrar, ha de hacerlo sobre la tierra, en las sustancias. Y por eso, cuando uno se dedica a la ciencia espiritual ha de conocer la acción del espíritu en la materia. De lo contrario sería como si alguien dijera: el hacer máquinas es algo material; pero nosotros somos gente espiritual, no queremos nada material, por tanto no queremos comprar hierro o acero, sino que queremos crear máquinas desde el espíritu. Eso, naturalmente, es absurdo. Primero hay que disponer de la materia para hacerlo. Por eso el espíritu creador en la naturaleza necesita la materia por todas partes. Y si se le impide utilizar la sustancia, entonces, en lugar de que se abra paso hacia el cerebro a través de la sangre, se deposita como sal en el estómago y en los intestinos, entonces uno se vuelve tonto.

Sin embargo, la cosa no es tan fácil. El ser humano no puede utilizar la sal de manera tan directa a como se halla en la naturaleza. Si, por tanto, uno pudiera hacer un agujerito en el cerebro y echara unas gotitas de sal en él, no nos serviría de nada, porque la sal ha de pasar primero al estómago, pues si la sal llega al estómago y a los intestinos -pensemos que la sal ya empieza a disolverse en la boca-, se disuelve cada vez más, se va haciendo cada vez más sutil. Mediante lo que el ser humano hace con la sal, ésta llega hasta el cerebro en un estado espiritualizado. De modo que la cosa no funcionaría sencillamente si pudiéramos meter directamente la sal en el cerebro: pero quien no sea capaz de tener los efectos de la sal en el cerebro, se vuelve tonto.

Veamos ahora los *hidratos de carbono*. Es lo que ingerimos predominantemente en los guisantes, alubias, trigo, centeno o en las patatas. Los hidratos de carbono contribuyen sobre todo a que nosotros, como seres humanos, tengamos forma humana. Si no tomáramos hidratos de carbono tendríamos todo tipo de deformaciones en la figura humana. Así por ejemplo, por decir algo, la nariz o los oídos no se nos formarían adecuadamente. No tendríamos la forma humana que tenemos. Los hidratos de carbono contribuyen a que exteriormente podamos ser reconocidos como ser humano. Y si el ser humano estuviera organizado de tal modo que no llevara los hidratos de carbono al cerebro, si éstos se depositaran en los intestinos y en el estómago, entonces el hombre se desmoronaría, se vería cómo el ser humano se va deshaciendo progresivamente, cómo se derrumba en sí mismo, cómo se debilita y, de alguna manera, no puede sostener erguida su figura. Por tanto, los hidratos de carbono contribuyen a que, en definitiva, podamos tener la correcta figura humana.

Vemos pues, que por todas partes hemos de ingerir los alimentos adecuados. Las sales actúan principalmente ahí delante sobre el cerebro. Los hidratos de carbono lo hacen sobre el cerebro, un poco más atrás, sobre esas capas de ahí (se dibuja). Y el hecho es que si una persona pudiera digerir muy pocos hidratos de carbono, o no los pudiera llevar a estos estratos del cerebro, pronto mostraría que se va volviendo cada vez más afónico, que es incapaz de hablar limpia y claramente. Si ustedes escuchan a una persona que antes podía hablar perfectamente bien, pero que de repente adopta un lenguaje más ronco o afónico, podemos decir: hay algo en su digestión que no funciona. No puede digerir correctamente hidratos de carbono, no llegan al lugar apropiado del cerebro. De modo que podemos decir: las sales actúan sobre todo en el pensar. Los hidratos de carbono obran por ejemplo en el lenguaje y en todo lo relacionado con él. Por tanto es necesario que tengamos hidratos de carbono.

Veamos ahora las *grasas*. Queridos amigos, los hidratos de carbono actúan sobre nuestra forma, nuestra figura, pero pretenden convertirnos en una mera figura. No nos acolchan o rellenan. Hemos de adquirir un colchón, eso es lo que hacen las grasas. Las grasas hacen que allí donde los hidratos de carbono edifican la figura, dibujando el plano de la misma, digamos, en el aire, que allí penetre el material de la grasa. De modo que la grasa sirve para que tengamos material en nosotros de la manera adecuada. Ahora bien, en la grasa hay algo que se expresa de una manera muy especial.

Ya mencioné anteriormente que el ser humano posee un yo, un cuerpo astral, un cuerpo etéreo y un cuerpo físico. Naturalmente, la grasa se deposita en el cuerpo físico, pero lo más importante para que la grasa pueda depositarse y permanecer viva -pues hemos de tener grasa viva en nosotros- es el cuerpo etéreo. Ese cuerpo etéreo es lo más importante para el depositamiento de grasa. Pero el cuerpo astral a su vez es lo más importante para la sensación.

Y ahora pensemos que cuando uno está despierto, su cuerpo astral está dentro de él, y cuando está dormido el cuerpo astral se halla fuera. Cuando el ser humano está despierto y el cuerpo astral está trabajando dentro del cuerpo etéreo, entonces la grasa va siendo constantemente transformada y ésta lubrifica todo lo que hay en el cuerpo. Cuando el ser humano duerme, y el cuerpo astral está fuera, la grasa no es transformada, sino que se deposita. Cuando estamos despiertos, la grasa se utiliza constantemente para lubrificar el cuerpo, y cuando dormimos se deposita. Necesitamos las dos cosas: grasa depositada y grasa que lubrifica el cuerpo.

Ahora bien, cuando uno está constantemente durmiendo -antes eso era más frecuente, ahora[2] cada vez lo es menos; un reno, por ejemplo, no hace nada-, entonces la grasa se deposita también durante el día en el llamado estado de vigilia, pero que en realidad es un estar dormido: entonces tenemos el típico barrigón y por todas partes mucha grasa acumulada. Vemos, pues, que el depositamiento adecuado de grasa depende de si el hombre consume su grasa también de forma viva, pues ésta se va

[2].- En los años posteriores a la Primera Guerra Mundial había muchos problemas relacionados con el hambre. (Nota de D. Rohde)

creando constantemente. Cuando alguien come tanto como lo que consume, todo está bien. Pero si uno constantemente come y no desgasta nada entonces le sale barriga.

Lo que ahí les digo los campesinos lo saben muy bien, instintivamente, porque hacen uso de eso con los cerdos. Si generan grasa de cerdo hay que hacerlo de tal modo que esos animales no desgasten en el interior de su cuerpo todo lo que ingieren, sino que lo depositen. Y por eso la forma de vida de esos animales se organiza de la manera correspondiente.

También podría pasar que la persona no fuera capaz de depositar grasa adecuadamente, es decir, que esté enferma. En este sentido, los renos están sanos; ellos depositan la grasa. Puede suceder que uno no deposite los hidratos de carbono y el habla se vaya haciendo afónica. Pero también puede suceder que las grasas no se depositen correctamente y que simplemente se eliminen con los excrementos. Entonces tenemos muy poca grasa, apenas podemos lubrificar el cuerpo y lo mismo sucede cuando comemos muy poco en general y pasamos hambre. La grasa es el verdadero material que introducimos en el cuerpo. ¿Qué sucede entonces con una persona que no ha de pasar hambre o que por su tipo de digestión es incapaz de depositar grasas y las elimina con los excrementos? Una persona así, que carece de material en su cuerpo, se va haciendo cada vez más espiritual. Pero el ser humano no soporta hacerse espiritual de esta manera. El espíritu se quema. De modo que no sólo se va resecando cada vez más, sino que a su vez se generan gases en su interior, y eso lo impulsa a lo que suelen llamarse obsesiones e ilusiones parecidas, y surge el estado que suele estar presente cuando se tiene la locura del hambre. Eso siempre destruye, es siempre una destrucción del cuerpo. De manera que cuando el ser humano ingiere muy pocas grasas surge lo que podríamos llamar consunción, también podríamos llamarlo tuberculosis; uno languidece.

Y ahora veamos la *proteína*. La proteína ha de estar presente desde el primer momento. La proteína existe ya como huevo, antes de que surja el nuevo ser, el ser humano y también el animal. De modo que podemos decir: la proteína es lo que realmente construye y hace desarrollar al ser humano; es lo original que subyace en él. Desde la proteína ha de irse generando todo lo restante en el cuerpo. ¿Pero puede entenderse eso? Podríamos decir lo siguiente: la proteína ha de estar presente desde el principio para que pueda surgir el hombre. La madre genera la proteína en la matriz en forma de una pequeña aglutinación. El óvulo es fecundado y con esa fecundación esa proteína adquiere la capacidad de configurarse para convertirse en ser humano mediante las cosas que les describí. Pero el ser humano necesita constantemente proteína. Por eso en su alimentación tiene que haber siempre proteínas. Si ingiere insuficiente proteína o es incapaz de digerirla adecuadamente, entonces no sólo se irá consumiendo por falta de proteína -lo que lo va matando poco a poco-, sino que en el momento de su vida en que no tenga ninguna verdadera proteína acabará muriéndose. Igual como la proteína es necesaria al principio para el momento en que uno va cobrando forma, también es necesaria para que el hombre viva. De manera que podemos decir: Quien no pueda digerir en absoluto la proteína, acabará muriendo.

Y ahora volvamos a cada uno de los alimentos. Si contemplamos la sal nos veremos llevados predominantemente hacia la parte frontal de la cabeza. Allí se depositan las

sales. Un poco más atrás, se depositan los hidratos de carbono y ellos hacen que tengamos forma humana. Más atrás aún se depositan las grasas y desde allí rellenan nuestro cuerpo, pues las grasas no entran de una manera más o menos directa en el cuerpo, sino que van de la sangre a la cabeza, y recién allí son elaboradas y acondicionadas para el cuerpo. Todo pasa por la cabeza, también la proteína.

Ahora bien, hay una gran diferencia en lo que se refiere a los hidratos de carbono. Si observamos por ejemplo las lentejas, alubias, guisantes, centeno, trigo, etc., podemos decirnos: ahí sacamos los hidratos de carbono de los frutos. Pues lo que en el trigo tenemos de la tierra es el fruto; en las lentejas, también estamos ante el fruto. Y los frutos tienen la particularidad de que ya son transformados en el estómago y los intestinos, eso lo sabemos todos por los peculiares estados que se producen precisamente cuando comemos lentejas y alubias. Todo ello, el grano, el trigo, las lentejas y las alubias es trabajada en los intestinos. Por tanto, los frutos tienen sobre todo la particularidad de que ya son transformados regularmente en el intestino.

Pero en las patatas no estamos comiendo los frutos. Si comiéramos lo que constituyen los frutos en la planta de las patatas, estaríamos ingiriendo incluso un veneno, un veneno muy nocivo. La patata no hemos de comérnosla del mismo modo que las lentejas, alubias, guisantes, etc., o cereales como el centeno, trigo. Entonces ¿qué estamos comiendo con las patatas? Pues lo que hay abajo: el tubérculo. Y en todas las plantas raíces, etc., los tubérculos son lo que menos se metaboliza en los intestinos. Los frutos se transforman en los intestinos. En el caso de las patatas no se puede comer el fruto. Uno se come el tubérculo que no es realmente una raíz, sino un tallo hinchado. Así pues, uno se come la patata, llega al estómago y a los intestinos. Allí no puede ser metabolizada inmediatamente, sino que asciende por la sangre sin haber sido transformada. Y entonces, en lugar de llegar aquí a este estrato del cerebro, como llegarían el centeno o el trigo, para ser luego reenviados hacia el cuerpo, la patata ha de ser metabolizada aquí en el cerebro. De modo que cuando comemos pan de centeno o de trigo los digerimos adecuadamente en nuestro estómago e intestinos y ya no hemos de exigirle al cerebro que se encargue de su digestión, sino que él puede dedicarse directamente a repartirlos por el cuerpo. En cambio, cuando comemos patatas o pan de patatas, entonces se comprueba que la cabeza ha de empezar ocupándose en digerir las patatas.

Mas cuando la cabeza ha de realizar esa tarea de digestión de las patatas ya no puede pensar, pues para pensar ha de tener disponibles sus fuerzas; la parte inferior del cuerpo ha de quitarle las fuerzas de la digestión. De modo que cuando alguien come demasiadas patatas -lo que empezó a suceder desde el momento en que fue introducida la patata y cobró cada vez más importancia en Europa-, la cabeza se va desconectando del pensar propiamente dicho, con lo que el hombre pierde progresivamente la facultad de pensar con la parte central de la cabeza; y piensa cada vez más con la parte frontal. Pero esa parte frontal o anterior que depende de las sales, hace que nos vayamos convirtiendo paulatinamente en meras personas de intelecto materialista. El hecho es que el pensar en Europa empezó a retroceder desde el momento que se instaló el consumo de patatas.

Ahora bien, hay que tener claro que el ser humano no sólo está conformado por las fuerzas que hay en la Tierra. Ya he mencionado repetidamente que el ser humano es configurado a partir de todo el universo circundante, que el ser humano es una criatura del Sol, de la Luna y de los astros. Cuando el ser humano come patatas, sólo utiliza la parte central de la cabeza para digerirlas. Entonces se cierra al universo circundante y ya no lo reconoce. Y acaba diciendo: “todo eso que se dice del universo, y de que de él desciende el espíritu es pura palabrería”. Y por eso podemos decir: A decir verdad, el excesivo consumo de patatas también ha impulsado en gran parte el materialismo de la época moderna.

Es evidente que los que no tienen medios económicos se ven llevados a consumir patatas, porque durante un tiempo fueron muy baratas; y los que poseen más recursos pueden comprar más aquello que actúa sobre la parte frontal de la cabeza, y por tanto pueden sazonar y salar más sus comidas. Los condimentos obran sobre la parte anterior de la cabeza igual como lo hacen las sales. La consecuencia de ello es que se convierten en meros hombres de intelecto, y los otros dejan fácilmente que esos hombres de intelecto tengan hegemonía sobre ellos, porque ya no pueden usar su cabeza para pensar. Así pues, la patata tiene una especial relación con el espíritu. En realidad ha hecho materialista al espíritu.

Así pues, si examinamos esa constitución del ser humano habremos de decir: El cuerpo físico humano se origina primero a partir de la proteína. Esa proteína se relaciona con el nacimiento y la muerte del ser humano. El cuerpo etéreo tiene su principal campo de acción en las grasas. El cuerpo astral tiene su principal campo en los hidratos de carbono, y sólo el yo tiene su campo de actividad en las sales.

Frits H. Julius, "Stoffeswelt und Menschenbildung" *(El mundo de la materia y la constitución del ser humano)*, Parte I, 1978

La enseñanza en el 8º año escolar

Suele ocurrir que el programa de estudios indique temas casi iguales para el 8º y 9º año escolar. A primera vista eso puede resultar desconcertante; pero cuando uno se encuentra frente a la tarea concreta de dictar clases, pronto se da cuenta que los contenidos se estructuran y ordenan y que los criterios determinantes para el trabajo son tan dispares, que no necesita producirse la menor confusión.
En el currículum del 8º año se hace hincapié particularmente en los carbohidratos, las grasas y la proteína como alimento. En el 9º año se habla de los elementos de la química orgánica. Ésta representa un ámbito muy vasto, al cual también pertenecen los carbohidratos, las grasas e incluso la proteína. Durante el trabajo se notará que en el 8º año se pueden hacer muchas cosas y tratar muchos temas para los que simplemente no habrá tiempo suficiente en el 9º año. Si se elige adecuadamente el punto de partida, con lo visto inicialmente incluso se podrá apoyar y fundamentar la enseñanza en el 9º año. Al respecto ante todo habrá que tener cuidado de no tratar prematuramente conceptos y algunas partes de los contenidos. Comúnmente ese tipo de "sabihondez" es consecuencia de cierta inseguridad, de una falta de criterios o un dominio deficiente de la materia. En cierto sentido el mayor arte consiste en obtener resultados con los elementos más simples. Pues justamente así se logra que el ardiente entusiasmo del niño y su capacidad de sumergirse profundamente en los fenómenos sean protegidos y estimulados hasta las fases más avanzadas de la escuela.

En esta época lo mejor sería empezar por el *azúcar*. Se puede analizar, por ejemplo, cómo se comporta el azúcar en relación con el agua. Primero se demuestra la gran solubilidad. Para ello se pone un poco de agua en un vaso de precipitados y luego se lo calienta hasta la ebullición. Luego se agrega azúcar con cuidado, prestando atención a que siempre haya sólo un poco en el fondo. Mientras tanto se observa cómo sube la superficie del líquido. Finalmente la solución ocupará un espacio mucho mayor que el agua pura al comienzo. Luego se deja enfriar el líquido. Primero adquirirá consistencia de almíbar, luego se pondrá espesa. Después de un tiempo comienza la cristalización, a través de la cual toda la masa se solidifica. Entonces se hace algo que a esta edad es más importante que nunca para los niños: se los hace reflexionar dónde se aplican estos fenómenos. En esta etapa los intereses de los niños están fuertemente orientados hacia la esfera objetiva de la vida

En especial las niñas conocen las substancias tratadas gracias a sus experiencias hechas en la cocina. Ahora aprenden a analizar racionalmente lo que la mayoría conoce hace tiempo desde la experiencia. Y en algunos casos hasta podemos dar indicaciones que a su vez pueden aplicar en la práctica.
La disolución del azúcar y el dejar que la solución vuelva a solidificarse se aplica entre otras cosas en la elaboración de cobertura de azúcar, golosinas, almíbar, jaleas, mermeladas, etc.
Ahora ponemos el azúcar en contacto con fuego. Primero colocamos un poco de azúcar en un tubo de ensayo y lo calentamos cuidadosamente. Se ve cómo el azúcar se derrite. Si realmente se procede con suma cautela, el líquido se mantiene incoloro. De lo contrario se pone amarillo rápidamente, para luego pasar a un estado de un color marrón muy bonito, con agradable aroma. Ese estado del azúcar se llama caramelo. Se lo utiliza entre otras cosas en la elaboración de postres de caramelo y ciertas golosinas.
Al calentarlo más aún se produce un intenso borboteo, mientras que el líquido adquiere un color marrón cada vez más intenso hasta llegar al negro. A la vez comienza a desprender grandes cantidades de humo y vapores combustibles.
Este ensayo se puede intensificar, introduciendo una cantidad mayor de azúcar en un envase de hierro, tapándolo con una tapa suelta. Si se caliente el envase, se produce mucho humo, emanaciones y llamaradas. Al aumentar su volumen, la masa empuja la tapa hacia arriba y se desborda. Al final queda un carbón poroso, crujiente, de color negro lustroso.
También se puede soplar azúcar a la llama de gas. Entonces cada granito produce una pequeña llamita. También se obtiene un efecto bonito al calentar azúcar en una cuchara de hierro.
A continuación se puede tratar la formación de azúcar en la hoja vegetal. No se descarta tratar ya ahora el papel del gas de ácido carbónico y la formación de oxígeno. Esto será ineludible en el 9º año. Sin embargo, se podrá notar que a veces uno se puede ocupar más intensamente de un tema, si no se hace hincapié de inmediato y con demasiado énfasis en la erudición, y en cambio se da la posibilidad de desarrollar la imagen del carácter de una substancia o incluso una especie de biografía, a partir de sus reacciones frente a las influencias externas, de su comportamiento frente a los cuatro elementos, o sea de “las acciones y los sufrimientos” de dicha substancia. Si se procede de ese modo, son innecesarias las abstracciones. En su lugar se desarrollará una visión plenamente viva de los procesos en la naturaleza. En este caso el énfasis se pone en la relación entre aire, agua y luz. Nunca se debe dejar pasar la oportunidad de señalar el arriba y abajo en la naturaleza, que en este caso se pone de manifiesto tan claramente. En el azúcar lo que viene de arriba como calor, aire y luz y lo que viene de abajo como elemento acuoso, se encuentra entrelazado en una maravillosa unidad.
Ahora podemos dar una cierta explicación sobre el comportamiento del azúcar en los ensayos. Su gran solubilidad se relaciona con su “nacer” de la esfera del

agua. Su parentesco con el agua también se manifiesta en que en la naturaleza en realidad nunca se encuentra el azúcar más que en forma disuelta, por ende emparentada con lo líquido. La cristalización, o sea la salida del estado líquido, incluso ocurre en forma relativamente dificultosa. Toda planta está impregnada en mayor o menor medida de azúcar en una solución muy diluida. En los animales y el ser humano el azúcar circula por la sangre.
Otra cualidad del azúcar es la capacidad de desarrollar gases al calentarse. Esto hace comprensible su parentesco con lo aéreo.
Cuando el azúcar se quema con llamaradas violentas y al hacerlo genera calor y luz, esto ocurre gracias al fuego solar atrapado en él, que se vuelve a liberar.
En el azúcar un gran contraste se ha convertido en unidad: el azúcar está emparentado tanto con el agua como con el fuego. Esto permite comprender por qué el azúcar puede ser incorporado a nuestra sangre sin necesidad de modificarse. De la sangre se puede decir lo mismo que del azúcar; también en ella se encuentran unidos el fuego y el agua. Sin embargo, nosotros, en nuestro cuerpo, hacemos otra cosa con el azúcar que la planta: lo dejamos convertirse en calor, mientras que la planta en gran medida lo densifica y lo hace cristalizarse en substancias sólidas (como celulosa). O sea que la planta construye su cuerpo inmóvil con la ayuda del azúcar, mientras que para nosotros él constituye el fundamento para nuestra movilidad y nuestro desarrollo de calor.
Naturalmente, al tratar la substancia también se puede realizar una cierta diferenciación entre los diversos tipos de azúcar. Pero yo soy de la opinión que en el 8º año es preferible poner el mayor acento en lo general. En el 9º año se pueden diferenciar más claramente los diversos tipos de azúcar.
Probablemente sea preciso marcar una diferencia entre azúcar de caña y glucosa, eventualmente también fructosa. Esto ante todo vale si ya se quiere introducir en este momento la reacción de Fehling.

Después del azúcar podemos pasar a tratar el *almidón*. Tomamos un poco de fécula de papa u otro tipo de harina y dejamos que los alumnos la palpen entre los dedos. Al hacerlo percibirán diferencias. La harina en principio es parecida al azúcar, pero se siente más “seca”.
Luego espolvoreamos por ejemplo un poco de fécula de papa en un vaso con agua. Primero flotará en la superficie y luego se precipita, sin disolverse.
A continuación calentamos harina seca. No se fundirá, pero sí se carbonizará. Produce menos llama que el azúcar, pero arde durante un tiempo más prolongado.
En este punto se pueden introducir algunas referencias a los alimentos que se queman al cocinarlos. Se puede explicar, por ejemplo, cómo se puede eliminar fácilmente un depósito semi-carbonizado en el fondo de una olla, después de haberlo hervido con una solución de carbonato de sodio.

Luego tratamos la presencia de almidón en la planta. El azúcar en realidad está siempre en movimiento fluyente. En cambio el exceso de azúcar ya en su formación es expulsado del torrente de la savia mediante asimilación en forma de granitos de almidón insolubles, que de esa manera ya son dejados de lado. Entonces se pueden verificar gránulos microscópicos en la hoja. Con iluminación escasa y por la noche, tales granulitos de almidón vuelven a ser transformados en azúcar y disueltos. Sin embargo, la planta también deposita almidón en lugares en que la vida en la planta ha llegado momentáneamente a una detención y en que asociado a ello se han producido fuertes procesos de densificación y solidificación. En especial los tubérculos y las semillas muchas veces contienen gran cantidad de almidón. También los árboles durante el verano acumulan en sus troncos cuantioso almidón, que es almacenado durante el invierno. Cuando en la primavera comienza a desplegarse la vida, todos esos gránulos se vuelven a abrir y se incorporan como azúcar en el torrente de la savia.

Así como es característico del azúcar que circule por la planta en estado diluido, del mismo modo es característico del almidón que aparezca repartido en innumerables corpúsculos en reposo. Si se observa cada uno de esos corpúsculos por separado bajo el microscopio, se ve una totalidad cerrada en sí misma, ordenada en torno a un centro y con una estructura en capas. En todo sentido se pone de manifiesto en el almidón el haber sido expulsado de las fuerzas formadoras de integridad de la vida y del torrente continuo de fluidos. La planta como unidad está orientada ante todo hacia el entorno en su sentido más amplio. Cada corpúsculo individual de almidón, en cambio, busca el centro en sí mismo.

Ahora introducimos una masa de almidón en agua hirviendo. Para ello primero tenemos que mezclar cuidadosamente una masa de consistencia blanda. Ésta la vertemos en el agua en ebullición. Se ve entonces cómo los corpúsculos desaparecen rápidamente dando lugar a un estado homogéneo, traslúcido, semisólido. Es fascinante observar cómo se va aquietando el movimiento de las burbujas de vapor en la masa pastosa. Particularmente después de enfriarse, la masa se seguirá solidificando. De esta manera se ha fabricado engrudo de almidón. Si se les dice a los niños que al cocinar una papilla de harina o determinados postres en realidad se está cocinando un engrudo, por lo general esto causará sensación en ellos. Se puede insinuar entonces que el amasado de pan también está basado en un proceso similar.

La elaboración de engrudo pone de manifiesto que incluso al calentarlo, el almidón sólo se disuelve en forma incompleta en el agua. En cierta manera se desdibujan los límites entre el almidón inicial y el agua. Cada gránulo absorbe agua y comienza a hincharse, perdiendo su estructura. Eso pronto llega al punto en que toda el agua libre ha desaparecido, dando lugar a una masa gelatinosa.

Ahora podemos tratar nuevamente la aplicación de la transición de almidón en azúcar. En la naturaleza la misma ocurre por ejemplo en la germinación de las semillas. Podemos hacer germinar granos de cereal, poniéndolos en contacto con agua bajo determinadas condiciones. Tras calentarlos y secarlos obtenemos una masa de granos, que en parte todavía contiene almidón y en parte ya contiene azúcar. Esa masa se denomina malta.

Esa transformación de almidón en azúcar se manifiesta negativamente en papas en las que el proceso vital fue extinguido por congelamiento. En la papa siempre ocurre una reducida producción de azúcar, que también continúa después del congelamiento. Bajo condiciones normales ese azúcar es consumido por el moderado proceso vital que también se mantiene en la papa en reposo. En la papa congelada ese azúcar se acumula. De allí proviene su desagradable sabor “dulce”.

También se puede hacer probar a los niños si masticando pan o harina, con la ayuda de la saliva logran transformarlos en azúcar. A continuación se les puede relatar que todo alimento preparado con harina que ingerimos es transformado completamente en azúcar y absorbido por la sangre en esa forma. Me parece más apropiado dar más detalles en el 9º año.

Ahora viene algo que a mi entender se puede tratar tanto en el 8º como en el 9º año: la demostración de que una substancia contiene almidón o azúcar, mediante determinadas reacciones. De cualquier modo ésta es una cuestión muy sugestiva para los niños.

A mí me parece mejor no usar un líquido que se aplica para una de las reacciones, la solución de Fehling, directamente en la forma totalmente terminada. Más conveniente es dejar que se forme paso a paso. A continuación describiré esos pasos:

a) Se muestra cómo una solución de sulfato de cobre con solución de hidróxido de sodio forma un precipitado azul.
b) Se realiza el mismo ensayo con la presencia de una cantidad suficiente de azúcar disuelto. Así se obtiene una fuerte intensificación del color azul, pero sin precipitado.
c) Esa solución profundamente azul es calentada cautelosamente. Si se partió de azúcar de caña o de remolacha azucarera, no se produce modificación alguna. Con glucosa en cambio aparece un cambio de coloración. El azul pasa a verde, luego a amarillo llegando a anaranjado. Finalmente se produce un precipitado opaco con una intensa tonalidad roja amarillenta. En este ensayo se puede lograr un efecto maravilloso, si se utiliza un matraz de Erlenmeyer grande. Ni siquiera se necesitan muchas substancias químicas para ello.
d) Para la prueba usual de laboratorio, este líquido de color azul profundo se prepara de antemano, con la ayuda de una substancia que no es azúcar, y que tampoco produce un cambio de color al ser calentada.

Para ello se elige ácido tartárico o alguna de sus sales alcalinas, por ejemplo sal de Seignette. La solución a analizar se calienta con un pequeño agregado del líquido azul. Este método también se utiliza en los análisis de orina. La llamada solución de Fehling se elabora, por ende, mezclando una solución de sulfato de cobre con una solución de ácido tartárico o una sal alcalina de ácido tartárico y agregando luego solución de hidróxido de sodio.

La manera más fácil de comprobar la presencia de harina o almidón es con yodo. Se disuelven algunos cristales de yodo en alcohol concentrado o bien, lo que es más barato, en una solución de yoduro de potasio. La solución marrón obtenida, que se denomina tintura de yodo, se introduce gota a gota en una solución de almidón. Se produce una coloración azul intensa. Al calentar la solución, ese color desaparece por completo, al enfriarse reaparece.
Con esta solución de yodo y con la solución de Fehling se pueden demostrar unos cuantos fenómenos relacionados con la composición de alimentos. Si por ejemplo se cocinan unos trozos de zanahoria en un tubo de ensayo con agua, y una vez enfriado, se vuelve a calentar el líquido obtenido agregándole un poco de solución de Fehling, se logra el cambio de color conocido y con ello se ha demostrado, pues, que la zanahoria contiene azúcar. En cambio si se aplican unas gotas de tintura de yodo sobre una rodaja de zanahoria, a lo sumo se verán un par de pequeñas manchas azules. O sea que la zanahoria contiene poco almidón. En cambio una rodaja de papa o una rebanada de pan se tiñen de azul intenso si se les aplica yodo.
También se puede hacer la siguiente demostración: primero se muestra que el azúcar común de caña o de remolacha no reacciona frente a la solución de Fehling. Luego se calienta la solución de azúcar con un poco de ácido. Ahora seguro que reaccionará frente a la solución de Fehling, si el ácido fue neutralizado previamente mediante el agregado de un poco de lejía. De este modo se puede poner de manifiesto hasta cierto punto el hecho de que a partir del azúcar de caña se puede obtener otros azúcares, a saber: glucosa y fructosa. Este hecho vuelve a ser de especial importancia al cocinar. A los alimentos ácidos siempre hay que agregarles el azúcar una vez que se han enfriado, dado que sino se descompone y se reduce fuertemente el sabor dulce.
Es muy importante que en reiteradas oportunidades se les brinden a los niños sinopsis claras. En el metabolismo de los azúcares de la planta en efecto se pueden comprobar determinadas estructuras grandes. Hemos visto cómo el azúcar, en la medida en que es la base de la vida, sólo permea la planta en forma de una solución diluida. De ese modo ocupa una especie de posición intermedia. Por un lado es expulsado permanentemente del torrente hacia afuera y condensado en almidón sólido. Éste de algún modo es empaquetado y almacenado. Por otro lado se derrama totalmente de la planta en forma de

néctar. Se ha tornado aromático y es esparcido ampliamente en el espacio por los insectos.

Es especialmente importante la elaboración casera de pan. Una vez vi a un campesino aplicando el siguiente procedimiento:
Primero tomó un cuenco con harina. Luego tomó un recipiente con algo de agua, colocó un poco de levadura en ella, junto con sal y miel. Una vez que había mezclado bien todo, lo incorporó a la harina, amasando concienzudamente hasta formar la masa. Ésta fue puesta a levar en placas sobre el horno, en el cual mientras tanto ya crepitaba alegremente el fuego. Después se retiró del horno la leña encendida y se introdujeron las placas.
Por sencillo que parezca el procedimiento, el trasfondo de esta receta es de gran alcance. El pan es un alimento esencial del ser humano. Su cuerpo puede ser considerado el centro, la síntesis de toda la naturaleza. Una de esas recetas ancestrales de pan campesino también encierra una síntesis de toda la naturaleza. Por ende expresa un intento de, ya en la preparación del alimento, señalar el camino para la plasmación del cuerpo humano. No hay más que pensar cómo la harina primero es tierra, luego absorbe agua; cómo el aire es insuflado a través de la fermentación y cómo finalmente el proceso culmina gracias al fuego. Si se lee la historia de Prometeo, quien creó al ser humano, se encuentra el mismo tránsito a través de los cuatro elementos. Y luego la terna: sal, agua y miel. Ellos son los representantes de la planta entera, de raíz, tallo y hoja y flor. Nosotros mismos podemos saber que allí también se expresan claramente los tres principios: Sal, Mercurius y Sulfur. Y luego el cereal propiamente dicho. Los pastos son las plantas que logran elevarse más alto con la menor cantidad de material. Son milagros del arte constructivo. En un pasto cada partícula de peso en cierta manera está al servicio de la tarea de ayudarle a la planta a combatir la gravedad y llevar lo más alto posible en dirección al cielo aquello que es realmente pesado, el grano. Los pastos celebran permanentemente una gran victoria sobre las fuerzas terrestres descendentes.
La mejor manera de reconocer la magnificencia de los pastos y de los cereales es compararlos con la papa. El tubérculo de papa en realidad es un tallo, y por ende está destinado a erguirse. Pero se dobla sobre sí mismo, penetrando en la tierra. No sólo sigue la dirección de la gravedad, sino que además se engrosa formando una tosca aglomeración.
Para el ser humano es típica la posición erguida, que recién es posible a través de la superación de la gravedad. A esa postura le debemos la posibilidad de encender la luz de la conciencia. El cereal nos respalda en la realización de esa característica típicamente humana. Nos hace de ejemplo en el erguirse. Incluso nos señala tan claramente la superación de la tierra, que siempre se lo ha considerado como símbolo del cuerpo de resurrección del Cristo. El

tubérculo de papa busca la pesadez y la oscuridad; o sea que al ingerir papas incorporamos algo que es totalmente opuesto a lo que nos aporta el cereal.
Para variar se puede volver a entusiasmar a los niños por la papa, mostrándoles la manera más simple de preparar harina de papa. Se ralla una papa en un rallador grande. La masa obtenida se revuelve con un poco de agua, luego se deja que todo se asiente. Después de algún tiempo se encontrará una capa muy blanca en el fondo: la harina de papa.
Me parece apropiado en este punto, hacer una breve referencia a la *celulosa*, aun cuando no sea un alimento. Al igual que el almidón se forma a partir de azúcar. Es totalmente insoluble, pero sí bien combustible. Es interesante ver cómo la planta la maneja de forma muy distinta que el almidón. La celulosa también es expulsada del torrente vivo del azúcar, pero jamás forma grumos. Siempre es incorporada a la totalidad de la planta. O sea que en ningún lado tiene una forma propia, sino que está conformada de modo tal como para poder estar al servicio de la planta. Constituye el verdadero material de construcción de la planta. Esta substancia es totalmente indigerible para nosotros, lo cual nos impone grandes restricciones en cuanto a las plantas como alimentos. Los animales herbívoros, en cambio, están en condiciones de disgregar la celulosa y digerirla.
Para nosotros la celulosa es una substancia consumida en abundancia, sin ser una substancia alimenticia.

Ahora llegamos a la *proteína*. Para ello podemos partir de un huevo de gallina. Primero lo abrimos y separamos cuidadosamente la yema de la clara transparente. Se transmite a los niños lo mejor posible la impresión de la espesa viscosidad de la clara.
Luego introducimos una porción de la clara en agua fría y mostramos cómo se expande y disuelve en mayor o menor medida. Después ponemos otra porción de la misma en agua caliente. Ahí se hace visible la coagulación. En agua ácida también se produce una coagulación. A continuación podemos hervir clara coagulada con lejía y veremos que se vuelve a disolver.
En aras de la completitud, finalmente se puede calentar la clara directamente con una llama. No arde, pero se carbonizará poniéndose negra y formando costras. Al hacerlo despide el mismo mal olor como el de pelo, lana o uñas quemadas. Todas esas substancias son proteína solidificada y modificada.
La proteína en sí misma es totalmente amorfa y a la par está en un estado de equilibrio particularmente sutil, tal como se deriva de los ensayos. A raíz de estas propiedades es el verdadero portador de la vida. Si se endurece, como en la formación de tejido córneo, adquiere en cambio una forma particularmente muerta, rígida.
Se pueden hacer algunos ensayos más: por ejemplo se puede hacer coagular la proteína de la leche por agregado de ácido. Ésa es la causa para la formación de masas espesas en la leche cuajada y acidificada.

También se puede mostrar la coagulación por medio de alcohol. Se explica entonces cómo se pueden conservar cadáveres de animales con alcohol.

Al final trataremos las *grasas* y los *aceites*. Dejamos que un trocito de grasa nade sobre el agua y mostramos cómo el agua se escurre por sus lados una vez que uno lo hundió en el agua, y cómo la grasa vuelve a emerger del agua. Si con una pipeta se esparce algo de aceite en agua, se observa un maravilloso juego de gotas doradas, que ascienden como pequeñas esferas. La pipeta también puede ser descargada bajo agua, en cuyo caso se ve un haz que pronto se disolverá en gotas ascendentes. Si cae agua sobre aceite, aparecerán burbujitas claras, que se sumergen. Si se agita agua con una pequeña capa de aceite por encima, se forma una masa turbia, lechosa, compuesta por agua y finas gotas de aceite que ascienden lentamente y vuelven a confluir, restableciendo el estado original. Este ensayo también puede ser variado con algo de agua destilada, una capa de aceite y un pedacito de jabón. Si se agita esta mezcla, se obtiene una distribución mucho más fina de las gotas de aceite, y tarda mucho más hasta que se vuelve a establecer la separación de aceite y agua.
Si se ha partido de una solución bastante concentrada de jabón en agua destilada, o si se ha colocado en el agua un detergente sintético, entonces se observa algo muy sorprendente al agregar aceite. Ahora ya no se forman esferas grandes de aceite, sino que la mezcla en cierta medida es pulverizada y se irradia en pequeñas partículas hacia todos lados. Con este tipo de ensayos resulta comprensible cuán difícil es lavar con agua objetos engrasados. Así resulta evidente el rol que desempeña el jabón y otros detergentes.
Ahora hacemos que la grasa se funda y se coagule.
Luego echamos algo de aceite en un recipiente de hierro e intentamos encenderlo. No lo lograremos de inmediato. Recién cuando se calienta el aceite, se obtiene una llama de color amarillo claro, que produce hollín. Si se caliente el aceite ardiente hasta su punto de ebullición, se pueden producir efectos imponentes. Al verterlo, por ejemplo, el chorro seguirá ardiendo, de manera que se obtiene una masa de fuego desparramándose sobre la superficie de base. Se logran manifestaciones muy intensas del fuego, si se salpican gotas de agua en aceite hirviente, o más fuertes aún, si se agrega un chorro de agua. De esta manera se puede provocar una llamarada de varios metros de altura. Luego inmediatamente se advertirá que exactamente lo mismo puede ocurrir al asar carne, si se echa agua en la grasa sin la precaución necesaria.
Las cosas se serenan un poco si se calienta aceite mezclado con un poco de agua. Se produce entonces el conocido chisporroteo. Se pueden mostrar fenómenos muy simpáticos, por ejemplo freír rodajas de papa en un vaso de precipitados con aceite o incluso en un tubo de ensayo. Se oye nuevamente el

chisporroteo, y también se ve cómo las rodajas lentamente se van tostando y poniendo marrones. El chisporroteo que se produce al calentar manteca y margarina denota que éstas contienen considerables cantidades de agua.
Todas estas manifestaciones permiten reconocer que el aceite está totalmente compenetrado por lo fogoso y tiene escaso parentesco con el agua. La consecuencia es que las comidas grasosas caen pesadas en el estómago, son difíciles de digerir. En el caso de manteca es otra cosa, porque en ella la grasa y el agua están finamente entremezcladas entre sí.
La grasa que ingerimos en su mayor parte es quemada por nuestro cuerpo al servicio del desarrollo de calor y energía. Por ello necesitamos más grasa cuando hace frío y cuando realizamos grandes esfuerzos. Por lo demás sirve como material de relleno, como lubricante y finalidades similares.
Los animales también necesitan la grasa para rechazar el agua. Las aves palmípedas por ejemplo embadurnan sus plumas con la ayuda de las excreciones de una glándula sebácea en la rabadilla. Las ballenas y focas incluso se protegen contra el frío con una gruesa capa de grasa.
En la planta encontramos los aceites ante todo en las semillas, las cuales estuvieron expuestas a la mayor influencia de calor.

Tratando la leche al final, se puede concluir muy apropiadamente esta época. Como la leche es por un tiempo el único alimento para el niño y para el animal joven, naturalmente tienen que estar contenidos en ella todos los nutrientes necesarios.
La presencia de azúcar de nuevo puede ser comprobada fácilmente mediante la solución de Fehling. El azúcar sirve para la alimentación, pero también desempeña un rol especial en la acidificación de la leche. Según la intensidad con la que aparece el ácido, desaparece el azúcar y con ello el sabor dulce. No sólo conocemos este fenómeno por la leche que se ha puesto ácida, sino también por el yogur, la cuajada y similares.
Si dejamos leche en un recipiente, se separa una capa más grasa, la crema. Este proceso se acelera si pasamos la leche por una centrífuga.
Al agitar o revolver fuertemente la leche o la crema, se separan grumitos de manteca. La crema contiene mucha grasa, pero también otros componentes de la leche. La manteca contiene en su mayor parte grasa y agua. Esa agua a primera vista parece ser una especie de dilución o incluso adulteración de la manteca, sin embargo es un componente imprescindible. Le otorga la consistencia característica a la manteca, por la cual es tan digestible, consistencia que los fabricantes de margarina también le intentan dar a sus productos.
En la leche la grasa nada en forma de pequeñas bolitas en el líquido. En la manteca aún sigue habiendo una fina mezcla de grasa y agua.
La proteína de la leche se pone de manifiesto de diversas maneras. Al calentarla sólo se coagula una determinada parte de la proteína, por lo cual se

forma la nata. Al agregar ácido, se puede coagular toda la proteína. Si la leche se pone ácida por sí sola, como en la formación de la cuajada o leche acidificada común, por supuesto también se produce esa coagulación. Entonces se obtiene progresivamente una separación entre un líquido claro, el suero, y una masa blanca espesa. Cuando esa coagulación aún no se puede notar en la leche fría, porque aún no se ha formado suficiente ácido, pero sí se presenta al hervirla, se dice que la leche se "corta".

La coagulación de la proteína se aplica en la fabricación de diferentes productos. La leche cuajada puede ser condensada en requesón, filtrándola y dejándola gotear a través de un lienzo. De la misma manera se puede producir requesón más compacto, sólo que para ello hay que prensar la masa.

Para la elaboración de queso, primero hay que "cortar" la leche (o sea coagular la proteína), agregándole algo de jugo gástrico del estómago del ternero – llamado cuajo. Si luego se retira la mayor parte del líquido, en la masa coagulada, sólida, pueden ocurrir procesos a través de los cuales se convierte en queso.

Casi todos estos procesos están basados en procesos de fermentación. También se puede hablar de una putrefacción que está en estado incipiente o que evoluciona en determinada dirección.

Resulta evidente que después de todo esto se puede hacer una lista de la composición de una serie de alimentos vegetales y animales. Además se puede dar directivas para el tratamiento de estas substancias y para una preparación racional de los alimentos.

Cuando Rudolf Steiner da las indicaciones curriculares, señala la importancia del tratamiento de procesos industriales sobre la base de la química: se pueden encontrar muchas posibilidades para ello en la fabricación de los alimentos. Quizás también sea coherente hacer referencia a la fabricación de jabón. Y a lo mejor hay posibilidades en otras direcciones bien diferentes.

Manfred von Mackensen
“Del carbono al éter”
2004

I. En torno a la pedagogía y la didáctica

1. Lo indicado en el currículum y su orientación cognitiva.

Las indicaciones del plan de estudios procedentes de Rudolf Steiner para la enseñanza de la química en el noveno año escolar que quedaron anotadas en el estenograma son las siguientes:
“Química: Lo que hemos determinado para el octavo año escolar, los primeros elementos de la química orgánica, lo que es un alcohol, un éter, etc., habría que proseguirlo ahora en el noveno año.[1] Para el octavo año él determinó: “... las sustancias que edifican el cuerpo orgánico: almidón, azúcar, proteína, grasa”.[2]

Mientras que la química de los libros de texto convencionales suele emprender la inmersión en la llamada “química orgánica” a partir de las sustancias muertas de los hidrocarburos del petróleo, Steiner da importancia manifiesta a vincularse con formaciones vivas realmente orgánicas, es decir, con las que ya se abordaron en octavo año (almidón, azúcar, proteína y grasa). Ahora bien, los alumnos no conocieron esas sustancias aisladamente, sino como miembros de una cadena que permitía ilustrar la estrecha relación entre las fuerzas naturales y la alimentación humana.

Por tanto, en el noveno año escolar, nuestra tarea tampoco es tratar la “química orgánica” de manera separada y sistemática siguiendo los distintivos formales en “series homólogas” y “grupos funcionales”, sino seguir rastreando las huellas de la vida. Pues la vida que hemos de observar en la Tierra fluye siempre partiendo de principios superiores, desde los cuales se la puede entender; no se limita a agregarse partiendo de etapas previas inferiores y muertas (sustancias, partículas) que la generan y con ello la explican.

Cuando Rudolf Steiner habla de los “primeros elementos” de la química orgánica no se está refiriendo a los elementos químicos (sustancias básicas), pues en tal caso habría que tratar del análisis elemental y por tanto de la química inorgánica - lo que contradice todas las indicaciones del plan de estudios:

1.- Konferenzen mit den Lehrern (Encuentros con los maestros de la Escuela Libre Waldorf), 22-9-1920. GA 300a.

2.- Coloquios pedagógicos y conferencias curriculares. GA 295, 2ª conferencia curricular del 6-9-1919. - *Editorial Rudolf Steiner, Madrid.* | *Editorial Antroposófica, Buenos Aires.* | *Cuadernos Pau de Damasc, Chile.*

No se trata, pues, de elementos de la materia, sino de elementos de la comprensión.

Ahora bien, la época de química no debería agotarse en el mero estudio secuencial de las sustancias, en el examen de procesos industriales comerciales y en los ámbitos de aplicación. Más bien debiera consistir en muchos menos fenómenos a cambio de estudiarlos y elaborarlos en profundidad. Los alumnos han de ejercitarse en el pensar, al captar cualidades que se entretejen químicamente. Al mismo tiempo se puede retomar el conocimiento de los hechos abordado en octavo año, si bien planteando nuevas preguntas, es decir, en una nueva actividad de compenetración y relación.

Evidentemente, se pueden estudiar con preferencia los nuevos elementos de comprensión, exceptuando tal vez las cuatro sustancias mencionadas en octavo año, basándose en las transformaciones del alcohol, del éter, etc., expuestas por Rudolf Steiner. Así pues, si del programa del octavo año tomamos el almidón y el azúcar, se producirá una visible serie que va de lo sólido a lo más volátil, al éter, a los etilos - del carbono al hidrógeno.

Cuando Rudolf Steiner habla de “un éter” hay que tener presente que hasta inicios de este siglo a los ésteres se les llamaba “éteres”. Así por ejemplo, en 1907, Lassar-Cohn, en su libro “Métodos de trabajo para los laboratorios de química orgánica”, escribe: “Es lamentable que aunque ya esté bien fundamentado lo que hemos de entender por éster, muchos sigan llamando éter a ese compuesto” (Leopold Voss Verlag, Hamburgo). Aún hoy en día en la rama de los aromas se trabaja con diversos “éteres frutales” que se ordenan sistemáticamente como ésteres de ácidos grasos inferiores con alcoholes simples. Por tanto no es erróneo tratar la producción de los ésteres intensamente aromáticos hechos de ácido y alcohol, y desde ahí dirigir la mirada a la multitud de aceites etéricos (aceites esenciales) que podemos extraer del mundo vegetal.

2.- Sobre la naturaleza interior de las sustancias

La naturaleza interior de las sustancias, que hay que mover mentalmente, tiene tres aspectos. El primero es la metamorfosis, por ejemplo, en la secuencia de la madera hacia agua va aumentando lo que podríamos llamar la “naturaleza acuosa”, a saber, la claridad, la solubilidad, la capacidad de fundirse. Eso lo muestran, entre otras cosas, las grandes cantidades de vapor de agua que surgen cuando se descompone el azúcar. La naturaleza carbónica (solidez, estructura) disminuye un poco, pero todavía siguen siendo posibles la carbonización y la formación de hollín. El químico puede jugar con esas naturalezas interiores. Pensemos en el aumento de la combustibilidad (como naturaleza ígnea-volátil) en el azúcar: acabamos yendo en dirección del alcohol “aguardiente”. Si mentalmente uno aparta su naturaleza acuosa, se desarrolla internamente algo así como el éter (detalles al respecto se exponen más adelante). Trabajamos, pues, en el pensar con principios cualitativos que se metamorfosean los unos en los otros, que no se sitúan unos junto a otros de una manera meramente

aditiva, como se hace en las fórmulas aditivas de la “química orgánica”, ni se montan espacialmente como objetos de la manera en que vemos en las fórmulas estructurales.

Rudolf Steiner sugiere una actividad pensante de ese tipo con las siguientes palabras: “...lo que es un alcohol”. Por eso no hemos de estudiar solamente el alcohol etílico, el metílico y otros en su aparición, producción, propiedades y aplicaciones, para luego abstraer las propiedades que se producen en todos ellos. Sino que -en el sentido de la secuencia anterior- más bien hay que comprender el alcohol partiendo de las transformaciones de lo sólido (madera, azúcar) a lo volátil (éter, sustancias aromáticas), el alcohol como movimiento. La sustancia ha de ser captada internamente, a partir de esos movimientos de transformación, y no ser meramente definida exteriormente. En lo que sigue mostraremos cómo se le abre a los alumnos ese camino gradual en el pensamiento que va de lo sólido a lo volátil mediante el trabajo de las observaciones experimentales y de las particularidades inicialmente inconexas, y que luego exigen vinculación. Porque en la escuela son imprescindibles pasos claros en el aprendizaje, a los que el alumno puede recurrir cuando los ha dominado, y nexos formulados sucintamente.

La “naturaleza interior” de una sustancia es una magnitud fenomenológica, un modo de describir su índole, y con ello, algo que al principio es físico, que no perece, que permanece en el espacio físico. La “naturaleza interior” es más que un componente material. No habría que concebirla mecánicamente. No es materia, sino una forma de actividad transferible de un ámbito espacial a otro.

Algo de ese tipo es ajeno al actual uso lingüístico. Por eso a menudo se puede cambiar la designación de la palabra. Como maestro uno hablará del tema tal como lo vivencie a criterio propio. Posibles palabras que pueden utilizarse en lugar de “naturaleza”, serían por ejemplo: “faceta” o “cualidad” o “tendencia” o “propiedad” o “tendencia de la propiedad” o “parentesco” o “sello” o “efecto”.

Para no dejar que la movilidad mental provocada con ello desemboque en lo indeterminado, por otro lado ha dado buen resultado, a la hora de escribir en la pizarra, en las exposiciones más esquemáticas de las transformaciones o en las comparaciones de sustancias, el escribir siempre con un mismo color una determinada “naturaleza”, por ejemplo lo “sólido capaz de ponerse incandescente”, es decir, la naturaleza del carbono, en negro o marrón; la naturaleza acuosa equilibrada, extintora en verde; la naturaleza ígnea-volátil en rojo.

Un segundo aspecto de la transformación de la naturaleza interior de las sustancias vegetales es su originalidad según de donde proceda. El sencillo éter dietílico con su notable olor y su efecto fisiológico y, aún más, toda sustancia aromática de cualquier órgano vegetal son algo único que nunca deriva forzosamente de la interacción de “naturalezas” sólidas y líquidas como las que se indicaron anteriormente. Hay que pensar en algo que sea originario de la sustancia misma, por ejemplo, el vínculo con una forma vegetal, su ubicación, el paisaje y la estación del año. La química conduce hacia especies vegetales concretas y a nuevos interrogantes botánicos.

Así pues, en el proceso de crecimiento ascendente de las plantas, las sustancias que hay que tratar se van distribuyendo paulatinamente desde la madera hasta el aceite esencial, en la interacción de los diversos elementos griegos, desde el terreno

húmedo hasta el aire caliente. De ahí surge -como tercer aspecto- una idea que nos ofrece una imagen del curso natural general que tiene lugar sobre la superficie de la tierra. El calor y el aire delimitan el ámbito natural del que es oriundo un azúcar o un éter (éster). La sustancia individual se convierte en representante de una acción natural dirigida por el cosmos. La precisa penetración mental de las manipulaciones químicas del laboratorio (que para esa edad son muy importantes) se vincula con la contemplación general y empírica de la naturaleza.

Tenemos, por tanto, tres puntos de vista:

- la transformación de las propiedades sólida, fluida, ígnea, etc., en el laboratorio: las naturalezas interiores generales
- la originalidad de la sustancia individual y de la planta individual, el aroma particular y único de una sustancia, el efecto curativo, etc.
- los impulsos que la naturaleza exterior otorga a la formación de sustancias en el curso del año.

3. Caminando por las épocas

Una introducción para los alumnos podría configurarse en una discusión sobre el entorno y los problemas de las materias primas; por ejemplo sobre los combustibles fósiles. Del complejo de preguntas sobre cómo se sitúa el ser humano en la naturaleza retomemos la respiración. Se comprueban y se nombran diversos componentes gaseosos del aire (experimentos de la jeringa de gas). El ácido carbónico que surge también del carbono (carbonizador) nos conduce hasta la combustión que observamos en forma más de imagen durante el séptimo año y que ahora interpretamos a un nuevo nivel. Se menciona el oxígeno, pero en este año escolar sólo aparece en los experimentos, de momento, como algo que aviva *dentro* del aire. Pues sólo entonces podemos entrar inmediatamente en el tema principal de la época, la transformación de las sustancias vegetales en la vida *que se está construyendo*; y uno no se pierde en la química del oxígeno que nos llevaría a los medios de oxidación (explosivos) y al estudio de la *desestructuración.* Las teorías de combustión del flogisto hasta el análisis del peso de Lavoisier -en pocas palabras- han recorrido el camino hacia lo mecánico-inorgánico. No tendríamos que seguir todavía ese camino en esta época, sino trabajar en las transformaciones cualitativas de las sustancias de la exuberante y pura vida vegetal. Y se aprenderá una clasificación provisional de las sustancias abordadas con las categorías de “avivador”, “combustible” y “equilibrado”. Todas las sustancias del mundo son finalmente diversos entrelazamientos y unilateralizaciones de esos tres principios (tres naturalezas).

Fuera como fuere: la época del noveno año escolar se propone sobre todo tratar lo combustible; la del décimo año lo equilibrado (sales) y la época del undécimo o duodécimo año investiga sobre todo lo avivador, experimenta con el oxígeno puro, con nitratos, explosivos y halógenos.

Y ahora hay que preguntarse: ¿Cómo viene al mundo lo combustible? La corteza terrestre en reposo está cerrada, petrificada, en equilibrio. Sólo allí donde el reino terrestre más suelto, vivificado, se halla orientado hacia la periferia aérea surge la vestidura vegetal en crecimiento, cuyos restos nos suministran lo combustible. Cada despliegue vegetal constituye ahí una imagen del curso del año, es decir, de un acontecer que tiene lugar fuera de la superficie de la tierra. Con el aire la planta se relaciona de manera invertida a la del ser humano. Carece de consciencia sensitiva, de reacciones que partan de la vivencia interior (por ejemplo, por falta de aire); no tiene movimiento propio realizado por las extremidades. Cada planta se mueve más bien conjuntamente en el viento, se entrega a los ritmos del entorno circundante. De ese modo complementa al ser humano, a quien le ofrece material combustible (7º año escolar) y alimentación (octavo año).

Ahora bien, en la capa vegetal de la Tierra es mucho menos concebible recoger la respiración en recipientes de vidrio que en la respiración humana. Pues la planta pertenece precisamente a la mencionada abertura al entorno. Y sin embargo podemos decidirnos a intervenir y demostraremos posteriormente la creciente concentración de oxígeno. Pero no debemos desembocar prematuramente en las habituales teorías de asimilación que, en último término, consideran la planta como una máquina química. La realidad de la asimilación es la hoja iluminada bajo el sol, es la multiplicidad estacional de las formas que crecen y aumentan de tamaño.

La sístole y la diástole en el crecimiento ascendente, el despliegue y el marchitamiento en el año, todo ello lo experimentamos como cambio lleno de vida, como fluir y condensarse. Y aunque la asimilación es una especie de proceso de condensación, no deja der ser un proceso que en transformaciones rítmicas lleva nuevamente a la exhalación en el aroma floral. Todo el camino del despliegue de la planta individual hasta llegar a la flor y al fruto es la realidad de la asimilación, no un volumen de gas que uno se imagina o un nebuloso sentimiento de biomasa creciente. Los objetos que hemos seleccionado (madera, resina, jugos dulces y aceites aromáticos) constituyen el camino de la naturaleza, reflejan la verdadera asimilación, si la intensificamos hacia los más variados fenómenos en el laboratorio. La mutabilidad y no la acumulación de masa es lo que caracteriza el carbono (como principio). Ahí tenemos el campo de estudio de la época, ahí tenemos la realidad experimental que, mediante el pensar concreto y cualitativo, nos lleva a una convivencia más profunda con el proceso natural. Pues no puede existir ningún mundo vegetal sin una constante mutación de los fenómenos y órganos desde la solidez de lo inferior a la volatilidad de lo superior. En esos caminos de transformación surge en el pensar un campo de ejercitación que inaugura una química espiritual, porque está llena de contenido y es cercana a los hechos. Los esquemas y los circuitos de sustancias para una mera teoría material de la asimilación no pueden hacerlo. Retienen el pensar en las meras representaciones y abstracciones, y finalmente en lo ininteligible. Sólo al final se puede reflexionar de manera ilustrativa *cómo* desde el crecimiento de las plantas el aire se refresca, y fortalece ligeramente su cualidad vivificadora, y cómo esa cualidad se relaciona con el camino de formación de las plantas a lo largo del año.

Se puede organizar una estructuración fácilmente manejable de la época si, tal como dijimos antes, se continúa del carbono y el dióxido de carbono con la pregunta sobre la especial aparición de lo combustible incluyendo la madera, luego el azúcar, alcohol, los éteres y los ésteres.

Si partiéramos del carbón mineral de hulla o del lignito tendríamos ya con ello ante nosotros el resultado de un proceso de unilateralización: el carbón empieza surgiendo de la planta cuando, en períodos de tiempo inimaginables, la naturaleza ígnea volátil y la acuosa equilibrada han retrocedido o han sido expulsadas lo suficiente. El carbón natural, sin embargo, todavía muestra restos de esas dos naturalezas. Pero si realizamos el proceso nosotros mismos, condensado en el tiempo, por ejemplo, por destilación de la madera, mostrando la transición al carbón, conseguimos un carbón vegetal que es prácticamente carbono puro. Pero ese carbón, si ha sido recientemente calentado, no genera ningún vapor de agua al arder. Podemos aislar con ello una sustancia vegetal afín gracias a que extraemos la savia de los vasos vegetales endurecidos y dejamos que de ahí aparezca algo más acuoso-equilibrado: el azúcar, que se nos presenta en cristales claros, solubles en el agua; pero que todavía reúne en sí mismo lo combustible y lo ígneo-volátil. Con todo tipo de intervenciones artificiales podemos fortalecer o debilitar esas naturalezas. Una de esas intervenciones es la fermentación que nos lleva al alcohol. En él y en sus productos derivados éter y éster, la naturaleza del carbono ha sido tan intensamente transformada por lo acuoso o por lo ígneo-volátil que, al calentarlos, ya no se genera ningún residuo carbonizado. En la llama más o menos amarilla o que incluso genera hollín se muestra todavía la intervención de propiedades del carbono. Los productos de la combustión revelan también qué naturalezas hay que considerar. Si por ejemplo surge mucho vapor de agua, que es más ligero que el aire (formación nubosa ascendente), eso es síntoma de que la naturaleza ígneo-volátil es fuerte (naturaleza del hidrógeno). Con ese estudio de los productos de destrucción pretendemos crear una auténtica formación de conceptos químicos: no nos limitamos a reunir meras cualidades exteriores, sino que intervenimos y provocamos de manera inequívoca procesos naturales, acelerándolos o intensificándolos, nuevos fenómenos como destilación destructiva o combustión, o fermentación.

Junto al proceso de endurecimiento que lleva a la madera, la planta misma también nos da ejemplo de un proceso de “sutilización” (Goethe) que conduce de lo acuoso-foliar a la flor. Allí encontramos sobre todo las sustancias aromáticas, ígneo-volátiles, que apenas se presentan como masa. Imaginemos que el proceso de sutilización llega tan lejos que se ha superado cualquier resto de las otras dos naturalezas, entonces desembocamos en el hidrógeno como *el* elemento ígneo-volátil por excelencia. No es, pues, el fundamento, sino solamente la variante del hidrógeno llevada al extremo. Nuevamente, el estudio de los productos de combustión (puro vapor de agua) muestra la naturaleza interior, esta vez en su unilateralidad.

En cambio, si contemplamos la aparición de los frutos, podemos reconocer un regreso al reino generador de lo acuoso o también variaciones de las influencias endurecedoras como formación de caparazones, ácidos o aceites. En los aceites grasos lo ígneo-volátil ha sido captado en una nueva variación por la naturaleza

carbónica, de manera que la volatilidad ha desaparecido y se nos muestra solamente algo apáticamente ígneo, la grasa.

En la química del petróleo que, en la mayoría de los casos, hoy suele tratarse como "química orgánica", podemos descubrir todas esas tendencias y especializaciones de las cualidades. Ahí también se encuentran productos más o menos volátiles, gaseosos y líquidos, y hasta sólidos, negros e incluso aromáticos. En ese hecho se refleja el origen del petróleo del reino de lo vivo. ¿Pero acaso todas estas propiedades no actúan como espectros de las cualidades originales vivientes que en el petróleo solamente se despiertan a una vida aparente de "transformaciones"? Y aunque los alumnos hayan de echar una mirada en ese mundo aparente, no obstante la petroquímica, como las series homólogas de los alcanos, no puede constituir el punto de partida de nuestra época de química, pues en tal caso nos hallaríamos ante las sustancias más muertas, sin aquellas imágenes de su naturaleza, y no podríamos entender nada de su vinculación con la vida.

Si a la naturaleza de carbono (solidez), a la naturaleza acuosa (incombustibilidad) y a la naturaleza ígneo-volátil (hidrógeno) le añadimos como cuarta una naturaleza aérea que hace que las cosas sean volátiles-incombustibles (dióxido de carbono), podemos considerar esas naturalezas interiores como imágenes de los cuatro elementos. La acción de los elementos sobre la Tierra la señala Rudolf Steiner en su "Curso de ampliación"[3]

Es interesante que, inmediatamente después de que Rudolf Steiner diera sus indicaciones curriculares sobre química, hablara de la antropología: "Antropología: seguir con el estudio del ser humano para que se transmita una adecuada antropología a los niños. Eso tendría que ir intensificándose en círculos concéntricos de año en año escolar e ir acercándole el resto de las ciencias naturales." Así pues, la química también se orienta en torno al estudio del hombre y en el fondo no necesita de una sistemática propia, se vincula con una ordenación ya existente. Como maestro, uno se preguntará cómo hay que concebir el efecto del hidrógeno (como "fuerza" inmaterial) en el conjunto natural y en el ser humano; se podrá recurrir a las exposiciones de Rudolf Steiner en su curso de agricultura[4], en las conferencias a los trabajadores y en el contexto médico; lo mismo cabría hacer con el carbono[5]. Junto a nexos simples entre las sustancias, allí se habla mucho de efectos sobre los seres vivos, en los seres vivos y en la naturaleza en su conjunto. También podría decirse: se habla de lo etérico o más bien de las sustancias cercanas a lo espiritual. Por el contrario, en la época de química

3.- El conocimiento del ser humano y la configuraciñon de la enseñanza. GA 302. 6ª conferencia, 1921. Cuadernos Pau de Damasc Chile.

4.- Conf.del 11-6-1924 en el "Curso sobre agricultura biológico dinámica", GA 327. Conf.del 20-10-1923 en GA 351 (no traducido); conf.del 1-4-1920 en "Fundamentos de la Medicina de orientación antroposófica, GA 312 (ambos en Editorial Antroposófica). Y conf. del 22-10-1922 en " Geistige Zusammenhänge in der Gestaltung des menschlichen Organismus" GA 218 (Nexos espirituales en la formación del organismo humano" - No traducido).

5.- GA 327, 351, 312, 313.

al principio nos mantenemos plenamente en la sustancia física con sus propiedades exteriores y sus principios de reacción que surgen en el laboratorio. Y aun así puede estimular al profesor tener en cuenta esa ampliación aunque esta no esté expresada en principio de una forma que sea aplicable en clase. Una consideración totalmente inicial sería más o menos: Nos encontramos con lo ígneo-volátil en nuestro calor hirviente. Vivimos en él. En nuestro cuerpo sólido tenemos un proceso inherente mantenedor que solidifica. Lo acuoso fluye en nosotros desde la boca hacia dentro, lo vivenciamos cada vez que nos hacemos una herida; también como plasticidad de nuestro cuerpo. No se trata en absoluto de llegar a la “correcta analogía”, sino de regresar al ser humano con nuestro pensar cualitativo mediante esas naturalezas.

4. Visión general de los contenidos de clase

Resumiendo la sección anterior esta época de química puede adoptar más o menos los siguientes temas:

- El dióxido de carbono y la combustión (oxidación total), como equilibrio entre lo combustible y lo que enciende
- La destilación destructiva como liberación de lo combustible-volátil de lo sólido-extinguible.
- Añadir al azúcar tratado en el octavo año: la licuefacción y, con ello, la activación hacia el alcohol, el aguardiente.
- La formación de éteres como pérdida de lo acuoso.
- La fermentación del ácido acético - una oxidación parcial, es decir, el inicio de un equilibrio, de una aireación.
- La formación de ésteres como otra variante de superación de la naturaleza acuosa.
- Los aceites esenciales y las resinas de las plantas.

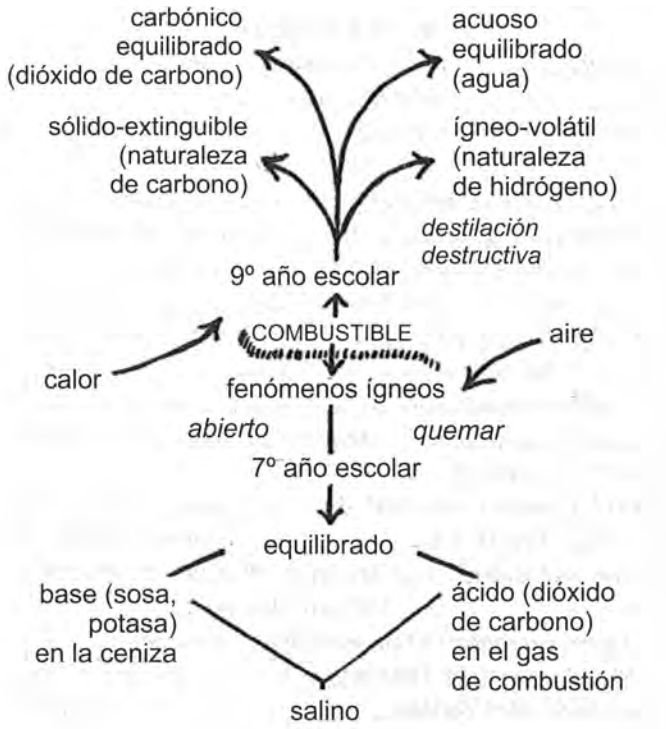
El inicio constituiría un tema en el fondo inorgánico (ácido carbónico y combustión). Aunque eso todavía no haga resonar el verdadero tema de la época, es decir, las sutiles transformaciones de las naturalezas internas, de alguna manera se ha demostrado útil como introducción para los que comienzan. Probablemente ello se debe a que los alumnos y profesores se sintonizan mejor entre sí en lo más objetual, meramente sustancial (aparición, propiedades, elementos contenidos en el aire), es decir, que entran mejor en el trabajo. El sentimiento de encontrarse con algo firme concreto y aprender algo importante (por ejemplo la composición del aire) es lo más favorable al inicio de una época. Los verdaderos pasos mentales en las transformaciones de las cualidades interiores de los organismos, donde la voluntad ha de penetrar con más intensidad en el pensar, se recuperan luego en un proceso de aprendizaje que ya está en marcha. Por tanto, con conceptos reciamente definidos, uno estimula una movilidad espiritual que luego, mediante los fenómenos que emergen de lo sutil, desemboca en un manejo inquisitivo y tanteador con conceptos abiertos.

Uno mismo tendrá que valorar si esa secuencia es necesaria. Cuando no lo era yo ya empezaba directamente con la combustión de madera y la destilación destructiva. La composición del aire se transmitía entonces sin ligarla más o menos con

experimentos separados y el dióxido de carbono se caracterizaba brevemente como un gas de combustión de la brasa del carbón vegetal.

También habría que considerar en qué período de tiempo se quiere introducir las tres naturalezas. Tal vez sea aconsejable ir desplazando el punto central a lo largo de los días: uno desarrolla primero la naturaleza sólida-extinguible, por ejemplo en los residuos de la combustión del carbón; lo acuoso tras la investigación del agua producto de la destilación destructiva; y en lo ígneo-volátil señala uno hacia el gas de la madera regresando a la madera. Para estudiar la transición entre azúcar de celulosa y el alcohol de celulosa tenemos las tres a nuestra disposición, lo mismo que para la transición hacia el éter, etc.

Excepcionalmente se dispone de muy poco tiempo para realizar o incluso preparar los experimentos, por eso se suele inaugurar la época con el comienzo de la fermentación y con el alcohol. La naturaleza sólido-extinguible y la acuosa se insertan luego con el azúcar o con la madera. Entonces hay que prestar atención a que los conceptos se desarrollen adecuadamente; didácticamente, el profesor lo tiene más difícil. ¡Pero ese salto al centro de la época puede estimular mucho a los alumnos! El siguiente esquema nos vuelve a mostrar los caminos:



Hay que ver cómo se organizan y separan los temas del séptimo y del noveno año, en qué medida parte cada uno de la combustión. En el octavo año lo combustible se había integrado plenamente en la envoltura de la alimentación. Se investigó a fondo la imagen fenoménica del almidón y de la proteína, del azúcar y de la grasa. Pero en el noveno año el elemento de la combustión se ve tensado en la polaridad de lo rígido y lo volátil; y se lo rastrea desde el carbono pasando por el reino vegetal hasta llegar al hidrógeno.

Pero hay que prevenirse frente a demasiada química inorgánica. El desarrollo científico orientado a lo causal material ha convertido toda la química en inorgánica, en realidad la ha convertido en física, en todo caso en el ámbito de la comprensión. Por el contrario, para la vida lo importante son las sustancias químicamente indefinidas que, procedentes de lo orgánico, vuelven a penetrar en la vida (alimentación, medicamentos, etc.). Y una química como asignatura de formación humana integral, como forma complementaria de ver el mundo no debiera desarrollar sus conceptos básicos de la mecánica molecular o de la técnica química. La técnica penetra en el mundo basándose en los conceptos inorgánicos aislados, como obra separada del cosmos. Deja fuera el mundo y la vida. Los conceptos mecanicistas básicos, aunque sean correctos técnicamente, no pertenecen al fundamento de una química que aspira a los conceptos cualitativos. Rudolf Steiner nunca dio indicación alguna para una materia de enseñanza puramente inorgánica en ninguna de los años escolares. (Y aun así los profesores de química a menudo tienden a fundamentarlo todo en la química inorgánica, pues así es como se educaron. De ahí tendríamos que lograr salirnos...)

5. Elementos metodológicos-pedagógicos

Al joven del octavo y noveno año escolar se le propone vincular con el mundo y la sociedad la independencia que se despierta en él, por la que se siente libre y a la vez se presenta dotado de fuerza, se le pide integrarse de alguna manera socialmente productiva. Lo primero que quiere es emular la obra visible exterior de otras personas y entender cómo llegan a las cosas. Quiere penetrar en ello con su propia capacidad de juicio para poderse adueñar primero del mundo más exterior: el de la técnica. Se reaviva el “interés por todo lo que tiene que ver con el mundo y el ser humano” (R. Steiner en la conferencia curricular del 6-9-1919, GA 295). La joven alma siente en sí misma recién despertada la fuerza para ejercer el poder, y también para entregarse plenamente a sus fuerzas personales de simpatía (afán de poder y erotismo[1]). Fuerzas y madurez corporales, independencia y resistencia frente a las normativas de las generaciones anteriores, ganas espontáneas de emprender cosas se presentan ante el mundo. Si la escuela y el hogar paterno no acogen esas fuerzas aplicándolas hacia el

6.- R Steiner, conferencias del 21 y 22 de junio de 1922 en el “Estudio Meditativo del Hombre” GA 302a, incluidas en la versión de Cuadernos Pau de Damasc Chile. 2012

exterior ni ayudan a integrarlas en el mundo, pueden surgir -según sea la predisposición- depresiones y hasta tendencia al suicidio en el alma del muchacho que se retrae en sí mismo, mientras que la muchacha se extravía en un mundo exterior superficial.

La ayuda que aquí puede ofrecerse con las clases consiste en parte en ofrecer una comprensión profunda de la tecnología, las condiciones del transporte y del mundo empresarial. ¿Cómo han modificado esas cosas la convivencia, la acción mutua entre las personas? Pensemos en el teléfono y las locomotoras en la clase de física. El raciocinio, el refinamiento, incluso la genialidad están al servicio de la comodidad, independizan al ser humano de las fronteras de la naturaleza. La técnica mana de determinadas ideas humanas sectoriales, pero exteriormente muy efectivas. Y también hoy sigue manteniéndose de ellas. Y aunque frente a la naturaleza en el sentido fenomenológico sean bien reducidas, contraídas a lo cuantitativo, no dejan de ser relativamente fáciles de entender mentalmente; ¡y se han hecho decisivas en el devenir exterior del mundo!

Mientras que en la física se habla de los dispositivos técnicos terminados, en la química lo es más de la tecnología usada con los aparatos de laboratorio (manipulación con gases), aparatos sencillos (extintor de fuego o una válvula de desahogo de presión), y se ocupa menos de la industria química, de la que se hablará en la tecnología química de duodécimo año escolar. En comparación con el séptimo año escolar, en el noveno año toda la forma de experimentación se transforma de manera característica. Durante el séptimo año se presentan grandes experimentos abiertos en los que el aire exterior colabora sin limitaciones; como un ilimitado mar de aire, por ejemplo en la combustión, en la disolución de cal con ácido, en la resolidificación. En octavo año todavía se cuecen y se descomponen cosas al aire libre. Uno empieza con el crecimiento del grano, pasa al molido de la harina, la criba, hasta el enjuague del almidón que luego es gelatinizado. Experimentos abiertos de quema (caramelización, y otros parecidos), la formación de gases desde la grasa hirviente y la cocción de clara de huevo que coagula forman parte de esa serie de equipos abiertos. En noveno año, sin embargo, los recipientes se cierran. El balón o matraz de destilación genera una pequeña esfera hueca, los tubos refrigerantes y los matraces de vidrio se parecen más a laberintos. Esas cámaras y tubos están llenos de gases desconocidos, no de aire o de humo de nuestro mundo. En ellos ha de vivir el alumno con su sensibilidad. Y eso sucede en variantes siempre nuevas: desde la sencilla destilación y la cocción con reflujo hasta la rectificación y destilación de vapor.

La transformación ascendente hasta las esencias volátiles, la liberación del “espíritu” del brebaje turbio y acuoso se le presenta al alumno en la imagen de una purificación, de una elevación, de una sublimación. Ahí se ve exteriormente algo parecido a un proceso anímico interior.

Ese tipo de destilaciones aparecen también como destilación destructiva en la que en noveno año se atrapa y bloquea el gas resultante de la combustión; algo parecido es la fermentación en la que se recoge el dióxido de carbono.

El impulso de la pubertad es adueñarse de los objetos sin tener en cuenta las consecuencias, e irrumpir en el entorno siguiendo sólo las propias ideas (como suele

hacer generalmente nuestra técnica). Al principio, el alumno puede activarse en el detalle técnico provocado y de ahí llegar a la comprensión y al propio juicio. Ante las grandes imágenes de la naturaleza se mantiene ahora pasivo, la voluntad todavía no puede reunirlas en una obra mental independiente, lo que busca se le escapa.

Si sólo se presentaran ante el alma imágenes de la naturaleza, el resultado sería que las energías volitivas se descargarían en otra parte, y en último término, caóticamente. Muchas cosas de la ciencia escolar en sus experimentos en esta edad actúan como un "hueso" que han de roer, pero que no deja de ser un hueso. Y el profesor ha de acercarlos una y otra vez a los nexos más profundos, fenomenológicamente más móviles: primero se los tiene en cuenta pero no se habla de ellos; luego se dan breves visiones de conjunto; y finalmente de la manera en que el profesor expone la ciencia objetiva en base a los fenómenos y nunca basándose en el modelo de representación de partículas y sus "enlaces" que no hace más que inventariar objetualmente qué sustancias se albergan allí como causas y dónde lo hacen.

6. Bibliografía:

Los libros que se mencionan a continuación pueden servir para profundizar y consolidar el tema durante la preparación:

Como libro de texto estándar de química orgánica en las universidades, muy convincente por su clara estructuración y por contener también muchos hechos de la química tecnológica, cabe mencionar el de Hans Beyer: Manual de química orgánica, de Editorial Reverté (*Original: Lehrbuch de organischen Chemie, S.Hirzel Verlag, Leipzig*)

Se encuentran amplias exposiciones del ámbito de la tecnología química aquí tratado en el libro de Winnacker-Küchler: Chemische Technologie, Band 3, Carl Hanser verlag, München, 1972 3 Auflage (hay muchos más tomos).

Para una estructuración fenomenológica de la enseñanza de la química en las escuelas Waldorf véase el amplio esfuerzo realizado por Frits H. Julius en su libro Stoffwelt und Menschenbildung, Teil 1 (*Mundo de la sustancia y la educación del hombre, primera parte*), Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart 1978, 2ª edición.

Experimentos muy ilustrativos e interesantes reflexiones describe Gerhard Ott en "Grundriss einer Chemie nach phänomenologischer Methode (*Manual de una química según el método fenomenológico*), Tomo II. R.G. Zbinden & Co. Verlag, Basilea 1960.

Un estudio del carbono y del hidrógeno parecido al que se pretende aquí lo encontramos, junto con todo un sistema de química, en Rudolf Hauschka: Substanzlehre (*Teoría de la sustancia*), Vittorio Klostermann Verlag, Frankfurt. Existe versión en inglés: *The Nature of Substance*, Rudolf Steiner Press.

Descripciones detalladas de experimentos - especialmente para la presentación de determinadas sustancias, se encuentran en Arendt-Dörmer: Technik der Experimentalchemie (*Técnica de la química experimental*), Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg 1969.

Interesantes elementos sobre alimentos y sustancias estimulantes pueden encontrarse en los siguientes libros de texto:

F.Hauschild: Pharmakologie und Grundlagen der Toxikologie (*Farmacología y fundamentos de la toxicología*), Georg Thieme Verlag, Leipzig

J. Schormüller: Lehrbuch der Lebensmittelchemie (*Tratado de química alimentaria*), Springer Verlag, Berlín.

Sobre los beneficios, propiedades y aplicación de los aceites esenciales, véase por ejemplo:

J. Janistyn: Handbuch der Kosmetika und Riechstoffe (*Manual de cosméticos y sustancias aromáticas*), 2. Band: Die Parfümierung; Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg.

K. Bournot Rohrstoffe des Pflanenreichs, Ätherische Öle (*Materias primas del reino vegetal, aceites esenciales*), J.Kramer Verlag.

ENSEÑANZA DE LABORATORIO (prácticas escolares)

Vinculándose a los temas de la enseñanza de la química del octavo y noveno año escolar desarrollé y puse a prueba dos proyectos para épocas de trabajo docente:

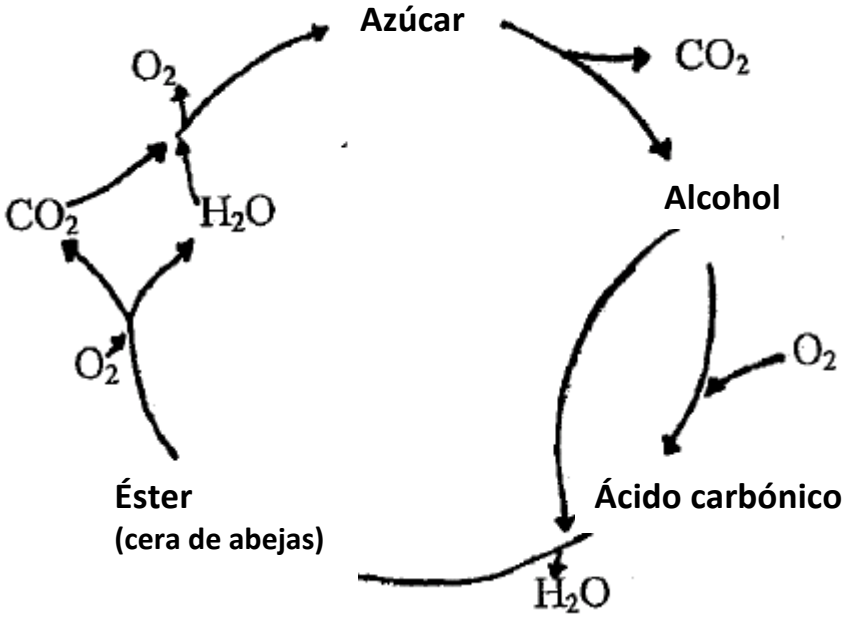
1. PRODUCCIÓN DE ALCOHOL. Destilación, rectificación, producto final agua de colonia o agua del carmen, punto de partida: uvas pasas.
2. FABRICACIÓN DEL JABÓN. Con colores y aromatización del jabón duro.

Ambos en “Laborunterricht in Chemie” (*Enseñanza de la química en laboratorio*)

Dirk Rohde, “Was heisst ‘lebendiger’ Unterricht?” *(¿Qué significa una enseñanza ‘llena de vida’?*), 2003

El ciclo del carbono: hace tiempo (según el punto de vista hasta se podría decir desde la antigüedad) que muchas personas han trabajado y trabajan intensamente en su esclarecimiento y ya se ha podido obtener una gran cantidad de conclusiones. El carbono es un elemento químico muy especial: es (a la par del agua) la clave para todos los procesos vitales y con ello le confiere a toda la Tierra muchos rasgos característicos decisivos. También el conocimiento de su ciclo como substancia me parece de enorme significación. La idea de que las substancias en el mundo entero circulan y que todo está unido con todo no sólo en dar y recibir, no sólo de un modo entrelazado, sino en ciclos con conformaciones que se metamorfosean, es, a mi entender, una noción que la ciencia natural recién ha conquistado verdaderamente en los últimos cien años y que comienza a moldear más y más fuertemente nuestra visión del universo. Por ello cada alumno debería poder entrar en contacto siquiera una vez durante las clases de química con un ciclo tal, por ejemplo el del agua, de una mercancía, del carbono o con otro ejemplo adecuado. Por regla general los alumnos hoy en día incluso deberían conocer varios de estos ciclos durante su escolaridad secundaria.

El currículum Waldorf para la enseñanza de química en 9º año se puede interpretar de manera tal, que busca brindar una introducción a algunos de los grandes rasgos fundamentales del ciclo del carbono. En cuanto a lo substancial, lleva del azúcar, pasando por los alcoholes, a los ácidos carbónicos y luego a los ésteres (y de paso también a los éteres); en cuanto a lo procesual, de la fotosíntesis, pasando por la fermentación alcohólica y acética hasta la esterificación (y la deshidrogenación) y como substancias acompañantes aparecen continuamente dióxido de carbono, agua y oxígeno. Esto se puede comprender como un ciclo, siendo oportuno agregar la combustión:



Si bien la cera de abejas no es un éster verdaderamente típico (en comparación con aquellos que se pueden producir fácilmente en clase, como por ejemplo acetato de etilo, y también por principio: desde el punto de vista químico la cera de abejas es una mezcla de substancias, en la cual están fuertemente implicados los ésteres, pero también se agregan otras clases de substancias[1]), tiene la gran ventaja de que con ella se llega con naturalidad a la combustión. Y a través de la combustión se puede cerrar bien, tanto experimental como fenomenológicamente, este ciclo del carbono. A la vez el mismo es más fácil de comprender que si se toma el camino mucho más complicado pasando por el metabolismo humano y animal, que también lleva a la liberación de CO_2 y H_2O.

Este ciclo, que da una primera impresión del ciclo del carbono, es el concepto básico de mi época de química en el 9º año. Por un lado los conocimientos de química provenientes del 7º y 8º año pueden ser retomados, ampliados y elevados a un nivel más amplio. Por otro lado de este modo esa ampliación y profundización se puede prolongar de un modo ideal hasta terminar la secundaria (por ejemplo se tiene así una buena base para el ciclo del ácido cítrico).

En principio la introducción al tema del ciclo se puede abordar desde todas las cinco transiciones procesuales: por ejemplo por fermentación de fruta (producción de alcohol, para lo cual es propicio el otoño); por fermentación acética; por producción (eventualmente obtención) de ésteres; por indagación de la combustión de un compuesto de carbono e hidrógeno; y por experimentos relativos a la fotosíntesis. Yo probé diversas variantes. Para la intervención activa y autónoma de los alumnos, el entrar en contacto con la técnica

[1] Meroth en "Natur" Nº12/1978, pág. 80

experimental y el desarrollo y la exploración de cuestionamientos científicos, según mi experiencia el abordaje del tema del ciclo a través de la indagación de una combustión es el más apropiado. Justamente ésas son las metas que quiero alcanzar en un 9º año, para encauzar a tiempo la enseñanza Waldorf fuertemente centrada en el docente en el 7º y 8º año, hacia formas de aprendizaje cada vez más independientes, que finalmente desembocan en el bachillerato. Por eso se me planteaba la pregunta si la obra didáctica "Kerze" *("Vela")* [2] no podría ayudar a optimizar la primera parte de la época de química en el 9º año y así alcanzar más fácilmente las metas propuestas.

Para todo el ciclo se necesitan tres semanas de época, o sea aproximadamente 15 a 18 horas dobles, si el objetivo es realizar muchos experimentos con los alumnos, profundizar aspectos aislados e incorporar algunos temas secundarios (en especial la posición de los animales y del ser humano con respecto al ciclo). Para la "Vela" calculé la primera semana, o sea aproximadamente 6 – 7 horas dobles y con ello un tiempo relativamente largo, porque aquí, a la par del tema en sentido estricto, a la vez abordo conceptos fundamentales que reaparecerán muchas veces durante las próximas dos semanas y entonces sólo tienen que ser retomados. Por eso para los otros cuatro procesos químicos (ver imagen de arriba) las horas dobles restantes son suficientes. Si dispongo de cuatro semanas de época, todavía agrego algunos temas referidos a la práctica que emergen directamente de lo enseñado, por ejemplo elaboración de vino y cerveza, cosméticos, aromas para alimentos, saponificación.

[2] Michael Faraday, "Naturgeschichte einer Kerze" *("Historia natural de una vela")*, Editorial Franzbecker 1979

Frits H. Julius “Grundlagen einer phänomenologischen Chemie” (Fundamentos de una química fenomenológica) Parte II 1988

Sales, ácidos y bases

Sinopsis de la enseñanza de química en el 10º año escolar

Cristalización en las sales

En este año escolar se parte de las sales, o sea de las substancias que en su estado cristalizado son totalmente tierra, pero tierra fuerte y regularmente conformada y totalmente transparente.

Con ello ya tenemos el tema que es particularmente importante para los niños de esta edad. Ellos han atravesado la pubertad, los delicados lazos que aún tenían con el cosmos han sido cortados en su mayor parte. Ahora se han hecho ciudadanos plenos de la Tierra y tienen que aprender a orientarse con pensamientos claros en este ámbito que aún es nuevo para ellos. Su vida, que para su conciencia ahora se desarrolla en primera instancia sobre la Tierra, tiene que ser compenetrada por el pensar. Su pensar se tiene que tornar tan potente como para poder ordenar el caos de los fenómenos individuales, pero también tiene que ser tan sutil, tan “dócil”, como para poder captar verdaderamente la noble estructuración del universo en su conjunto.

Toda la época debería tener el siguiente estilo: una estructura del pensar clara, fuertemente resaltada, que ordena la multiplicidad de fenómenos, lo que permite iluminarla conceptualmente e incluso manejarla. Al reflexionar sobre el estilo de esta época realmente podemos poner frente a nosotros a modo de ideal un cristal de sal de forma noble y bella coloración.

Comenzamos por presentar una serie de sales. Es bueno utilizar desde el comienzo ciertos artilugios como para que la impresión sea lo más elocuente y característica posible. Una substancia transparente como ésta con sus superficies brillantes se destaca menos sobre un fondo de papel blanco. Sobre papel negro y con iluminación de costado muestra una belleza conmovedora.

Quizás antes de eso aún podamos dejar cristalizar algunas sales: sal de cocina, sulfato de cobre, nitrato potásico y otras. Nos presentarán un brillo maravillosamente fresco y bello si aplicamos la iluminación correcta.

Si ahora nos referimos a la esencia de la sal, debemos recalcar la forma magníficamente rigurosa, la transparencia y claridad. Sin embargo, el verdadero milagro recién se manifiesta notoriamente si contemplamos a la sal

en relación con la totalidad de la naturaleza. La sal es tierra, es materia pesada, inmóvil, y a pesar de ello se abre en gran medida al juego de la luz. En realidad lo terrestre, el ámbito que está debajo de nosotros, es apático, oscuro y agobiante, mientras que la luz, que está por arriba, teje en un mundo muy sutil, claro. Existe el mayor contraste imaginable entre el ámbito de la luz allí arriba y el ámbito de la gravedad, allí abajo. El cristal de sal, que en realidad pertenece al ámbito de la pesadez, con todo está abierto en gran medida a las radiaciones del ámbito lumínico.

Para nosotros mismos podemos tener en cuenta lo siguiente: en tiempos muy remotos la materia fue secretada por el ámbito de la luz y densificada. La luz se ha hecho delgada, la materia ha perdido su capacidad de irradiar luz desde dentro y está a merced de la gravedad. Tales cristales muestran en medida extrema ese haber sido abandonados por la luz. En su esencia son portadores del recuerdo de la luz; pero justamente por eso pueden causarnos una impresión hueca, vacía. Si se los ilumina como para que parezca que se iluminan desde dentro, se logra un gran efecto. En cierta manera se los rescata de su caída y se los devuelve a su origen. Eso se puede lograr de diferentes maneras. Por ejemplo se puede tomar una tira de papel negro y cortar en ella pequeñas aberturas. Frente a cada abertura se coloca un bello cristal. Si se oscurece la habitación y se iluminan sucesivamente las aberturas, los cristales irradian una luz maravillosa. También se puede provocar una cristalización frente a un fondo oscuro con una potente iluminación lateral. Se toma por ejemplo una solución saturada de sal de mesa y se le agrega ácido clorhídrico concentrado. Eso puede producir un espléndido refulgir, a pesar de que los cristales frecuentemente son tan pequeños que no se los puede diferenciar claramente. Si los cristales son un poco más grandes, se ve cómo nacen conformando una delicada nubecita y descendiendo lentamente al fondo, relucientes y delicados como nieve recién caída.

Si se quiere experimentar en grande, se puede tomar un matraz de Erlenmeyer de 3 litros de contenido y verter en él una solución más o menos saturada de solución de nitrato potásico caliente. Si se la deja enfriar muy lentamente dentro del matraz bien envuelto, los cristales asumen formas fascinantes con delicados juegos de colores y gran transparencia.

En la cristalización en general, pero en especial en la de sal de cocina, se tiene ante la vista una imagen del primer surgimiento de la materia, de la condensación primigenia del espíritu en materia. Se produce una especie de caída, una expulsión de un mundo originario, pero en la maravillosa pureza queda conservado el recuerdo del origen.

Es bueno hacer que los alumnos sientan plenamente cómo en el estado líquido todo está en movimiento fluyente, arremolinado, y cómo la cristalización es como una protesta eternamente reiterada contra el estado líquido. Una y otra vez sale abruptamente del líquido un poco de sal y adquiere una forma sólida y filosa, delimitada por superficies planas; o sea que una y otra vez el movimiento fluyente es interceptado. En particular en los cristales cúbicos como los tiene la sal de cocina, esto es bien evidente. Una cristalización así se compone de muchos saltos de un estado al otro, los cuales son especialmente dramáticos. Siempre de nuevo se produce una transición que en realidad parece imposible, pero que con todo se produce.

Ahora es tiempo de buscar la sal en nuestro cuerpo. La encontramos ante todo en el esqueleto. También éste se forma mediante el depósito permanente y la fijación de materia salina de la sangre en circulación. Pero lo asombroso es que en este caso la sal no asume su propia forma, sino que se adapta plenamente a los requerimientos del cuerpo.

Si uno cree poder hacerse cargo de ello, se puede señalar específicamente en el caso de la cristalización de sal de mesa, que aquí tenemos frente a nosotros algo que se cumple en modo muy sutil en nuestro organismo, cuando formamos un pensamiento. Así como en el exterior la tierra se abre a la luz en el cristal de sal, del mismo modo en nuestro interior la materia tiene que asumir forma cristalina, si nuestros órganos corporales quieren en cierta manera hacerse transparentes para la realidad espiritual, cuya expresión son los pensamientos.

Fenómenos en la disolución de sales

Una vez que uno se ha dedicado intensivamente a estos temas durante algunos días, se pasa a la disolución de sales. Por ejemplo se introduce un cristal en un vaso de precipitados con agua y se insta a los alumnos a observar lo que ocurre. El cristal se va achicando progresivamente y asume formas redondeadas. A su alrededor el agua se tiñe del color del cristal. La sal que primero estaba atrapada en sus paredes ahora se suelta y derrama en el entorno. Es como un anhelo del infinito, de una propagación y dilución incontenibles.

La cristalización es una constante desintegración en la multiplicidad, una especie de fragmentación, pero también un retrotraerse a la delimitación de las propias formas específicas. Si se tienen distintas sales en la solución, se verá que al cristalizarse cada una de ellas por separado asumirá su propia forma. Al

disolverse ocurre el proceso inverso. Los numerosos cristales de una sal se funden con el agua en una unidad. E incluso hay sales muy diferentes que pasan conjuntamente a la solución sin entorpecerse mutuamente.

Un proceso de disolución particularmente hermoso se produce si en un recipiente cilíndrico de vidrio lleno de agua se cuelgan desde arriba algunos cristales de permanganato de potasio. Por ejemplo se los puede pegar con un poco de vaselina a un corcho flotante o a lo sumo colgarlos envueltos en un trozo de papel de filtro. La solución intensamente violeta bajará al fondo, provocando cantidad de delicados remolinos. Lo mejor es colocar todo frente a un fondo blanco fuertemente iluminado. Entonces también se puede ver el efecto desde una distancia mayor.

Ahora es el momento de tratar en forma provisoria toda una serie de conceptos, que más adelante se tienen que desarrollar con mayor exactitud, para que, a su tiempo, también se puedan realizar cálculos. Solubilidad, concentración, solución saturada, insaturada, sobresaturada, agua de cristalización, difusión, ósmosis, calor de disolución y de cristalización, elevación del punto de ebullición, depresión del punto de fusión. Al respecto cabe señalar que todos estos conceptos pueden ser asociados con la vivencia anímica de la dinámica interna de los fenómenos, y que recién más adelante se debería deducir de allí la denominación matemática. Si en ello no se procede con mucha precaución, sólo se brinda un aporte a algo que ya de por sí se está cultivando en demasía: se conforman conceptos que son muy exactos y que ofrecen la posibilidad de manejar prácticamente los fenómenos, pero que son poco apropiados para crear una imagen viva de la realidad. Con este tipo de conceptos en los últimos siglos el ser humano se ha alejado cada vez más de la naturaleza, se ha convertido cada vez más en prisionero de su propia vida racional. Nuestra meta es conservar en el niño algo del vínculo que él tiene con el mundo que lo rodea. Tenemos que enseñarles a los alumnos a desarrollar pensamientos de tal índole, que no escindan el vínculo con el mundo, sino que lo eleven de la esfera de las sensaciones puramente instintivas a una esfera en la que reina la exactitud consciente.

En todo esto naturalmente es bueno y necesario no perder de vista las manifestaciones vitales, ante todo las del ser humano. Algunas menciones pueden mostrar en qué dirección se puede buscar este objetivo.

Ya hemos tratado la relación entre el pensar y la cristalización, también la formación del esqueleto. También se puede hacer referencia a cómo el envejecimiento va acompañado de un permanente depósito de sales en el esqueleto y finalmente también en las paredes de los vasos sanguíneos.

Al dormir se disuelve mucho de lo que se depositó durante la vigilia. Durante el crecimiento del esqueleto se produce una constante disolución de determinadas partes, mientras que en otros sitios se vuelve a depositar substancia nueva.

Se puede hablar de la sangre como de una solución salina, de los riñones como de severos reguladores de la salinidad. Este nivel fijo de sales a su vez está íntimamente relacionado con el hecho de que los tejidos, y en especial los glóbulos rojos, dependen de una presión osmótica muy exacta. Eso tiene que ser tenido en cuenta en caso de transfusión de sangre después de una hemorragia intensa. Se puede hacer referencia a los problemas de ósmosis que enfrenta un salmón al pasar de agua dulce al agua salada y viceversa. Se puede decir que una rana no bebe, pero que no hay más que sumergir en agua un dedo de una rana semideshidratada, para restablecerla por completo.

Así existen muchos ítems, una parte de los cuales es importante y debería ser tratada indispensablemente, mientras que otros pueden ser elegidos a voluntad.

Descomposición de las sales por fuego. Base y ácido

Una vez que de esta manera se han analizado exhaustivamente los fenómenos relacionados con las sales, en especial aquellos que se presentan en la interacción con el agua, se puede investigar cómo actúa el fuego sobre las sales. Por ejemplo se sostiene un pedacito de sulfato de cobre azul en la llama de gas. Se verá que poco a poco va perdiendo su transparencia. Primero se torna blanco mate, luego marrón y hasta negro. Se convierte en una masa inerte, terrestre, insoluble. Si se calienta el cristal dentro de un tubo de ensayo resistente al fuego, se observa cómo primero se desprende el agua de cristalización en forma de vapor. De esa manera surge la masa color blanco lechoso. Luego emana un gas ácido burbujeante. Ese gas tiñe de rojo el papel de tornasol azul.

Si se calienta una sal como afronitro, nitrato de calcio, se desprenden vapores marrones, ácidos, y queda una masa químicamente activa, bastante soluble, de color blanquecino. Esa masa tiñe de azul el papel de tornasol rojo. Estamos en presencia de descomposiciones de substancias. De una única substancia, que para nuestra percepción forma una unidad completa, surgieron otras substancias muy dispares. La substancia inicial desapareció en la medida en que se generaron substancias nuevas. Éstos son ejemplos típicos de la descomposición de sales. Ahora debemos dirigir nuestra atención a la

transición, al “intervalo” entre el primer estado de la substancia y el subsiguiente, tal como ya lo hicimos en la cristalización. Pero en este caso nos limitamos a lo más importante, en la medida en que aquí no tenemos en cuenta al agua de cristalización. O sea que vemos cómo una substancia transparente, bien conformada, pasa a ser una masa amorfa. El “recuerdo de la luz” del que hablamos desaparece, y en su lugar aparece algo que nos causa una impresión terrosa.

Si dirigimos nuestra atención específicamente al “intervalo” en la formación de vapor, veremos cómo una substancia pesada, inerte, muy demarcada, libera una substancia aeriforme, que se esparce finamente. La sal en reposo se transforma en parte en un gas en movimiento, activo, en este caso incluso agresivo.

Primero teníamos un trozo de tierra que se abría a la luz. Ahora por un lado tenemos tierra que se cierra a la luz, y por otro lado una substancia que busca el ámbito lumínico y se identifica con él. La substancia que permanece en reposo ha conservado la solidez de la sal. Por ello se la llama la base. La substancia que se libera se ha llevado la transparencia.

Ya hemos hablado anteriormente de que resulta económico diferenciar entre aquellos puntos que se tratarán con mayor detenimiento, y otros en los que no se hace mucho más que enumerar los hechos. Ese principio se puede aplicar aquí.

Una vez que se ha analizado detenidamente la formación del estado ácido y básico de las substancias a partir de la descomposición de la sal, enseguida se pueden enumerar los nombres de los ácidos y las bases más importantes:

Algunas de las bases más importantes	Algunos de los ácidos más importantes
soda cáustica	ácido sulfúrico
potasa cáustica	ácido sulfuroso
cal hidratada	ácido nítrico
magnesia	ácido nitroso
amoníaco	ácido clorhídrico
óxido de hierro	ácido fosfórico
óxido de cobre	ácido fosforoso
etc.	ácido carbónico
	ácido silícico etc.

Se puede presentar estas substancias y a la vez, si se dispone de tiempo suficiente, caracterizarlas un poco sobre la base de manifestaciones típicas.
Luego se analiza más extensamente el estado ácido y básico. Por ejemplo se colocan tres vasos de precipitados llenos de agua, teñida con solución de tornasol. En el vaso izquierdo se vierte un poco de soda cáustica, de manera que el líquido se torne azul, en el vaso derecho, ácido clorhídrico, de manera que el líquido se vuelva rojo. Luego se agrega ácido clorhídrico a la izquierda y soda cáustica en el derecho, con lo cual se intercambian los colores.
Se les puede hacer entender a los alumnos que el rojo es una manifestación característica del ácido activo, agresivo, y el azul de la base, que es más pasiva. En este contexto tiene menor importancia que existen otros indicadores que señalan el grado de acidez a través del color y con los cuales aparecen colores muy diferentes; son productos artificiales que tienen poca relación con la vida en la naturaleza. En cambio el tornasol nos muestra la manifestación original y típica que hemos desprendido de la naturaleza viva y que presentamos ahora en la mesa de laboratorio.
A pesar de que el tornasol se obtiene a partir de un liquen, de todos modos tiene el carácter de un pigmento floral. Ahora se hace referencia al frecuente cambio de pigmentación en flores, por ejemplo en las nomeolvides de rojo a azul. Quizás se pueda mostrar que también se puede utilizar jugo de repollo colorado en lugar de tornasol.
A continuación podemos aprontar tres recipientes: soda cáustica diluida, ácido clorhídrico diluido y agua de red. Si se desea, se puede agregar un poco de solución de tornasol a cada uno de los tres. Luego se puede hacer pasar a toda la clase y sentir cómo la primera substancia deja los dedos resbaladizos, la segunda, ásperos. El tercer recipiente sirve para enjuagar los dedos. Se les recuerda a los alumnos cómo, al sumergir la mano en una solución de detergente o carbonato de sodio, se tiene la misma sensación resbalosa.
Luego buscamos dónde en nuestro cuerpo se encuentran ácidos y bases. Toda nuestra piel es levemente ácida debido a la transpiración. En cambio nuestra sangre tiene que ser levemente básica. Nuestra saliva es algo básica, nuestro estómago es bastante ácido, el intestino vuelve a ser básico. En general podemos decir que todo lo dirigido hacia fuera es ácido en mayor o menor medida, todo lo dirigido hacia adentro, básico. El estómago, además de su función recolectora, en primera línea también tiene la misión de rechazar influencias nocivas provenientes de la alimentación ingerida. Prácticamente ningún nutriente ingresa a la sangre a través de la pared del estómago. Un músculo que se tensa tiende más en dirección ácida; al relajarse vuelve a preponderar lo básico.

En el año 1929 apareció un librito “Diez años de Escuela Libre Waldorf”[1]. En él se encuentra un artículo muy sugestivo de Eugen Kolisko “Devenir y configuración de la enseñanza de las ciencias naturales en la Escuela Waldorf”[2]. En él Kolisko cita una afirmación de Rudolf Steiner en una clase en la que justamente se estaba tratando la formación de ácidos y bases: “Han visto todo esto que se les ha mostrado. Ahora piensen también qué de todo ello ocurre en sus cuerpos. Si mueven sus extremidades, siempre se forma un poco de ácido; pero cuando están totalmente quietos y sólo se esfuerzan con la cabeza, entonces se forma algo semejante a lejía en sus cerebros.” Un comentario como éste es casi más importante para el docente que para los alumnos. Indica en qué dirección hay que orientar la búsqueda.
Luego también se pueden identificar los ácidos y las bases en los animales. Diversos animales combaten con la ayuda de ácidos. Las hormigas incluso los lanzan como chorro al enemigo desde una considerable distancia.
En las indicaciones curriculares Rudolf Steiner pone especial énfasis en el tema de las abejas, en la contraposición entre el jugo alimenticio ácido y la sangre alcalina[3].
En este contexto también es particularmente interesante el contraste entre tipos de suelos ácidos y básicos.

Formación de sales a partir de ácidos y bases

Ahora pasamos a la acción recíproca de ácidos y bases. Tomamos por ejemplo un vaso de precipitados lleno de agua, vertemos óxido de cobre en él, con lo cual el agua clara se vuelve oscura y turbia. (Se puede producir el óxido de cobre previamente a partir de solución de sulfato de cobre caliente y soda cáustica caliente. El óxido de cobre obtenido de esta manera reacciona más rápido.) A continuación se agrega ácido sulfúrico diluido. Se observará cómo se aclara la masa oscura, convirtiéndose en un líquido azul cristalino. También se puede calentar previamente el agua, entonces todo ocurre más rápido aún. Si

[1] Número extraordinario de la revista “Zur Pädagogik Rudolf Steiners” (*“La pedagogía de Rudolf Steiner”),* Año III 1929, Nº 3/4.

[2] Contenido también en la presente compilación de textos (Nota de D. Rohde).

[3] Conferencias de Rudolf Steiner con los docentes de la Escuela Libre Waldorf en Stuttgart 1919-1924. Impresión de manuscrito, Nº 3, enero-noviembre 1921. Stuttgart 1962. Ver 17.6, página 41 (ahora también en la edición general GA 300b).

se ilumina desde abajo el vaso de precipitados, que no debe ser demasiado pequeño, entonces el proceso también se puede ver desde una distancia mayor y muchos detalles apasionantes se pueden observar con mayor claridad. Este ensayo nuevamente nos permite reconocer determinada característica de los ácidos. Tienen la capacidad especial de devorar lo que es demasiado terrestre y abrirle un camino a la luz. Precisamente a través de la iluminación se pone bien de manifiesto este efecto del ácido. Si se evaporara la solución azul, se obtendrían las laminillas transparentes, de forma noble y color azul intenso, de los cristales de sulfato de cobre. Se ha producido un proceso de un dramatismo similar al de la descomposición de la sal. Aquí una masa sin brillo y sin forma se convierte en cristales brillantes. Y un ácido activo, agresivo se convierte en una sal inactiva, estática.

Ahora podemos verter ácido clorhídrico concentrado en un tubo de ensayo; en la superficie se lo pone en contacto con un pedacito de soda cáustica. Se escuchará un fuerte chisporroteo, mientras que una cantidad de cristales salinos se desparraman y caen hacia abajo como nieve. También se puede realizar el ensayo de manera tal que llegue a provocar cierta sensación. Para ello se coloca el tubo de ensayo con el ácido clorhídrico en el soporte y se deja caer en el ácido el trozo de soda cáustica. El líquido comienza a hervir fuertemente y el tubo de ensayo comienza a bailar hacia arriba y abajo.

Una vez que de este modo se han tratado exhaustivamente diversos casos de formación de sal, se puede volver a dar muchos contenidos de la materia en forma sinóptica.

Se habla de la regla según la cual en principio se puede combinar cualquier ácido con cualquier base obteniendo siempre una sal. Eso se puede representar esquemáticamente de la siguiente manera:



Después se habla de la denominación de las sales y se confecciona una lista de los ácidos y las sales correspondientes. Luego se hace una lista de los nombres usuales en la vida cotidiana junto con sus nombres científicos.

Pasaje a las ecuaciones químicas

Ahora se muestra cómo las reglas generales para la descomposición y la formación de sales pueden ser llevadas a esquemas simples:

		↗	ácido
descomposición de sal:	sal		
		↘	base

o más abstracto aún:	sal	→	base + ácido

formación de sal:	base + ácido	→	sal + agua

De estos esquemas generales luego se pueden deducir reacciones especiales, insertando los nombres correspondientes. Como por ejemplo

soda cáustica + ácido sulfúrico	→	sulfato de sodio + agua
hidróxido de calcio + ácido carbónico	→	carbonato de calcio+ agua

o una descomposición de sal:

carbonato de calcio	→	hidróxido de calcio + ácido carbónico

Así se van sentando paso a paso las bases para el posterior trabajo con ecuaciones y fórmulas químicas.
En realidad no es posible introducir ya las fórmulas en el programa del 10º año. Si se transita consecuentemente el camino del todo a las partes, si se considera el todo como lo primario y las partes resultantes del mismo como lo secundario, simplemente no se llega tan lejos. Además no es posible aún tratar los elementos químicos en forma tan exhaustiva y vívida como para poder contraponerle una abstracción tan avanzada. Si se hace de todos modos, fácilmente podrá aparecer una separación entre los alumnos. Los más intelectuales quizás caigan en la ilusión de que recién ahora lo han comprendido plenamente, siendo que en verdad han perdido la conexión con la realidad y además no han captado a fondo la problemática de las fórmulas. El sistema de fórmulas pasa a ser un juego intelectual. Para los menos intelectuales las fórmulas se convierten en una barrera más o menos incomprensible e infranqueable, que les quita el coraje de profundizar verdaderamente en el mundo de las substancias.
A ello se suma otro punto importante. Al comienzo de las exposiciones sobre el 10º año habíamos visto que debemos prestar especial atención a una secuencia del pensar clara y transparente. Las ecuaciones generales como las

de la descomposición y la formación de sal satisfacen plenamente esta exigencia, mientras que las fórmulas completas llevan incorporadas tantas circunstancias que decae considerablemente la clara visión de conjunto.
Veremos que es mejor demorar el tratamiento de las fórmulas hasta el 11º año.
Las fórmulas además tienen la desventaja de que involuntariamente desvían la atención del hecho de que cada substancia, sea un elemento o un compuesto, se presenta como unidad completa. Si se expresa la denominación “ácido sulfúrico”, ella está en armonía con esa unidad. Si se escribe la fórmula H_2SO_4, la atención se centra en que esa substancia puede ser compuesta a partir de otras substancias.
Con todo es posible acortar un poco más nuestras ecuaciones generales y así hacerlas más abarcables. Lo hacemos de la siguiente manera:

base + ácido → sal + agua
B + A → BA + agua

sal + agua → base + ácido
BA + agua → B + A

La fórmula BA para una sal en realidad también ya es demasiado analítica, pero en última instancia toda abstracción, incluso la más cautelosa, conduce fuera del ámbito de la realidad. Probablemente haya que condescender con eso.
Si en el tratamiento del contenido hemos arribado a este punto, hemos llegado a un hito muy importante. Ahora los alumnos tienen a su disposición el bagaje necesario para no sólo poder aprehender claramente los procesos, sino también saber de antemano cómo va a transcurrir un proceso químico. Incluso pueden hacer que los procesos transcurran de acuerdo a una planificación previa. Si por ejemplo se quiere obtener nitrato de cobre, hay que dejar interactuar hidróxido de cobre y ácido nítrico. Los alumnos pueden hacer predicciones en este campo y comprobar mediante el experimento si estaban en lo cierto.

Relaciones de peso

Si se tiene la intención de introducir más tarde los conceptos de peso atómico y peso molecular, no me parece inapropiado señalar en este punto que todos estos procesos se cumplen de acuerdo a relaciones fijas de peso. Cuando todavía no hace falta hacer cálculos rápidos, este hecho puede ser tratado con mayor facilidad como expresión de una armonía estricta de la naturaleza; en

cambio más adelante ya no sería posible. Se puede partir convenientemente de los pesos equivalentes, por ejemplo:

soda cáustica	40
ácido sulfúrico	49
sulfato de sodio	71
agua	9

soda cáustica + ácido sulfúrico → sulfato de sodio + agua
40 + 49 → 71 + 2 x 9

Me parece imprescindible permanecer estrictamente en el ámbito de los números abstractos, pues sólo así se hace evidente que se trata de relaciones de peso y no de pesos absolutos. Ateniéndose a esto, se pueden realizar cálculos sencillos. Por ejemplo se pregunta cuánto sulfato de sodio se obtiene si se toman 80 gramos o se toman 2 gramos de soda cáustica.

soda cáustica + ácido sulfúrico → sulfato de sodio + agua

40 : 49 : 71 : 18

80 : 2 x 49 : 2 x 71 : 2 x 18

$2 : \frac{49}{20} : \frac{71}{20} : \frac{18}{20}$

Si a los alumnos se les da una lista de los pesos equivalentes, se puede realizar todo tipo de cálculos.

Oxígeno – oxidación – combustión y formación de óxido

Ahora mostraremos que los ácidos se forman a través de la combustión de diferentes substancias, y las bases a través de la oxidación de los metales. O sea que tenemos que analizar más a fondo el papel que desempeña el oxígeno en la formación de ácidos y bases.
Al respecto se puede proceder históricamente y exponer cómo el oxígeno fue descubierto por Priestley. Así no sólo se tiene la gran ventaja de poder seguir el curso de la evolución histórica, que por lo general va de la mano de una instructiva lucha por el esclarecimiento de los conceptos, sino que además se

obtiene la oportunidad de intercalar biografías. Esto es importante, en particular para las niñas, que tienen una mayor necesidad que los varones de absorber todo desde lo anímico y relacionarlo con lo humano.
Priestley produjo un gas desconocido calentando óxido de mercurio y constató que promueve el proceso respiratorio y mantiene activa la combustión. O sea que se trataba de un gas con propiedades aéreas incrementadas.
Ahora por ejemplo podemos quemar azufre o fósforo y mostrar cómo el vapor y el humo ascendentes tiñen de rojo un papel de tornasol azul humedecido. Para completar podemos mostrar que esas substancias sólo arden, si hay suficiente oxígeno en el entorno. Eventualmente todavía podemos intensificar la combustión suministrándole oxígeno puro.
Luego ponemos un pedazo de hierro en un lugar húmedo para dejar que se oxide. El metal duro y brillante lentamente se va volviendo opaco, se deformará y desintegrará, convirtiéndose en una masa costrosa, de color marrón rojizo. Lo que es particularmente interesante en este proceso es que se cumple tan lenta y flemáticamente. Eso les resultará poco atractivo a los alumnos, o sea que lo mejor es mostrar a la vez un trozo de hierro bien oxidado.
Además se puede calentar un pedazo de hierro reluciente y un pedazo de cobre reluciente. Se verá que la superficie brillante pronto se pone opaca. Luego podemos comentar y eventualmente mostrar que el óxido de cobre formado es la misma substancia que la base que obtuvimos por descomposición (calentamiento) de sulfato de cobre.
Ahora comparamos los dos procesos, la combustión y la oxidación. Ambas en principio provienen de la acción del oxígeno. Si se los expresa en ecuaciones químicas, también tienen exactamente el mismo aspecto:

azufre + oxígeno → óxido de azufre
cobre + oxígeno → óxido de cobre

En cuanto a la dinámica y a la imagen que nos muestran, sin embargo, ambos procesos son de índole absolutamente opuesta.
La combustión se produce en forma rápida. Es uno de los procesos especialmente llamativos y brillantes debido a su producción de luz y calor y por los olores irritantes que normalmente aparecen. La substancia que primero está frente a nosotros como un objeto sólido, es consumida por completo y convertida en un gas que se mueve y llena todo el espacio. Todo el proceso está dirigido en primera línea hacia arriba.
La oxidación se produce lentamente. El metal de superficie lisa y brillante en cierta manera se aparta de la luz y se torna opaco y semejante a la tierra. No hay mayores indicios de generación de calor. Mientras que la substancia en

combustión ingresa junto con el oxígeno en la esfera del mismo, la substancia en oxidación atrae hacia sí el oxígeno.
Algo misterioso es que la combustión recién comienza cuando se ha alcanzado una determinada temperatura de combustión, mientras que la oxidación también se realiza con frío. No obstante, este enigma puede convertirse en la clave para comprender el orden subyacente a todo esto. La combustión es estimulada por el calor, la oxidación por la humedad. Durante la combustión por lo general se producen gases y otras substancias volátiles. Durante la oxidación se generan substancias terrosas.

combustión	producida por calor.	fuego
	resultado: gas – vapor	aire
oxidación	producida por humedad	agua
	resultado: substancia terrosa . . .	tierra

Vemos que ambos procesos comienzan a translucir su interrelación mutua, ni bien uno visualiza los cuatro elementos como trasfondo. De ese modo también se torna particularmente interesante el hecho de que se puede proceder contra la oxidación con grasas y aceites, o sea con substancias combustibles “fogosas”, mientras que un incendio se combate con agua.
En este momento podemos mostrar cómo los productos de la combustión de substancias como carbono, fósforo y azufre se convierten en ácidos mediante el agua, mientras que los óxidos de metal aparecen como bases. Todo esto a su vez constituye un aporte a la explicitación de las propiedades características de ácidos y bases. El ácido es, por así decirlo, la avanzada química de los dos elementos superiores calor y aire. Esto explica mucho de su movilidad agresiva y de su capacidad de abrirle camino a la luz.
La base es la avanzada química de los dos elementos inferiores. Eso explica su capacidad de atraer ávidamente los vapores ácidos y de fijarlos. Las bases fuertes como la soda cáustica tienen más conexión con el elemento acuoso; las bases insolubles, los óxidos de los metales pesados, tienen más conexión con el elemento terrestre.
Más adelante veremos cómo las cualidades del ácido silícico están en gran medida en contradicción con esto; pues ese ácido hace un considerable aporte a la solidez de la corteza terrestre, pero tiene a la vez una relación especial con el lado cósmico de la naturaleza. El amoníaco también es una excepción entre las bases: es muy volátil.

La importancia del camino emprendido
La lucha por la imagen en química

En este punto podríamos volver a preguntarnos por qué todo esto tiene que ser tratado en forma tan complicada, por qué no se pueden deducir desde el comienzo de la época los ácidos y las bases a partir de la combustión y la oxidación y desde allí volver a componer las sales. De la estructuración tal como la hemos descripto se pueden obtener varias respuestas. Si se comienza con la substancia en proceso de combustión y oxidación, ése es un método analítico, a pesar de que aparentemente se procede en forma constructiva, sintetizadora. Pero el objetivo último siempre es centrarse en las substancias que componen las unidades superiores como ácidos, bases y sales, y tratarlas como si fueran parte de una construcción. Sin querer se pierde de vista el conjunto. Si se emprende el camino inverso, tal como lo hemos hecho, uno se mantiene constantemente atado a la totalidad, aun cuando se descienda profundamente a la descomposición analítica.
De allí surge que este método está en sintonía con las leyes evolutivas de un ser vivo. Pues éste siempre comienza como un todo relativamente poco diferenciado y de allí va evolucionando hacia una diferenciación cada vez más sutil. Con nuestro método se trabaja pues en concordancia con el desarrollo del niño, el cual también sigue las leyes generales de la vida.
A través de los métodos analíticos, tal como son usados en general en las ciencias naturales, siempre se corre el riesgo de desintegrar la imagen del mundo en detalles poco coherentes. Es cierto que uno se forma conceptos muy precisos en relación con los fenómenos, pero se presta poca atención a esos fenómenos como expresión del verdadero contexto en el cual están inmersos.
Con la precisión de los conceptos, con las definiciones infalibles, en verdad constantemente se escinden partes de la totalidad del universo. Muchas veces la claridad de los conceptos resulta tan imponente, que se comienza a considerar los detalles como un todo independiente. Los creadores de teorías mecánicas, por ejemplo, padecen este mal. Quieren explicar la realidad a partir de aquellos componentes sobre los cuales se pueden desarrollar las ideas más claras. En cambio si se parte del todo, así como intentamos hacerlo nosotros, los conceptos de los detalles que se desarrollan a partir de la totalidad siempre se mantienen en una conexión equilibrada entre sí y con el mundo. Entonces adquieren un aspecto que nos remite a los órganos de un ser vivo. De esa manera se forma en los alumnos una orientación totalmente distinta en la vida. Ellos desarrollan el hábito de mantener la visión orientada hacia la totalidad del universo, determinando su propio juicio y su lugar en el mundo desde allí.
Puede resultar especialmente fructífero tratar la formación de ácidos y bases en combinación con el gran investigador francés del siglo 18, Lavoisier. Él es el

verdadero descubridor del papel del oxígeno en la formación de ácidos y bases. Para hacer comprensible la tendencia de su obra, en realidad hay que meterse un poco en el tema de los alquimistas. Se puede exponer cómo los más serios entre ellos en el fondo no buscaban un provecho material, sino cómo su búsqueda estaba orientada hacia el desarrollo interior con la ayuda del experimento químico. Con ello también se relaciona la extraña elección de denominaciones, que es una especie de lenguaje metafórico. Las mismas son alusiones a substancias y estados de las substancias así como también a perífrasis de procesos evolutivos internos del ser humano. En los experimentos, su mirada estaba puesta ante todo en la imagen del proceso, de la cual también nos hemos ocupado nosotros. Para ellos las imágenes y la transformación de las imágenes eran expresión de lo divino en la naturaleza.

En la época de Lavoisier, la corriente alquímica había dejado muy atrás su momento de apogeo, cayendo en confusión y decadencia. Y él contribuyó notablemente a terminar de erradicar a fondo los restos de la concepción alquímica.

Para Lavoisier la balanza era el instrumento más importante, quiere decir que intentaba aproximarse a todos los fenómenos desde el lado del peso. De esa manera se excluía por completo la imagen. Es sumamente extraño que pudiera pesar el oxígeno antes de saber que el mismo existe. Dejó oxidar estaño en un recipiente cerrado y pudo mostrar que algo del aire pasaba al metal en proceso de oxidación. El peso total se mantenía constante, mientras que el metal se hacía más pesado. Cuando escuchó a Priestley hablando de su combustión de oxígeno, después de un breve lapso pudo desarrollar su teoría de la combustión.

También hizo un aporte importante a las denominaciones modernas carentes de imágenes. El nombre Oxygenium – formador de ácido, oxígeno, proviene de él, así como “óxido” para un compuesto de oxígeno.

También se lo suele relacionar con la ley de la conservación de la materia. Como hombre práctico que era, probablemente se haya centrado en primera línea en el método de trabajo. Él basó sus experimentos en la convicción de que el peso total de las substancias que participan de una reacción siempre se mantiene constante. Ésta en realidad sólo es una hipótesis de trabajo. Seguramente nunca habría sacado de allí la conclusión, como más adelante lo hicieron los materialistas, que el ser eterno no es propio de un ser divino y menos aún del alma humana, sino de la materia. Si ésta no puede generarse ni desaparecer, entonces no hay creación posible. O sea que tales elucubraciones le quitaron su poder a la divinidad y pusieron a la materia en el trono de Dios.

A Lavoisier se lo considera el fundador de la química moderna. Y efectivamente ésta contempla al mundo de las substancias en primera línea desde los puntos

de vista de la materia y la energía. Quizás sea bueno tratar estos temas con los alumnos, siendo que en el ínterin se ha llegado a la conclusión de que efectivamente la materia puede ser aniquilada y que también puede generarse, o sea que el materialismo ha sido refutado en este contexto. Además podemos señalar la unilateralidad de tales observaciones precisamente a través de la combustión y la oxidación. Si sólo se presta atención al peso, desaparecen las diferencias entre ambos procesos. Si se presta atención a la imagen y a la dinámica, se descubren los mayores contrastes. Hasta cierto grado resulta sensato considerar la oxidación sólo desde el punto de vista de la gravedad. En cambio el fuego está en permanente contraposición con la gravedad. Está tan en sintonía con el lado lumínico radiante e imponderable del mundo como el proceso de oxidación está en sintonía con la pesadez. Con tales pensamientos no sólo se le puede transmitir al joven una cosmovisión armónica, sino que incluso debe ser posible brindarle una ayuda en su búsqueda de una actitud propia frente al mundo. Él acaba de atravesar como experiencia profunda la escisión del ser humano en el sexo masculino y femenino. A la vez ha ingresado en un juego de fuerzas que por un lado lo puede elevar y llenar de idealismo, pero que en parte también lo puede tirar hacia abajo. Se siente desgarrado.

Una especie de imagen de este drama se presenta ante él en forma objetivada en la descomposición de sales en ácidos y bases, en los procesos de la combustión y la oxidación y todo lo que se puede asociar con esto. Mientras él se siente en mayor o menor medida expulsado de la protección de la unidad universal divina, esta imagen puede contribuir a la sensación: también lo que él tiene que atravesar en esta etapa de su vida está fundado sobre profundas leyes universales. Su propio drama se convierte en parte del drama universal. Él está frente a la tarea de encontrar, a través de la lucha interna, una actitud nueva, digna del ser humano, en medio del juego de fuerzas que recién ahora se le revela. En el pasado tuvo que conquistar físicamente la actitud erguida entre el mundo de la luz encima de él y el mundo de la pesadez debajo de él. A esta edad se percata interiormente de que hay algo que lo quiere tironear hacia arriba a mundos ilusorios y algo que lo quiere tirar hacia abajo, atándolo a fuerzas sombrías. Tiene que aprender a erguirse interiormente en este campo espiritual, tal como lo ha hecho antes a nivel corporal. Tiene que encontrar conscientemente una nueva posición de equilibrio espiritual. Los contenidos de las clases acá descriptos pueden servirle de apoyo en este camino.

Reducción

Hemos llegado entonces al punto en el que se pueden tratar más de cerca los fenómenos de la reducción.
Se echa óxido de hierro marrón, pulverizado, en un tubo de vidrio resistente al fuego. Luego se hace pasar por él gas de alumbrado o hidrógeno y se calienta el tubo en el lugar donde está el óxido. Se ve cómo el polvo se torna color negro grisáceo, mientras se precipita agua en las paredes. Esto se puede trasladar inmediatamente a una ecuación química. Primero teníamos hidrógeno y óxido de hierro, ahora hierro y agua.

óxido de hierro + hidrógeno → hierro + agua

Lo mismo también podría expresarse de la siguiente manera:

óxido de hierro – oxígeno → hierro
hidrógeno + oxígeno → agua (óxido de hidrógeno)

Una vez enfriado, se puede mover el polvo hacia arriba dentro del tubo, con un imán, una clara demostración de que se ha formado hierro metálico. También se puede, mientras el tubo siga caliente, hacer pasar aire. Entonces se observará que el polvo en seguida vuelve a cambiar de color. Retorna a ser óxido de hierro.
De un modo especialmente impactante se puede mostrar el cambio entre oxidación y reducción, calentando bastante intensamente una placa de cobre y luego dejando que la llama de gas juguetee en su superficie. Dentro del ámbito de la llama, el metal se torna reluciente; donde la llama se aleja, se produce una rápida oxidación, que primero se expresa en un maravilloso juego de colores y finalmente termina en una capa negra. Cuanto más tiempo se mueve la llama de un lado al otro, tanto más espléndidamente relucen los colores.
Los alumnos ya tienen una idea de lo que pasa en la reducción, ya que en el 9º año se trató detalladamente la asimilación de ácido carbónico. En ella se debe ver justamente la imagen arquetípica de un proceso de reducción.
Al tratar el descubrimiento del oxígeno ya hemos analizado la descomposición del óxido de mercurio por calentamiento.
A menudo la reducción es provocada con la ayuda de substancias bastante inflamables como hidrógeno, carbono y óxido de carbono. Esto permite reconocer cuál es el quid de la cuestión. Las substancias combustibles se encuentran en un estado de tensión frente al entorno. En cierta manera están cargadas de energía que al quemarse irradian en forma de luz y calor. Los óxidos, en cambio, están en un estado totalmente relajado. Si se quiere volver

a hacer aparecer la substancia inicial a partir de un producto de combustión, hay que volver a generar esa tensión suministrando calor y luz.
En la asimilación de ácido carbónico la luz solar hace que se transforme óxido de carbono en carbono. [4] En el análisis de óxido de mercurio se usa el calor de la llama de gas o, como en el caso de Priestley, el calor del sol.
En la reducción de óxido de hierro el gas de hidrógeno atrapa al oxígeno y le da al hierro algo de su energía.
Es apropiado señalar que no sólo la combustión, sino también la oxidación de los metales va acompañada de irradiación de calor. Pero por lo general no se la percibe, porque se produce lentamente. Si se acelera el proceso como en el polvo de hierro esparcido en la llama de gas, también se ve encenderse el metal formando chispas.
De este modo se puede señalar que en todo proceso químico se produce una acción recíproca entre lo ponderable y lo imponderable. Siempre se absorbe o se irradia luz o calor.
Uno puede tratar este punto al analizar la reducción manteniéndolo todavía totalmente fuera de la esfera de lo cuantitativo y relacionándolo en cambio con los procesos vitales y revistiéndolo de pensamientos que transcurren más en forma de imágenes.

Disolución de metales en ácidos fuertes

A parte de la formación usual de sales a partir de ácido y base, también existe la posibilidad de formar sales disolviendo un metal en un ácido. En ese proceso se producen transformaciones significativas.
Por ejemplo se echa ácido sulfúrico levemente diluido en un tubo de ensayo y se le agregan algunos trocitos de zinc. El zinc es devorado inmediatamente provocando un intenso chisporroteo. Se desprende un gas fácilmente inflamable. Finalmente abajo en el tubo se acumula una masa cristalina clara.
Nuevamente se puede establecer con facilidad la ecuación de reacción del proceso que se ha desarrollado:

zinc + ácido sulfúrico → sulfato de zinc + hidrógeno

A través del ácido, el metal es convertido en cristales de sal.
Aquí estamos frente a una de las transformaciones más extrañas. Ya hemos caracterizado a la materia como aquella parte del universo que ha sido

[4] Sin embargo, la liberación de O_2 proviene de la descomposición de H_2O (Nota de D. Rohde)

abandonada por la luz. [5] En los metales incluso se ha producido una especie de polo opuesto a la luz. Si se sostiene un trozo de metal a contraluz, aparece como masa oscura. Y en verdad carece totalmente de transparencia. A eso se suma que los metales son las substancias más reflectantes. O sea que rechazan en gran medida la luz. A la vez el efecto reflectante es señal de que, a pesar de todo, los metales están de alguna manera en sintonía con la luz. Esto es tanto más válido, cuanto más reflejan, o sea que la plata es la máxima expresión de este hecho.

Si se disuelve un metal en un ácido, se superan por completo las propiedades de rechazo de la luz. El ácido vuelve a abrirle camino a la luz.

Si se deja que el metal genere inmediatamente los cristales de sal, como en el experimento anteriormente descripto, entonces la plasticidad del metal, la densa docilidad, adquiere una cualidad conformada y rígida.

En este contexto es particularmente interesante que las substancias sólidas transparentes nunca sean buenos conductores eléctricos, mientras que los mejores conductores, los metales, son los que más rechazan la luz. En este punto se pone de manifiesto con claridad el contraste entre luz y electricidad. Donde una encuentra acceso, la otra es excluida. [6]

Todos estos fenómenos permiten reconocer que también existen estados polares de las substancias. El estado metálico y el estado cristalino transparente forman un contraste de ese tipo.

Electrólisis

Llegados a este punto, bien podemos introducir los primeros fenómenos de la electrólisis. Pero también esto habrá que hacerlo de un modo particular adaptado al 10º año, sin adelantarse a los contenidos de la teoría de la electricidad del 11º año.

Se puede partir de una solución de sal diluida (no sal de cocina u otras sales halógenas) y teñirla con tornasol. Como electrodos primero se pueden usar varillas de carbono, más adelante también ciertas varillas de metal. Se obtiene lo siguiente:

[5] Ver página 1, Cristalización en las sales.

[6] Rudolf Steiner, Primer curso de ciencias naturales ("Curso de la luz"), Stuttgart, 23.12.1919 hasta 3.1.1920. "Impulsos de las ciencias naturales para el desarrollo de la física" GA 320. Ver conferencias 9 y 10.

–	+
Cátodo:	*Ánodo:*
tendencia a la formación de lejía	tendencia a formación de ácido
eliminación de hidrógeno	eliminación de oxígeno
fenómenos de reducción	fenómenos de oxidación
eliminación de metales	disolución de metales

De este modo se obtiene una fenomenología de los electrodos. Se ve cómo la electricidad en su polaridad está relacionada con los opuestos que ya hemos tratado.
Habrá que dejar de lado toda la teoría. Desde el punto de vista de la práctica y la aplicación, en este momento es mucho más importante una caracterización de los fenómenos que las explicaciones abstractas.
De ese modo incluso ya se sientan ciertas bases para la época de física (teoría de la electricidad) en el 11º año.

Conclusiones de la época
Desplazamiento de bases – Desplazamiento de ácidos – Doble conversión

Sigue una parte de la época en la cual aún se introducen una cantidad de fenómenos nuevos, que incluso pueden estar entre los más sorprendentes, pero que podremos abordar en gran medida con los conceptos que ya hemos adquirido. Eso da la oportunidad de una constante repetición y ejercitación. Los alumnos aprenden, por así decirlo, a jugar con los conceptos. Tienen que ser conducidos a que en muchos casos encuentren la explicación por sí mismos y tienen que imaginar procesos que luego son puestos a prueba en el experimento.
Además se tratan todas las posibilidades que existen para la combinación de sales con ácidos y bases. En esencia son tres las combinaciones abordadas: bases y sales, sales y ácidos, sales y sales; luego se las reúne y se pueden observar los resultados.
Empezamos por ejemplo con agregar una base a una solución salina. Si para ello se usa sal de mesa y óxido de cobre, no pasará nada, al igual que con sal de mesa y soda cáustica. En cambio se presenta un fenómeno asombroso si se vierte soda cáustica en una solución no demasiado diluida de sulfato de cobre celeste. Se obtiene un precipitado azul de una exquisita transparencia apenas velada. Si se observa detenidamente el proceso, se ve cómo se forma una cantidad de burbujitas. En ellas hay soda cáustica; las paredes están compuestas por una delicada substancia gelatinosa, alrededor se encuentra la solución de sulfato de cobre. Tales burbujas, que también pueden presentarse

en otras sales, a veces se parecen a animales inferiores. Si se destruye una de ellas, el contenido se derrama, pero inmediatamente se vuelve a rodear de una nueva piel. Se produce algo parecido a una cicatrización. Por ello estas burbujitas son bastante estables, a pesar de su delicadeza.
Naturalmente el docente probará el experimento por su cuenta, con todas las posibles variantes, para poder mostrar el fenómeno de la manera más impactante posible. Por ejemplo se pueden utilizar diferentes tubos trabajando con diferentes concentraciones. Si se trabaja con recipientes grandes y además se los ilumina desde abajo, se obtienen efectos muy cautivantes.
En cierto sentido la imagen se hace más contundente, si se vierte una solución de sulfato de cobre en un poco de soda cáustica. Las escamas azules se forman entonces dentro de un líquido incoloro. Se presenta algo muy sorprendente si se cuelga un cristal de sulfato de cobre en soda cáustica. En ese caso se pueden obtener columnas de precipitado.
Se pueden realizar experimentos parecidos a éstos combinando las sales de otros metales pesados con bases fuertes.
Si ahora les planteamos a los alumnos la pregunta de cuál es el proceso que se cumplió, seguramente habrá algunos que lograrán descubrirlo. Anotamos:

sulfato de cobre	+	soda cáustica	→	?
BA	+	B’	→	?

Prácticamente no hay otra opción que la de la formación de una nueva combinación, a saber

sulfato de sodio	+	hidróxido de cobre
B’A	+	B

Entonces todo el proceso se ve de la siguiente manera:

BA	+	B’		B’A	+	B
sulfato de cobre	+	soda cáustica	→	sulfato de sodio	+	hidróxido de cobre

La base fuerte, muy soluble, ha desplazado a la débil, poco soluble. Si eso es correcto, tenemos que poder disolver nuevamente el precipitado azul con un ácido fuerte. Efectivamente funciona. Al respecto por supuesto no hay que olvidar de prestar debida atención a la llamativa imagen de la disolución.
Si nuestro razonamiento fue correcto, en la solución tiene que haber sulfato de sodio, y el precipitado azul tiene que ser una especie de hidróxido de cobre. Demostrar lo primero es difícil, pero los alumnos admitirán que les digamos que realmente se ha formado sulfato de sodio. Lo segundo puede ser fácilmente

demostrado, calentando el precipitado azul gelatinoso. Se forma entonces una masa de color negro amarronado de óxido de cobre. Luego ya no es difícil reconocer que el precipitado azul es óxido de cobre con contenido de agua, o sea hidróxido de cobre. Ese tipo de hidróxidos pueden ser considerados como una base que se ha estancado a mitad de camino entre el estado disuelto y el estado sólido.
Si se junta un ácido con una sal, las manifestaciones nuevamente pueden ser muy dispares. Si se vierte ácido clorhídrico en una solución de sulfato de sodio, no se observará cambio alguno. Pero si se vierte ácido clorhídrico en carbonato de sodio, comienza a sisear y borbotear, se desprende el volátil ácido carbónico. Una vez más no es difícil entrever lo que ocurrió aquí:

carbonato de sodio + ácido clorhídrico → ? + ácido carbónico
BA + A' → ? + A

La ecuación permite reconocer que también tiene que generarse BA', cloruro de sodio.

carbonato de sodio + ácido clorhídrico → cloruro de sodio + ácido carbónico

De aquí nuevamente se deriva una regla general: si se agrega un ácido fuerte a la sal de un ácido débil, el ácido débil es desplazado, y se forma una sal del ácido fuerte. A lo sumo se puede señalar que la volatilidad del ácido también desempeña un papel.
El desplazamiento del ácido es de gran significación para la práctica. Quizás sea coherente tratar la obtención de ácido nítrico, ácido clorhídrico, gas de ácido carbónico y otros ácidos a partir de sus sales.
En tales experimentos es importante mostrar cómo en un típico desplazamiento de bases una substancia es empujada hacia abajo, a la esfera de la gravedad, mientras que en el desplazamiento de ácidos una substancia es elevada a la esfera de la luz.
Como última posibilidad de una acción recíproca entre ácidos, bases y sales todavía tenemos la interacción de dos sales. Si agregamos solución de sal de mesa a una solución de sulfato de potasio, no pasa nada. En cambio si se toma cloruro de calcio y carbonato de sodio, se forma un precipitado blanco. Resulta extraño ver cómo dos líquidos ultratransparentes producen, al ser mezclados, como por arte de magia, una masa sólida, opaca. Este precipitado no es gelatinoso, sino más bien granulado. ¿Qué ha pasado?
cloruro de calcio + carbonato de sodio → carbonato de calcio + cloruro de sodio
BA + B'A' → BA' + B'A

Por ende el precipitado podría ser carbonato de calcio o cloruro de sodio. Como este último es mucho más soluble, la única opción es el carbonato de calcio. A través de la otra combinación de ácidos y bases se formaron dos sales nuevas. De allí se puede deducir la regla: si se mezclan las soluciones de dos sales, se produce la doble conversión con generación de precipitado, cuando una de las combinaciones ácido-base posibles da una sal poco soluble.
Ahora se debería dar cierta sinopsis de cuáles son las sales muy solubles y cuáles las menos solubles. Si es que los alumnos no la tienen ya, ahora se les puede mencionar una serie de las más importantes sales poco solubles; y luego también los ácidos y las bases cuyas sales siempre son muy solubles. Entonces los alumnos pueden explicar por sí mismos los fenómenos e incluso predecirlos.
A continuación se puede hacer referencia a la aplicación de la doble conversión en la comprobación de determinadas sales en una solución. Con agua de mar se pueden realizar experimentos bien bonitos al respecto.
También se puede comentar en este contexto el problema del agua dura; porqué el jabón se corta y porqué el carbonato de sodio baja la dureza del agua.
Finalmente se puede producir toda una serie de sales a través de la doble conversión; por ejemplo cromato de plomo (amarillo de plomo), carbonato de plomo (blanco de plomo), cloruro de mercurio (sublimado) o nitrato de potasio.[7]

[7] ¡Atención, precaución con substancias peligrosas! (Nota de D. Rohde)

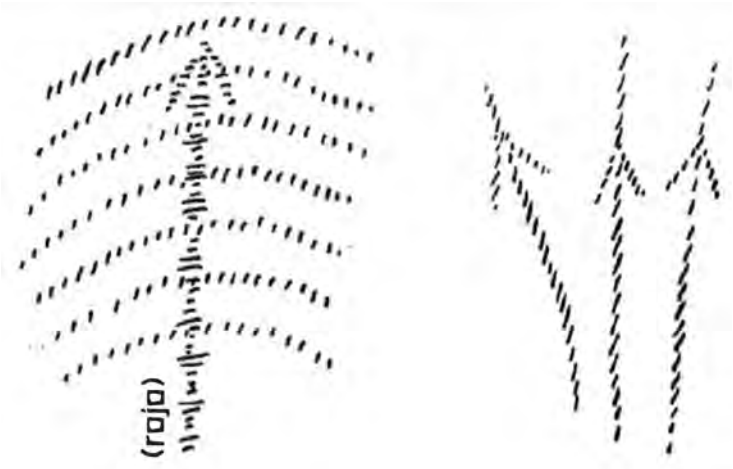
RUDOLF STEINER

Fragmento de la OCTAVA CONFERENCIA del ciclo incluido en el número de la Obra Completa: GA 313

Dornach, 18 de abril de 1921

... Ahora bien, si queremos entender los efectos de lo mineral en el ser humano, hace ya falta que echemos una mirada al efecto general que tiene lo mineral en la Tierra. Para ello es necesario familiarizarse primero con lo que significan las sales para la evolución de la Tierra. Para la evolución terrestre las sales en realidad son el producto que la tierra genera. Lo que la Tierra produce está en la acción de la sal. Al generar sales, la Tierra se edifica a sí misma. Y si pasamos de las sales a los ácidos, si, por ejemplo, observamos lo que hay de ácido en la Tierra, en el ámbito acuoso, líquido de la Tierra, nos encontramos en la Tierra con aquello que de manera polarmente opuesta se corresponde con el proceso digestivo interior en el ser humano, es decir, con lo que genera el proceso digestivo más allá del estómago.

Si luego estudiamos todos esos procesos en el devenir terrestre, en la medida en que representan una relación entre ácidos y sales, es decir, lo que hoy estudiamos exteriormente en la química cuando observamos cómo se desarrolla el proceso que parte de las bases, pasando por los ácidos hasta llegar a las sales, si tenemos eso en cuenta, entonces, en esa secuencia que expresamos diciendo: bases, ácidos, sales, habremos captado el proceso de una manera que coincide con el proceso de formación de la Tierra. Y ese proceso, en lo esencial, es un proceso eléctrico negativo. Dicho de manera más precisa: si uno expresa el elemento espacial exterior de ese proceso, el aspecto de ese proceso que se abre paso en lo físico, el elemento de ese proceso que desde lo espiritual irrumpe en lo físico, podríamos expresarlo de una manera esquemática, diciendo: ese proceso de partir de las bases, pasar por los ácidos hasta llegar a las sales, a decir verdad, no hace más que sugerir la dirección en que se mueve una acción (véase dibujo, rojo, flecha), pero esquemáticamente hablando en realidad es un proceso de sedimentación. Y si ahora expresáramos el proceso haciéndolo a la inversa, es decir, sales, ácidos, bases, entonces tendríamos siempre que quitar esa línea de sedimentación.
Obrarían ejerciendo una compresión, y surgirían los rayos opuestos, irradiaría (véase dibujo, derecha, flechas).



Y entonces nos hallamos ante un proceso eléctrico positivo. Y si ustedes observan lo que aquí he dibujado como un verdadero esquema, creo ya no tendrán duda alguna de que este esquema ha sido dibujado por la naturaleza misma. Si observan los ánodos y los cátodos tendrán simplemente la imagen dibujada por la naturaleza misma.

Si ahora pasamos al proceso metálico, si nos acercamos a lo que son propiamente los metales, veremos que en ellos tenemos aquello que le permite a la Tierra -si se me permite usar una expresión que no existe en nuestro idioma, pero que corresponde a una realidad- "desdevenir", disolverse, dejar de ser. Los metales no tienden más o menos a conservarse o a consolidarse en la Tierra, sino más bien a fragmentarse, a hacerse añicos. Por tanto, ellos son en realidad lo que representa la disolución, el "desdevenir" de la Tierra, por ello desarrollan también una acción irradiante, oculta a la observación exterior. Ahora bien, observar eso es de la máxima importancia cuando uno se introduce en lo metálico, y hay que interpretar la naturaleza en la medida en que ella nos ofrece medicamentos o remedios.

Ahora bien, es sumamente interesante examinar determinados metales desde este punto de vista. De ese examen surgen los puntos de vista que vemos dibujado en esta tabla[1] en lo referente a los medicamentos metálicos. La situación es tal que hemos de decir: Habría que reunir todo lo que se deriva de esa correcta interpretación de lo observado para llegar a estas cosas. Y serán fiables porque hemos preparado solamente aquello que se basa en una interpretación abarcante de lo observado. Y ahora aquí también podemos recurrir a la interpretación. Porque realmente no pretendo limitarme a repetir más o menos esa tabla; lo que en ella haya que ampliar puede y de hecho debería hacerse por escrito. Mi propósito no es reiterarles esta tabla, sino dirigir su pensamiento en la dirección por la que puede surgir una tabla como ésta.

Si examinamos ahora los metales desde este punto de vista -sería mejor decir la "metalidad"-, si examinamos, pues, la metalidad desde este enfoque, veremos que lo que les describí como irradiación existe en las más diversas formas. Podemos verlo existiendo en la forma emanadora de lo irradiante, de lo que destruye lo terrestre irradiándolo hacia el espacio cósmico. Ese es el caso muy especialmente en la acción del plomo. Podría decirse que por la acción del plomo se implantan en el ser humano como organismo las fuerzas que simplemente buscan fragmentarlo y esparcirlo por el universo. Ahí dentro, por la acción del plomo, existe esa tendencia a esparcirse y disgregarse por el universo, por lo que la mejor manera de definir esa acción del plomo sería considerarla como irradiante. Esos efectos irradiantes surgen luego de otra manera en otros metales, por ejemplo en el magnesio. Eso es algo que puede observarse claramente, y en ello se basa precisamente el efecto que tiene el magnesio sobre los dientes. Aunque haya que llevarlo hasta su efecto metálico en el organismo humano. Y eso sucede también. Pero la irradiación ha de poder metamorfosearse nuevamente. Y cuando logra metamorfosearse se convierte en lo que yo definiría diciendo: el rayo no es más que la dirección, pero lo que tiene lugar es realmente un oscilar, un ir y venir en esa y de esa dirección.

Hemos de estudiar esos efectos en la persona sana y en la enferma. En la persona sana existen esos efectos irradiadores, digamos, como residuos de lo

[1].- En el texto de la conferencia no aparece la tabla a la que se refiere. (Nota de D.Rohde)

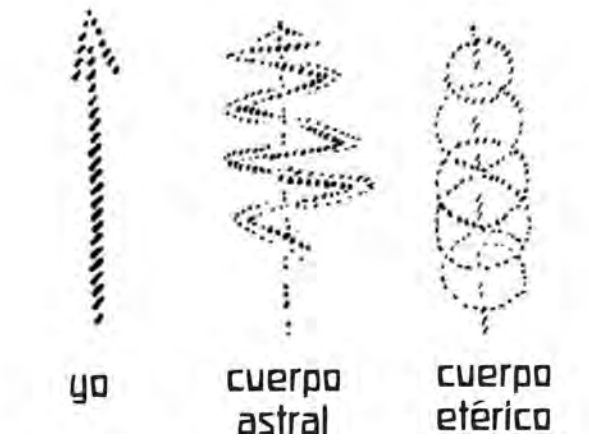
que hay antes de nacer, de la existencia prenatal en lo que irradia de los órganos sensoriales. Siempre están ahí. Lo que irradia en los órganos sensorios son, en el fondo, las repercusiones del plomo, aunque el plomo ya no esté presente. Y en toda actividad sensorial a lo largo de todo el organismo tienen lugar esas irradiaciones. La actividad nerviosa, es decir, el elemento funcional de los nervios, se basa esencialmente en un debilitamiento de la actividad sensorial en esa dirección, es decir, en una radiación más débil.

De ahí pueden deducir por qué en mi libro “De los enigmas del alma” dije que la verdadera actividad nerviosa es difícil de representar, porque para entenderla habría que haber expuesto antes lo que ahora estamos explicando aquí.

Pero si tenemos esa oscilación, ese movimiento pendular, si constatamos la irradiación sólo en lo que se refiere a su dirección, entonces estamos ante lo que en el organismo humano subyace como elemento funcional en toda respiración, en toda actividad rítmica. La actividad rítmica se basa en una oscilación pendular del movimiento, en un movimiento que, a diferencia del irradiante, se consolida más en sí mismo. En el círculo de los metales o de la metalidad, por ejemplo, un movimiento de ese estilo lo tiene esencialmente el estaño. Y en ello se basa la acción beneficiosa que tiene el estaño sobre todo lo que se relaciona con el sistema rítmico, cuando se administra en dinamización muy alta. Mas luego ese movimiento pendular irradiante puede seguir modificándose. Y esa tercera modificación es de enorme importancia, esa tercera modificación retiene la dirección y el movimiento pendular de una manera, digamos, latente.

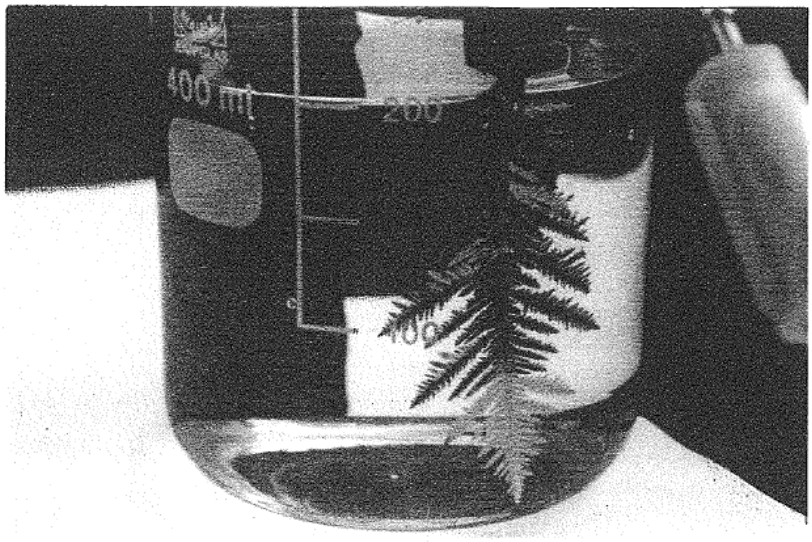
Consiste en una constante formación y disolución de esferas que se forman o se disuelven en la dirección de la irradiación.

Todo lo que en el ser humano actúa en el metabolismo se basa realmente en esas fuerzas. Y entre los metales, es el hierro quien desarrolla especialmente estas fuerzas. Por eso el hierro en la sangre se opone a la acción del metabolismo como tercera metamorfosis de la acción irradiadora. Cuando tratamos de la primera metamorfosis, veremos que su efecto se ejerce especialmente en todo lo que orgánicamente tiene que ver con el yo. Cuando hablamos de la segunda metamorfosis su efecto se ejerce sobre lo que orgánicamente tiene que ver con el cuerpo astral. Y cuando hablamos de la tercera metamorfosis, su efecto se produce en lo que orgánicamente tiene que ver con el cuerpo etérico (véase siguiente dibujo).

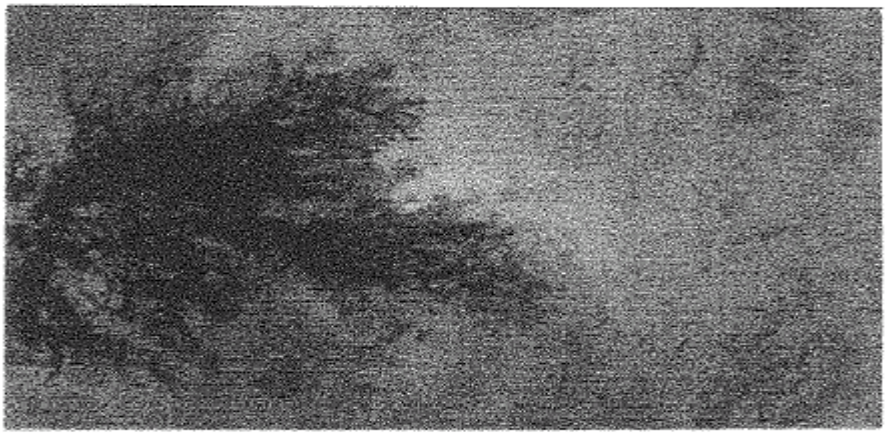


“Metallprozesse” *(Procesos metálicos)*, Günther Heuschkel, 2002

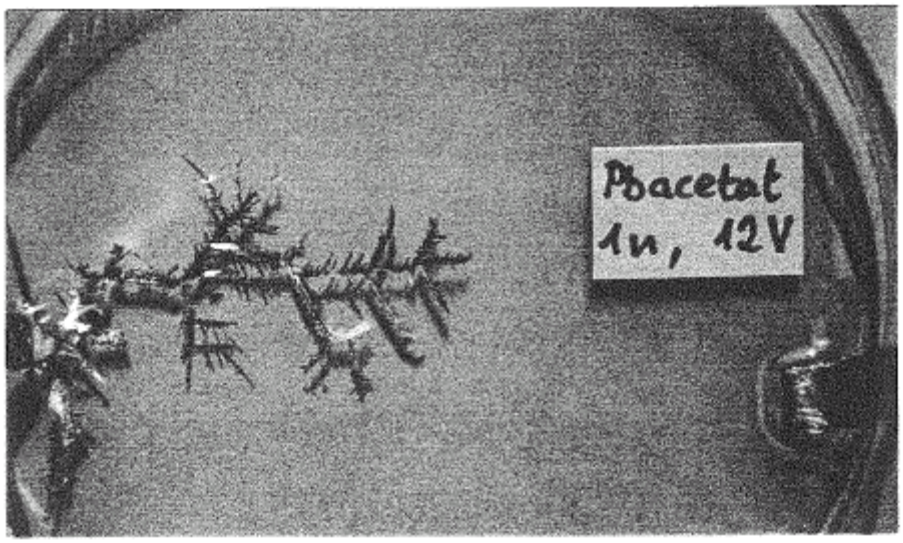
Plomo



Árbol de plomo



Barbas de plomo



Electrólisis en placa de Petri

Experimentos

Plomo

“Árbol de plomo”

En la electrólisis de por ejemplo una solución normal de acetato de plomo, el plomo se precipita en el cátodo generando formas muy características. Con tensiones bajas (por ejemplo 2 Volt) en la punta del cátodo se forman encantadoras hojuelas de metal, de color gris plomo, muy ramificadas y recortadas a modo de las hojas de helechos. Son relucientes y centellean en la luz: se ha formado un “árbol de plomo”. Para este experimento alcanza una fuente de alimentación de 250 mA, y la reacción se puede realizar en un vaso de precipitados más bien pequeño.

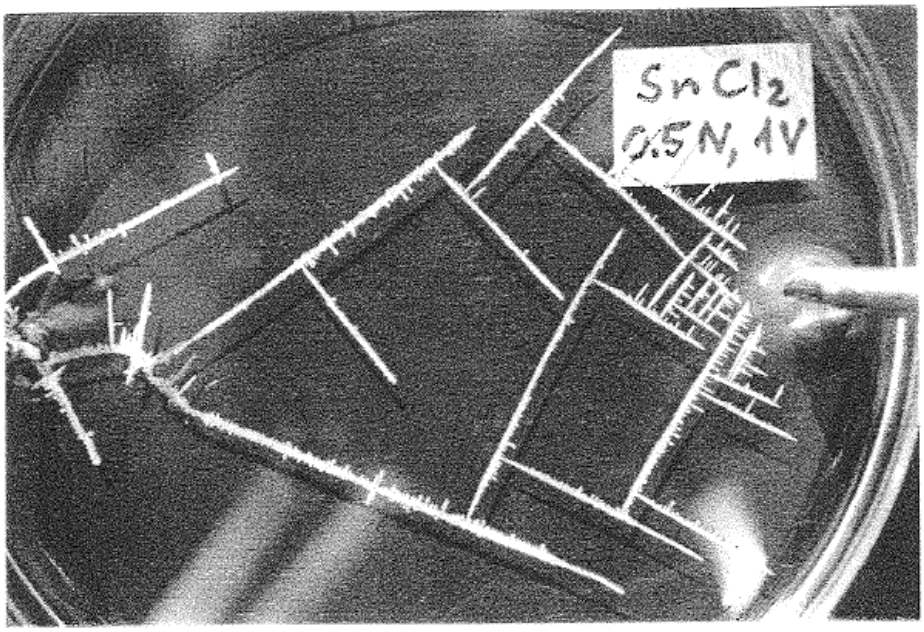
Con tensiones mayores, por ejemplo 220 Volt, en su lugar se forman unas barbas blancas de metal que crecen rápidamente en dirección de la corriente. Se parecen a los musgos que cuelgan de los árboles en los fríos y húmedos valles de las montañas de mediana altura.

Si se deja crecer el plomo con por ejemplo 12 Volt, en un papel de filtro colgado de una pinza cocodrilo e inmerso en una solución de acetato de plomo, lentamente se produce una densa barba de plomo.

Un crecimiento más rápido se obtiene en una placa de Petri, cuyo fondo está cubierto con solución 1 n de acetato de plomo, bajo una tensión de por ejemplo 12 Volt. Si el plano de los cristales se ubica paralelo al fondo, se obtiene la forma típica de los árboles de plomo. Eventualmente hay que facilitar

el proceso, apretando cuidadosamente los cristales contra el fondo con una espátula.

Estaño



Precipitación electrolítica de estaño

Electrólisis

A una solución 0.5 normal recién preparada de $SnCl_2$ se agrega en forma de gotas la cantidad suficiente de HCl como para que la solución quede totalmente transparente. La clarificación se va produciendo paulatinamente; por ello el ácido debería ser agregado lentamente. Si la solución no se torna transparente, habrá que filtrarla.

10ml de la solución se colocan en una placa de Petri con base plana, de aproximadamente 11 cm de diámetro, y se electrolizan entre electrodos de estaño. Los cristales de estaño muy brillantes se forman en líneas muy rectas, con ramificaciones en ángulos rectos; en la gran mayoría de los casos se ubican en un mismo plano. Es importante que crezcan en forma paralela al fondo de la placa, de lo contrario no pueden desarrollarse correctamente. Si el plano de los cristales es perpendicular al fondo de la placa, el cristal forma un apretado zigzag entre la base de la placa y la superficie del líquido y crece sin ramificarse, en forma más o menos recta o torcida. Los cristales de estaño poseen una considerable persistencia de la forma. No se adaptan sin más al fondo de la placa. Presionándolos con una espátula contra el piso de la placa

se los puede girar de modo tal, que la ramificación se pueda producir en el plano del fondo de la placa.

Con una solución 0.5 normal y con 1 V, se obtiene un crecimiento rápido, relativamente ramificado, formando agujetas distribuidas en dibujos muy bonitos. Se puede acelerar el crecimiento, elevando la tensión a 2 V. Con concentraciones mayores, los cristales se dispersan más en superficie. En solución alcalina, con todas las tensiones se produce únicamente una expansión radiada, en un mismo plano.

Con soluciones de tetracloruro de estaño (por ejemplo 1-2n) y con tensiones mayores se obtienen, en forma mucho más lenta, precipitaciones de estaño planas, muy estructuradas. Al mismo tiempo en el ánodo se forma un precipitado blanco de ácido estánico.

Hierro

Electrólisis

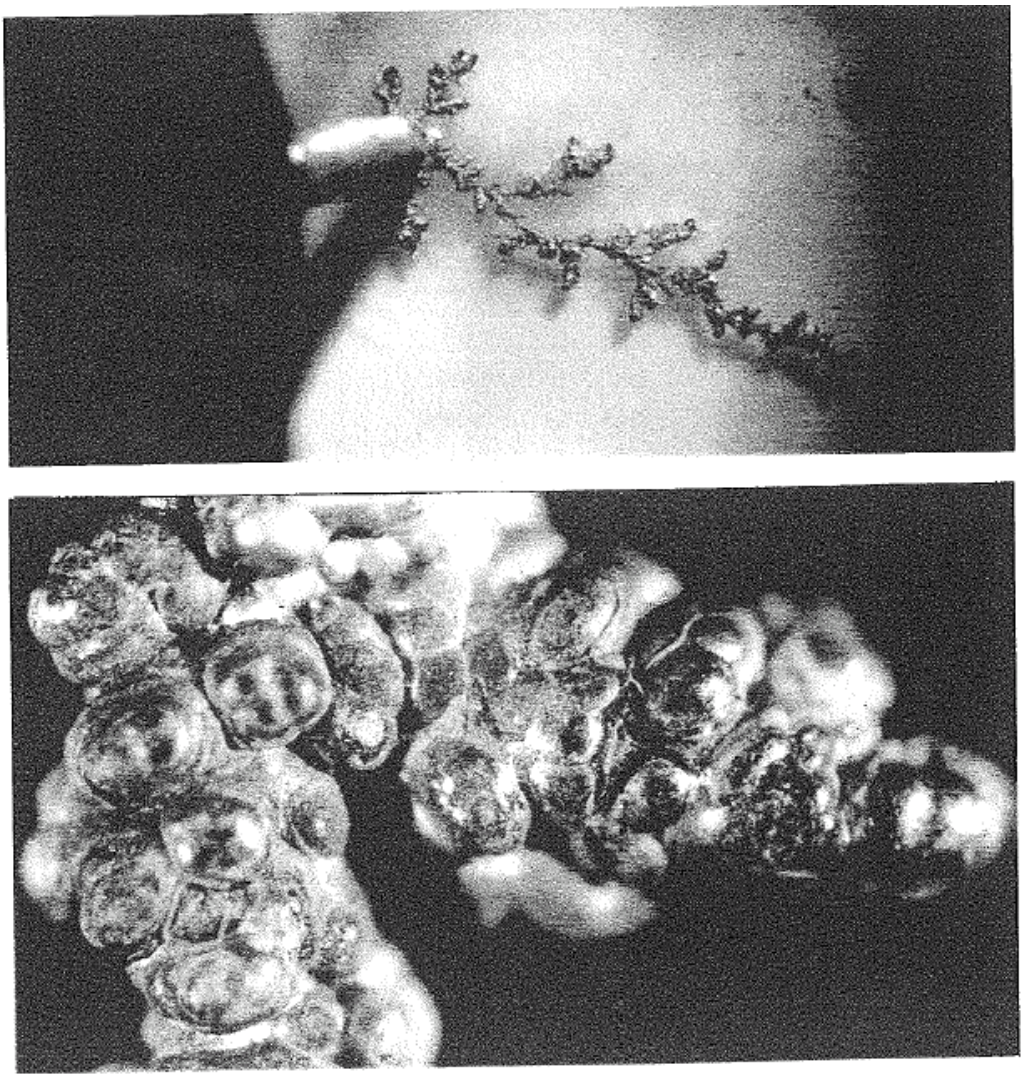
En una placa de Petri de 10 cm de diámetro, después de limpiarla con un polvo limpiador común en el comercio y de enjuagarla a fondo, se extienden 10 ml del líquido a electrolizar. El ánodo debería quedar sumergido a lo ancho. Tiene que ser limpiado entre las electrólisis, porque en él se deposita barro anódico que eventualmente puede impedir el pasaje de corriente eléctrica. El cátodo debería ser en punta, con una punta un poco redondeada y apenas sumergida en el líquido.

Se prepara una solución 6n de cloruro de hierro II (6g $FeCl_2$. $4H_2O$ en 10 ml de solución), se agrega una pizca de polvo de hierro a la solución, se revuelve y se filtra. El filtrado tiene que tener color verde botella puro. La solución tiene que ser usada inmediatamente. Durante la electrólisis se forma en torno al ánodo de hierro un halo amarillo, luego marrón, de cloruro de hierro III. También en torno al cátodo se va formando paulatinamente una aureola parduzca.

El hierro precipitado electrolíticamente por regla general no forma cristales muy definidos, sino conjuntos macizos, en forma de arbolitos. El crecimiento es tanto más veloz, cuanto más alta es la temperatura y cuanto más alta es la concentración de la solución en hierro bivalente. En los experimentos realizados a temperatura ambiente, el desprendimiento a partir de 6n $FeCl_2$ a 12 V comienza lentamente, con desarrollo simultáneo de hidrógeno. Se recomienda reducir la distancia entre electrodos a aproximadamente 4 cm.

Bajo el microscopio se reconoce: las ramificaciones se componen de protuberancias aglutinadas, como hematita, con una estructura en capas. La capa superior a menudo todavía no está del todo conformada. También se generan formas irregulares, alargadas, semejantes a bastos, de estructura similar, particularmente cuando el crecimiento se aproxima al ánodo y se acelera. Ni bien se interrumpe la tensión y mientras está húmedo, el hierro se recubre rápidamente con una capa de óxido pardo. Si se logra romper una de las protuberancias, se puede reconocer bajo el microscopio la conformación en capas del hierro macizo. A menudo la estructura también es esponjosa, con inclusión de burbujas.

En ciertas circunstancias el crecimiento también se produce rápidamente en forma de cristalizaciones de aspecto metálico gris ferroso, que recuerdan a algo vegetal. Tienden a crecer arqueadas hacia abajo y por ello a emerger del líquido y finalmente quebrarse.



Precipitación electrolítica de hierro a partir de 6n $FeCl_2$

Gerhard Ott
“Esbozo de una Química según el método fenomenológico”
1962 Tomo II
Sección IV

La intervención de la electricidad en los reinos de la química.

Advertencia preliminar objetiva y pedagógica

En dos partes de nuestros experimentos químicos -en la oxidación del nitrógeno y en la reducción del fósforo- nos hemos servido hasta ahora de la fuerza eléctrica. Pero en ambos casos esa fuerza no actuaba siguiendo plenamente su propia naturaleza, es decir, directamente, sino sólo de una manera *mediata* por la elevación del grado de calor en forma de arco voltaico. No obstante es sumamente interesante que precisamente con ayuda de la electricidad se puedan generar de manera sencilla esas extraordinarias temperaturas en las que se producen asociaciones y separaciones, que no tienen lugar en grados habituales de temperatura. También son sobre todo asociaciones y separaciones que se oponen a los procesos materiales naturales. Así, en la oxidación del nitrógeno se vence su extraordinario poder de resistencia contra un compuesto de oxígeno y ese compuesto, digamos, se consigue por la fuerza. Lo mismo sucede con la reducción del fósforo, extraído violentamente, a partir de un compuesto de calcio natural y conducido a la forma del elemento puro.

Por consiguiente, hemos de esperar que la electricidad, allí donde ella sea introducida en la química según su esencia y naturaleza, nos permita realizar sorprendentes transformaciones de sustancias que, sin su ayuda, no se producirían o lo harían muy difícilmente. Eso sucederá aún más que la primera forma de aparición de la fuerza eléctrica -el descubrimiento de Galvani y de Volta- que estaba estrechamente unida con el ámbito de la química. Y más teniendo en cuenta que la aplicación de la electricidad a sustancias químicas se presentaba tanto más conveniente en la medida en que esa fuerza natural misma aparecía en relación con las transformaciones químicas. Por otro lado recuerda la magnífica interacción que se produjo en el ámbito mundial de los descubrimientos y formación de pensamientos que, en la misma época en que la química estaba en proceso de cobrar nueva forma, se descubrió que la recién descubierta fuerza universal de la electricidad era un factor que la apoyaba mucho más de lo que podía esperarse. En 1789 se produjo el primer descubrimiento de Galvani (el famoso experimento del muslo de rana); en 1790, en base a esos descubrimientos del *médico* boloñés, Volta había construido su primer elemento de cobre, cinc y ácido sulfúrico; y ya en los años 1807-1810, el genial químico inglés Davy, con la ayuda de una fuerte batería de elementos de Volta, logró los más significativos descubrimientos de las sustancias químicas básicas en el área de los álcalis y alcalinotérreos. Con ello se esclarecieron toda una serie de interrogantes de la química hasta entonces inexplicados. Y eso fue posible aún más teniendo en cuenta que poco antes, en 1799, el francés *Proust* formuló la *ley de las proporciones constantes* en los compuestos químicos a la que le siguió, ya en 1802, *el descubrimiento de la ley de las proporciones múltiples de Dalton.*

Por tanto, el curso de la evolución de la misma química se corresponde muy de cerca con los fenómenos químicos vinculados con esos descubrimientos

que veremos en las siguientes secciones. Junto a nexos que ahí salen a la luz volveremos a encontrarnos con transformaciones de sustancias que ya conocemos, pero que aquí se producen en circunstancias totalmente nuevas.

No obstante, en esta sección nuestra intención será, sobre todo, expresar las leyes que surjan salvaguardando plenamente las condiciones previas fenomenológicas y abstenernos de introducir formaciones conceptuales preconcebidas. Eso se realizará con plena intención y con conocimiento de los conceptos comunes que, de otro modo, aparecen en este ámbito, como por ejemplo la teoría de los iones y otras parecidas. Ahí ha de mostrarse precisamente hasta qué punto los fenómenos mismos pueden ser la teoría, cuando éstos se presentan, en cierto modo, en una *ordenación deseada por la naturaleza misma.* En nuestra opinión, la tarea de un pensar que se entienda a sí mismo no consiste en exponer teorías para explicar los fenómenos, sino en crear una *ordenación de los fenómenos mediante la cual la naturaleza misma se sitúe en disposición de revelar claramente sus leyes*. Aquí también procederemos en este sentido.

Sobre el aspecto pedagógico de este capítulo bástenos con decir que se trata de una materia adecuada más o menos para el décimo a undécimo (D. Rohde) año escolar, pues ofrece, de una manera realmente excelente, la posibilidad de profundizar y redondear en nuevas observaciones interesantes los conceptos químicos fundamentales de ácido, álcali, sal, “azufre” y “elemento básico”, oxidación y reducción. Mas con ello se transmite para un décimo y hasta undécimo (D. Rohde) año escolar una vivencia de la acción química que también puede -y debiera- tener importancia más adelante en la vida. Con ello al mismo tiempo se ha acercado la historia de la química a los jóvenes. Pero con ello también se les ha dado la posibilidad de entender el sentido y significado de la época en la que viven y familiarizarse con él. Mas ello ha de ser la tarea fundamental de todas las asignaturas impartidas en la escuela. Por eso, estos “estímulos para un estudio de la química viva” debieran servir a este objetivo.

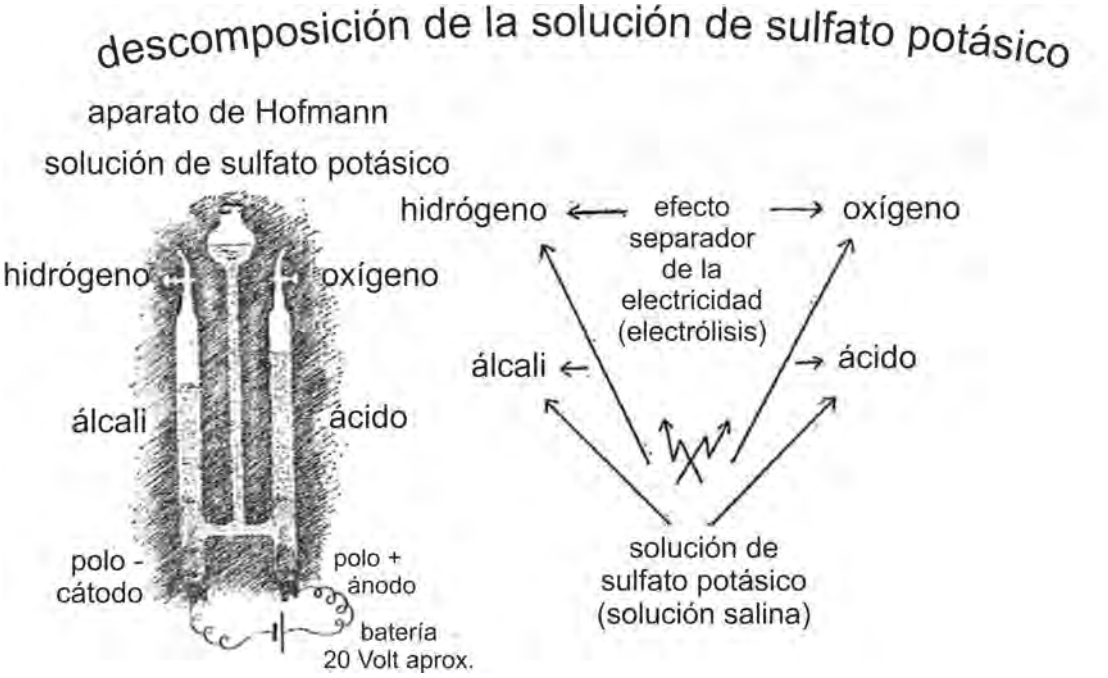
Evidentemente, para lo que se expone en esta sección, también rige el hecho de que hay que captarlo simplemente como *estímulo*, y que es muy posible y deseable que se incorporen e integren en ello otros fenómenos. No obstante, tal vez podremos notar que las leyes fundamentales se conciben y se expresan de tal modo que ello pueda producirse en todas direcciones.

2.- La electrólisis del sulfato de calcio: los procesos fundamentales en la electrólisis de una sal normal formada por base-álcali y ácido.

Empecemos directamente con el experimento que nos conduce inmediatamente al centro de los fenómenos y que es tan interesante en su transcurso, que despierta hondamente el interés de los alumnos de esta edad.

Aplicamos electrodos de platino a dos tubos (ver dibujo) y los llenamos, por vía de un tubo central unido a ambos, con una solución de sulfato potásico que anteriormente habremos coloreado con una solución de tornasol (neutra). Luego conectamos los electrodos a una fuente común de voltaje continuo, de unos 20 voltios, y de ese modo obtenemos un circuito de corriente en el que se halla implicada la solución salina como conductor eléctrico.

Muy pronto observamos que en ambos electrodos ascienden burbujas, es decir, se generan gases. Las burbujas que aparecen en el electrodo positivo (ánodo) son claramente más grandes (D.Rohde) que las del electrodo negativo (cátodo). Podemos reunir las burbujas gaseosas emergentes en un volumen gaseoso mayor haciendo que, al principio, los dos tubos puedan cerrarse por arriba con dos llaves. Pronto observaremos también que sobre el polo positivo



o ánodo se acumula sólo la mitad de gas que sobre el negativo o cátodo. Por otro lado, la proporción de volumen entre los gases surgidos en el ánodo y el cátodo que se presenta siempre (si las llaves cierran bien) es de 1:2,[1] como podemos comprobar claramente en cada ocasión en las marcas de los tubos graduados. Si dejamos que el proceso se realice por más tiempo, aumentan los dos volúmenes de gas, pero permanecen siempre en la misma proporción mutua de 1:2. Vemos, pues, como aquí, en este experimento, *la naturaleza misma* nos señala a que en sus procesos manifiestamente rigen leyes numéricas que todavía hemos de conocer.

Es de enorme importancia pedagógica que, más adelante, vinculemos las reflexiones sobre las leyes numéricas dentro del mundo de las sustancias precisamente a esa percepción sensorial que genera asombro. Pues con ello empieza a estimularse en los alumnos también un *deseo vivo* de captar y poder comprender esas leyes, y, como profesor, uno genera con ello un interés activo como condición previa para cosas que, de otro modo, transcurrirían sin color.

Pero aquí, quizás por primera vez, ese hecho debiera constatarse y percibirse con los sentidos. Pues un fenómeno aún más llamativo en este experimento pronto reclamará el interés de los alumnos. El contenido de los dos tubos de cristal sobre los electrodos al poco tiempo ya no muestra el

1.- En agua saturada de O_2. En caso necesario, empezar para ello el experimento con las llaves abiertas (Nota de D. Rohde)

mismo color de la solución neutral de tornasol[1], sino que los dos tubos se van mostrando paulatinamente con color claramente distinto. El líquido que se encuentra sobre el ánodo se vuelve claramente rojo, el que hay sobre el cátodo se hace azulado, mientras que el tubo central con la solución salina mantiene el color violeta original de la solución neutral de tornasol y por tanto siempre se puede recurrir a él para compararlos.

Si al repetir el experimento tomamos jugo de col lombarda[2] que habremos preparado nosotros mismos para colorear el sulfato de potasio, aparecen las diferencias cromáticas aún con más claridad, de modo que el contenido de un tubo adopta un precioso *rojo carmín* y el otro un magnífico *verde esmeralda*, mientras que el tubo central mantiene nuevamente el color azul normal del jugo vegetal recién preparado.

Ahí tenemos la impresión inmediata de los tonos cromáticos complementarios, de modo que a simple vista ese experimento suele causar especial impresión en los alumnos.

Pero ambos procesos de coloración, tanto en el tornasol como en el jugo de col lombarda (repollo morado), como volveremos a mostrar, aparecen cada vez que esas soluciones se reúnen con ácidos o álcalis de cualquier tipo. (Ahí, el enrojecimiento intensivo del jugo de col lombarda en la acción del ácido es tan revelador para las leyes internas de esa sustancia orgánica como la coloración hacia el verde que incluso va tendiendo paulatinamente hacia el amarillo).

La coloración, por tanto, es para nosotros un signo indiscutible de que la influencia de la electricidad sobre la solución salina, hasta entonces neutral, puede describirse diciendo que ésta ha sido “descompuesta” o “dividida” por los polos (electrodos) en dos sustancias polarmente opuestas: ácido y base -ácido sulfúrico y potasa cáustica-[2]. Podemos mostrar más claramente que todo el proceso parte de los polos que realizan el proceso electrolítico en un tubo de cristal en forma de U, en donde introducimos los electrodos *desde arriba* en la solución coloreada de sulfato potásico preparada de la misma manera. La coloración hacia el rojo y el verde empieza entonces desde los polos hacia abajo, mientras que en la parte intermedia e inferior del tubo en U se mantiene todavía el color original. Esa variante del experimento anterior es especialmente reveladora porque, en la coloración distinta que se manifiesta de un color desde los polos, esa variante muestra claramente que la transformación en ácido y base se produce precisamente desde esas zonas. Para poder desviar fácilmente los gases que aquí aparecen, se colocan con ese propósito, encima de los dos electrodos, tubitos laterales para que puedan salir por allí.

¿Qué es pues lo que ha sucedido? Que la electricidad, una fuerza natural que, en su forma de manifestación, es por sí misma de naturaleza polar (polo + y polo -) por su acción ha hecho que aparezca realmente una *polaridad que existe de forma natural* en cada sal. Al mismo tiempo, la electricidad -al hacerse activa en lo líquido- ha realizado un determinado desplazamiento de las etapas de existencia, transformando una solución salina en un ácido y una base, es

---

2.- Con un indicador universal de fluidos no va tan bien, la proporción de 2:1 se desplaza. (Nota de D. Rohde)

3.- Sólo teóricamente. La aparición del ácido y de la base se basa solamente en la descomposición del agua. K^+ y SO_4^{2-} no se descargan en estas condiciones. (Nota de D. Rohde)

decir, en sustancias que hemos de considerar situadas en la zona intermedia (“mercurial”).

Con este tipo de formulación no se ha hecho más que constatar un manifiesto estado de hechos. Pero que, como tal, muestra un significado trascendental. Ahora también se puede intuir que una fuerza natural cuya acción genera oposiciones tan intensas en la química, en el mismo modo de su aparición, en la medida en que ésta tenga su causa en procesos químicos, tiene su punto de partida en esas polaridades químicas.

Pero la observación del experimento expuesto no sería completa si no comprobáramos la naturaleza de los dos gases que han surgido en el mismo proceso electrolítico. Si además abrimos la llave que se encuentra encima del ánodo del mencionado aparato de Hoffmann y en el gas que se escapa por ella introducimos rápidamente una varilla de madera incandescente, veremos que ésta genera una llama brillante. Por tanto, ese gas sólo puede tratarse de oxígeno. En cambio se abrimos la llave que hay encima del cátodo y mantenemos en el gas emergente un fósforo encendido, el gas se enciende y arde tranquilamente. Se trata, pues, de hidrógeno (¡la paulatina coloración amarilla de la llama se debe al sodio del vidrio!). Con esa separación de ácido y sal se acompaña, pues, al mismo tiempo, una formación de oxígeno e hidrógeno, es decir, igualmente la formación de sustancias extremadamente polares.

Así pues, a la electricidad le corresponde una acción disociadora y de descomposición, y ella es la que produce exactamente las polaridades que ya hemos conocido en anteriores exposiciones: ¡ácido <—> base; oxígeno <—> hidrógeno!

Pero ahora puede surgir la pregunta: ¿cómo pudo llegarse a la formación de oxígeno e hidrógeno? ¿La corriente eléctrica debía disociar el agua en que estaba disuelta la sal de potasio?

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 tercos 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 acabar 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 Döbereimer (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 plantee 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? Mendeleyev 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 $^{12}CO_2$ al más pesado $^{13}CO_2$.

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 protofenómeno 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	*P*	*S*	*Cl*	Ar
K	Ca	Ga	Ge	*As*	*Se*	*Br*	Kr
Rb	SR	IN	Sn	Sb	Te	*I*	Xe
Cs	Ba	Tl	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 refulge 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.

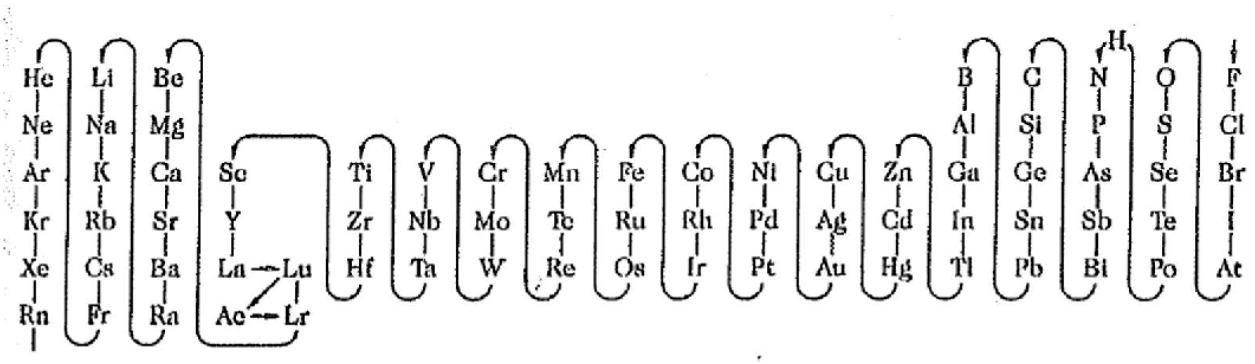
Ahora bien, en la mayoría de los casos, los colores fluorescentes de los minerales no son en absoluto característicos de su mineral principal correspondiente, sino de ciertas mezclas repartidas muy sutilmente. Al ser calentado, el sulfuro de cinc con residuos de cobre brilla con fluorescencia verde amarillenta, con una relación optima 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 ($Ca_3(PO_4)_2$), baritina ($BaSO_4$), alumbre ($KAl(SO_4)_2$), 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 protofenómeno, 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 cohombros 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 Tobías 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 plomo[1] 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 $2x10^{19}$ años (Nature 422: 876-878; 24-4-2003)

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

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 x 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.

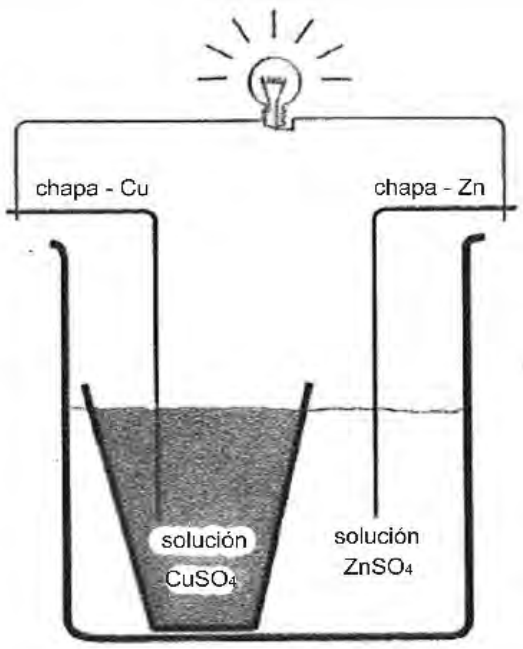
Cuando planteaba ese problema al décimo o undécimo curso, cada vez se extraía la misma conclusión: el mundo de la materia no está acabado, sino que está en evolución. Igual como una planta desplegada ya no muestra sus primeras hojas, ni tampoco sus futuros brotes, lo mismo sucede con el cosmos material. 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 Blickle y Ernst Bindel (*Bindel & Blickle* 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 Blickle 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 protofenoménicos. 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:

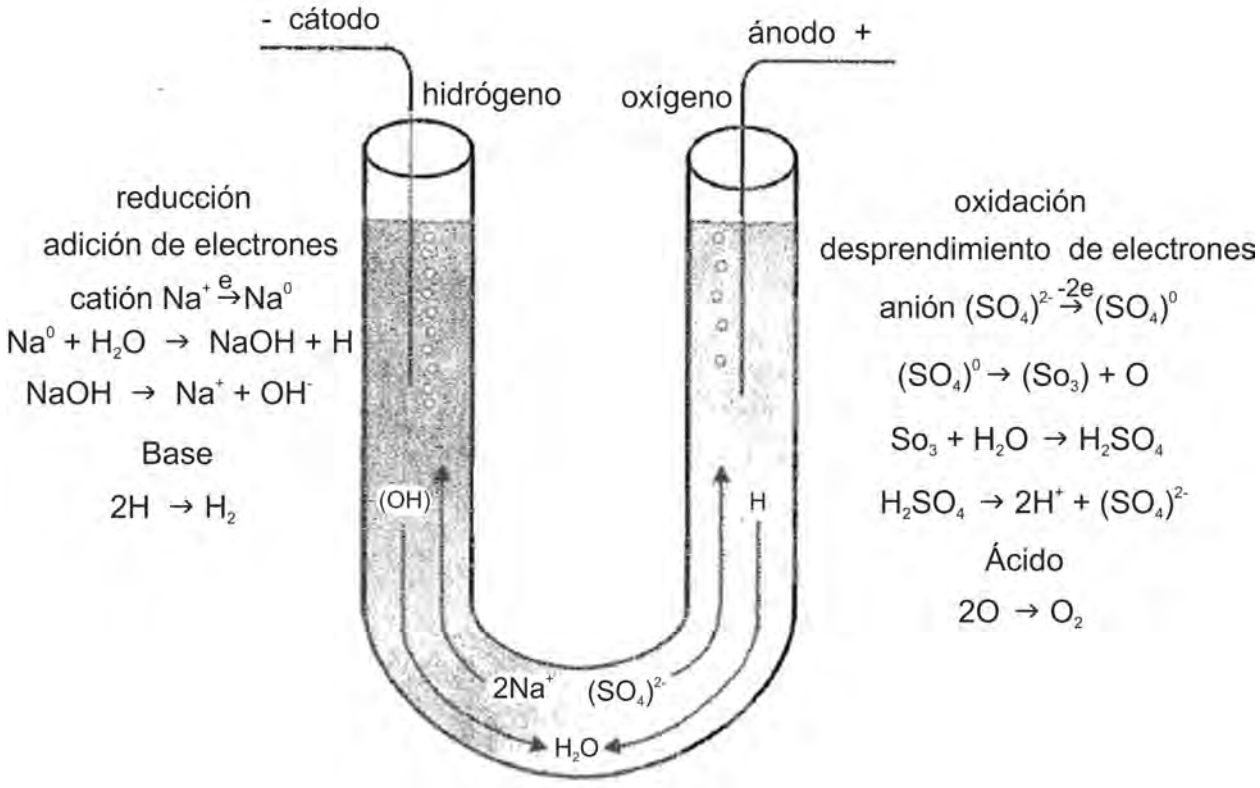


La bombilla o ampolleta incandescente se enciende cuando el recipiente interior es una maceta de barro cocido, no barnizado, cerrada por la parte de abajo. En ella introducimos una solución de sulfato de cobre, mientras que en el cubilete de vidrio introducimos una solución de sulfato de cinc, y luego 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, fenolftaleina, 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:

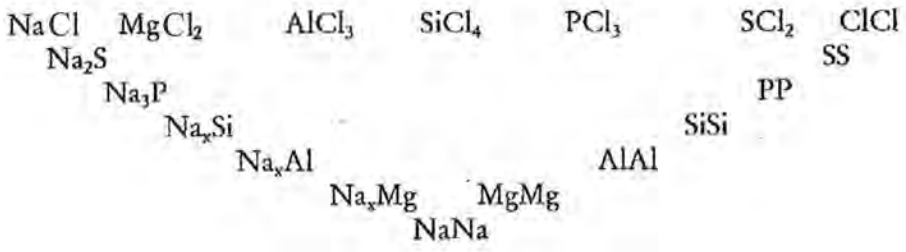
"Con los avances del galvanismo la experiencia misma se ha convertido en teoría, y de ese modo todo transcurre con un paso más claro y seguro."

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 neutrales.

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

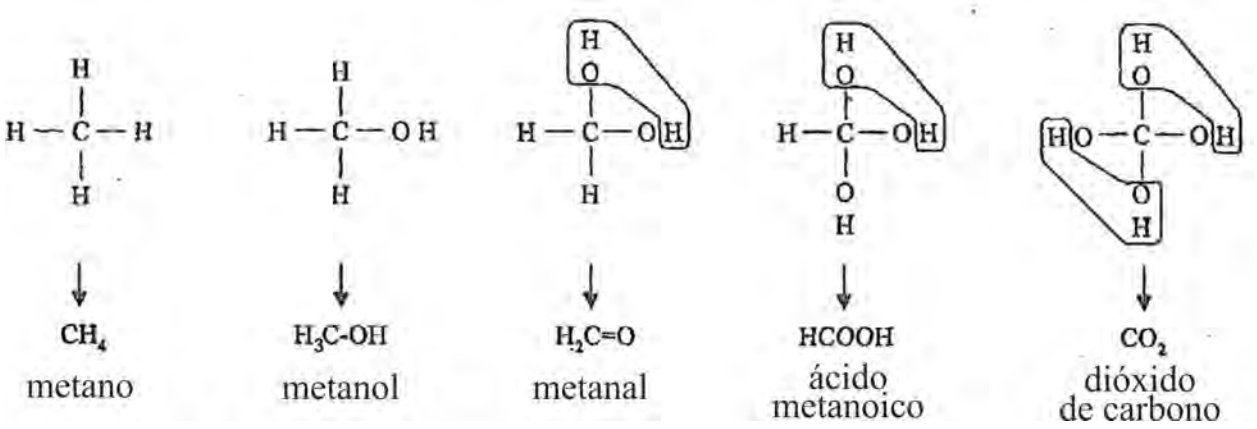
tiempo coagula ondas en partículas hasta llegar al punto temporal que llamamos ahora" (*Clark* 1973). En ello se hace evidente que también la realidad física de las sustancias no es aprehensible sin implicar en ella el tiempo, puesto que también aquellas, en su proceso de generación, se van coagulando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

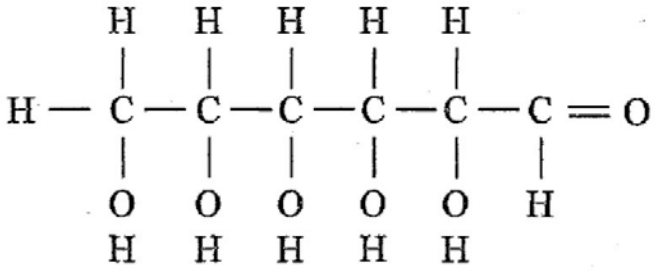
Aquí nos interesa sobre todo el carácter procesual de los tipos de enlaces, y por tanto, sus formas relacionadas con el tiempo. Es precisamente en ello que los enlaces heteropolares y homopolares son verdaderas polaridades. Los iones se enlazan con velocidad incalculable. Si reunimos sosa cáustica con 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, alcanoles, alcanales y ácidos alcanoicos (=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 alcanoico, 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 "zwiterión") 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 $R\text{-}NH_3^+$, y en el otro por desprendimiento de protones para llegar a $R\text{-}COO^-$. 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 $[H^+] \times OH^-] = 10^{-14}$) 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 $(H_2O)_x$

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	**estructura molecular**	electrolítica disociación
rico en energía	**energía**	bajo en energía
construcción de la	**metabolismo**	descomposición
masa de la sustancia hasta la sustancia de la estructura		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 (*Rosslenbroich* 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 sazonamos 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 Mandera y Hans-Joachim Strüh del laboratorio de investigación de la Wala (*Mandera* 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 levógiras, como la mayoría de nuestros pequeños clausilíidos.

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 geometrizadora 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 una 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, *Hartnann* 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.

Bibliografía

Aristóteles: Metafísica I

Astromedia-Versand, Katernberger Strasse 107, 45327 Essen. Katalog Nr. 22 (2004)

Balmer, J.J. (1885): Verhandlungen der Natursforschenden Gesellschaft, Basilea 7: 548 ff.

-- (1885): Annalen der Physik 25: 20ff.

Bindel, E. & Blickle, A. (1952): Zahlengesetze in der Stoffeswelt und in der Erdenentwickelung. In: Wachsmuth, G., Beiträge zur Substanzforschung Bd. 1 (Hybernia). Dornach/Basel, Stuttgart

-- (1967): Berührungsstellen zwischen Naturwissenschaft und Anthroposophie. Beiträge zu einer Erweiterung der Heilkunst nach geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen 20(4): 101-114, Stuttgart

Blickle, A. & Bindel, E. (1948): Das periodische System der Elemente als Schöpfungsurkunde. Die Drei 18(2/3): 90-107. Suttgart

Clark, R.W. (1973): Albert Einstein. Leben und Werk, S. 250. (W.Heyne) München

Cohen, E. (1912): Jacobus Henricus van't Hoff. Sein Leben und Wirken. (Akadem. Verlagsgesellschaft) Leipzig

Fortlage, C. (1869): Acht psychologische Vorträge. 1. Kapitel: Über die Natur der Seele. Jena

Galvani, A.L. (1791): de viribus electricitatis in motu musculari commentarius

Gehlig, R. (1995): Selbstleuchten und Atmung. Tycho Brahe Jahrbuch für Goetheanismus. Niefern-Öschelbronn

Gleason, S. (1960): Ultraviolet Guide to Minerals. (Ultra-Violet Products, Inc.) San Gabriel, California

Goethe,J.W. (1831): Principes de Philosophie Zoologique. WA II 7:188; HA 13:233

Hagenbach, A. (1941): Johann Jakob Balmer. In: Fueter, E.: Grosse Schweixer Forscher, S.272-273. (Atlantis) Zürich

Harsch, G. & Bussemas, H.H. (1985): Bilder die sich selber malen. Der Chemiker Runge und seine "Musterbilder für Freunde des Schönen". (Du Mont) Köln

Hartmann, L. (1949): Johann Jakob Balmer. Physikalische Blätter 5: 11-14, Weinheim

Hollemann, A.F. & Wiberg, E. (1955): Lehrbuch der anorganischen Chemie, S. 156/7. (De Gruyter) Berlin

Hummel, R.E. (1992): Liefert die Kupperchlorid-Kristallisations-Methode einen Nachweis für die Gestaltkräfte des Lebendigen? Elemente der Naturwissenschaft 57: 112-121. Dornach

Krätz, O. (1972): Zur Frühgeschichte des Periodensystems der Elemente. Rete 1: 145-166

-- (1992): Goethe und die Naturwissenschaften. (Callwey) München

Lee, T.D. u. Yang, C.N. (1956) in Phys. Rev. 104: 254f. Véase también: Wachtel, S. & Jendrusch, A., Der Linksdrall in der Natur, S. 158 ff. (Dtv) München

Lexikon der Chemie in drei Bänden (1988): Bd. 1:465 (Spektrum) Heidelberg, Berlín

Lieber, W. (1957): Die Fluoreszenz von Mineralien. Der Aufschluss, Sonderheft 5. Heidelberg

Mandera, R. (1987): Gibt es einen Zugang zur Formensprache des Steigbildes? Elemente der Naturwissenschaft 46(1): 48-68. Dornach
Mohr, C.: Anorganisches Grundpraktikum. (Verlag Chemie) Weinheim 1954
Nodland, B & Ralston, J. (1997): véase Bild der Wissenschaft 7:10
Okamoto, Y.: véase Literaturverzeichnis bei Senger (1987)
Pflug, H. (1984): Die Spur des Lebens. (Springer) Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo
Robbins, M. (1983): The collector's book of fluorescent minerals. (Van Nostrand Reinhold C.) New York
Rosslenbroich, B. (1994): Die rhythmische Organisation des Menschen. Aus der chronobiologischen Forschung (Verlag Freies Geistesleben) Stuttgart
Schad, W. (1973) Vom Kristallezüchten. (Mit Angelika von Kügelgen) In: Erziehungskunst Jg. 37(5): 212-222 Stuttgart
-- (1981a): Bergkristalle - Thema mit Variationen. In: Erziehungskunst Jg. 45(1): 5-17. Stuttgart
-- (1981b): Vom Wesen der Substanzen in den Naturreichen. In: Weleda-Korrespondenzblätter für Ärzte Nr. 103, S 6.23. Arlesheim/Schwäbisch Gmünd Dezember 1981.
-- (1982): Biologisches Denken. In Schad, W.: Goetheanistische Naturwissenschaft Bd. 1: 9-25. (Verlag Freies Geistesleben) Stuttgart
-- (1998): Zum Chemie-Unterricht in der Waldorfschule. Erziehungskunst 62(3): 264-277. Stuttgart
-- (2000): Spiral-Assymetrien bei Tier und Mensch. Tycho de Brahe - Jahrbuch für Goetheanismus 2000: 93-110 Niefern-Öschelbronn
Schad, W. & Dietrich, R. (1982): Versuche an Stangenbohnen mit Rechts- und Linkskieselspritzungen am Institut für Waldorfpädagogik Witten-Annen. Unveröffentlicht
Schmutz, H.U. (1986): Die Tetraederstruktur der Erde. (Verlag Freies Geistesleben) Stuttgart
Schulz, M.E. (1975): Lumineszenz von Mineralien und Gesteinen. Der Aufschluss 26:49ff. Heidelberg.
Senger, C. (1987): Auswirkungen biologisch-dynamischer Quarze auf Wachstum und Qualität Verschiedener Kulturpflanzen. Dissertation Göttigen
Spronsen, J.W. van (1969): The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years. (Elsevier) Amsterdam, London, New York
Steiner, R. (1886): La Teoría del Conocimiento implícita en la concepción goetheana del mundo. Capítulo: la naturaleza inorgánica (GA 2). (Ed. Antroposófica - Buenos Aires). (Ed. Rudolf Steiner - Madrid). (Pau de Damasc - Chile)
-- (1905): Grundelemente der Esoterik (GA 93a). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1987
-- (1911): La dirección espiritual del hombre y de la humanidad (GA 15) (Ed. Antroposófica Buenos Aires)
-- (1912): Las entidades espirituales en los cuerpos celestes y en los reinos de la naturaleza (GA 136) (Ed. Antroposófica. Buenos Aires)

-- (1913): La Ciencia Oculta. Un bosquejo. Capítulo: La evolución del mundo y del hombre (GA 13) (Ed. Antroposófica - Buenos Aires), (Ed. Rudolf Steiner - Madrid).
-- (1914): Las doce concepciones del mundo. El pensamiento humano y el cósmico (GA 151) (Ed. Antroposófica - Buenos Aires)
-- (1917): Zeitgeschichtliche Betrachtungen. Das Karma der Unwahrhaftigkeit. Zweiter Teil (GA 174) (Rudolf Steiner Verlag)
-- (1919a): El estudio del hombre como base de la pedagogía (GA 293) (Ed. Antroposófica - Buenos Aires), (Ed. Rudolf Steiner - Madrid)
-- (1919b): Coloquios pedagógicos y conferencias curriculares (GA 295) (Ed. Antroposófica - Buenos Aires), (Ed. Rudolf Steiner - Madrid), (Pau de Damasc - Chile)
-- (1919-1924): Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule 1919 bis 1924. Band III (GA 300/1-3). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1995
-- (1921a): Menschenwerden, Weltenseele und Weltengeist - Zweiter Teil: Der Mensch als geistiges Wesen im historischen Werdegang (GA 205). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1987
-- (1921b): La estructuración de la enseñanza basada en el conocimiento del ser humano (GA 302) (Ed. Antroposófica - Buenos Aires)
-- (1923): Vom Leben des Menschen und der Erde. Über das Wesen des Christentums (GA 349). (Rudolf Steienr Verlag) Dornach 2002

Strüh, H.J. (1987): Grundlegende Phänomene bei der Ausbildung der Steigbildformen, Bildtypen und pharmazeutische Prozesse. Elemente der Naturwissenschaft 46(1): 22-47. Dornach

Trueb, L.F. (1996): Die chemischen Elemente. Ein Streifzug durch das Periodensystem. (Hirzel) Stuttgart/Leipzig

Walden, P. (1943): Goethe als Chemiker und Techniker. (Verlag Chemie) Berlín

Aprilheft: 185-195, Maiheft: 253-256, Juniheft: 305-309. Véase también *Rohrbach, J*. (1993): Alfred Wegener. (V.Freies Geistesleben) Stuttgart

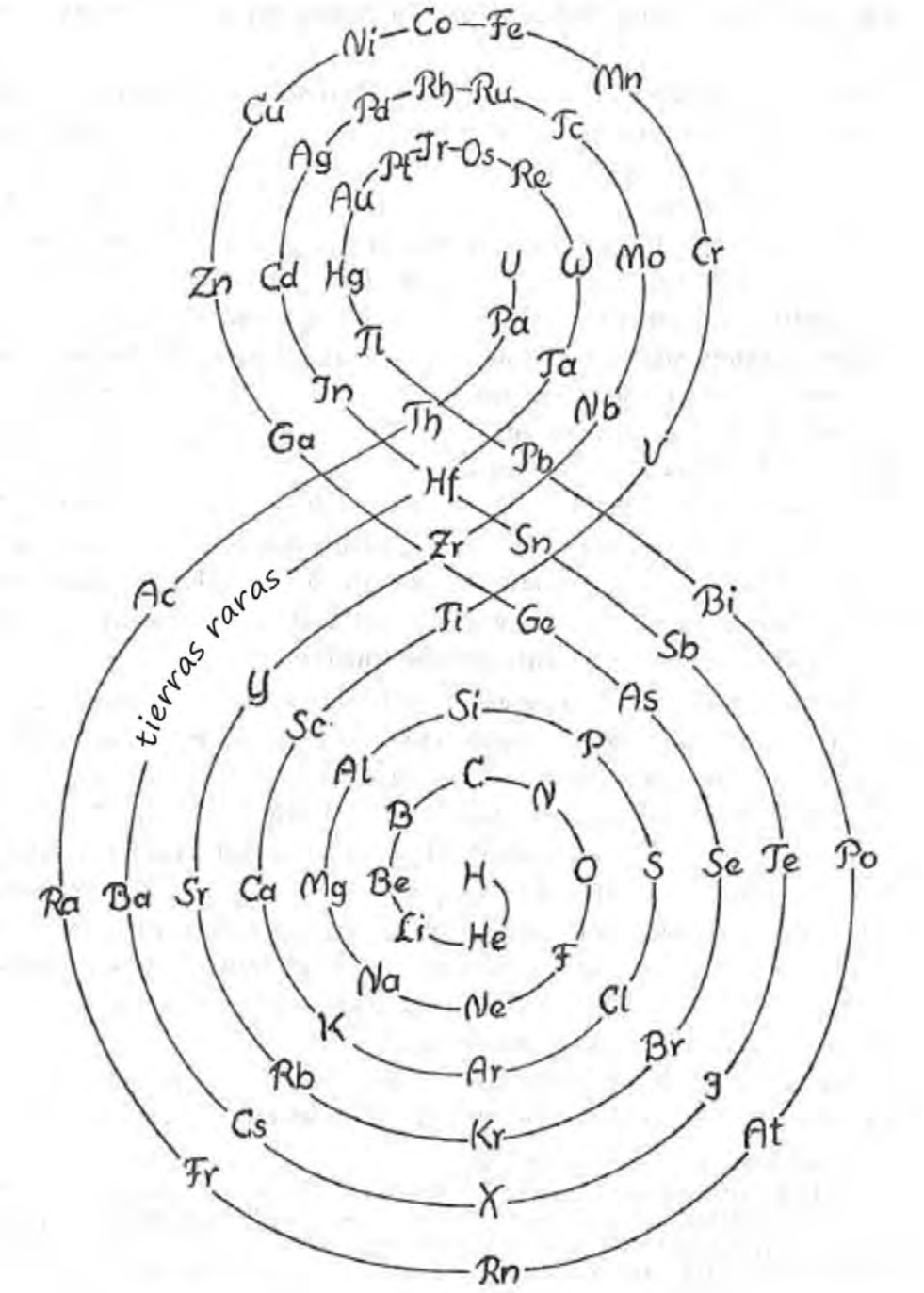
Wenger-Lehrmittel, Blütenhang 10, 78333 Stockach-Wahlwies, Fax 07771/3918: Geräte und Gebrauchsanweisungen zur makroskopischen Demonstration der optischen Aktivität von Zuckern. - Prospekt anfordern.

Winkler, H.G.F. (1955): Struktur und Eigenschaften der Kristalle. S. 222 (Springer) Berlin, Göttingen, Heidelberg.

Zeeck, A., Eick, S., Krone, B. 6 Schröder, K. (1997): Chemie für Mediziner. (Urban & Schwarzenberg) München, Wien, Baltimore.

Gerhard Ott
“Esbozo de una Química según el método fenomenológico”
1962 Tomo II

Sistema periódico en forma de lemniscata
Según Kipp



Manfred von Mackensen
“Química procesual”
2001

Una moderna introducción a la
escritura de fórmulas libre de modelos

1. La transición del décimo al undécimo año escolar.

Mirada retrospectiva del décimo año. En el décimo año hacemos un recorrido por las múltiples y sin embargo ordenadas formas de las sales y sus simetrías. Damos a conocer las fuerzas inductoras de los ácidos, los efectos succionantes de las legías, la “petrificación” de las bases. Dentro del reino vegetal en las reacciones alcalinas subyacen gravedad y sobremaduración, en los ácidos frescor y crecimiento. En el caso del animal, en lo alcalino vive el mundo interior del cuerpo; hacia el exterior el ácido trabaja, por ejemplo, como jugo gástrico o como jalea de las abejas. En el aula se seguirá el tema de lo salino, lo alcalino y lo ácido sobre los minerales, aguas de la superficie terrestre y jugos de los seres vivos. Se dejan sentir las direcciones de sus efectos que, representadas en las más diversas variantes por sustancias ponderables, emergen de una manera ilustrativa, hasta en su forma cristalina.

Previsión del undécimo año escolar. Ocasionalmente se puede ofrecer ya en décimo año un tipo u otro de fórmula de sustancias de las sales, ácidos o bases declarada como anticipo. Tal vez también puede solicitarse que la tengan en cuenta para el año siguiente. Sin embargo, la manera en que pueden ser puestas en acción las innumerables sustancias del mundo basándose en un pequeño grupo de elementos químicos, en los que tienen lugar condensaciones, concentraciones y finalmente amortecimientos de los impulsos de devenir y transformación de la plenitud de sustancias en los fenómenos de la naturaleza, ese descenso y puesta en acción, esa unilateralización e individualización extrema, hasta llegar al elemento, es más propio para la edad de los jóvenes del undécimo año escolar; y sólo entonces es adecuado abordarlo didácticamente, puesto que se requiere una determinada visión global de las posibilidades químicas realizada en el décimo curso para observar la concentración y la unilateralización.

2. Leyes y átomos

¿Actividades de los elementos? Siempre en compuestos. Primero, con independencia de si la época comienza con calcio, nitrógeno, sodio o azufre, conviene destacar que un elemento así, como *concentración del impulso de la sustancia,* tiene el peso menor que todos sus derivados. Todos los compuestos del elemento pesan más que la porción del elemento desde la que se ha creado el compuesto. Pues

efectivamente algo se le agregó. El elemento se presenta como concentrado en la corte de sus derivados (compuestos). Pero el elemento actúa en un proceso natural sólo gracias al compuesto, y extiende sus hilos al ligarse a otros elementos o ser ligado por ellos. En el hogar de la naturaleza salen muy pocas cosas de los elementos aislados, que en la mayoría de los casos han sido artificialmente llevados a su estado aislado. Por tanto, un elemento no realiza su impulso, su dirección impelente por sí mismo, sino con otros y a través de otros elementos. Sólo así puede subsistir nuestro mundo: acercándose a cualidades inconmensurablemente nuevas, con fuerzas que fluyen sin límites. Éstas no manan de manera precisamente monótona de los elementos como piedra de construcción de las sustancias. Todo compuesto muestra nuevas cualidades *propias*. Los elementos no hacen más que señalar hacia ellas. Ellos mismos son más pobres.

¡Sin piedras materiales de construcción del mundo! Antes de poder mostrar ese empobrecimiento, no tendríamos que hablar de los elementos como si fueran seres místicos en el trasfondo concebidos trivialmente como algo hecho de una especie de componentes materiales. Por mucho que la química escolar convencional los venere como tales, como si fueran piedras de construcción del mundo, causas fundamentales o simplemente como única realidad: ¡no tenemos razón alguna para poner de relieve los elementos antes del undécimo curso!

Proporciones. Para los niños, la denominada ley de las proporciones constantes, desde el agua de deshielo del primer carámbano, es una experiencia que se tiene y de la que no se habla. Nada viene de la nada, ni viene poco de poco. En la mayoría de los casos hay algo que se excede. Pero si se da mucho ácido al álcali se genera la misma sal que si hubiera menos ácido, sólo que entonces sobrará lo uno o lo otro. Las sustancias poseen tanto la identidad de sus propias cualidades cómo su proporción de sustancias de partida; simplemente es así. En la clase no hace falta empecinarse con la ley de la conservación de la materia.

Conservación de la masa. Está igualmente claro que al deshacer el producto en la antigua cantidad, mientras no haya nada que se pierda, volverán a aparecer las mismas sustancias o elementos. De lo contrario, en la constante generación y destrucción de un compuesto la sustancia de partida se iría transformando paulatinamente en la otra. ¡Pero son precisamente algo distinto! La llamada ley de la conservación de la materia o de la masa se puede por tanto constatar con los alumnos sin necesidad de grandes introducciones o demostraciones.

Las leyes describen consecuencias, no definiciones. Lo que necesitamos en clase no es, por tanto, un *mesurar* ampliado, sino una experiencia y un juicio, de cómo las leyes se *muestran* claramente, qué es lo que en la experiencia *señala* hacia ellas. Ese es, por ejemplo, el objetivo del experimento para generar sulfuro de hierro. Y basándonos directamente en él o en parecidas transformaciones ilustrativas, fundamentamos la escritura de fórmulas no en leyes, ni siquiera en átomos.

Precisamente el placer en explicar las cosas por los “átomos” procede de un estrato de opiniones previas semiconscientes aún más profundo que la satisfacción con los “elementos como piedras generales de construcción”; nos aparta aún más del contacto autofortalecido con el mundo y del propio juicio. Hay que protegerse de ambos. Pues todos tienen la tendencia emocional a imaginárselo todo en el mundo como determinado y provocado materialmente.

La vivencia de los límites de las partículas. La imperante química de laboratorio y de la industria se basa en la conservación de la masa y en las relaciones numéricas, proporciones constantes y múltiples (graduadas), conservación de la masa elemental, y finalmente; conservación de las partículas; ¡de aquellas partículas que eran eternas y lo hicieron todo! Uno siente la existencia terrestre como si fuera una jaula dentro de la cual las partículas retozan y generan el mundo - y al mismo tiempo lo delimitan. El poder intervenir en las partículas se experimenta entonces como el máximo poder en la jaula; la fórmula como su imagen y todas las cualidades de los fenómenos del mundo pierden su importancia: es como si uno estuviera tratando con la realidad eterna subyacente. Ahí no hace falta ninguna percepción cualitativa, ninguna empatía con la naturaleza viva y sus sustancias que se van transformando a partir de ella; y sobre todo: no hay que desarrollar pensamientos movidos y validados por uno mismo en aquella empatía y percepción. Uno tiene ya sus representaciones prefabricadas (las moléculas, electrones e iones) que se sostienen firmemente en la física: a cuyo mundo eterno y estático en el fondo se redujo todo ya en las preguntas iniciales.

Sentimientos populares básicos. La mencionada forma de ver el tema no está presente como si fuera un programa filosófico, sino más como una actitud popular; y también en el fondo del alma de los alumnos. Se la podría resumir diciendo: “el conocimiento de la química a partir de la idea de los átomos y débiles señales experimentales, unidas con factibilidad e instinto de poder, culminan en un credo implícito: ‘¡Sed bienvenidos, átomos! ¡Todo os lo debemos a vosotros, la construcción de la naturaleza, de nuestro cuerpo, de nuestros procesos cerebrales: nosotros en vosotros y vosotros en nosotros!”

Inversión didáctica. Por tanto, empecemos dejando descansar a los átomos. Por inmutables que sean, tan inmutables son las actitudes básicas y opiniones previas con las que se vivencian; ahí no podemos desarrollar nada espiritual para el alumno. Se pueden mencionar los átomos, tocarlos de pasada, se los puede “alabar”; se puede mostrar que uno mismo conoce el sistema, que uno admira su abrumadora inteligencia y sus posibilidades de poder, y que vale la pena conocerlos; pero que uno no busca ni sabiduría ni salvación en ello. Pues éstas las alcanzamos sólo partiendo de la percepción, no de la representación.

Ningún juicio concluyente. Las anteriores declaraciones sobre el problema del atomismo sólo han de salir a la luz de la *consciencia cotidiana* con el propósito de

mantenerse abiertos para lo evidente y adecuado a la vida, para que ello encuentre su camino. Con ello no se ha elaborado una valoración histórica, filosófica, científico-teórica, ni siquiera de especialidad científica. Para acercarnos al problema original fundamental del conocimiento natural materialista causal-analítico, se recomiendan algunos breves ensayos de Rudolf Steiner de 1882 y 1890 ("Única crítica posible de los conceptos atomistas" y "El atomismo y su refutación").[1]

3. Caminos de percepción

Pasos hacia la fórmula. La escritura de fórmulas hay que dejarla de lado y aunque se haya desarrollado partiendo de percepciones, no mediante actividades extra que exijan mucho tiempo. El voltámetro de Hofmann podría ser el único "experimento de fórmula" a finales del proceso. La aparición del sulfuro de hierro sería un experimento clave. Puede reflejar magníficamente lo que quiere decir exceso de azufre. Dado el caso, el quemar el estropajo de acero (virutilla) en el aire o el provocar la reducción del óxido de cobre con amoniaco -todos ellos experimentos que pueden presentarse- serían idóneos para hacer que se elaboraran las proporciones, transformaciones y la permanencia de las sustancias de partida.

La elección de la masa molar. Después de las proporciones viene el problema de la abreviatura. Se define la unidad de masa propia de un elemento, en el hidrógeno un gramo. La definición básica de todo el sistema es por tanto

1g hidrógeno = 1H

A la magnitud de masa específica del elemento, en el presente ejemplo 1g, se la llama masa molar. En condiciones normales un mol de hidrógeno pesa 2g y concretamente por su naturaleza bimolecular, por lo cual se lo escribe H_2 y se tiene entonces la masa molar 2. Aquí en cambio se está hablando de un mol de hidrógeno atómico. Para más detalles véase la página 99- Un mol de hidrógeno, por consiguiente, es una porción de ese tipo de sustancia de una masa de 1g (lo que no contradice la definición atómica del mol; posiciones decimales alejadas carecen de interés para la introducción). Se llegó a 1g, porque el hidrógeno es la sustancia "más ligera", es decir, la que en condiciones normales tiene la menor densidad; y porque todos los compuestos que se generan a partir de él acogen menos masa del hidrógeno que de su compañero de reacción -el hidrógeno como el elemento física y químicamente más ligero.

En cualquier caso, la masa molar de los otros elementos que también ha de estar representada por una letra, de principio se la podría escoger discrecionalmente para las aplicaciones más sencillas, es decir no esenciales. Pero la escritura de fórmulas tiene entonces sólo una ventaja si uno se apoya en las proporciones de la formación del compuesto, de tal manera que no hayan de anotarse complejas fracciones de masas molares y de las letras que las abrevian. Así por ejemplo, para el cloro uno asigna la

1.- En: Beiträge zur R. Steiner Gesamtausgabe *(Contribuciones a la Obra Completa de R. Steiner*) Núm. 63. Rudolf Steiner Verlag. Dornach, Suiza.

masa que en el ácido clorhídrico se une con un gramo de hidrógeno en 35g en números redondos. Entonces se puede escribir:

1H + 1Cl –> 1 HCl. O bien H+Cl –> HCl

La fórmula del agua a partir de los volúmenes molares. Es interesante que Gay-Lussac descubriera en 1808 que se presentan los mismos volúmenes de cloro e hidrógeno cuando están unidos en el ácido clorhídrico, de modo que las masas molares están señalando hacia un volumen de unidad. Y eso sucede con todos los elementos. Por tanto cada elemento se puede clasificar con una letra en el volumen universal del mol. Las cantidades de letras elementales se comportan como si fueran cantidades de los volúmenes molares que penetran en el compuesto respectivo; al menos en casos sencillos. Así, por ejemplo, en la descomposición del agua en un volumen molar (de aprox. 24 l) surgen oxígeno y exactamente dos volúmenes de hidrógeno (aprox. 48 l). Por tanto la fórmula se presenta como H_2O y -en proporción de peso 1 a 8- la masa molar para el oxígeno se plantea en 16g.

H_2O –> 2H+O

Primer logro. ¿Qué es lo primero que hemos logrado con ese tipo de fórmulas?

- Expresan abreviadamente cantidades de sustancia consumida o emergente que aparecen en las reacciones, de manera que no tenemos resultados de peso, sino que simplemente hemos de escribir letras a las que se añade, a lo sumo, cifras muy pequeñas. La escritura de fórmulas, por tanto, es al principio un protocolo de cantidad sabiamente abreviado, por ejemplo, para fabricantes.
- Al afirmar atrevidamente que en toda sustancia, los elementos que han desaparecido en su interior podrían ser extraibles posteriormente dando ciertos rodeos, se nos permite predecir algunas posibilidades de reacción y excluir otras. Logramos una imagen de conjunto.

4. El gran descubrimiento

Un sistema universal "caído del cielo". La ventaja recién mencionada se produce en base a un contenido de los hechos que es difícil de observar. En todos los compuestos de un elemento con otros elementos *de lo más diverso* "actúa" siempre la misma masa molar, y los demás elementos actúan entre sí las mismas masas molares igual como frente a la primera. En una combinación de elementos concretos eso excede las proporciones constantes y graduadas. La masa molar extraída de una combinación de dos, ampliada en caso necesario con pequeños factores de números enteros, se muestra súbitamente como muy acertada en el amplio círculo de la química para todas las demás combinaciones de elementos señaladas con sus masas molares. Podríamos hablar de una ley de las *proporciones universales*. Un ejemplo:

- El dióxido de azufre consume una vez 32 y dos veces 16 gramos (azufre e oxígeno respectivamente);
- El agua consume una vez 16 y dos veces 1 gramo (de oxígeno e hidrógeno respectivamente);

- El ácido sulfhídrico consume una vez 32 y dos veces 1 gramo (de azufre e hidrógeno respectivamente).

Las mismas masas molares tienen validez por todas partes. Ninguna proporción en la red de las innumerables combinaciones queda fuera. Ese es el contenido de la ley de Richter (Jeremías Benjamín RICHTER, 1791). Si, por tanto, uno tiene frente a sí un compuesto determinado, su composición se orienta siguiendo una ratio *universal* de proporciones de masa de incontables combinaciones de elementos; como si en el universo sólo fueran posibles determinados intervalos de masa: los de las masas molares. Se pretendía crear solamente una abreviación para proporciones relacionadas con el peso, pero de manera prodigiosa los paquetes de masa propios de cada elemento, que al principio fueron seleccionados de una manera sencilla y práctica, resultan ser válidos recíprocamente para todos los compuestos simples que podamos concebir! Convencionalmente a eso se le llama la ley de las proporciones equivalentes[2]**.** Sería más correcto decir “universalidad de las proporciones”, es decir, una idea en otra idea; y no una cosa.

Misteriosas propiedades del volumen molar. ¿Cómo penetró la sabiduría universal en nuestro sistema que empezó de forma meramente arbitraria? Derivando teóricamente las masas molares a un mismo *volumen* único para todos los elementos. Y como sólo algunos de los elementos son gaseosos, para poderlos pesar la mayoría había que pasarlos al estado gaseoso, y luego, siguiendo las leyes de los gases había que recalcularlos hasta sus condiciones normales.[3] Ahí en la práctica había que calentar todos los elementos y llevarlos a un estado de presión inferior. Pero eso implica extraerlos de su estado terrestre endurecido en el que hoy se **encuentran. Hay que** considerarlos como si se hallaran en su máxima dilución y en su máxima temperatura, es decir, en un estado más cósmico, tal vez también más propio de su remoto pasado.[4] Al establecer un volumen molar unitario es como si nos vinculáramos con un origen cósmico de las sustancias. De ahí fluye la proporción sabia y universal de nuestro sistema que empezamos un poco ciegamente y acaba teniendo éxito porque es universal. La escritura de fórmulas adquiere su contenido de ley natural partiendo de una región de calor y levedad, como si procediera de otro mundo, del cosmos.[5]

2.- HOLLEMANN, WIBERG: Lehrbuch der Anorganischen Chemie (*Tratado de química inorgánica*), 1985.

3.- Por otra parte, los llamados gases diatómicos como H_2, O_2 N_2, etc., tenían que ser llevados, mediante aumento de temperatura, a perder esa condensación que iba introduciendo suavemente ese peso y endurecimiento terrestres que hallamos por ejemplo en 2H –> H_2. Había que hacerlos “monoatómicos” para mostrar en el volumen molar la masa molar que subyace en la fórmula.

4.- En la práctica, mediante la ley de Richter y otras, se podía tratar con estadios gaseosos difíciles de producir precisamente en las posibles mediciones de propiedades coligativas; uno seguía colgándose del sistema ya explorado y de ese modo delimitaba lo que no era fácilmente mesurable. (Propiedades coligativas: aumento del punto de ebullición, disminución del punto de congelación, presión osmótica, presión del vapor, etc.)

5.- Al desembocar el estudio en el inicialmente nebuloso concepto de cosmos, que no se basa ni puede basarse en una sustancia ni en una prescripción de medidas, se le ofrece al lector la oportunidad de

Los átomos como sucedáneo del pensar. Cuando negamos el origen del calor y de la dilución, es decir, cuando queremos tener algo que no se basa en la periferia sino en el centro (en simple materia), entonces nos imaginamos átomos (DALTON). Entonces nos salimos del mundo de los objetos (como el de la física clásica) y desembocamos en el lado opuesto. Uno penetra con la idea en estructuras materiales "causantes". La teoría cinética de los gases creada en 1738 por Daniel BERNOULLI, de acuerdo con la consciencia moderna, empieza ese proceso derivando más o menos la ley de Mariott sobre los gases adquirida empíricamente de una manera tan ingeniosa, que uno olvida la decisión subyacente.

Mantener el interés del alumno. Para la clase se recomienda no dar el paso de Bernoulli, es decir, introducir la escritura de fórmulas libre de modelos. Pues todo lo que quiera fundamentarse en lo invisible, pero imaginándoselo de manera reduccionista como objetos bien precisos, provoca rechazo en los alumnos que están empezando a pensar. Eso lo muestra también el lamento impotente (impotente porque se halla todavía atado al reduccionismo) sobre la pérdida de interés en la enseñanza de la química en secundaria, recientemente descrita por HÖRNER y GREIWE en su escrito: ¿Química? ¡No gracias!".[6]

Culto de los fenómenos. Sólo un pensar que se fundamenta en percepciones puede atraer a los alumnos, un pensar en el que los alumnos mismos que van a participar en ellas pueden juzgar por sí mismos. Pero si, como hacen muchos autores preeminentes que investigan fenomenológicamente, no seguimos con nuestro pensar fuera de la corriente reduccionista, a la larga tampoco podremos despertar el interés de los alumnos. El conocimiento permanece pegado al fenómeno, como por ejemplo en los siguientes autores. Mins MINSSEN describe la "decisiva diferencia entre los posibles

---

acoger como apoyo a la posterior investigación algo que al principio podría registrar como defecto. Pues precisamente el concepto abierto de "cosmos" y "pasado cósmico" que nos aleja de la mera ordenación de lo palpable, puede alimentar esa ordenación con fuerzas de interés y veneración que permiten tantear algo mayor y más global que se vincula con el origen del ser humano y de la Tierra, la única fuente de comprensión efectiva. En cambio podemos constatar que la fría ordenación factual del mundo nos conduce únicamente a la explotación de lo que se ha puesto a nuestra disposición de una manera racional funcional. Por tanto, el concepto "cosmos", que no podemos discutir aquí debidamente, no es una mácula sino un tesoro por el cual valía la pena escribir todo este tratado. El origen del contexto de los hechos descritos Rudolf Steiner lo llama también "éter químico" (éter en el sentido de fuerzas formativas), como una especie de delimitación para la aparición física de ilimitadas transformaciones de las sustancias. Ahí Steiner parece considerar la ley de la conservación de la masa elemental como un trasfondo de las proporciones universales.

Rudolf Steiner describe la aparición del éter químico a partir del éter vital que se diferencia en efectos elementales permanentes, en la Crónica del Akasha (GA 11); en el curso de Agricultura Biológico-dinámica describe más la intervención del éter vital y del éter químico desde el lejano cosmos suprasolar sobre el reflejo que se produce en el silicio (GA 327); en el segundo Curso de medicina describe más la conservación de la masa elemental por la subsistencia de sustancias etéricas en el éter químico, en contraposición a la cambiante transformación química (GA 313).

6.- Nombre del artículo *Chemie? Nein, danke!* de Kerstin Hörner und Timo Greiwe, en la revista en alemán: Chimica didactica, 26 (1) 25-55 (2000).

objetivos de una fenomenología de la naturaleza y las ciencias naturales: Las ciencias naturales intentan *ir expulsando paulatinamente misterios de la naturaleza* por reducción a relaciones numéricas, unidades estructurales y sus cadenas evolutivas... La fenomenología de la naturaleza intenta, sin proyectar lo que uno quiere ver en el fenómeno, describir el fenómeno natural ante la consciencia de tal manera que, por principio, el fenómeno siga siendo más amplio y profundo que la descripción, que se adelante siempre un poco a la descripción y actúe sobre quien lo describe, superando toda descripción." Sobre la percepción directa de la sustancia WENDER escribe: "Dejo que los alumnos y alumnas oigan cómo pueden surgir sonidos y estampidos, les dejo ver cómo surgen las magníficas formas y colores, les dejo oler las cosas, percibir cómo las sustancias pueden presentarse sucias o celestiales, les dejo sentir cuán cálida o lisa es una cosa, les dejo saborearlas, percibir cuán dulces o amargas son. Dedico toda mi atención a que puedan realmente percibirlo todo a fondo y que eso se convierta en una vivencia real. Entonces constato (y también sé) que se está apelando a la vida de los sentimientos por vía de los órganos sensoriales y que pueden participar de ese modo en la belleza de la vida, lo que en el proceso también desarrolla su moralidad".[7]

Fronteras de la mera percepción. Tendría que estar en la naturaleza de los jóvenes que después de haber percibido mucho tendría que brotar *algún pensar*. Ahí chocamos con el déficit de la moderna didáctica de la química que intenta ser fenomenológica. En plena oposición al pensar en modelos hemos de buscar la transición mental entre la bella experiencia aislada y el conjunto de la naturaleza viva y del ser humano. Pues de lo contrario ¿de dónde puede venir de una manera libre la mencionada "moral"? Sólo una idea del ser humano puede darle fuerza al pensar, porque uno puede acercarse a ella e incluso prescribírsela a sí mismo en la propia vida interior. En cambio a la larga no serán dignos del interés del alma del joven los conceptos en una vida mental que, de manera consecuentemente reduccionista, se acaba explicando a sí misma como un epifenómeno de los procesos moleculares del sistema nervioso y sólo ha de considerarse como registro irrelevante del inventario del mundo ya acabado sin participación suya, un registro en el que toda aspiración cognitiva acaba nivelándose.

Antiguos goetheanistas. Habría que agregar que Frits JULIUS reconoce y discute detalladamente el fundamento fenoménico (es decir, que se encuentra en los fenómenos reales) de la fijación de la masa molar en el volumen del gas.[8] Julius describe la red de las proporciones universales, o como decimos nosotros, la universalidad de las proporciones, diciendo: "Cuando algunas sustancias se vinculan entre sí por la proporción de peso que se produce, es como si apareciera en nuestro campo visual un fragmento de la red."

7.- Ambos citados de la revista Chimica didactica, 26 (2/3)91-92 (2000)

8.- Grundlagen einer phänomenologischen Chemie" (*Fundamentos de una química fenomenológica*), Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart

5. Práctica docente.

La tabla de las masas molares redondeadas de los elementos (antes llamada “pesos atómicos”, hoy “masa atómica relativa en el gramo”) pone a los alumnos en condición de trabajar más o menos la siguiente tarea de ejercicios, en la que se comunican las fórmulas (de sumas) de los compuestos tal como pudieron encontrarse fundamentalmente a partir de las determinaciones de peso de los elementos implicados:

- ¿Cuál es la magnitud de la masa molar del dióxido de carbono de la fórmula CO_2? (44g)
- ¿Cuánto carbono se necesita para producir 88g de dióxido de carbono? (24g)
- ¿Cuánto carbono se necesita para producir 88g de monóxido de carbono? (37,7g)

Si ese cálculo estequiométrico se practica de manera demasiado compleja y prolongada llegaremos a una escisión en los alumnos emotivamente interesados (que ahora “se descuelgan”) y los que disfrutan de su poder intelectual y que aprenden a catalogar como núcleo de la química lo que en realidad es un éxito secundario.

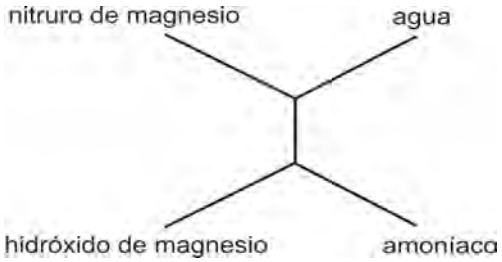
Después de establecer fórmulas de composición más exactas (CO, CO_2, H_2O) se puede practicar brevemente otra contribución de la química de fórmulas, la posibilidad de una rigurosa formulación de reacciones. Si hemos producido nitruro de magnesio y establecido la fórmula Mg_3N_2 podemos formularlo de la manera siguiente:

$$3Mg + 2N \rightarrow Mg_3N_2$$

La enunciación sería primero: “tres masas molares de magnesio” y no “tres magnesios” o “tres Mg”. Por tanto Mg no es una abreviatura general para magnesio. Pues Mg no quiere decir “sustancia del tipo magnesio”, sino “24g de magnesio”. Lo respectivo se aplica también, por ejemplo, al dióxido de carbono que por dicha razón yo abrevié con Kd y no con CO_2, el Cobre con Ku,[9] etc. Las abreviaturas universales parecen automatizar el conocimiento: pero lo obstaculizan porque ocultan lo concreto - de ahí los símbolos Kd y Ku[9].

¿Qué sucede entonces al rebajar el nitruro a hidróxido? Primero establecemos un esquema de reacción. Por otra parte, partiendo de la naturaleza de las sustancias, hemos reflexionado sobre el hecho de que el producto gaseoso será probablemente un compuesto de nitrógeno, y lo sólido mineral (el lodo) un compuesto metálico. Aparentemente, la combustibilidad del magnesio, que sólo se ha descargado parcialmente en la formación del nitruro (sigue ardiendo suavemente en lugar de aparecer una llama luminosa como sucede con el oxígeno), se transforma en el producto gaseoso, es decir, en un compuesto de hidrógeno que en ulteriores experimentos en realidad se muestra combustible. Por tanto, desde el punto de vista de las sustancias definimos:

9.- En el alemán original Kd (Kohlendioxid) y Ku (Kupfer) respectivamente. Esa formulación utilizada por Mackensen sería aplicable en algunos casos sólo al alemán, y no al castellano (donde habría que buscar algún sustituto equivalente), pues “Dc” aún podría aplicarse a Dióxido de Carbono, pero si usáramos Co (para el cobre) se confundiría, por ejemplo, con el símbolo ya existente para el Cobalto. (N. del T.)



Después de haber transmitido las fórmulas NH_3 y $Mg(OH)_2$ los alumnos pueden formular:

$$Mg_3N_2 + 6H_2O \rightarrow 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$$

Aquí se procede según el principio de “que no falte nada”; pues por la constante de las masas elementales todas las letras que se hallan a la izquierda vuelven a surgir a la derecha. El principio permite entonces esbozar reacciones desconocidas únicamente a partir del conocimiento de las fórmulas. Así, por ejemplo, 24g de carbono deben ser consumidos por 48g de oxígeno, ¿qué tipo de gas surgirá? De lo aprendido y del conocimiento de las posibilidades del monóxido de carbono llegamos a formular lo siguiente:

$$2C + 3O \rightarrow CO_2 + CO$$

De modo que realmente surgirá monóxido de carbono (tóxico) que aquí hemos “descubierto” al formular la reacción - un triunfo de la escritura de fórmulas. El químico utiliza a cada paso ese tipo de ratio. Los alumnos aprenden a valorar la escritura de fórmulas.

Antes de seguir investigando las secuencias de reacciones (la llamada formulación de reacciones) con el método de escritura de fórmulas, y lo que uno puede predecir o comprender en función de cómo se desarrolle, consultemos otra vez la fórmula sustancial individual en sus ventajas y desventajas para el conocimiento. Tomemos CO_2. Tenemos pues un gas pesado, recogemos 44g en un recipiente y llamamos a esa porción CO_2. ¿Que reconocemos con ello?

1. La proporción viene dada con la fórmula CO_2: para su producción en 12g de carbono se utilizan 32g de oxígeno. Esas cantidades, aunque ello se haga dando ciertos rodeos, se han movido en todos los casos, ¡pero sólo de esas sustancias y de ninguna otra!
2. Cuando el dióxido de carbono desprende oxígeno o carbono, es decir, cuando desaparece, surgen solamente carbono y oxígeno (en la mayoría de los casos han ingresado en nuevos compuestos) y nada más, en cuyo caso con el 100% de seguridad en principio volverán a aparecer las mismas cantidades.

La fórmula de sustancias es, por consiguiente, un pasado muy claro y un seguro futuro. ¿Qué es lo que nos dice del presente?

3. Uno se ve obligado por la fórmula a concebir la sustancia como adición ; como si el dióxido de carbono fuera avivador y generador de hollín, el agua fuera explosiva y

oxidante. Los elementos registrados son o bien pasado o bien futuro, ¡pero no presente! Que en el presente exista algo nuevo es precisamente lo que constituye la posibilidad de la vida y de la transformación en la Tierra. ¡La fórmula lo niega! El saber se bloquea justamente allí, o dicho en buenas palabras: un inconveniente de la escritura en fórmulas.

4. Pero entonces en la composición de los elementos queda algo real también en el presente: la masa. Su conservación sugiere precisamente la continuidad de los componentes; pero en lo que se refiere a la transformación la masa no dice fundamentalmente nada. Simplemente se mantiene.
5. Un segundo aspecto de cada elemento de la fórmula existe en el presente: *la tendencia a la propiedad*. Aunque las propiedades hayan desaparecido algo de ellas reaparece transformado, más para el pensar cualitativo que para los datos mesurables que permanecen iguales. Se trata, en último término, de tendencias, inclinaciones, visibles sólo fenomenológicamente. Pero esas tendencias dan orden a la naturaleza.

Tendríamos pues cuatro ventajas y sólo una (tentadora) desventaja (el número 3). Si uno se deja seducir por esa desventaja, es decir, si supone que los elementos siguen existiendo físicamente en los compuestos -y hoy es difícil salirse de eso- la siguiente pregunta tendrá que ser: Bien, ¿qué es lo que mantiene unidos los elementos que tienden a separarse? Y si los elementos simplemente siguen existiendo allí ¿por qué no los vemos en el compuesto? La última pregunta nos lleva a la “división más sutil” en la textura atómica, la primera teoría de la combinación, a los electrones. Los decisivos impulsos a la búsqueda de un modelo en el conocimiento de la química moderna surgen, pues, del problema de las fórmulas, lo que naturalmente no es más que una variante del problema más amplio del materialismo.

Entonces podríamos exclamar: “¡Dejemos que se mantenga el materialismo si nos hace tanto bien, aunque sea porque nos ha creado toda la magnífica química moderna!” Pero ¡no llegamos a los alumnos! ¿Y qué es lo que sucede con la naturaleza de la Tierra, del entorno, y la salud de los niños que va empeorando cada vez más? Nuevamente, los últimos párrafos no forman parte de ninguna discusión científica, se consideran simplemente un inventario expresado de manera popular “desde abajo”.

Pero el inicio de la capacidad de comprensión y de la enseñanza empiezan precisamente desde abajo. Los jóvenes buscan la gran coherencia que parte de lo que nos dicen los fenómenos originales, y no que se les quiera exponer meramente una interconexión global concebida de antemano que supuestamente estaría presente en estructuras de partículas. Y teniendo en cuenta la vida y a los seres humanos se pueden encontrar esos nexos si se *quiere* ampliar la observación más allá del manejo exterior de las sustancias. Naturalmente, no se pueden apartar de un plumazo los doscientos años que transcurrieron desde Dalton, pero basta con captar realmente las ventajas 1, 2 y 5 de la idea de las fórmulas y dejar el resto (toda la historia de los modelos); en todo caso para el undécimo año escolar. Ocupémonos ahora de un antiguo problema, el de la valencia. ¿Cómo solucionarlo sin electrones?

6. Valencia oxidativa y reductiva

Primer atisbo de valencia. Al formular la reacción (exposición de ecuaciones reactivas), como ya señalamos antes, se genera la ecuación del número de letras, por ejemplo:

$$3CuO + 2NH_3 \text{ –> } 3Cu + 3H_2O + 2N$$

Para formulaciones más complejas y para dar seguridad al principio podemos servirnos en clase de una tabla más o menos como la que sigue:

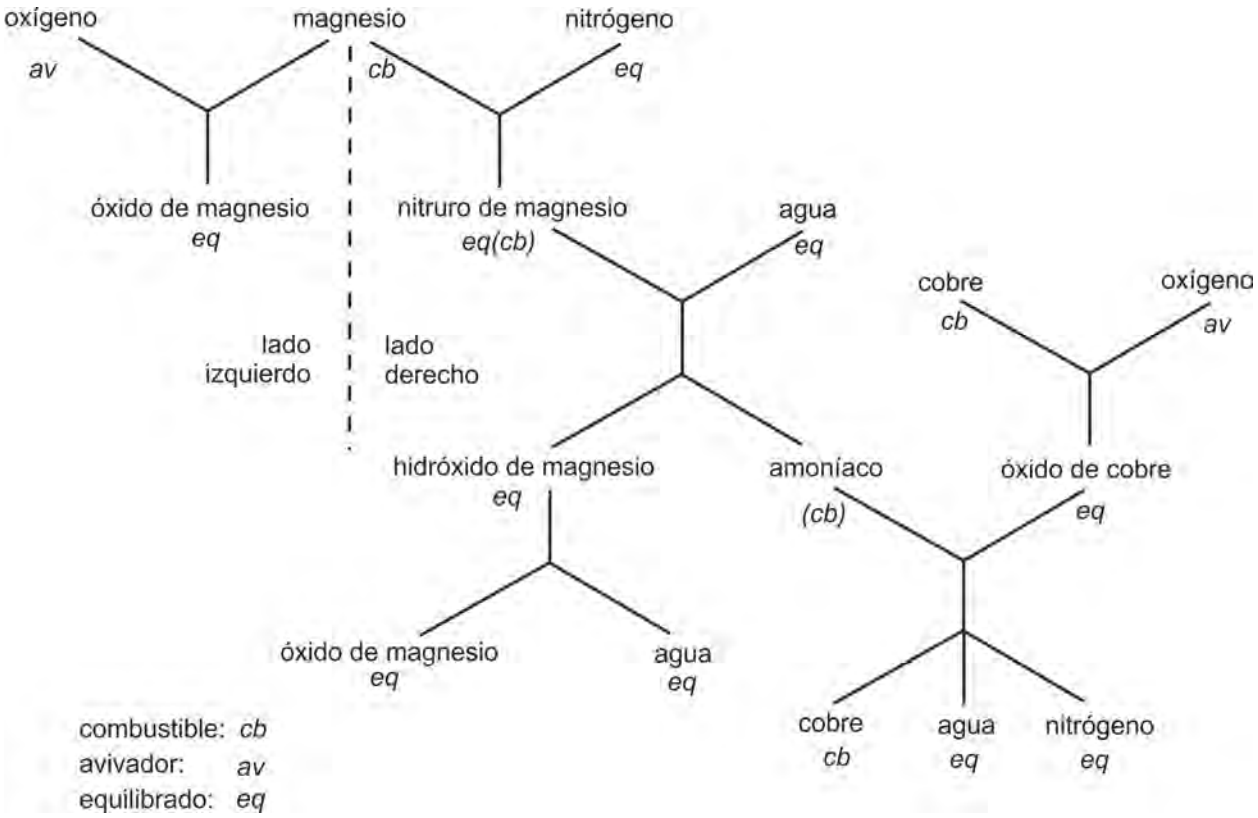
	cantidad	cantidad
letra	izquierda	derecha
Cu	3	3
O	3	3
H	6	6
N	2	2

Del mismo modo, cuando los alumnos pueden manejarse en el tema, para ellos sigue siendo insatisfactorio que se les tengan que decir las fórmulas. Se puede señalar hacia ello y decir que tras haber comprobado minuciosamente los pesos, lo último siempre se mantiene. Pero los alumnos constatan que el profesor no sólo conoce los resultados de anteriores comprobaciones de peso, sino que extrae todas las pequeñas cifras de una “reserva de cifras” que parecen serle asequibles como especialista. Y esa reserva oculta “valencias”.

Proporciones escalonadas, propiedades escalonadas. La valencia describe los grados de participación de un elemento en la corriente de transformaciones del otro. Pero un elemento en una valencia no está determinado solamente por números o cantidades, sino que muestra un grado cualitativo, como, por ejemplo, el hierro bivalente. Uno encuentra un complejo típico de tendencias que le son propias. Si uno modifica la valencia surge un nuevo complejo emparentado, una fuerza distinta en la acción de la naturaleza. Por eso, las valencias hay que extraerlas por el camino de las transformaciones cualitativas de las sustancias en el mundo y no de cifras de electrones que uno se representa basados solamente en sistemas de medidas de la física y en la cosificación de cantidades.

La polaridad de las fuerzas de transformación. Lo primero que hay que aclarar cualitativamente, teniendo en cuenta los impulsos naturales de las reacciones, es que existen dos direcciones de transformación: la oxidación y la reducción. Son fuerzas de la naturaleza abierta, del nacer y fenecer de los seres vivos y sus materiales. Para ello

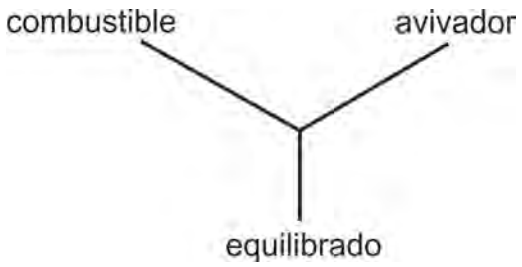
observamos la tabla de los esquemas de reacciones encadenadas (que se realizan a lo largo de varios días):



Los alumnos reconocen, entre otras cosas, que el resultado de la transformación del magnesio en el lado izquierdo es igual al del lado derecho, pues todas las otras sustancias vuelven a aparecer a la derecha tal como son utilizadas (el agua en dos porciones). ¿Qué fuerzas impulsoras intervienen entonces en las reacciones? Primero hay que dar a conocer que la exposición del magnesio es una especie de acto de violencia: el óxido de magnesio y el carbón han de calentarse a una temperatura de 1800 Cº, y el magnesio se evapora.

Los imponderables como fuerza impulsora. El elemento imponderable del carbón, es decir, la fuerza que todo lo mueve y que, en último término, procede del cosmos, se estampa violentamente en el magnesio al airear el carbón e intensificar por las ascuas su máxima tendencia a la oxidación. Los imponderables, o mejor dicho, la predisposición de una sustancia a generar el efecto de los imponderables, es la fuerza impulsora de las transformaciones de la Tierra procedente del cosmos cercano (Sol, sistema planetario); sólo ella permite que aparezcan una y otra vez la vida y la química. La idea de los imponderables permite recorrer en el pensamiento los caminos del universo.

Lo combustible frente a lo avivador. La parte visible de la idea de los imponderables pertenece a la escuela. Consiste en una distribución de las sustancias en *combustibles, avivadoras* y *equilibradas*:



Estas cualidades se escribieron en cursivo en el esquema anterior. Volvemos a reconocer que el nitrógeno se ve obligado a desempeñar el papel de avivador: por la enorme combustibilidad del magnesio. Este último no se ve auténticamente equilibrado porque el nitrógeno no aporta ninguna cualidad avivadora. La combustibilidad no compensada vuelve a salir de forma contenida en el amoníaco, se prolonga hasta el cobre (reacción de más abajo), pues éste vuelve a ser moderadamente oxidable. Uno aprende que siempre depende de las circunstancias y del asociado en la reacción el que se halle activa una propiedad combustible o una avivadora, es decir, hacía dónde es impelida una sustancia como aquí es el nitrógeno. Todo es variable con todo, nada descansa sobre sí mismo. (En la química reduccionista eso se expresa en la escala de los potenciales redox).

Oxidación y reducción. No vamos a exponer cómo los alumnos pueden practicar en muchos ejemplos de la manera convencional de expresarse “ninguna oxidación sin reducción” (=ninguna desaparición de propiedades combustibles sin desaparición de propiedades avivadoras) y “el medio de oxidación es deducido y el medio de reducción es oxidado”, etc., de modo que el término reacción redox se hace corriente y diáfano. Ejemplos de ese tipo de sustancias serían:

Sustancias combustibles	**Sustancias avivadoras**
madera, paja, heno, resina, cera aceite, carbón, turba, alquitrán	aire, oxígeno, nitrato, cromato, permanganeso, dióxido de plomo, hausmanita, minio, óxido de sodio
petróleo, asfalto, gas natural, alcoholes, azúcar, líquidos aromáticos	cloro, bromo, ácido nítrico, en ciertas circunstancias: sulfato, carbonato

Emerge entonces un concepto valorado en base a la multitud de sustancias, en el conjunto de la naturaleza, e incluso teniendo en cuenta la abertura de la Tierra al cosmos, por ejemplo, de lo combustible o del desprendimiento de imponderables, y ese concepto sustituye al del desprendimiento de electrones, ahí tenemos un giro

goetheano que puede liberarse de la presión subterránea de las ideas reduccionistas que, en último término, son ingenuamente realistas.

Dos tipos de valencia. Por consiguiente, si hemos desarrollado una comprensión cualitativa de las fuerzas redox podemos rápidamente ordenar las valencias. La valencia reductiva del hidrógeno se establece inmediatamente como +1. En el ácido clorhídrico el hidrógeno tiene (aquí y siempre) valencia reductiva 1 (actúa reduciendo), el cloro la oxidativa de igualmente 1, pero abreviada con signo opuesto:

+ 1	-1
H	Cl

Se lo puede entonces clasificar en todas partes y formular de la manera siguiente, donde la valencia expresa la cifra de oxidación (léase la x como “multiplicado por”)

2x1 -2	2x1 6 4x-2	2x3 3x-2	2 -2	2 2x5 2x 3x-2	
H_2S	H_2SO_4	Fe_2O_3	FeS	$Cu(NO_3)_2$	etc.

Cada modificación de la valencia (los elementos puros tienen cero) es una reacción redox. Pero la elaboración de ecuaciones redox se practicará en el duodécimo año escolar hasta que los alumnos hayan llegado a un manejo independiente de las mismas. Primero es útil la proposición: el hidrógeno y los representantes del hidrógeno tienen una valencia de +1, y su socio, cuando interviene en la composición con exactamente un mol, la tiene -1. El oxígeno y sus representantes tienen -2. La tarea del químico, y en parte de los alumnos, es protegerse frente a los conocimientos que suelen aparecer frecuentemente sobre las valencias de los elementos.

¿Qué es lo que se expresa en la valencia? - Derivar las valencias sobre los datos físicos (espectroscopio) de los números cuánticos sobrepasa primero el ámbito de la capacidad de juicio que habría que alcanzar con la enseñanza general de la química. Sin embargo, el origen de las valencias también se puede captar fenomenológicamente de la manera siguiente. El hidrógeno, como el elemento específicamente más ligero con el más bajo punto de condensación, y como un gas prácticamente permanente, marca la transición de la atmósfera terrestre hacia el espacio cósmico, donde también se lo encuentra como algo que se aleja de la Tierra. Ello hace que sea el elemento más alejado de las cualidades terrestres como solidificación y peso. Eso se manifiesta, entre otras cosas, en su escasa masa molar. Significativamente se presenta sólo con la valencia más baja. Con los otros elementos, lo material se condensa y las masas molares aumentan. Pero entonces entra en acción el influjo fragmentador de lo terrestre generando multiplicidad: cada vez se van agregando más grados de valencia, sobre todo frente al elemento oxígeno mineralizador, que no aleja las cosas de la Tierra sino que lo atrae todo a ella; y llega hasta la valencia ocho en los elementos más pesados (tetróxido de osmio). Vista de este modo, la secuencia de los elementos de un período con su valencia cada vez más oxidativa es un camino para penetrar en la formación de compuestos, la inmersión de una sustancia en otra.

¿Adónde ir con el sistema periódico?. Fenomenológicamente, habría que introducir el sistema periódico únicamente como un sistema de diversificación y de valencias. Pues también hay que considerar que las semejanzas que se han ido comprobando en las propiedades entre elementos de un grupo (columna) en los ejemplos clásicos en las alas del sistema (Na/K y Cl/Br) ya no existen en los procesos de vida. Cuanto más tentadora es una ordenación de todos los elementos siguiendo las masas molares, tanto más se infiltrará -en la situación cognitiva de la edad de los alumnos- la interpretación de los mismos partiendo de los patrones de medida de la física; aparte de la sobrecarga de la clase con los múltiples expuestos. Es mejor dejar de lado el sistema periódico o simplemente tratarlo de pasada.

7.- ¿Qué es lo que puede lograrse?

Resultado final. Los alumnos saben: El signo abreviado para el elemento representa un determinado peso (masa) que pudo fijarse inteligentemente para cada elemento. En los elementos gaseosos esa masa molar también ocupa un espacio igual para todos los elementos (volumen molar general). Pero eso ya se tuvo en cuenta en la fijación de las masas molares, de modo que los alumnos sólo han de pensar en pesos cuando escriban fórmulas. Sobre esa estructura se pueden reducir primero todas las explicaciones de la escritura de fórmulas. Pero ¿han de hacerlo?

El goetheanismo como ventaja profesional. Todo avanza hacia el máximo posible de educación formal, hacia la cientificidad, el reduccionismo, la abstracción: “¡Internet en el Jardín de Infancia!”, todo por sus supuestas ventajas profesionales. Pero de ese tipo de puestos de trabajo no hay para todos, el 80% restante ha de hacer otras cosas. La química fenomenológica cualifica para tareas ejecutivas bajo sistemas de control no formales que actúan en la agricultura biológica, medicina y farmacia natural, alimentación y actividades relacionadas con la salud, estudio de la naturaleza y del entorno, en tecnología adecuada, en lo que se refiere a vestimenta, productos de limpieza, colores, materiales de construcción y similares. A ella pertenece el futuro de una gran parte del trabajo profesional; allí donde fracasan las ciencias formales.

RUDOLF STEINER
“Bases científico-espirituales para el desarrollo de la agricultura”.
GA 327 de la Obra Completa.

Fragmento de la
Tercera conferencia
Koberwitz, 11 de junio de 1924.

Incursión en la actividad de la naturaleza:
La acción del espíritu en la naturaleza

Las fuerzas de la Tierra y del cosmos de las que les hablé actúan en la agricultura mediante las sustancias de la tierra. Y por eso, en los próximos días, sólo podremos hallar acceso a los diversos enfoques prácticos si hoy también nos ocupamos con más detalle de la pregunta: ¿Cómo obran las fuerzas de las que hablé mediante las sustancias de la tierra? Para ello habremos de hacer una incursión en la actividad de la naturaleza en general.

Una de las preguntas capitales que pueden plantearse cuando se trata de producir en el ámbito agrícola es la relativa al significado y la influencia del nitrógeno sobre toda la producción agraria. Esa simple pregunta sobre la esencia de la acción del nitrógeno ha desembocado hoy en día en una gran confusión. Por todas partes en que esté activo el nitrógeno no vemos más que el extremo exterior de sus efectos, lo más superficial en que se manifiesta. Pero no se vislumbra en el interior de los nexos de la naturaleza en los que actúa el nitrógeno, y eso tampoco puede hacerse si permanecemos dentro de un solo ámbito de la naturaleza; eso sólo puede lograrse si ampliamos nuestra mirada a las amplitudes de la naturaleza y nos preocupamos de la actividad del nitrógeno en el cosmos. Puede decirse incluso -y eso lo veremos en mis exposiciones- que el nitrógeno, como tal, quizás no desempeña el primer papel en la vida vegetal; y sin embargo el solo hecho de conocer cuál es su papel es de primerísima necesidad para entender la vida vegetal.

Pero el nitrógeno, al obrar en el ser natural tiene, digamos, cuatro hermanos cuyos efectos que también hemos de conocer si pretendemos comprender sus funciones y su significado en la llamada economía de la naturaleza. Esas tres sustancias hermanas son las que están reunidas con él en la proteína vegetal y animal de una manera que incluso hoy es todavía misteriosa para la misma ciencia exterior. Son los cuatro hermanos: el carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el azufre.

Si queremos conocer el pleno significado de la proteína no basta con que mencionemos sólo sus principales ingredientes: hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y carbono, sino también hemos de incluir otra sustancia activa de enorme importancia para la proteína, me refiero al azufre. Pues dentro de la proteína, el azufre es precisamente el componente que sirve de mediador entre lo espiritual que se halla expandido por todas partes en el mundo, entre la fuerza formadora de lo espiritual y lo físico. Puede afirmarse que quien quiera realmente seguir las huellas que deja lo espiritual en el mundo material habrá de seguir la actividad del azufre. Y aunque esa actividad no se vea tan abiertamente como se ve la de las otras sustancias, es de suma importancia, por el hecho de que, por vía del azufre, el espíritu interviene y actúa en lo físico de la naturaleza. El azufre es realmente el portador de lo espiritual. Mantiene su antiguo nombre de Sulfuro que se halla emparentado con el fósforo; y mantiene su antiguo nombre porque antaño en la luz, en la luz que se expande, en la luz de naturaleza solar se veía también la expansión de lo espiritual. Por eso, a esas sustancias que tienen que ver con la intervención de la luz en la materia, como el azufre y el fósforo, se les llamaba portadores de luz.

Ahora bien, precisamente porque la actividad del azufre es tan sutil en la economía de la naturaleza, se nos hará evidente lo que son realmente esas sustancias en el ser cósmico en su conjunto, si tenemos en cuenta y realmente aprendemos a entender las otras cuatro sustancias hermanas: carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Pues el químico de hoy no sabe mucho de esas sustancias. Sabe qué aspecto exterior poseen cuando las tiene en el laboratorio, pero en realidad no entiende en absoluto el significado interior de esas sustancias en el conjunto de las actividades cósmicas. Y el conocimiento que hoy tiene la química de esas sustancias, en realidad, no es mucho mayor que el que tendríamos de alguien que viéramos pasar por la calle, y a quien tal vez le habríamos sacado una foto, y del que uno se acordaría a partir de la foto. Pues lo que ciencia hace con esas sustancias, cuya naturaleza profunda tendríamos que conocer, no es mucho más que la mera toma de una fotografía y lo que consta en los libros y se presenta en nuestras conferencias sobre esas sustancias no contiene mucho más que eso.

Por eso, partamos primero del carbono (su aplicación a lo vegetal ya se nos irá dando). En la época moderna, el carbono se ha visto rebajado desde una posición muy aristocrática a una categoría muy plebeya -¡y hay que ver cuántos otros seres en el mundo han seguido ese mismo camino! Así pues, uno ve en el carbono solamente lo que uno hace en el horno: el carbón. En el carbono vemos eso con lo que escribimos: el grafito. Todavía se tiene aprecio por una determinada modificación del carbono: el diamante. Hasta ahí llega el límite de nuestro aprecio, porque no lo podemos comprar. Y por eso, lo que se sabe del carbono, en comparación con la enorme importancia que tiene en el cosmos, es extraordinariamente poco. Ese negro personaje -llamémosle personaje- hasta hace relativamente poco, hasta hace unos doscientos años, era considerado lo que solía llamarse con un nombre muy noble, con el nombre de “piedra filosofal”.

Se ha parloteado mucho sobre lo que debía ser la piedra filosofal, pero de esa cháchara insustancial no ha salido mucho en claro. Pues cuando los antiguos alquimistas y personas afines hablaban de la piedra filosofal se referían al carbono en sus más diversas manifestaciones. Y mantenían su nombre en secreto simplemente porque, si no lo hubieran hecho, todo el mundo habría tenido naturalmente esa piedra filosofal. Pero se trataba del carbono. ¿Y por que era el carbono?

Podemos responder a ello con una concepción antigua, algo que hoy tendríamos que saber del carbono. Si pasamos por alto la forma desmenuzada en la que hoy se nos presenta el carbono en la naturaleza como carbón o grafito, debido a una serie de procesos por los que ha tenido que pasar, si captamos el carbono en su actividad viviente, tal como atraviesa el ser humano, el cuerpo animal, tal como construye el cuerpo vegetal desde sus condiciones, entonces esa sustancia amorfa, informe, con que nos representamos el carbono, se nos presenta como el último extremo, como el cadáver de lo que realmente es el carbón, el carbono, en la economía de la naturaleza.

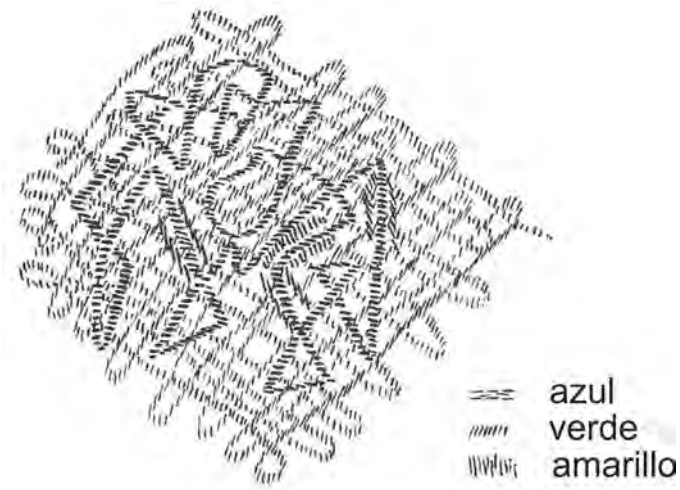
El carbono en realidad es el portador de los procesos de la forma en la naturaleza. Lo que deba adquirir forma, tanto si consideramos la forma relativamente transitoria de la planta, como la del organismo animal sometida a un cambio constante, el carbono es el gran escultor que no lleva consigo su sustancialidad negra, sino que cuando se halla en plena actividad y movilidad interior lleva consigo por doquier las imágenes cósmicas formadoras, las grandes Imaginaciones Cósmicas a partir de las cuales ha de emerger todo lo que adopte forma en la naturaleza. En el carbono gobierna un oculto escultor, y ese escultor oculto, al edificar las más diversas formas que se van configurando en la naturaleza, se sirve del azufre. De modo que, si queremos contemplar de manera adecuada el carbono en la naturaleza, hemos de contemplar cómo la actividad del espíritu universal, digamos, se humedece con el azufre, se halla activo como escultor, y gracias al carbono construye la forma vegetal más sólida, pero a su vez también construye la forma humana, que ya en el mismo proceso de surgir empieza a perecer, y que es precisamente humana y no de planta, porque una y otra

vez puede destruir su forma en el mismo momento en que va surgiendo, secretando el carbono, el ácido carbónico unido al oxigeno. Precisamente porque el carbono en el cuerpo humano nos conforma de manera demasiado rígida y sólida, como lo hace la palmera -pues se dispone a endurecernos-, al mismo tiempo la respiración destruye, arranca ese carbono de la solidez, lo une con el oxígeno, lo transporta hacia fuera y entonces nuestra forma se mantiene en la movilidad que necesitamos como seres humanos.

Pero en la planta el carbono se halla dentro, de modo que es retenido en cierto grado en una forma sólida, incluso en las plantas anuales. Un proverbio antiguo dice respecto al hombre: “La sangre es un fluido muy especial”, y con razón hemos de decir que el yo humano palpita y se manifiesta físicamente en la sangre. Pero, hablando con más precisión, es el carbono quien teje, rige, se da forma y vuelve a disolverla, sobre cuyas vías, humedecido por el azufre, mueve en la sangre ese elemento espiritual del ser humano que llamamos yo. E igual como en el carbono vive el yo humano como verdadero espíritu del hombre, el yo cósmico vive a su vez en el espíritu universal pasando por el azufre en el carbono que se va formando y disolviendo constantemente.

En épocas antiguas de nuestra evolución terrestre lo que era secretado era el carbono. Sólo más tarde se agregó a ello, por ejemplo, lo calcáreo, que el ser humano utiliza entonces para crearse algo más sólido como soporte, un armazón sólido. Para que pueda moverse lo que vive en el carbono, el hombre crea en su esqueleto calcáreo un elemento sólido de sostén, igual como hace el animal, por lo menos el animal superior. Con ello, en la formación de su móvil esqueleto, el ser humano trasciende la formación calcárea sólida, puramente mineral, que posee la Tierra, y que él integra en sí mismo para tener tierra sólida en su interior. En el calcio de la formación ósea, el hombre posee tierra sólida dentro de sí.

Ahí pueden hacerse la imagen de que en todo lo vivo subyace una estructura o armazón parecida al carbón, más o menos sólida, más o menos fluida, sobre cuyas vías se mueve lo espiritual por el mundo. Permítanme esbozarlo de una manera meramente esquemática para que tengamos ante nosotros una imagen gráfica del tema. Voy a dibujar así un armazón que, de alguna manera, construye el espíritu con ayuda del azufre (dibujo, en azul). Eso es o bien carbono en constante modificación, que en dosis muy sutil se mueve en el azufre, o bien es un armazón de carbono, como sucede en las plantas, más o menos solidificado, endurecido, mezclado con otras sustancias o ingredientes.



Entonces, si examinamos al ser humano o, a fin de cuentas, cualquier otro ser vivo - eso ya lo hemos mencionado a menudo en nuestros encuentros- veremos que ese ser vivo se halla impregnado por algo etérico que es el verdadero portador de la vida. Por tanto, lo que representa la estructura carbónica de todo ser vivo ha de hallarse interpenetrado por lo etérico, de tal modo que lo etérico se mantenga o bien más inmóvil en esas estructuras de armazón, o bien se halle en movimiento más o menos fluente. Pero lo etérico ha de hallarse totalmente extendido allí donde se halla el armazón (dibujo, verde). Podemos decir pues: allí donde se halla esa estructura tiene que estar presente algo etérico.

Ahora bien, eso etérico sería algo que no existiría en nuestro mundo físico terrestre si se mantuviera en sí mismo. Digamos, que se infiltraría por todas partes, no podría adueñarse de aquello a lo que tiene que afianzarse en el mundo físico terrestre si no tuviera un portador físico. Eso es lo peculiar en todo lo que tenemos en la Tierra: que lo espiritual ha de tener siempre portadores físicos. Los materialistas sólo toman los portadores físicos y se olvidan de lo espiritual. Siempre tienen razón, porque lo primero que se nos presenta es el portador físico. Pero no se fijan en que lo espiritual ha de tener por todas partes un portador físico. El oxígeno es ese portador físico de lo espiritual que obra en lo etérico (podemos decir que en lo etérico actúa lo espiritual más inferior), es el portador físico impregnado por lo etérico de manera que este último se humedece con el azufre e introduce en lo físico lo que ha de insertar en esa estructura de armazón, no ya como formación o construcción de dicha estructura, sino como eterna movilidad. El oxígeno es el elemento físico que introduce desde el éter los efectos de la vida con ayuda del azufre. Así pues lo que les dibujé aquí en verde, si lo consideramos físicamente, representa el oxígeno y por vía del oxígeno representa la entidad de lo etérico que ondea, vibra y teje.

Por vía del oxígeno lo etérico se mueve con ayuda del azufre. Solo entonces cobra sentido el proceso respiratorio. Con el proceso de la respiración acogemos oxígeno. El moderno materialista habla sólo de ese oxígeno que obtiene en la retorta cuando genera la electrólisis del agua. Pero en ese oxígeno vive lo suprasensible más inferior, lo etérico, si no se lo mata como ha de ser muerto en el aire que tenemos a nuestro alrededor. En el aire de la respiración muere el elemento vivo del oxígeno, para que no nos desvanezcamos por el oxígeno vivo. Cuando algo vivo superior penetra en nosotros nos desmayamos. Si surge en nosotros alguna hipertrofia en el crecimiento y se aloja en algún lugar que no le corresponda nos provoca desmayo y mucho más que eso. Si estuviéramos rodeados de un aire vivo, donde hay oxígeno vivo, vagaríamos totalmente aturdidos, como anestesiados. El oxígeno que nos circunda ha de estar muerto. Pero hay que decir que desde el nacimiento mismo él es el portador de la vida, de lo etérico. Y se convierte inmediatamente en portador de vida

en el momento en que se sale de la esfera de tareas que tiene asignadas fuera de nosotros, de la esfera que debe envolvernos exteriormente alrededor de nuestros sentidos. Pues vuelve a cobrar vida cuando penetra en nosotros a través de la respiración, pues allí ya le corresponde estar vivo. El oxígeno que circula en nuestro interior no es el mismo que el que nos rodea ahí fuera. En nosotros es oxígeno vivo, también se convierte en oxígeno vivo en el momento en que el aire penetra en la tierra, en el suelo, si bien su vida allí es de un grado menor que el que tiene en nosotros o en los animales. Pero allí se vuelve oxígeno vivo. El oxígeno bajo tierra no es el mismo que el que hay por encima de la superficie.

Es difícil entenderse con los físicos y los químicos en este tema. Pues según los métodos que se aplican, el oxígeno ha de ser extraído de lo terrestre; por eso sólo tienen frente a sí oxígeno muerto. Y no puede ser de ninguna otra manera. Pero a eso está expuesta toda ciencia que sólo quiera abordar lo físico. Sólo puede entender los cadáveres. En realidad, el oxígeno es el portador del éter vivo y ese éter viviente se apodera del oxígeno, lo domina por vía del azufre.

Así pues, ahora tengo, por un lado, la estructura de carbono, en el que muestra su actividad lo espiritual más elevado que nos es accesible en la Tierra, el yo humano, y el espíritu cósmico que actúa en las plantas. Si observamos el proceso humano tenemos la respiración, el oxígeno que aparece en el hombre que lleva consigo el éter; y luego tenemos la estructura hecha de carbono que le subyace y que es puesta en movimiento en el ser humano. Ambos deben relacionarse mutuamente. El oxígeno ha de poderse mover por el camino que le prescribe ese armazón, y ha de poder dirigirse allí donde se halle esbozada alguna linea trazada por el carbono o por el espíritu del carbono, y por todas partes en la naturaleza, lo etérico-oxigénico ha de poder encontrar el camino hacia lo espiritual-carbónico. ¿Y cómo lo hace? ¿Quién es el mediador?

Ahí el mediador es el nitrógeno. El nitrógeno introduce la vida en la formación que se halla encarnada en el carbono. Dondequiera que aparezca el nitrógeno su tarea consiste en mediar entre la vida y el espíritu que al principio había cobrado forma en lo carbónico. En los reinos animal y vegetal, e incluso en el interior de la Tierra, el puente entre el oxígeno y el carbono es generado por el nitrógeno. Y la espiritualidad que con ayuda del azufre actúa dentro del nitrógeno es la misma que conocemos como lo astral. La espiritualidad astral en el cuerpo astral humano, es la espiritualidad astral que hay en la periferia terrestre, allí donde lo astral actúa en la vida de las plantas, de los animales, etc.

Y de ese modo, hablando espiritualmente, entre el oxígeno y el carbono hemos insertado lo astral, pero ese astral se acuña en lo físico utilizando el nitrógeno para poder actuar físicamente. Dondequiera que haya nitrógeno se extiende lo astral. Pues lo etérico vivo flotaría por doquier como si fuera una nube, no tendría en cuenta esa estructura-armazón de carbono, si el nitrógeno no tuviera una atracción tan poderosa por esa estructura carbónica. Allí donde se generen lineas y caminos en el carbono allí el nitrógeno arrastra al oxígeno, allí lo astral en el nitrógeno arrastra lo etérico (véase dibujo, amarillo). Ese nitrógeno es el gran remolcador de lo vivo hacia lo espiritual. Por eso el nitrógeno en el hombre es esencial para lo anímico humano, que es el mediador entre la pura vida y el espíritu.

Ese nitrógeno es en realidad algo prodigioso. Si seguimos su camino en el organismo humano vuelve a ser todo un hombre entero. Existe pues un hombre-nitrógeno. Si pudiéramos aislarlo sería el espectro más bello que podría existir. Pues imita plenamente todo lo que se halla en la estructura sólida humana. Por el otro lado vuelve a fluir seguidamente en la vida. Ahí estamos viendo el interior del proceso de respiración. Por ese proceso el ser humano acoge en su interior el oxígeno, es decir, la vida etérica. Luego viene el nitrógeno interior y transporta el oxígeno a todas partes donde haya carbono, es decir, donde haya algo configurado, algo con forma que teje y se transforma; ahí introduce el oxígeno para que se adueñe de ese elemento carbónico y lo transporte hacia el exterior. Pero el nitrógeno es quien facilita que, a

partir del oxígeno, se genere el ácido carbónico y que éste sea exhalado en la respiración.

Ese nitrógeno nos envuelve por todas partes. A nuestro alrededor hay sólo una minúscula porción de oxígeno, es decir, del portador de la vida, y una gran proporción de nitrógeno, que es el portador astral de lo espiritual. Durante el día para nosotros es enormemente necesario el oxígeno, y por la noche también necesitamos ese oxígeno en nuestro entorno. Durante el día y la noche quizás respetamos menos el nitrógeno, porque creemos necesitarlo menos -me refiero al nitrógeno del aire que respiramos. Pero el nitrógeno es lo que tiene una relación espiritual con nosotros. Podemos hacer el siguiente experimento.

Podríamos intentar experimentar con una persona que se halle encerrada en un determinado espacio de aire, y del aire que hay en ese espacio podríamos extraer una pequeña cantidad de nitrógeno, de modo que el aire que rodea a esa persona fuera un poco más pobre en nitrógeno de lo que es habitual. Si el experimento se hiciera con precaución, constatarían que el nitrógeno vuelve a recuperarse, que es sustituido, no desde fuera, sino desde el interior del sujeto. El ser humano ha de desprenderse de su nitrógeno para compensar el nitrógeno del entorno y llevarlo al estado cuantitativo al que está acostumbrado. Como seres humanos nos encargamos de producir la correcta proporción de nitrógeno entre todo nuestro ser interior y el nitrógeno que nos rodea. No conviene que el nitrógeno de fuera tenga una proporción menor. Y aunque siguiera sirviendo, porque no necesitamos el nitrógeno para respirar (siempre nos bastaría el que tuviéramos), pero la relación espiritual que ahí existe sólo se consigue con la cantidad de nitrógeno a la que estamos acostumbrados en el aire.

Ven, pues, que el nitrógeno interviene intensamente en lo espiritual y eso nos permitirá concebir la idea, la representación de que ese nitrógeno ha de ser necesario para la vida de las plantas. Cuando la planta se yergue sobre el suelo, la planta tiene en su interior su cuerpo físico y etérico, pero no su cuerpo astral, como tendría el animal; pero lo astral ha de envolverla por todas partes desde fuera. La planta no florecería si lo astral no la tocara desde fuera. Ella no introduce lo astral en su interior, como harían el ser humano y el animal, pero se deja tocar por él.

Lo astral está por todas partes, y el nitrógeno, el portador de lo astral, está por todas partes, teje en el aire com cadáver, pero en el momento en que penetra en la tierra vuelve a cobrar vida. Ese nitrógeno en la tierra no sólo se torna vivo, y por paradójico que pueda hoy parecer al cerebro enmarañado en el materialismo, ese nitrógeno además de vivo se vuelve sensitivo. Eso hay que tenerlo especialmente en cuenta en el ámbito de la agricultura. Se convierte realmente en el portador de una misteriosa sensibilidad que se halla derramada por toda la vida de la Tierra. Él es quien siente si existe la suficiente cantidad de agua en una determinada zona de la tierra. Lo siente como simpatía o antipatía. Cuando hay poca agua siente eso como algo antipático. Siente como simpatía el que en un determinado suelo se hallen las plantas adecuadas, etc. Y de ese modo, ese nitrógeno derrama toda una especie de vida sensitiva.

Podemos decir que de todo lo que he expuse ayer y en exposiciones anteriores, que los planetas Saturno, Sol, Luna, etc., tienen una influencia sobre la forma y la vida de las plantas. Efectivamente, eso no se sabe. En la vida ordinaria podemos decir que eso no se sabe. Pero el nitrógeno, que se halla por doquier, el nitrógeno sí lo sabe y lo sabe muy bien. El nitrógeno no es inconsciente de lo que procede de los astros y que sigue obrando en la vida de las plantas y de la tierra. Él es el intermediario sensible, igual como en el sistema neurosensorial del ser humano el nitrógeno es también lo que facilita la sensación. En realidad él es el portador de la sensibilidad de la sensación.

Ahora bien, podemos dirigir nuestra mirada íntima a la vida sutil de la naturaleza, si tenemos en cuenta el nitrógeno que hace que se muevan las fluctuantes sensaciones por todas partes. Y al hacerlo descubriremos que precisamente en el tratamiento del nitrógeno subyace algo sumamente importante para la vida vegetal.

Eso naturalmente será objeto de nuestras siguientes exposiciones. Pero todavía es necesario algo más.

Vemos que allí dentro en el oxígeno obra la vida en una interacción viviente entre aquello que, procedente del espíritu, adopta forma de armazón o estructura en el carbono, y aquello que, procedente de lo astral, impregna esa estructura co vida y sensibilidad.

Pero todo eso actúa unido en lo terrestre gracias a que se impregna con algo más, con algo que establece el vínculo entre el mundo físico y las amplitudes del cosmos. Pues, naturalmente, es imposible que nuestra Tierra vague por el universo como algo sólido separado del resto del cosmos. Si la tierra hiciera eso se hallaría en una situación semejante al de una persona que vive inmersa en un paisaje, pero que quiere permanecer independiente, que no quiere que entre en ella nada de lo que crece en el campo. Si es razonable no hará eso. Hoy vemos algunas cosas en el campo; y al cabo de un tiempo volvemos a encontrarlas en el estómago de nuestras respetables señorías. Y luego de alguna manera retoma el camino de regreso a la tierra. Como seres humanos, no podemos decir que somos capaces de aislarnos y mantenernos separados, pues estamos vinculados con nuestro entorno, definitivamente pertenecemos a él. Igual como mi dedo meñique me pertenece, las cosas que se hallan a nuestro alrededor pertenecen también al ser humano integral. Tiene que existir un constante intercambio de sustancias. Es algo que tiene que existir entre la Tierra, todos sus seres y el universo entero. Todo lo que vive en la Tierra en formas físicas ha de poder ser reconducido al cosmos, ha de poder ser, digamos, depurado y purificado en el cosmos.

De modo que tenemos lo siguiente (véase dibujo): Primero tenemos lo que expliqué antes: la estructura o armazón de carbono. Luego lo que ahí vemos en color verde: la naturaleza etérica del oxígeno. Después lo que se configura como astral (amarillo) partiendo del oxígeno transmitido por el nitrógeno en las diversas líneas, y que establece la transición entre la naturaleza del carbono y la del oxígeno. Por todas partes podría mostrar cómo en esas líneas azules el oxígeno transporta lo que esbocé esquemáticamente en las líneas verdes.

Pero todo eso que en los seres vivos hemos dibujado con una estructura muy delicada, tiene que volver a desaparecer. No es el espíritu el que desaparece, sino aquello que el espíritu ha construido ahí dentro en el carbono y que atrae la vida desde el oxígeno. Todo eso ha de poder desaparecer nuevamente. Pero no tanto porque desaparezca *de la Tierra*, sino porque ha de poder desaparecer *en el cosmos*. Eso lo hace una sustancia que, en la medida de lo posible, está emparentada con lo físico, y por otra parte lo está con lo espiritual: me refiero al hidrógeno. Si hemos de expresarlo correctamente, en el hidrógeno -que es en sí mismo lo físico más sutil que existe- en realidad lo físico es desfragmentado y dispersado totalmente, y es transportado por el azufre hacia lo indiferenciado del cosmos.

Podría decirse que en esas formas el espíritu se ha hecho físico, vive ahí dentro en el cuerpo de manera astral, en su reflejo como espíritu, como yo. Ahí vive de manera física en el espíritu transformado en físico. Pero eso dura sólo un tiempo. Pues quiere disolverse. Y entonces, humedeciéndose con el azufre, necesita nuevamente una sustancia dentro de la cual abandone toda definición y estructura, y se entregue a lo indefinido y caótico del universo, donde ya no exista nada de ésta o aquella organización. Y la sustancia que se halla tan cerca de lo espiritual por un lado, y tan cerca de lo material, por el otro, es el hidrógeno. Hace que regrese a las amplitudes del universo lo que es astral con forma y vida, de una manera que pueda ser acogida de nuevo por el cosmos, tal como describimos. El hidrógeno en realidad lo disuelve todo.

Vean, pues, que tenemos estas cinco sustancias, que en principio realmente representan lo que obra y teje en lo vivo y en lo aparentemente muerto, que no es más que algo provisionalmente muerto: el azufre, el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno. Todas estas sustancias se relacionan íntimamente con algo espiritual

configurado de una manera muy concreta. Por tanto son algo totalmente distinto de lo que nos habla la química. Nuestra química sólo nos habla de los cadáveres de las sustancias, no de las verdaderas sustancias. Tiene que aprender a conocerlas como algo vivo y sensitivo. Precisamente porque el hidrógeno, en apariencia, es el elemento más sutil, que posee el peso atómico mínimo, precisamente por ello es en realidad el menos espiritual de todos.

Manfred von Mackensen
“Ácido fórmico, ácido oxálico,...”
2003

El experimento de los alquimistas.

Tal como se indicó en la información precedente, el ácido fórmico y el ácido oxálico son representantes de grandes procesos que repercuten tanto en la naturaleza como en los seres vivos, y allí se llevan a cabo. En ambos se trata de algo semejante, sólo que a un nivel distinto. Entre ambos niveles y, por tanto, entre ambas sustancias, existen en la naturaleza y en el ser humano constantes procesos de transición. Un proceso de ese tipo puede hacerse ahora en el laboratorio. Por razones muy concretas relacionadas con el ser humano, esa transformación fue considerada y venerada por los alquimistas como algo sagrado. En ella se transforma el ácido oxálico en el que se halla inmediatamente por encima de él, el ácido fórmico. Si queremos sugerir la disposición anímica correspondiente , utilicemos una retorta medieval. En ella, lenta y mesuradamente, se calienta ácido oxálico con glicerina: el ácido fórmico decanta y el ácido carbónico se evapora (**experimento 12)**. En las conferencias mencionadas en la introducción, Steiner describe esa reacción química como “imagen refleja total” de “lo que existe de vivo y sensitivo en el hombre”; pero no sólo en el ser humano, sino también “en la vida y la pulsión de la naturaleza” (por ejemplo en plantas e insectos).

¿Qué nos dice el concepto de “reflejo”? En la imagen refleja vemos cómo las condiciones exteriores son semejantes a las del modelo, si bien las direcciones visuales están invertidas con respecto a lo observado. Por otra parte, todo el acontecer se ve reducido, -no podemos agarrarlo con las manos, chocamos con el espejo, es decir, todas las impresiones sensoriales se hallan limitadas al sentido visual. Si consideramos eso, podemos seguir ocupándonos de las indicaciones de R. Steiner por las que en ese experimento de laboratorio tenemos una imagen tanto de procesos que tienen lugar en el interior del cuerpo humano (tracto digestivo y pulmón) como en la gran naturaleza ahí fuera (madera en descomposición y en la vida de los insectos). Por todas partes la aparición de ambos ácidos es una condición previa para todo lo que llamamos vida y salud.

El ácido fórmico en comparación química

Igual como en el ácido oxálico hemos usado la comparación con el ácido cítrico para lograr una imagen de manifestación lo más clara posible, compararemos primero el ácido fórmico con otro ácido que también procede de transformaciones de la vida y que luego es libremente perceptible fuera de los seres naturales conformados: él ácido acético, que se halla al final de la fermentación dulce.

Como el ácido fórmico, el ácido acético es un líquido claro, semejante al agua, que en toda condición es mezclable y difícil de deshidratar. Por sí mismo, aisladamente, no se lo puede encender estando frío, sólo arde cuando está caliente. Su aroma ya se despliega también en el frío: pero es menos picante comparado con el ácido fórmico, que es más bien de sabor penetrante. Ambos ácidos, diluidos en agua, tienen un sabor ácido intenso y corroen el calcio. Ambos se parecen al agua por su posibilidad de evaporarse rápidamente y ser destilables.

También tiene en común la falta de miscibilidad con el sulfuro de carbono, sustancia especialmente ajena al agua; por otra parte se parecen por la formación de hielo de los ácidos muy puros y concentrados en +17° o bien en +8° C, tanto en el ácido acético ("vinagre") como en el ácido fórmico.

En ambos ácidos tenemos, pues, dos variantes de agua procedente de la vida. Y en la posible combustión delatarán, por ejemplo, su origen. Pero ahí emergen ya las diferencias entre ambos: el ácido fórmico arde con una llama tranquila, azul y ligeramente voladora, y el ácido acético hierve desde un vaso de precipitados, y deja una especie de rastro de color anaranjado alrededor en la lenta precipitación por debajo de la abertura del vaso, mostrando pues un determinado peso. El ácido fórmico es más volátil se evapora ya con 100,5º C; el ácido acético sólo lo hace a partir de 118º C. Por eso, el ácido fórmico se muestra más parecido al agua, porque ya no se mezcla con bencina, mientras que el ácido acético todavía se disuelve en ésta, pero ya no con el sulfuro de carbono. Por tanto, el ácido acético es más propenso a condensarse, es más cercano al carbono y más semejante a la cera. Como máximo se deja depositar con un valor pH de unos 2,4. En cambio el ácido fórmico es más lábil y cercano al hidrógeno, más semejante al agua y más ácido. Eso lo muestran también otras de sus propiedades: el ácido fórmico, por ejemplo, actúa sobre el nitrato de plata amoniacado ejerciendo una acción reductora, lo que no hace el ácido acético. El ácido fórmico se descompone al calentar su vapor a 120º C; en la mezcla con ácido sulfúrico concentrado se destruye rápidamente. Es más lábil, más reactivo.

El ácido acético surge por la aireación de productos de fermentación. Se supera su elemento embriagador y mediante la oxidación aparece un efecto sobrio y refrescante. Así pues, en el caso del ácido acético, la lucha contra la putrefacción se halla ya en su pasado, así es como surgió. Y mantiene la fuerza conservante para efectos posteriores; eso lo muestran los alimentos en vinagre. El ácido fórmico despliega un poder aún mayor para luchar contra de la descomposición, actúa sobre todo para el paisaje y en dirección al futuro. Pero cuando también está aislado muestra al instante grandes efectos desinfectantes; los jugos de frutas ya se conservan si se le añade un 2,5‰.

El ácido acético encarna fuerzas de fructificación ventiladoras y consolidadas. El ácido fórmico encarna fuerzas terrestres volátiles, capaces de reacción, es decir, mucho más generales, activas hacia todos los lados. La dirección de su efectividad sigue mostrando su origen del intercambio "deliberado" con el edafón (el conjunto de organismos del suelo) y sus restos. Eso se muestra también en la mayor densidad de éstos; 1,22 g/cm^3, en comparación con el 1,05 gr/cm^3 del ácido acético. Por tanto, el ácido fórmico es una coronación de los ácidos en la naturaleza, emparejado, por su fuerza química, con la condensación. Expresándolo de una manera algo enfática, se presenta como una "cúspide de los ácidos embriagados por la tierra".

Así pues, en el ácido fórmico vemos primero:

- Una acuosidad penetrante, intensificada hasta lo ácido y que ejerce su efecto en las amplitudes de la naturaleza
- un poder que aparece en todos los ácidos, pero aquí fortalecido, para defender la vida contra la descomposición

- una sustancia cercana a los imponderables[1] de los fenómenos de la vida que se expresan químicamente como combustibilidad y por tanto cercana a las transformaciones de la vida
- una condensación y relación con la tierra.

Si ahora comparamos dos ácidos que, en el laboratorio, pueden fácilmente transformarse el uno en el otro, el ácido fórmico y el oxálico, sus diferencias se intensifican en lo contrario:

Aquí el líquido que desprende un olor intenso - allá cristales sólidos, sólo limitadamente solubles en el agua que tienden más a sublimarse que a fundirse. Aquí rápida inflamabilidad - allá una laboriosa formación de llama sólo con altas temperaturas. En el ácido oxálico vemos, pues una expresión de la vida vegetal solidificada, ligada al lugar del que procede. Es conocida y muy utilizada la solubilidad extremadamente mínima de su sal calcárea, mientras que el ácido fórmico se lo aplica precisamente para deshacer la cal. Por otro lado cuando se supera la solidez del ácido oxálico mediante soluciones acuosas, éste desarrolla un efecto ácido mucho más intenso que el ácido fórmico (pH hasta 0,7).

En la transformación de formiato en oxalato se desprende hidrógeno, en la del ácido oxálico en ácido fórmico emana dióxido de carbono. En los caracteres de estos dos gases se expresa lo que distingue a sus respectivas sustancias de origen: por un lado, la tendencia al calor que tiende hacia el cosmos y, por el otro, la fuerza de solidificación aisladora ligada a la Tierra. En contraposición al ácido oxálico, en el ácido fórmico se nos aparece algo que disuelve, móvil y que pone en movimiento. Los imponderables que otorgan movimiento intervienen desde el ácido fórmico en muchos fenómenos. Sobre todo en la capacidad de reducción (prueba de plata), en la combustibilidad y en la solubilidad del éter, y ligeramente, pero también en el olor afrutado del éster y su estabilidad.

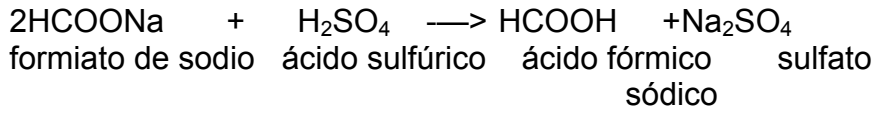
Como ácido, el ácido fórmico posee fuerza y agresividad, pero ya en el reino de las sales no actúa endureciendo y mineralizando. Pero también en la vida, como medicamento para el reuma, muestra una fuerza movilizadora, disolvente de depósitos. El ácido fórmico pone en movimiento lo que tiende a coagular y atascarse. La hormiga que arrastra cosas enormemente pesadas sobre el suelo del bosque nos ofrece una imagen de ese proceso: en lo solidificado como objeto físico obra una actividad que se abre paso incansablemente desde el interior para poner algo en movimiento.

1.- Sobre los imponderables como fuerzas motrices, que finalmente proceden del cosmos, véase también el escrito sobre química del undécimo año escolar “Química procesual” de Manfred von Mackensen (2001).

Experimentos:

A 10 EL ÁCIDO SULFÚRICO ECHA EL ÁCIDO DE SUS SALES
Duración del experimento unos 3 min.

Como ácido más fuerte y menos volátil el ácido sulfúrico puede corroer las sales del ácido fórmico y liberar el ácido fórmico.

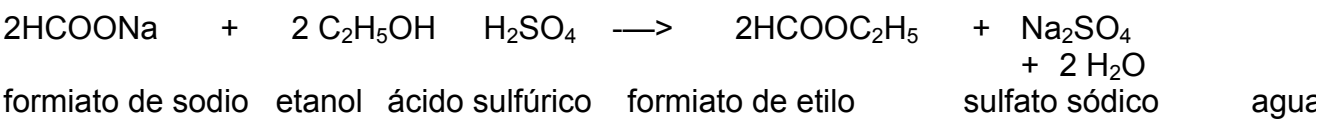


Material
Formiato sódico
Ácido sulfúrico (10% aprox.)
tubo de ensayo 16 x 160 mm
quemador de gas

Desarrollo: se llena el tubo de ensayo con la sal hasta unos 2 cm y se recubre con el ácido sulfúrico diluido. Al calentarlo se percibe el conocido olor del ácido fórmico.

A 11 ESTERIFICACIÓN DEL ÁCIDO FÓRMICO
Duración del experimento unos 7 min.

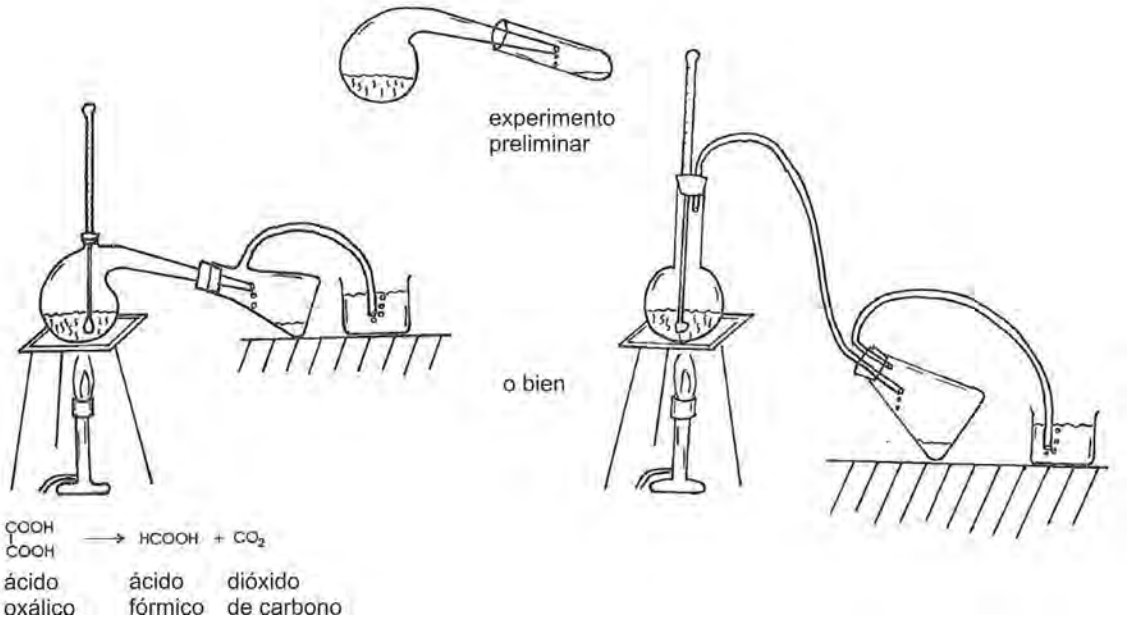
Igual como en el experimento A10 se puede usar formiato de sodio como punto de partida para la composición de ácido fórmico y etanol.



Material
Formiato sódico
Alcohol etílico (96%)
Ácido sulfúrico, conc.
2 tubos de ensayo 30 x 200 mm

Desarrollo: se llenará el tubo de ensayo con 2 cm de sal y de alcohol. Luego se le añadirá 1 cm de ácido sulfúrico concentrado y se agitará bien el tubo. Ahí ya puede constatarse la formación del éster en el delicado olor del aguardiente de arroz. Al calentarlo acto seguido (aprx. 1 min. 50º C)se intensifica el olor. Después de verterlo en un tubo de ensayo lleno de agua hasta la mitad y provocar la disolución total de los restos de sal al agitarlo veremos cómo flota una delgada capa oleosa, el éster.

A 12 EL EXPERIMENTO DEL ALQUIMISTA
Duración del experimento: unos 20 minutos.
La transformación de ácido oxálico en ácido fórmico y dióxido de carbono se consigue calentándolo en glicerina.



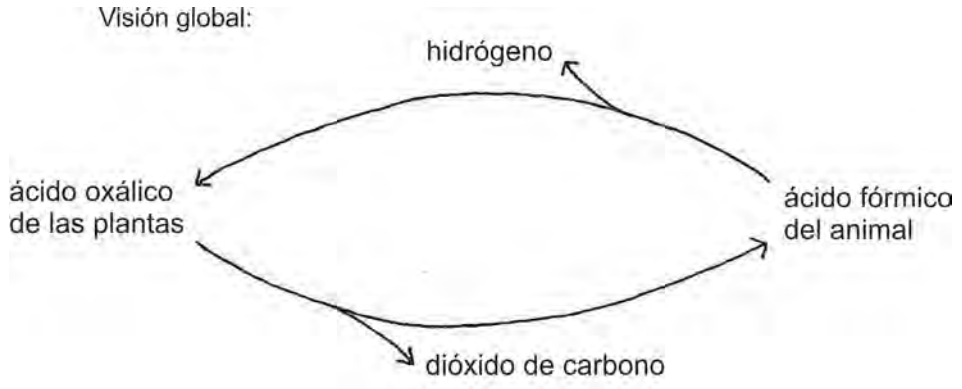
Material

Dihidrato de ácido fórmico
solución hidróxido de calcio (saturado)
200 glicerina (86-88%)

Retorta 250 ml, con tubo; o bien matraz de destilación, peq. vaso de precipitados, frasco de succión y un matraz erlenmeyer (50ml) tubo de ensayo 30 x mm, termómetro, tubito de goma, matraz erlenmeyer, trípode con rejilla metálica, quemador de gas, paño húmedo

Desarrollo: Se vierten en la retorta o en el matraz de destilación 50 g de cristales de dihidrato de ácido fórmico, y luego se añaden 50 g de glicerina. El termómetro tendría que poderse sumergir un poco en la mezcla. Se cerrará el frasco de succión herméticamente como recipiente de recepción del destilado. Desde la boquilla del frasco de succión o del recipiente de vidrio equivalente se extiende un tubo de goma corto que se introduce en el vaso de precipitados en el que habrá hidróxido de calcio hasta una altura de unos 5 cm. El recipiente de reacción se situará sobre el trípode con rejilla metálica y allí será sujetado al trípode. El tubo de descarga se puede refrigerar mediante el paño húmedo. Se calienta ahora la retorta con rapidez hasta que el termómetro alcance los 110º C. A partir de ese momento todos los cristales tendrían que ir disolviéndose y, por el hidróxido de carbono, tendrían que

formarse burbujas de gas. Luego se sigue calentando, pero más lentamente, hasta llegar a los 140º C de temperatura interior. Entonces empieza a gotear un destilado claro en el matraz erlenmeyer y el hidróxido de calcio se ve enturbiado por el gas, aunque eventualmente se aclara. Después de unos 5 a 7 minutos se apagará el quemador, todos los compuestos serán disueltos y se comprobará el destilado según el olfato, el gusto, el valor del pH y la capacidad de reducción frente a la solución de nitrato de plata amoniacal.



RUDOLF STEINER
ENCUENTROS CON LOS MAESTROS
DE LA ESCUELA LIBRE WALDORF DE STUTTGART

encuentro del martes, 6 de febrero de 1923, a las 16 horas
registrado en el Nº de la Obra Completa GA 300b

Dr. Steiner: Hoy vamos a hablar de cuestiones relacionadas con la salud escolar, tal como convinimos con el Dr. Kolisko. No obstante, con este inicio no podré todavía ahondar en los pormenores de tratamiento de los alumnos, porque para ello es necesario anticipar algunos aspectos principales. Pero eso es lo único que podrá generar el fundamento de una posterior profundización que tendría que producirse, por decirlo así, tomando casos típicos que tal vez hagan que ustedes planteen preguntas concretas sobre las que les gustaría tratar.

Pero, antes de todo, quisiera llamarles la atención al hecho de que toda la pedagogía de nuestra Escuela Waldorf en realidad posee un carácter terapéutico. Todo el método de enseñanza y educación en sí mismo está orientado a ejercer un efecto sanador en el niño. Es decir, que cuando uno organiza el arte pedagógico de tal modo que se haga lo correcto en cada período de la evolución del niño, entonces en el arte de educar, en el tratamiento pedagógico de los niños hay algo generador de salud. Si, por ejemplo, se consigue que el niño antes del cambio de dientes se convierta en un ser que imita, si interviene la autoridad de la manera correcta y si se prepara la formación del juicio de la manera correspondiente, todo ello actuará ejerciendo un efecto sanador sobre el organismo infantil.

Pero lo que es imprescindible cuando orientamos nuestro comportamiento en la escuela para generar un determinado proceso sanador es que el maestro haya integrado en sí mismo la trimembración del organismo humano como si fuera carne y sangre. Que de una manera, digamos, instintiva el maestro tenga ante cada alumno el sentimiento de si en la actividad de ese niño predomina uno de los tres sistemas del organismo humano: el sistema neurosensorial, o el sistema rítmico, o el metabólico-motor. Y si estimulando uno de los otros sistemas habría que hacer algo para equilibrar el predominio nocivo de uno de ellos.

Por eso hoy examinemos una vez más a ese ser humano trimembrado, desde el punto de vista que importa especialmente al maestro y al educador. Tenemos el sistema neurosensorial. Lo captamos adecuadamente sólo cuando nos hacemos conscientes de que en el sistema neurosensorial rigen leyes que no son las leyes físico-químicas de la materialidad terrestre, y que mediante el sistema neurosensorial el ser humano se eleva por encima de las leyes de la materialidad terrestre. En realidad el sistema neurosensorio, en su formación, es totalmente resultado de la vida preterrenal. El ser humano posee el sistema neurosensorial que ha adquirido de acuerdo con su vida preterrenal, de modo que por el hecho de que todas las leyes materiales del sistema neurosensorial se hallen por encima de la materialidad terrestre, ese sistema neurosensorio es apropiado para desarrollar en pleno aislamiento toda actividad que se relacione con lo anímico-espiritual.

En el sistema metabólico-motor se produce exactamente lo contrario. De los tres sistemas orgánicos del ser humano, el sistema metabólico-motor es el que

más tiende a prolongar en su interior los procesos materiales exteriores, de manera que cuando se conocen los procesos que tienen lugar en la Tierra mediante la física y la química uno averigua qué procesos se prolongan en el interior del hombre en la medida en que posee un sistema metabólico-motor. Pero uno no averigua nada sobre las leyes que existen en su sistema neurosensorial.

El sistema rítmico se sitúa entre ambos y de algún modo equilibra de una manera natural los dos extremos.

Pero sucede que en cada ser humano, y en realidad en la mayoría de los niños, esos tres sistemas se hallan configurados de forma individual. Siempre predomina la actividad de uno de los sistemas sobre los otros dos, y para equilibrarlos hay que intervenir haciendo lo necesario. Para ello hace falta que uno logre prestar atención a cómo se manifiestan los niños, de modo que esa expresión se convierta de alguna manera en la manifestación de lo que hay que hacer con el niño para conseguir que llegue a ser armónicamente sano.

Y ahí lo importante es que para el desarrollo de lo saludable uno tenga claro que, por ejemplo, la mejor manera de actuar sobre el sistema neurosensorial, es saber aportar la cantidad adecuada de sal en las comidas de los niños. De modo que cuando uno nota que un niño con demasiada facilidad tiende a distraerse, a moverse fugazmente sobre lo que el maestro despliega ante el niño -también podríamos decir que el niño es demasiado sanguíneo o flemático-, entonces tendrá que conseguir de algún modo que el niño vea estimuladas sus fuerzas formativas, que le capacitan para prestar más atención al mundo exterior, y eso sucede aportando lo salino.

Cuando uno tiene en la escuela niños distraídos, volátiles, podrá investigar y descubrir que el organismo no está recibiendo sal de la manera adecuada.

Si el caso es especialmente evidente, con frecuencia no será suficiente aconsejar poner más sal en las comidas. Se notará, por ejemplo, que por ignorancia o por descuido, los padres ponen muy poca sal en las comidas; ahí habrá suficiente con los consejos. Pero también puede suceder que el organismo, como tal, no asimile la sal que se ingiere. En ese caso se puede ayudar a la ingestión adecuada de sal utilizando la correspondiente dosificación muy diluida de compuestos de plomo. Pues el plomo es lo que estimula al organismo humano a elaborar adecuadamente lo salino hasta un determinado límite. Si sobrepasa ese límite, ello provocará que el organismo, naturalmente, caiga enfermo. Lo importante es llevarlo hasta el límite adecuado, y uno ha de notar que un niño tiene los primeras huellas de una disposición a la raquitis cerebral. Y la tienen muchos niños. Uno se da cuenta entonces de que hay que dirigir todo el proceso curativo en la dirección que acabo de señalar.

Ahora bien, una de las grandes deficiencias en muchos sistemas educativos consiste en no prestar atención a estas cosas: que uno, por ejemplo, ya no mire el aspecto exterior del niño. Uno podrá ponerse frente a una escuela y podrá constatar que hay niños de cabeza grande y niños de cabeza pequeña. Por regla general, a los niños de cabeza grande hay que manejarlos de la forma que les describí. Pero a los de cabeza pequeña ya hay que tratarlos de otra manera, que ya les explicaré más adelante. En la formación física cefálica especialmente grande se muestra lo que acabo de señalar como defectos por volatilidad y por excesiva flema. Luego tenemos a los niños que tienen la disposición opuesta, cuyo sistema metabólico-motor no interviene con la intensidad suficiente en la actividad del ser humano integral. Podría decirse que esos niños logran realizar orgánicamente su proceso metabólico, pero no

extienden lo suficiente hacia su ser humano global aquello para lo que el metabolismo ha de servir en el organismo humano en su conjunto. Esos niños muestran ya la observación exterior que les gusta cavilar, pero que a su vez se irritan demasiado con las impresiones exteriores, que reaccionan con demasiada intensidad a esas impresiones externas. Esos niños mejorarán considerablemente en su sistema orgánico en general si nos preocupamos de que su organismo reciba de la manera correcta su cantidad de azúcar.

Les ruego que estudien el desarrollo de los niños en la dirección siguiente. Hay padres que sobrealimentan a sus hijos pequeños con todo tipo de caramelos y golosinas. Cuando llegan a la escuela, esos niños quieren ocuparse anímica y espiritualmente, y por tanto también corporalmente sólo de sí mismos; niños que se quedan encerrados en sus pensamientos si no sienten el suficiente dulzor en su organismo, que se ponen nerviosos o se irritan si ingieren muy poco azúcar. Y ahí hay que estar alerta, porque si esos niños reciben muy poco azúcar por un tiempo prolongado, el organismo se va disgregando paulatinamente. Se vuelve frágil, va perdiendo incluso la facultad de elaborar correctamente el azúcar que hay en los alimentos. Por tanto, hay que preocuparse de añadir adecuadamente azúcar a sus alimentos. Pero también puede suceder que el organismo en su conjunto se niegue a elaborar correctamente los elementos que contienen azúcar. Ahí hay que ayudar nuevamente al organismo suministrándole plata en pequeñas dosis.

Así pues, como ven, toda la vida anímico-espiritual del niño puede convertirse para el maestro y educador en una especie de sintomatología de la organización correcta o incorrecta del cuerpo. Si un niño muestra poca disposición al pensar analítico, diferenciador, si todo lo mezcla y confunde en su pensar, ni puede distinguir correctamente, es que su sistema neurosensorial tiene problemas. Por tanto en el esfuerzo que uno ha de ejercer para que el niño distinga las cosas puede ver ya un síntoma de que el sistema neurosensorial no está bien, y hay que actuar de la manera que acabo de describirles.

Si un niño tiene poca capacidad para el pensar sintético, para el pensar constructivo, si no puede hacerse una imagen de las cosas, si en el arte es un una especie de pequeño hombre primitivo, como sucede hoy con muchos niños, eso es un síntoma de que el sistema metabólico-motor no está bien, y que hay que ayudarle en la otra dirección, en dirección del azúcar. Es de suma importancia que, desde el punto de vista higiénico-terapéutico, uno vea si al niño le falta el pensar diferenciador, analítico o le falta el pensar sintético-artístico.

Ahora bien, a ello hay que agregarle algo más. Supongamos que tenemos a un niño a quien le falta claramente ese pensar analítico, eso también puede ser una señal de que el niño separa demasiado su cuerpo astral y su yo del organismo neurosensorial, y entonces habría que procurar que, de una manera u otra, al niño se le enfriara la cabeza, por ejemplo, que a la mañana se lavara con agua fría.

En el caso opuesto, si el niño no es nada artístico, si le falta el elemento del pensar sintético, constructivo, que no se calienta con lo que uno quiere ofrecerle, es que el cuerpo astral no interviene adecuadamente en el organismo metabólico-motor, y entonces habrá que intentar ayudarle procurando que el niño sienta el suficiente calor en los órganos abdominales en el momento adecuado.

No hay que infravalorar estas cosas, porque son de enorme importancia. Si un niño, por ejemplo, no tiene disposición alguna para pintar, o para la música, no consideremos una especie de desviación hacia el materialismo el aconsejar a los padres que dos o tres veces a la semana le pongan en la noche una compresa caliente en el vientre, para que pueda mantenerlo durante la noche.

Como verán, hoy se suelen menospreciar demasiado las medidas materiales, y se sobrevaloran las medidas abstractas, intelectuales. Pero esa opinión actual habría que corregirla teniendo en cuenta que los poderes divinos utilizan su espíritu para la Tierra para llegar a todo de manera material. Los poderes divino-espirituales hacen que en verano haya calor y frío en invierno; esos son efectos espirituales que logran los poderes divino-espirituales por medios materiales. Si por la educación humana, o por instrucción intelectual o moral, los dioses lograran lo que logran con el ser humano cuando éste se pone a sudar en verano y se congela en invierno, eso sería erróneo. Por tanto, no hemos de subestimar la intervención en los niños por medios materiales. Siempre hay que tener presentes esas cosas. Ahora bien, existe otro síntoma para el mismo desorden orgánico que el que se presenta en la carencia de pensar sintético, y es que los niños palidecen. Los niños se ponen pálidos en la escuela. Ese palidecer de los niños hay que tratarlo de manera similar a la situación que se produce cuando el cuerpo astral no quiere penetrar adecuadamente en el sistema metabólico-motor. Y con los mismos medios conseguiremos que la palidez vaya disminuyendo, porque al ponerle, por ejemplo, compresas calientes en el abdomen, el niño activará todo su sistema metabólico-motor, de modo que todo el metabolismo se despliegue de una manera más activa por todos los sistemas del organismo.

Si se despliega demasiado intensamente a través del sistema, de manera que por una simple nimiedad el niño que tenemos sentado ahí delante no sólo se ponga rojo hasta las orejas, sino que se moleste enormemente, eso habrá que tratarlo de la misma manera a como lo hacemos cuando el cuerpo astral y el yo no quieren penetrar adecuadamente en el sistema neurosensorial y entonces, como ya dijimos, conviene lavarle al niño la cabeza con agua fría por la mañana.

Para el maestro y educador es sumamente importante que en cierto sentido prevea el estado de salud del niño y pueda actuar preventivamente. Naturalmente eso es menos agradecido que la curación cuando ya ha aparecido el proceso patológico, pero la edad infantil es esencialmente más importante.

Ahora bien, naturalmente se trata de que bajo ciertas circunstancias puedan reconducirse las cosas en el organismo infantil sobre las que se ejerció un efecto sanador aplicando un proceso en una u otra dirección. Digamos que si han de tratar a un niño durante un tiempo con plomo, de la manera que describimos tendrán que volver a cicatrizar el proceso que se aplicó al organismo entero. Si por tanto han tratado a un niño con plomo durante un tiempo, y han logrado los efectos deseados, conviene entonces que lo traten por un breve período con compuestos de cobre, para que no quede ningún resto del proceso que se produjo gracias al plomo.

Si tuvieron necesidad de tratar al niño con plata durante un tiempo, después convendrá tratarlo con hierro, para que el proceso se cicatrice interiormente.

Y ahora quisiera decirles algo: Cuando uno nota que un niño, digamos, se pierde en su organismo, es decir, carece de la respectiva resistencia interior, digamos, por ejemplo, que el niño padece mucho de diarrea, o que el niño es

torpe en el movimiento de sus extremidades, se bambolea con los brazos o las piernas, cuando agarra los objetos, los deja caer, todos estos síntomas son el primer germen de procesos que en su vida posterior irritarán la salud con demasiada intensidad. Nunca habría que pasar por alto el que un niño tienda demasiado a la diarrea, o a orinar demasiado, o a agarrar torpemente los objetos de modo que acaba dejándolos caer, o que muestra faltas de habilidad al asir los objetos. Nunca habría que pasar por alto esas situaciones. El maestro debiera por ejemplo tener el ojo avizor para observar cómo el alumno agarra de manera hábil o torpe la tiza o el lápiz, cuando escribe en la pizarra -con ello actúa salutíferamente como médico. Menciono estas cosas porque no se alcanza mucho en estos asuntos con advertencias pasajeras. Ahí sólo puede actuar quien mantiene su actividad constante en una clase. En cambio, mediante remedios terapéuticos exteriores se puede logar muchísimo. Denle al niño fósforo altamente diluido en un caso así, y verán que les será relativamente más fácil conseguir que el niño mejore en sus debilidades orgánicas que acabo de describirles. Así pues, fósforo, o si el asunto reside más en el interior, por ejemplo, cuando el niño despliega gases intestinales con demasiada facilidad, azufre. Si la cuestión se hace más visible en lo exterior, entonces lo fosfórico. Recomienden en un caso así a los padres que añadan en sus alimentos para el niño lo que subyace en el interior de las flores de color. Dicho de manera radical, supongamos que un niño se orina en la cama, entonces lograrán mucho con un tratamiento de fósforo, pero en la dieta también recomendarán que se añada un poco de pimienta o pimentón a los alimentos mientras sea necesario. Eso se ponderará según cómo el niño responda posteriormente.

Pero en estas cosas es realmente necesario que la junta de maestros actúe conjuntamente. Tenemos la suerte de contar con un miembro de la ‚junta de maestros que es médico, el Dr Kolisko, y sin hablar con él no debieran aventurarse indicaciones concretas, porque hace falta un determinado conocimiento previo de los temas de química y fisiología para poder llegar a un juicio correcto al respecto. Pero cada maestro necesita desarrollar el ojo para estos asuntos.

Mas en una ocasión como ésta, mis queridos amigos, hay que mencionar una y otra vez que con la enseñanza misma hay que procurar que el sistema neurosensorial, por un lado, y el metabólico-motor, por el otro, se relacionen mutuamente de una manera correcta. Si no lo hacen, eso se mostrará en la irregularidad del sistema rítmico. Si uno detecta en el niño, aunque sea muy poco, alguna irregularidad en la respiración, o en la circulación, habría que examinarlo enseguida, porque ese sistema es el barómetro orgánico de la incorrecta interacción mutua entre el organismo cefálico y el metabólico-motor. Si observamos, pues, algo así, tendríamos que preguntarnos en primer lugar qué es lo que no funciona ahí en la interacción mutua entre ambos sistemas; pero en segundo lugar -y hoy no voy a entrar en cosas concretas sobre la salud en el aula, de eso hablaremos la próxima vez; hoy me limitaré a lo principal- habría que hacerse bien claro que en la clase conviene alternar de la manera correspondiente entre un elemento que lleve al niño hacia su periferia corporal, y otro elemento que lo lleve a penetrar dentro de sí mismo.

Un maestro que ha de impartir una clase de dos horas, sin que en esas dos horas de algún modo no lleve al niño a reír, es un mal maestro, porque nunca predispone a los niños a salirse hacia la periferia de su cuerpo. Un maestro que, aunque sea ligeramente, no lleve a sus niños a conmoverse con algo que

les hace entrar en sí mismos, es también un mal maestro; pues, dicho de una manera extrema, debe haber una alternancia entre el estado anímico humorístico que haga reír a los niños, aunque no hace falta que rían, pero que al menos se diviertan interiormente; y el estado anímico trágico, conmovido, que les haga llorar, aunque no es que haga falta que viertan lágrimas exteriormente, sino que se sientan interiorizados. Eso es lo que hace falta para llevar estados de ánimo a la enseñanza. Esa posibilidad de introducir estados de ánimo en a clase es una medida salutífera.

Si llevan ustedes a la clase su propia gravedad, que en su vida privada puede estar justificada, sería preferible que no fueran educadores. Es imprescindible llevar a los niños también a la periferia corporal de su experiencia. Si no puede hacerse de otra manera, inténtese al menos contar algo divertido al final de la clase. Si en la otra clase ha habido un esfuerzo llevado con tanta seriedad que vemos que se produce en ellos una especie de contracción de la piel del rostro por el esfuerzo cerebral, entonces conviene contar al final algo gracioso. Eso es algo sumamente necesario.

Ahora bien, existe la posibilidad de pecar contra esas cosas en todas direcciones. Así, por ejemplo, podemos pecar contra toda la constitución de salud del niño si lo ocupamos una hora con lo que normalmente llamamos gramática. Los niños necesitan simplemente ocuparse con la diferencia entre sujeto, objeto, atributo, indicativo, subjuntivo, etc., con todas las cosas que les interesan sólo a medias. Entonces cuando el niño ha de distinguir si un verbo está en indicativo o en subjuntivo, ponemos a los niños en situación de que empiece a hervirles todo el desayuno, no influenciado por el alma, y durante un tiempo estaremos cultivando para un futuro, que tal vez aparezca dentro de quince o veinte años, un verdadero trastorno gástrico en el niño, como enfermedades intestinales, etc. Con mucha frecuencia las enfermedades intestinales provienen de la clase de gramática. Eso es ya algo de la máxima importancia, Toda la disposición anímica que lleve el maestro a la escuela, por sutiles procesos bien complejos, acaba transfiriéndose a los niños.

Ahora bien, en este aspecto, en anteriores conversaciones que hemos tenido aquí, se han dicho muchas cosas en las más diversas ocasiones. Precisamente en esta dirección la vitalización interior de nuestra enseñanza Waldorf ha de mejorar en algunos aspectos. Si ahí tuviera que decir algo positivo recalcaría una y otra vez, que sería altamente deseable -y sé que los ideales no se realizan enseguida- altamente deseable que el maestro Waldorf diera sus clases sin un plan, que realmente estuviera tan preparado que pudiera dar su clase sin tener un borrador de ella, sin que le hiciera falta buscar refugio en algo que él mismo había anotado. Porque ese contacto interior necesario con sus alumnos se interrumpe inmediatamente cuando el maestro ha de consultar sus notas. No tendría que tenerlas. Aunque ya sé que eso es un ideal. No estoy diciéndoles esto como una amonestación, sino para llamarles la atención sobre algo que es de importancia capital. Todas estas cosas son también importantes desde el punto de vista salutífero; pues el estado de ánimo del maestro se prolonga en el estado de ánimo de los niños, y uno ha de llevar al aula una imagen clara de lo que quiere impartir. Entonces ve uno a niños que, por ciertos trastornos metabólicos se despistan fácilmente, están sentados en una clase en la que el maestro les enseña lo que tiene que enseñarles sacándolo del libro.

En tiempos antiguos de la evolución de la humanidad se concebía la enseñanza como un proceso de curación. Se consideraba el organismo

humano como algo que tendía siempre a caer en lo patológico. Y que con la enseñanza y la educación se conducía a un proceso sanador. Si nos impregnamos de la conciencia de que cada maestro en realidad es el médico de sus alumnos, eso ya es enormemente positivo.

Ahora bien, el maestro ha de entender el arte de superarse a sí mismo si quiere tener niños sanos en la escuela. En realidad habría que intentar no llevarse a sí mismo a la clase como persona privada, más bien habría de tener una imagen de aquello en lo que uno se convierte gracias al tema que ha de tratar en una u otra clase. Entonces uno se convierte en algo gracias a la materia a impartir. Y eso en lo que uno se convierte ejerce un efecto enormemente vitalizador sobre la clase entera. Si el maestro está indispuesto, tendría que sentir la capacidad de vencer esa indisposición hasta un determinado grado mediante lo que ha de enseñar, y entonces ejercerá un efecto de lo más favorable sobre los niños. Tendría que enseñar a partir del estado de ánimo que le llevara a decir: “para mí mismo enseñar es algo sanador. De ser un hombre malhumorado y gruñón me convierto en un hombre divertido cuando doy clases”.

Pensemos en ese aspecto en una posible situación. Supongamos que entramos en el aula, y en ella está sentado un niño. Luego se va casa al salir del colegio. Y supongamos que por alguna causa -espero que no sea por la clase que han recibido, eso no sucede con los maestros Waldorf- al llegar a casa el niño necesita que sus padres le den un purgante. ¡Eso no será por la clase! Eso sucede en otras escuelas. Pero cuando ustedes entran en el aula con la disposición anímica que les dice: la enseñanza hace que de persona malhumorada me convierta en una persona divertida, ustedes no saben si precisamente gracias a eso están evitando que el niño deba tomar un purgante. Él puede digerir las cosas si ustedes están en el aula de la manera correcta. Y sobre todas las cosas, la constitución moral del maestro posee una enorme importancia para la salud.

Estas son los asuntos de los que quería hablarles hoy. Serán los que primero habrá que seguir trabajando.

Publicado con el apoyo de la
Fondo del plan de estudios Waldorf

para publicar en el
Biblioteca Waldorf en línea



Waldorf Publications en el
Instituto de Investigación para la Educación Waldorf
38 Main Street
Chatham, NY USA

© 2015 Waldorf Publications