

Ácido oxálico y ácido fórmico

Sugerencias para tratar una indicación del currículo de Rudolf Steiner sobre la enseñanza de la química en el 12º grado

Klaus Frisch

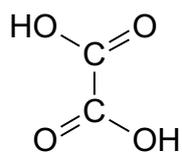
La primera frase que Rudolf Steiner dijo sobre la época de la química en el 12º grado es, en cierto modo, ya un resumen: "Miremos la química en la conexión más íntima con los seres humanos. Esto se explica y se aclara de varias maneras. Queremos tratar a la química en el organismo humano, que es bastante diferente de la de la naturaleza inorgánica que lo rodea, pero también diferente de la de las plantas o animales. "Debe demostrarse que todas las sustancias y procesos se transforman completamente en el hombre". "Habría que tener una química inorgánica, una orgánica, una animal y una humana" (Steiner, GA 300c, Conferencia del 30.4.1924) En otras palabras, tendrían que quedar claras tres distinciones: entre una química inorgánica y una orgánica, entre una química vegetal y una animal, y finalmente entre una química animal y una humana. A continuación se presentan brevemente algunos ejemplos de las lecciones, siendo el último el que nos ocupará en lo siguiente: "Proceso de metamorfosis ácido fórmico - ácido oxálico".

Rudolf Steiner ha comentado sobre el ácido oxálico y fórmico en muchos lugares y en numerosas ocasiones diferentes. Por ejemplo, la palabra clave ácido fórmico puede encontrarse en al menos diez volúmenes en más de 40 lugares en la edición de la obra completa. El tema se trató principalmente en el contexto médico y en conferencias para los trabajadores del Goetheanum, pero también en conferencias para los miembros y en otras ocasiones. Por lo tanto, debe haber sido de mayor importancia para Steiner. Eugen Kolisko estuvo presente en varias de estas conferencias. Como médico escolar y primer profesor de química Waldorf, construyó y desarrolló la enseñanza de la química en la primera escuela Waldorf. Así que Steiner fue capaz de presuponer una comprensión profunda de esto cuando le dio los consejos mencionados para la enseñanza de la química en las conferencias de profesores.

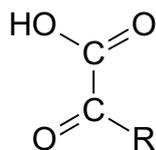
Entre estos requisitos, merecen especial mención las observaciones de Steiner en el ciclo "Formaciones de los Misterios" y en el curso de médicos en la Navidad de 1924. En el contexto que nos ocupa, cabe mencionar la importante distinción entre las reacciones en los organismos vivos y las que se producen en los recipientes de reacción sin vida: "Ahora bien, el hombre no es una réplica. La réplica muestra de forma muerta lo que está presente en el hombre de forma viva y sensible". Y a este respecto, no son las sustancias de ácido oxálico y ácido fórmico en sí mismas las que son importantes en el hombre, sino "el trabajo, la actividad dentro, que consiste en el hecho de que el proceso de ácido oxálico tiene lugar, que el proceso de ácido fórmico tiene lugar" (Steiner, GA 232, 13ª conferencia). El proceso de formación del ácido oxálico, que tiene lugar principalmente en los órganos digestivos, es una base necesaria para el hecho de que el hombre pueda vivir en absoluto (por lo tanto para su cuerpo etérico); su transformación en ácido fórmico -más localizado en el ser humano superior- constituye la base para el alma (por lo tanto para su cuerpo astral). Un año más tarde, Steiner explicó a los médicos que en el caso del ácido fórmico, había que llegar a la conclusión de que tiene la tarea, tanto en los seres humanos como en la naturaleza, de posibilitar la vida y el desarrollo ulterior ante los procesos de envejecimiento, muerte y decadencia (Steiner, GA 316, 1ª conferencia).

Después de los casi revolucionarios avances en la investigación bioquímica desde entonces, puede asumirse hoy que apenas hay un proceso de transformación sustancial en el organismo humano que pudiera haber escapado al descubrimiento. Sin embargo, extrañamente, sobre la base de este conocimiento tan detallado, hay que decir que ni la formación de ácido oxálico ni su conversión en ácido fórmico tienen ninguna importancia que valga la pena mencionar. Si el ácido oxálico se forma en cantidades importantes en el organismo humano, esto es patológico y particularmente alarmante porque el metabolismo humano no puede tratar el ácido oxálico de manera adecuada y, por ejemplo, no puede convertirlo en ácido fórmico. Por otro lado, probablemente siempre se forme algo de ácido fórmico, pero no de ácido oxálico, sino de formas completamente diferentes. Y esta formación de ácido fórmico tiene sólo una importancia muy menor en todo el contexto del metabolismo. Por lo tanto, no cabe duda de que la conversión del ácido oxálico en ácido fórmico es un proceso fisiológico esencial que es decisivo para la vida y la muerte. Ahora bien, Steiner, en sus observaciones sobre los procesos del ácido oxálico y del ácido fórmico, dijo expresamente que "la fisiología de hoy" también debe encontrar estos procesos (Steiner, GA 232, 13ª conferencia). Y sólo los hechos científicos pueden, por supuesto, ser objeto de instrucción; por lo tanto, todas las indicaciones del plan de estudios de Steiner se entienden, por supuesto, sólo como referencias. En base a esto, será presentado a continuación un nuevo enfoque para entender esta indicación del currículo para las lecciones de química en el 12º grado.

Una característica general de los procesos bioquímicos es que las sustancias implicadas no existen libremente y reaccionan entre sí como en la retorta, sino que sólo se producen de diversas maneras en forma ligada. Por ejemplo, existe una forma adherida de ácido fórmico, que se denomina "ácido fórmico activado" y desempeña un papel importante en la formación de ácidos nucleicos (síntesis de purina). Sólo en esa forma activada pueden las sustancias participar en absoluto en los procesos de conversión bioquímica. Lo que tenemos en la retorta como sustancia, lo que podemos examinar en sus propiedades y dejar que reaccione externamente con otras sustancias, sólo existe mientras haya caído fuera del proceso vivo, es decir, está muerto. Esto es lo que los hechos bioquímicos nos enseñan. Si ahora buscamos formas adheridas de ácido oxálico y ácido fórmico, nos encontraremos rápidamente con el proceso que buscamos, la conversión del ácido oxálico en ácido fórmico + dióxido de carbono (CO₂). Un grupo de ácidos orgánicos que se producen en el metabolismo, los ácidos -cetocarboxílicos, pueden considerarse como ácido oxálico unido; mediante la descomposición, el ácido oxálico puede liberarse de ellos. Esto también se refleja claramente en las fórmulas:



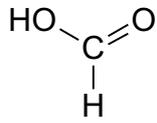
Ácido oxálico



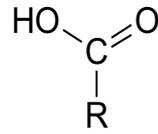
Ácido oxálico adherido

(La R denota el "residuo" al que está adherido el ácido oxálico.)

Estos ácidos pueden ahora ser convertidos en otros ácidos con la liberación de CO₂, que a su vez podemos considerar como ácido fórmico adherido:



Ácido fórmico



Ácido fórmico adherido

Adherida en esa forma, una cantidad considerable de ácido oxálico se convierte continuamente en ácido fórmico durante el metabolismo. En cierto modo es el mismo proceso que en la retorta, pero es totalmente a nivel orgánico.

Estas conversiones son pasos parciales esenciales de la respiración celular. Cuando la materia orgánica - almidón, azúcar, grasas o proteínas - se descompone en el organismo, el primer paso es convertirla en ácidos orgánicos. Esto es básicamente un proceso de fermentación, muy parecido al de la leche agria. Esta fermentación llega hasta los ácidos que hemos llamado ácido oxálico adherido. En el siguiente paso, se libera CO₂ de estos ácidos y se transforman en ácido fórmico adherido. Durante esta transición del ácido oxálico adherido al ácido fórmico, así como durante la reacción preparatoria, se produce prácticamente todo el CO₂ que exhalamos. Y como la gran mayoría de las sustancias que ingerimos durante nuestra vida y que no excretan en ninguna otra forma entran finalmente en este proceso, también es muy cierto cuando Steiner dice que en todas partes de nuestro cuerpo las sustancias entran finalmente en la formación de ácido fórmico.

Sin embargo, el ácido fórmico adherido resultante del proceso no permanece como tal, sino que suele convertirse inmediatamente en más ácido fórmico. Esta es una diferencia característica del experimento en la retorta. Para decirlo de manera más sencilla, el ácido fórmico adherido se reintroduce en el proceso del que se deriva el ácido oxálico adherido. Se trata de un proceso cíclico, el llamado ciclo del ácido cítrico (o, según su descubridor, el ciclo de Krebs). Este ciclo, tal como suele presentarse, parece ser bastante complicado y los pasos individuales requieren un análisis cuidadoso para comprender exactamente lo que se presenta aquí. Pero en realidad no ocurre nada más que la transformación del ácido oxálico adherido en ácido fórmico adherido + CO₂ y la posterior transformación del ácido fórmico resultante en otra forma de ácido oxálico adherido.

Ahora es posible acercarse a la observación al organismo humano de forma diferenciada y así retomar la estrecha relación interna con la época del Estudio del Hombre en el 10º grado. Las transformaciones de sustancias sin la participación del oxígeno se encuentran en todas partes del organismo, en todas las células, pero sin duda tienen su centro de gravedad en el intestino y el hígado. El contenido de los intestinos no recibe ningún tipo de oxígeno y el hígado es el órgano con mayor flujo sanguíneo venoso, es decir, el de menor contenido de oxígeno. Mientras que los intestinos se ocupan principalmente de la descomposición de las sustancias alimenticias, el hígado es el lugar de la mayor variedad de transformaciones

bioquímicas. Y, como su nombre lo indica, es también el órgano más vivo, el centro de los procesos de construcción viva en el cuerpo. Contrariamente a la suposición generalizada de que la sangre venosa es la sangre "usada", es en el entorno venoso donde tienen lugar los procesos más importantes. Esto también se aplica al proceso de desarrollo más amplio de todos, el desarrollo embrionario, que tiene lugar particularmente en sus primeras etapas en una notable falta de oxígeno. En todos estos procesos de construcción y reconstrucción, que se concentran en el hígado después del nacimiento, las diversas formas de ácido oxálico adherido desempeñan un papel esencial: son la fuente de la formación de nuevos componentes proteicos, los aminoácidos, y también del azúcar y el almidón. Esta sustancia sólo puede acumularse si el proceso del ácido oxálico proporciona ácido oxálico adherido.

Sin embargo, el centro de los procesos dependientes del oxígeno está en el cerebro. En caso de deficiencia de oxígeno, es el primer órgano que se daña permanentemente. Y esto se relaciona ahora con el hecho de que el cerebro sirve para el desarrollo de la conciencia. La conciencia, una vida propia del alma, sólo es posible en base a procesos de descomposición dependientes del oxígeno y, por lo tanto, en base a la conversión del ácido oxálico en ácido fórmico + CO₂. Tenemos vida en común con los animales y las plantas, pero una vida propia y consciente del alma sólo con los animales. Esto concuerda con el hecho de que sólo los animales dependen del oxígeno de la misma manera que nosotros. El proceso de formación de ácido oxálico sirve generalmente para organizar la vida (el cuerpo etérico), mientras que el proceso de formación de ácido fórmico forma la base para el desarrollo del alma (el cuerpo astral). Por lo tanto, también es comprensible que la muerte ocurra en los seres humanos tan pronto como la formación de ácido fórmico ya no pueda tener lugar: Entonces el alma-espíritu ya no tiene ninguna base de acción en el cuerpo.

En las plantas y los insectos, los procesos del ácido oxálico y del ácido fórmico son más distintos entre sí que en los humanos, donde pertenecen al humano inferior y superior, respectivamente, y por lo tanto están unidos en un solo organismo. Esto está aparentemente relacionado con el hecho de que uno de los dos procesos se modifica de tal manera que se produce ácido oxálico puro o ácido fórmico en mayores cantidades. El ácido fórmico no se limita a los parientes de las hormigas, abejas, etc.; también se encuentra en los escarabajos y las orugas. El ácido oxálico toma su nombre de su presencia en la acedera de madera (*Oxalis*), pero está muy extendido en el reino vegetal. Sin embargo, la mayoría de las plantas sólo contienen pequeñas cantidades de este ácido; sólo en ciertas especies, por ejemplo, la Acedera y el Alazán, se produce en abundancia. Entre los numerosos ácidos orgánicos que se encuentran en las plantas, el ácido oxálico ocupa una posición especial porque es incluso venenoso en cantidades correspondientes. Muchas plantas proporcionan alimento a los animales y a los humanos y como tales no son venenosas. Las plantas se vuelven venenosas porque sufren procesos de degradación que superan el nivel "normal" de las plantas. El ácido oxálico debe considerarse un producto final del metabolismo de las plantas, que por lo general ya no participa o casi nunca participa en el proceso metabólico activo. Se diferencia a este respecto de los demás ácidos vegetales que, aunque también pueden depositarse en masa, a menudo sólo lo hacen de forma temporal, por ejemplo, sólo en determinados momentos del día. De todos los ácidos de las plantas, es el que más se ha alejado del proceso, y también es el que se ha convertido en el más mineral entre ellos. Es en ella donde la acidez, que se produce en la materia orgánica durante los procesos de descomposición, está más concentrada. Esto lo convierte, con mucho, en el ácido orgánico

más fuerte de la naturaleza y, en este sentido, ya es comparable con los ácidos inorgánicos más fuertes.

El proceso de ácido oxálico inicialmente caracterizado es una ligera y única degradación inicial hacia la acidez, que también puede volver a convertirse en una acumulación. Si este proceso es exagerado, pero sin cambiar en el proceso de ácido fórmico (por su naturaleza animal), entonces el ácido oxálico se forma como producto final del material. Si, por otra parte, el proceso de ácido fórmico se encuentra con él, como es el caso de los animales y los seres humanos, entonces la sustancia ácida se exhala en forma latente como dióxido de carbono, que forma ácido carbónico con el agua. Si el dióxido de carbono se vuelve a unir a la materia orgánica en el metabolismo vivo, los ácidos orgánicos se forman de nuevo. Así que si el mundo de los insectos estuviera conectado al mundo de las plantas de la misma manera que el ser humano superior está conectado al inferior, entonces no se desarrollaría ningún ácido oxálico en las plantas.

El crecimiento vegetativo de la planta llega a su fin en la flor. Se muere allí. Sólo a partir de la semilla puede surgir una nueva planta cuando entra en la tierra. En esto, también, la flor muestra su cercanía al animal, que desarrolla su conciencia sobre la base de los procesos de descomposición corporal. La raíz es completamente diferente, crece cada vez más y puede ramificarse en cualquier punto a través de las raíces laterales que brotan desde el interior. Y sólo donde crece puede funcionar como un órgano receptivo. Mientras que la flor podría ser considerada con razón como un "parásito" en la planta real, la raíz es parte de la vida vegetativa de la planta. Mientras que por otra parte siempre hemos encontrado el proceso de ácido fórmico en relación con el alma, con el desarrollo de la conciencia, el área de la raíz parece ser una excepción. Pero el suelo no es de ninguna manera sólo un sustrato muerto. Y así como la planta de arriba entra en una relación íntima con los insectos, así en la zona de la raíz con los hongos. La investigación sobre las micorrizas, la simbiosis de las raíces de las plantas y los hongos, ha llevado al resultado inicialmente sorprendente de que la mayoría de las plantas de un bosque o una pradera están funcionalmente conectadas entre sí por los hongos micorrízicos y, por lo tanto, forman realmente un organismo uniforme y coherente mucho más fuerte de lo que se supondría inmediatamente. Y esta vida fúngica ahora resulta ser lo que fuera en el organismo del paisaje y en general de toda la tierra corresponde a lo que es la actividad cerebral en nuestro propio organismo. Sólo que ahí fuera, los procesos de descomposición se forman, el proceso del ácido fórmico no constituye la base de una autoconciencia separada como en los animales y en los seres humanos, sino de una razón de naturaleza integral, una naturaleza-espiritualidad.

Como se enfatizó al principio, la química en el 12º grado debe ser tratada "en la más íntima conexión con los seres humanos". Se puede ver que el proceso de metamorfosis ácido oxálico - ácido fórmico propuesto por Rudolf Steiner como tema de enseñanza puede tener éxito, y que incluso se puede abordar una estrecha conexión entre el hombre y la naturaleza. Este proceso de metamorfosis debería por lo tanto ser parte del plan de estudios en cada escuela Waldorf. El presente ensayo quiere estimular esto así como un examen más completo de este tema. También debe leerse como una contribución a la discusión en curso sobre cómo se unen las declaraciones de Rudolf Steiner y los resultados

de la investigación bioquímica y cómo estos últimos pueden tratarse en el aula de una manera ampliada goetheanísticamente.

Traducido por Angel Chiok

Este texto es una versión abreviada del artículo de Klaus Frisch (chronos@onlinehome.de) "Ácido oxálico y fórmico", publicado en la revista *Erziehungskunst* 7/8 1992, págs. 577-599, abreviado en junio de 2020 por Dirk Rohde (d.rohde@waldorfschulemarburg.de), FWS Marburg/Alemania; disponible en línea en el *Erziehungskunst-Archiv*.