

DEL EDITOR

LA IMPORTANCIA DE LLAMARSE AFINIDAD QUÍMICA. PARTE III: EL CRECIMIENTO VANO

THE IMPORTANCE OF BEING CHEMICAL AFFINITY. PART III: THE VAIN GROWTH

GUILLERMO SALAS-BANUET

Universidad Nacional Autónoma de México, salasb@unam.mx

JOSÉ RAMÍREZ-VIEYRA

Universidad Nacional Autónoma de México, jgrv@unam.mx

OSCAR JAIME RESTREPO-BAENA

Universidad Nacional de Colombia, ojestre@unal.edu.co

MARÍA NOGUEZ-AMAYA

Universidad Nacional Autónoma de México, nogueza@unam.mx

BRYAN COCKRELL

University of California, Berkeley, bryan.cockrell@berkeley.edu

Recibido para revisar 11 de junio de 2013, aceptado 30 de agosto de 2013, versión final 19 de septiembre de 2013.

RESUMEN: La alquimia surge en el Museo Alejandrino como una ciencia, en los primeros siglos de la era cristiana, junto con otras ciencias exactas. Sus orígenes están en el trabajo egipcio sobre los materiales y en las ideas, producto del pensamiento de los filósofos griegos de la edad de oro. Se muestra el resultado del trabajo de las ciencias exactas, que dan una idea de lo que fue la alquimia en sus inicios. Al paso del tiempo, la alquimia se fue contaminando del pensamiento religioso y adquirió un lenguaje oscuro. Sus principales objetivos eran la transmutación metálica, usando elixires que aprovechaban los espíritus (vapores) de las sustancias que lo formaban, y la búsqueda de la Piedra Filosofal (El elixir), que serviría para la transmutación de los metales en oro y para obtener una vida eterna y saludable. Aquí se describen los trabajos de los primeros alquimistas, sus equipos, elixires y aleaciones usadas, así como las posibles reacciones químicas que podrían explicar las transformaciones por ellos observadas que, a su vez, representan los rompimientos y formaciones de enlaces debidos a la afinidad química. Algunos alquimistas siempre buscaron la teoría que podía sustentar a la práctica alquímica, sin lograrlo. Sin embargo, la alquimia práctica se convirtió en la química práctica, sentando las bases de la química teórica y de muchas industrias.

PALABRAS CLAVE: Afinidad química, materiales, pensamiento, alquimia, metalurgia.

ABSTRACT: Alchemy arises as a science in the Alexandrian Museum, along with other exact sciences, in the early centuries of the Christian era. Its origins are found in the Egyptian work on materials and in the ideas derived from Greek philosophers of Golden Age thought. Results of exact sciences work are shown, in order to give an idea of what alchemy was at its beginnings. Over the time, alchemy was polluted with religious thoughts, transforming its language to a dark one. Its main goals were to take advantage of spirits (vapors) contained in substances forming the elixirs to reach the metallic transmutation, and to find the Philosopher's Stone (The Elixir), which would serve for the transmutation of base metals into gold and to get an eternal and healthy life. The work of the early alchemists, their equipment, and the elixirs and alloys they used, are described. The possible chemical reactions -representing breaking and formation of bonds due to chemical affinity- that could explain the changes observed by them, are presented. Some alchemists looked unsuccessfully the theory that could sustain alchemical practice. However, practical alchemy became practical chemistry, laying the foundations of many industries and those of theoretical chemistry.

KEYWORDS: Chemical affinity, materials, thinking, alchemy, metallurgy.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de afinidad ha sido fundamental para el desarrollo de la química. Nace de la creencia de

que todo el mundo físico inanimado tenía alguna forma de vida parecida a la humana y de una analogía entre las atracciones y rechazos entre los humanos,

debidas a los afectos y las antipatías entre ellos, con la facilidad o dificultad de los elementos y las sustancias para unirse o separarse. Desde el punto de vista de la cultura occidental, el desarrollo del concepto tiene una decena de miles de años, lo que lo sitúa en la Prehistoria; el hombre lo inicia con el trabajo práctico sobre los materiales metálicos y cerámicos -pleno de intuición sobre la explicación de las transformaciones que acontecían en ellos-, cuando descubrió que podía transformarlos usando el fuego, en fogatas y hornos [1]. Basándose en el ciclo de prueba-error, logró dominar con precisión los procesos pirotécnicos -la protoingeniería- e inició el desarrollo de un pensamiento religioso-mitológico, para poder explicarlos -la protociencia-. Miles de años más tarde, entre los siglos VI y II a.C., la evolución circunstancial del pensamiento griego jónico, de aquel religioso-mitológico a éste, filosófico, que consolidaría en uno científico, dio lugar a que algunos pensadores griegos ofrecieran algunas interpretaciones del universo ajenas a las creencias religiosas de la época, permitiendo el surgimiento de las primeras escuelas del pensamiento y los primeros descubrimientos relativos a la física y la química -entre ellos las ideas de átomo, elemento, molécula, enlace y afinidad [2]; a ese lapso de tiempo se le llamó el periodo de oro. Posteriormente, se recopiló el conocimiento desarrollado hasta ese momento y el pensamiento fue menos filosófico y más exacto, con lo que se apoyó en tres herramientas: la experimentación, la observación y la reflexión. En ese contexto, al conjuntarse las nociones y las experiencias del pasado, surge la alquimia, como la heredera que guarda, de manera poco consiente, el concepto de la afinidad química.

2. ANTECEDENTES

A la fase posterior al periodo de oro -llamada aquí, el tiempo de las ciencias exactas- tuvo tres antecedentes principales; 1) el conocimiento desarrollado por los pueblos antiguos, principalmente los de Mesopotamia (antigua Irak y noreste de Siria), Egipto y Persia (ahora Irán) [1]; 2) los subproductos relativos a la materia, del filosofar de los pensadores del periodo de oro -que inicia con Tales de Mileto (nacido en el 630 a.C.) y termina con Epicuro de Samos (fallecido en el 270 a.C.), alrededor de tres siglos de duración [2]; y 3) la construcción del Museo, en la ciudad de Alejandría, con su biblioteca.

La fundación de la ciudad de Alejandría (331 a.C) -en la costa egipcia mediterránea, junto a la desembocadura del río Nilo- se originó en el corazón y el cerebro de Alejandro Magno, a través de un deseo y una razón; el primero, extender el mundo griego a Egipto, y la segunda, contar con un puerto egipcio que no estuviera afectado por las inundaciones del Nilo [3]. La principal de las maravillas y bondades que contenía la ciudad era el Museo, deseado por Alejandro, construido por Ptolomeo I -escudero, heredero y sucesor de Alejandro- con la riqueza acumulada en los saqueos realizados durante sus conquistas- y diseñado por Demetrio de Falero (367-283 a.C.), quien fuera profesor del Liceo de Aristóteles y mentor del hijo de Ptolomeo. El Museo, dedicado a Atenea, la Diosa virgen a cargo de la sabiduría, la estrategia, la justicia, la civilización y la guerra, entre otras, se llamó así en honor a las nueve musas; alcanzó grandes logros en astronomía, mecánica, óptica, anatomía y fisiología, geometría, álgebra, literatura, cálculo, etc.; constaba de varias secciones: un jardín botánico, que contenía todos los especímenes de las plantas oriundas de los países conocidos entonces; una sala de anatomía, para la vivisección de animales y la disección de cadáveres; un observatorio astronómico, para estudiar los cuerpos celestes; salas de conferencias y aulas para enseñar, proponer y discutir; una residencia gratuita para los pensadores, con habitaciones y comedores; así como una gran biblioteca que tenía fama internacional, porque contenía originales o copias del conocimiento escrito de la época. Se le ha considerado la universidad más antigua del mundo, porque llegó a contener hasta 14000 estudiantes y cien estudiosos de las diversas culturas mediterráneas y sus alrededores, así como más de cuatrocientos mil rollos de papiro -que contenían varias obras- y noventa mil -con una sola- resultado de lo desarrollado por las civilizaciones conocidas [4].

Por sus productos, algunos de sus profesores trascendieron hasta nuestro tiempo, por ejemplo: **1.** Euclides (325-265 a.C.) escribió su libro *Elementos*, que presenta el estudio de las propiedades de las líneas, los planos, los círculos y las figuras geométricas, es un compendio del conocimiento matemático griego; **2.** Aristarco de Samos (310-230 a.C.) propuso un sistema heliocéntrico para el sistema planetario, contrario al geocéntrico de Aristóteles, y realizó el primer cálculo de la distancia entre la tierra y el sol y la primera y la luna, usando correctamente la geometría,

aunque erróneo por las dimensiones que consideró; **3.** Apolonio de Perga (262-190 a.C.) escribió el libro *Cónicas*, que es el trabajo realizado con las curvas planas, obtenidas al cortar conos en ángulos diferentes y con la cuadratura de sus áreas: elipse, parábola e hipérbola. También estableció una hipótesis sobre las órbitas excéntricas de los planetas, estrellas y cometas (la teoría de los epiciclos); **4.** Apolonio de Rodas (295-215 a.C.) escribió *El viaje de los argonautas* (en honor a Argos, el constructor de la nave en la que viajaban), una epopeya que es una analogía de la vida, basada en una antigua leyenda griega que relata el viaje y las aventuras de Jasón y sus acompañantes, metáforas de la vida, en la búsqueda y logro de un objetivo imposible: el Vello de oro; **5.** Arquímedes de Siracusa (287-212 a.C.) redactó *Sobre el equilibrio de los planos*, en el cual explicó el principio de la palanca; y *Sobre los cuerpos flotantes* donde estableció los fundamentos de la hidrostática y la estática, inventó su famoso tornillo y definió su espiral, calculó la aproximación más precisa hasta ahora, del número Pi, exploró los números grandes, que originarían los logaritmos, y esbozó un método (el exhaustivo) para calcular el área y el volumen que sería la base del cálculo, 1800 años después; **6.** Eratóstenes (276-194 a.C.) determinó la duración correcta del año -con lo que concibió el calendario actual-, propuso la idea de la redondez de la tierra y valoró su diámetro -usando un método trigonométrico de su invención- con un error de sólo 80 kilómetros, calculó -con gran exactitud- la distancia entre el sol y la tierra, escribió una geografía, construyó -de forma bastante precisa- un mapa del mundo conocido entonces y diseñó un método para identificar a los números primos; **7.** Ctesibio, activo entre el 285 y el 222 a.C., fabricó bombas neumáticas y escribió el primer tratado sobre aire comprimido.

Muchos de estos pensadores fueron contemporáneos; los más representativos de los que trabajaron después del nacimiento de Cristo son: **8.** Herón (S. I d.C.) -matemático, ingeniero e inventor- diseñó, entre otras cosas, cajas de engranes y máquinas de vapor; además, fue el autor de *Autómata*, la primera obra sobre robots; **9.** Herófilo de Calcedonia (335-280 a.C.), fisiólogo, dedujo que la inteligencia está en el cerebro y no en el corazón, como se creía; **10.** Hiparco de Nicea (190-120 a.C.) dividió el día en 24 horas, inventó la trigonometría y estableció los conceptos de longitud y latitud geográficas; **11.** Claudio Ptolomeo (100-170

d.C.), astrónomo y astrólogo, escribió *Almagesto*, el primer tratado astronómico; y **12.** Galeno de Pérgamo (130-216 d.C.) el famoso médico que redactó alrededor de 400 obras de anatomía, cuya visión de la medicina dominaría en Europa por más de mil años.

La biblioteca de Alejandría se destruyó en dos incendios, uno parcial, en el año 47 a.C. y el otro total, en el 273 d.C., cuando Aureliano tomó la ciudad, o en el 297, al hacer Diocleciano lo mismo.

3. LA ALQUIMIA

La alquimia nació en el Museo Alejandrino, alrededor del siglo II a.C.; se le define como ciencia, porque lo hace en el ambiente de las ciencias exactas y utilizaba las mismas herramientas: la reflexión, la experimentación y la observación.

La palabra alquimia viene del nombre árabe *al-kīmiyā*, que derivó del siriaco *kīmiyā* -el *kema* egipcio (el arte, la excelencia en fundir o alear metales) que, luego sería la *chēmeia* o *chūmeia* griega alejandrina, palabra referida a la “transformación” de los metales -con el prefijo árabe *al* (artículo definido, la) [5]. La alquimia la hija de las antiguas prácticas egipcias sobre los materiales y las sustancias (la protoingeniería) y las teorías griegas sobre los elementos de la materia (la protoquímica y la protofísica).

Sin embargo, el pensamiento de algunos de los alquimistas, desde el principio, se vio contaminado con viejas filosofías espirituales, creencias religiosas mágicas y astrológicas, originadas en las tradiciones caldeas entre el primer y segundo milenio a.C., que fueron transmitidas a, y por personajes como Ostanes, un persa místico, algo mítico, del siglo III a.C., calificado como alquimista, astrólogo y mago, versado en el ritual del fuego, al que reverenciaba por su cualidad purificadora y su papel perfeccionador de la vida; la idea del fuego purificador, básica para la transmutación metálica y del alquimista, se mantendría durante miles de años. Esta visión se originó en el zoroastrismo o mazdeísmo, una de las primeras religiones monoteístas, aún viva, fundada por el persa Zoroastro o Zaratustra, un personaje entre real y mitológico, quien vivió entre los siglos IX y VI a.C.

Fueron los antiguos egipcios quienes atribuyeron a Hermes Trismegistus -a quien los griegos llamaron

Trinidad Suprema- la paternidad y responsabilidad del trabajo sobre los metales, al que llamaron *Arte Sagrado*, *Ciencia Divina* o *Ciencia Hermética (El Arte)*; parece que Hermes fue un sacerdote de Isis, quien vivió en Memfis durante el reinado de Ninus, alrededor del 2270 a.C. Parece que era un legendario legislador y filósofo, a quien se le identificó con el Dios Toth, inventor de la escritura, las artes y las ciencias egipcias.

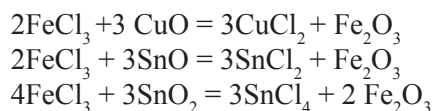
Mucho más tarde, primero en Bizancio y luego en Arabia y en la Europa medieval, una gran parte de la alquimia adquiriría un carácter ecléctico y una connotación religiosa, con lo que se le conocería como la *filosofía hermética*, aunque continuarían existiendo algunos alquimistas interesados en el pensamiento crítico de la materia y de sus posibles transformaciones.

Actualmente existen dos papiros egipcios que compró en Tebas el vice cónsul de Suecia en Alejandría, Johann d'Anastasy, en 1828, los cuales se encuentran en las bibliotecas de Estocolmo y Leyden en el siglo XIX de nuestra era. Se cree que fueron enterrados con la momia de un joyero egipcio en el siglo III, aunque existe evidencia de que su contenido es mucho más antiguo. Son parte de un libro que contiene manuales prácticos dirigidos a trabajadores dedicados a la producción, soldadura, coloración superficial de aleaciones metálicas, a “aumentar” la cantidad de oro, comprobar su pureza y ensayar la calidad de sus aleaciones, entre otros.

El papiro de Leyden contiene 75 recetas relativas a los metales; quince de ellas están referidas al oro, plata y *asem*, palabra egipcia para referirse al oro nativo, una solución sólida de oro con un contenido de plata de entre 10 y 30%, cuyo equivalente griego es *electrum*. Otras más, se enfocan a sus imitaciones, dorando y plateando metales innobles, así como coloreando de púrpura al oro; se buscaba fabricar objetos hechos con aleaciones de metales baratos -como el plomo, el estaño, el hierro y el cobre- que contuvieran un poco oro o de plata disuelto (un máximo de un 12 y 5%, respectivamente) o de ambos, para lograr que su superficie tuviera el color del oro, de la plata o del *asem*. La coloración superficial de oro -o purificación del oro, según la receta No. 14 del papiro- se hace sumergiendo un objeto en una solución muy caliente, hecha con “misy” (antiguo nombre del mineral llamado copiapita o janosita, de color amarillo oro) $[\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+}$

$)(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20(\text{H}_2\text{O})]$, sal (NaCl) y vinagre (agua, con un máximo de 5% de ácido acético, HCH_2OOH) [5]; la solución caliente -tal vez el origen del *Elixir* de los alquimistas- se cambia frecuentemente porque se agota, hasta que la superficie del objeto alcanza el color del oro. En la solución caliente, el misy -un sulfato de hierro básico, soluble en agua- reacciona con la sal formando sulfato de sodio y cloruro férrico:

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ la solución oxida los metales innobles de la superficie del objeto, al tiempo que lixivia sus productos:



Así queda una superficie con una fina capa porosa de oro, que pulida da la impresión de que todo el objeto es de oro puro. En la receta del proceso *dorado por fuego* se deposita, por cementación, una delgada capa de oro en la superficie de un objeto de plata. El objeto se lustra con polvo de calinita $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 11-12\text{H}_2\text{O}]$, el equivalente natural del producto manufacturado llamado alumbre $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$, y se aplica una amalgama fabricada con la disolución de láminas de oro en mercurio; con ello, el oro de la amalgama difunde superficialmente en la plata, formando con ella una solución sólida muy rica en oro; el mercurio se elimina oxidándolo, al poner el objeto al fuego. Para *fabricar asem*, la receta dice: mezclar y fundir cuatro partes de estaño con tres de cobre blanco (un bronce arsenical con un máximo de 6%) y una de *asem*; el resultado es una aleación del color del oro nativo, con alguna de las tonalidades debidas las varias proporciones de plata en el *asem*. En todas las operaciones descritas en las recetas se aprovecha la formación y rompimiento de los enlaces atómicos -a diferentes temperaturas- entre los elementos involucrados, cosa que debe de haberse percibido intuitivamente por los observadores más preparados. El papiro también contiene 11 recetas para colorear de púrpura al oro y los últimos once párrafos son extractos de la *Materia Medica* del médico griego Pedanio Dioscórides (40-90 d.C.), en relación a los, aproximadamente, 90 minerales usados en sus tratamientos médicos, heredados de la medicina egipcia.

El papiro de Estocolmo tiene nueve recetas relativas a metales y aleaciones, similares a las del de Leyden,

más de 60 sobre coloración, alrededor de 70 para producir gemas artificiales y 10 para blanquear perlas defectuosas o para fabricarlas artificialmente. Las recetas de los dos papiros son empíricas, no contienen lenguaje obscuro, misticismo, ni magia. Se ha elucubrado, que el inicio de la alquimia, interpretada como el conjunto de operaciones necesarias para transmutar los metales en oro, se basó en las prácticas de falsificación de metales preciosos.

Es precisamente en la biblioteca Alejandrina donde se encontraban los escritos alquímicos; en lo que queda de ellos o en referencias a ellos, es posible apreciar algunos antecedentes del entendimiento científico de la afinidad química. La más antigua obra alquímica de la que se tiene conocimiento es *Physica et Mystica*, considerada por Zósimo de Panópolis –un alquimista griego nacido en el alto Egipto, muy famoso y prolijo, quien vivió a finales del siglo III- como “la primera piedra del edificio de la alquimia” [6a]. Esta obra es atribuida al primer practicante conocido de la alquimia en el mundo griego, Bolos de Mendes, tal vez un egipcio helenizado, del año 200 a.C., quien utilizó el nombre de Demócrito.

El libro está dividido en dos secciones, cuyos títulos son: *Fabricación de oro y Fabricación de asem*; las recetas que contienen son imitaciones de aquellas encontradas en los papiros egipcios de Leyden y Estocolmo, sólo que Bolos divaga mucho y utiliza un lenguaje parecido al encontrado más tarde en la teoría alquímica medieval, que nada aporta a las recetas, haciendo que el libro no sea alquímico ni tecnológico [6b]. También escribió cuatro libros, sobre el oro, la plata, las piedras preciosas y el púrpura, que sólo se conocen por referencias.

Bolos se dedicó a la transmutación del plomo y el hierro en oro, cobijado en la idea de la posibilidad de cambiar las sustancias –que los demás alquimistas adoptarían– basada en la teoría de Aristóteles de Estagira sobre los cuatro elementos (átomos) de la materia del universo: el aire, el fuego, el agua y la tierra. La teoría se completaba con lo establecido por Empédocles de Agrigento, sobre la posibilidad de interacción entre las fuerzas de las diferentes naturalezas de las sustancias –que las hacían poseedoras de características humanas, tales como el amor y el odio, la simpatía y la antipatía– el antecedente de la afinidad química. La teoría asumía que cada cuerpo o sustancia del universo tenía una proporción

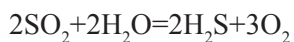
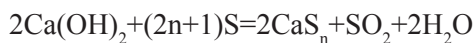
única de una mezcla de los cuatro elementos, por lo que las formas podían ser removidas y remplazadas por unas nuevas, con lo que las sustancias podían transmutarse.

La idea de la transmutación de los metales innobles en plata y oro –el metal perfecto, noble por excelencia– viene, también, de la visión aristotélica de una tendencia natural hacia la perfección, a través de la maduración, con lo que los metales innobles eran imperfectos por inmaduros, al haberlos sacado del seno de la tierra antes de tiempo; los alquimistas pensaban, que podían acelerar y completar el proceso de maduración con sus procedimientos. Un ejemplo de lo mucho que la idea del perfeccionamiento aristotélico estaba arraigada en las personas, está en una anécdota del siglo XVI, cuando los españoles llegaron a buscar oro nativo en las arenas auríferas de los placeres de las costas de Ecuador y Colombia y se encontraron con las escamas y granitos de platino nativo; ellos confundieron al platino con la plata debido a su similar color pero, como las otras características del platino eran muy diferentes –no fusible en los hornos de la época, mayores resistencias mecánicas y menores brillo, ductilidad y maleabilidad– pensaron que era una plata inmadura (originalmente se le llamó *platina*, que significa plata pequeña) por lo que lo regresaban a los depósitos de aluvión, de donde lo habían extraído, para que terminara de madurar. La idea de que los metales y minerales eran engendrados en la tierra, fue establecida por los babilonios.

Otra obra, *Cheirokmeta*, adjudicada a Zósimo de Panópolis, era una especie de enciclopedia alquímica que contenía 28 libros; famosa entonces por ser una recopilación del conocimiento alquímico y afamada hoy por contener la antigua receta egipcia para fabricar cerveza. Contiene metalurgia egipcia, y hace referencia a Hermes Trismegistus y a Bolos, al que nombra respetuosamente como *El Filósofo*. Aunque los materiales y procesos mencionados son los mismos contenidos en los papiros egipcios de Leyden y Estocolmo, los métodos para tratarlos son diferentes, ya alquímicos; por ejemplo, el proceso de cementación egipcia –el *dorado por fuego*, donde se difunde el oro en la estructura cristalina de la plata, en estado sólido y a temperatura ambiente– usado por Bolos, se transforma en uno destilatorio, empleando los vapores generados al calentar soluciones líquidas especiales, para modificar químicamente la superficie de una aleación, la base de

la transmutación metálica alquímica. De la enciclopedia quedan sólo fragmentos, en los que destaca el papel que jugaban los *espíritus* para favorecer el cambio de la materia; designa a tres: el azufre, el mercurio y el arsénico que se obtienen de una especie de fermento llamado *Xērión* (en griego) -la solución líquida caliente, usada para la transmutación metálica- palabra que con los árabes se transformaría en *al-iksīr* y, más tarde, en el latín medieval *elíxir*, que sería la base de la piedra filosofal, la buscada panacea universal para transmutar los metales en oro y lograr una vida eterna saludable.

El *elíxir* juega un papel crítico en la enciclopedia, se le llama Agua Divina o Agua de Azufre (*Theion hudor*); esta Agua se obtiene cuando partes iguales de azufre y cal se desmenuzan y disuelven en un vinagre fuerte [7] (con alta concentración de ácido acético) o en la orina de un joven virgen (la orina contiene, 96% de agua y, entre otros componentes, fósforo, cloruros, amonio, urea y ácido úrico); la solución es hervida hasta que parezca sangre y se filtra. Algunos alquimistas agregaban, además, calamita. Los productos son un polisulfuro de calcio, obtenido al reaccionar el hidróxido de calcio con el azufre, y un hidrácido, el sulfuro de hidrógeno ($H_2S_{(g)}$), gas muy venenoso que, en solución acuosa es denominado ácido sulfhídrico ($H_2S_{(ac)}$).



Con el tiempo, se le llamaría Agua de Azufre o Divina a cualquier solución líquida que se usara en la transmutación metálica.

Es gracias a Zósimo que se conoce a María “la Judía” -quien, se estima, vivió entre los siglos I y II-, a través de su obra *Imuth*, donde trata los orígenes de la alquimia. La obra más famosa de María es *Extractos hechos por un filósofo cristiano anónimo*, también conocida como *Diálogo de María y Aros*, en donde están descritas las operaciones que serían la base de la alquimia: la *leucosis*, el blanqueado de los metales y la *xantosis*, su amarilleado; se describe el uso del ácido de la sal marina (ácido clorhídrico o muriático), un ácido muy fuerte (concentrado tiene un pH inferior a 1), también conocido como ácido de sal, ácido hidroclicórico, espíritu de sal, *acidum salis*, ácido marino, agua fuerte o sulfumán; de otro ácido (*oxys*, en griego), identificado

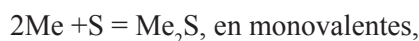
con el ácido acético, el cual, seguramente, se obtuvo de la destilación del vinagre; y aparecen varias recetas para hacer oro, usando, incluso, frutos vegetales, como el de la famosa, muy usada y altamente tóxica mandrágora. Se dice que María inventó tres aparatos: el *tribukos* o *tribicos*, usado para la destilación, el *kerotakis* empleado para la sublimación, con una especie de destilación repetitiva, y el *Baño María*, famoso aún en el laboratorio y la cocina, destinado a calentar de manera suave y uniforme la destilación de sustancias de muy bajo punto o intervalo de fusión, evitando que lleguen a la ebullición.

La destilación ya era utilizada por los antiguos egipcios y caldeos desde hacía mucho tiempo, sólo que el *tribukos* de María tenía tres picos diferentes entre sí, que se conectaban a la cabeza de un alambique (del árabe *al-'ambiq*, antiguamente *ambix*) por medio de tres orificios. Cuando el alambique se colocaba sobre el fuego, los picos se enfriaban con esponjas empapadas en agua y condensan diferente tipo de líquidos, a partir de los vapores generados por los productos colocados en él, que eran depositados en frascos de cristal, previamente ubicados al final de los tubos. El aparato se usaba para la extracción de aceites, esencias y tintes, a partir de plantas; es por el trabajo con éstas, que se incluye a la medicina en la esfera de acción del alquimista, que ya habían comenzado los protoalquimistas caldeos y babilonios, ente ellos Ostones, maestro de Bolos, quien es mencionado en sus escritos. Ya Bolos señalaba que el Agua Divina o de Azufre, era la cura para todas las enfermedades; de esta idea se desarrolla el concepto de la piedra filosofal, capaz de transmutar y de otorgar vida eterna, a través de la purificación, con fuego y con azufre; no pocos alquimistas murieron envenenados al beber sus elíxires.

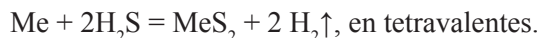
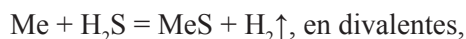
El diseño del *kerotakis* se basó en la paleta triangular que usaban los artistas para mantener calientes sus mezclas de cera y pigmentos. El *kerotakis* es un aparato de reflujo que María usaba para el proceso conocido como *dorar por plomo* en el cual, un objeto se sumergía en una aleación líquida de plomo (más tarde se usarían otros metales) con oro, para luego remover el plomo, oxidándolo, y dejar la superficie del objeto enriquecida de oro; también lo usaba para calentar las soluciones de arsénico, mercurio, azufre, sulfuro de arsénico, etc., al ser colocadas en un recipiente ubicado en la parte inferior del alambique, con el objeto de evaporarlos

y usar sus vapores, llamados *espíritus*, para colorear metales o aleaciones -ya fuera por la cementación líquida o por la corrosión de los metales innobles en sus aleaciones con oro, con plata o con ambos-, por ejemplo el cobre, una aleación de éste con plomo, el *asem* o la especial, que era el *tetrasoma*, una aleación negra hecha de cuatro metales imperfectos, plomo, estaño, cobre y hierro. Los metales a colorear se colocaban en una paleta suspendida en la parte superior, cerca del techo del aparato. Para evitar fugas y propiciar que el aparato funcionara correctamente, todas las uniones debían de ser selladas herméticamente (de Hermes), con lo cual el calentamiento tenía que ser rigurosamente controlado, evitando posibles fugas o explosiones (se decía que el fuego era uno de los enemigos del proceso). Al calentar el *tribukos*, la solución empleada se evaporaba continuamente, su *espíritu* se ascendía y se condensaba sobre el metal o aleación, para caer en forma de líquido en el fondo del alambique; este reflujo continuo aseguraba la renovación y la reacción del *espíritu* sobre y con la superficie del metal. Los vapores de azufre, en el caso del Agua Divina o de Azufre, atacaban a la aleación, dando un producto negro, conocido como *Negro de María*; los únicos metales innobles conocidos, que podían reaccionar con algún compuesto del azufre eran: Cu, Ag, Pb, Fe y Sn, de la forma siguiente:

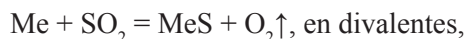
1) los que reaccionan con el azufre según su valencia:



2) los que reaccionan con el ácido sulfhídrico según su valencia:



3) los que reaccionan con el dióxido de azufre según su valencia:



$\text{Me} + \text{SO}_2 = \text{MeS}_2 + \text{O}_2\uparrow$, en tetravalentes; estas reacciones son el fundamento del proceso de tostación, el cual es la primera etapa del procesamiento pirometalúrgico para los metales sulfurados.

Todos estos sulfuros son negros; este color representaba la primera etapa de la transmutación; un calentamiento largo y/o el uso de otros elixires, producían una superficie parecida al oro o a la plata. La secuencia de la coloración en la transmutación de los metales innobles era, según María, del negro hasta el púrpura, color muy apreciado por los egipcios y luego por los alquimistas, pasando por el blanco (plata) y el amarillo (oro), como lo reporta Zósimos. Se blanqueaba superficialmente el metal o aleación usando el *espíritu* del mercurio o del arsénico (por cementación líquida) y se amarilleaba con *espíritu* de oro o con el Agua Divina o de Azufre (por la oxidación de metales innobles) para, finalmente, “purpurearla”, color que toman los bronceos cuando contienen una fracción de oro [8].

Bolos agregaba goma al Agua Divina cuando trataba una aleación de cobre con oro; también exponía pirita o cinabrio a los *espíritus* del *xerión*, para los cuales usaba mercurio, azufre o sus minerales arsenicales favoritos: el rejalgar (As_4S_4), de color rojo anaranjado, y el oropimente (As_2S_3), del latín *auripigmentum*: pigmento áureo o dorado, también conocido como amarillo real; ambos son sulfuros -de por sí venenosos, más por serlo de arsénico- y a menudo aparecen juntos en las minas de oro; por ello, también fueron los favoritos de muchos alquimistas. Zosimo indicaba que un método alternativo para preparar el Agua Divina o de Azufre era hervir huevos con su cáscara, lo que proporciona el azufre y el calcio necesarios.

Otro alquimista griego distinguido, fue Agathodaimon; escribió un tratado en el que describe la misma secuencia de colores que María, obtenidos durante la purificación del cobre para obtener oro [9]. Gran parte del trabajo de la alquimia estuvo centrado en la transmutación de los metales y en los *elixires* que producían los *espíritus* para hacerlo. La etapa griego-alejandrina coincidió con el inicio del fin de la edad antigua, cuya transición hacia la edad media duraría cerca de tres siglos (V, VI y VII d.C.) Durante estos, el cristianismo se difundía y tomaba impulso, mientras que la estabilidad y el poder del Imperio Romano occidental, cuya cabeza era Roma -que había heredado la cultura griega desde muchos años antes de su conquista- se fueron desmoronando lentamente. Así, el Imperio Romano oriental o Bizantino quedó como depositario de esa herencia, preservando los escritos sobrevivientes sobre toda la cultura, con lo que obtuvo

el monopolio del desarrollo de la orfebrería y demás artes durante el siglo VI d.C., que serían traducidos al Siríaco y después al Árabe, cuando Siria y Persia fueran conquistadas por los musulmanes. Fue entonces cuando los nómadas árabes comenzaron a civilizarse -a partir de la primera mitad del siglo VII, en base a la fundación del islamismo- y a expandirse; en un siglo conquistaron más de la mitad del sur de lo que fue el Imperio Romano, desde España hasta Persia. El filosofar de los intelectuales, las ideas producidas por el pensamiento, ató su destino al poder de las religiones de la época, donde Dios y su palabra eran la causa de toda creación y perfección, salvo alguna honrosa excepción.

La transición anterior puede notarse en la vida de Sinesio de Sirene (370-413 d.C.), filósofo alejandrino nacido en Libia (antes, *Cirene*) -al parecer, es el último alquimista griego importante versado en el estudio de Aristóteles, Homero y Platón- quien, de adulto, vivió bajo y cerca del poder del Imperio Romano Bizantino, con lo que llegó a ser un obispo cristiano; para resolver su dicotomía de vida, definió a la alquimia como una operación mental, independiente de la ciencia de la materia; y en la muerte de su maestra Hipatia (355-416) -primera mujer matemática y astróloga, griega nacida en Alejandría, escritora de temas sobre geometría, álgebra y astronomía, mejoró los primeros astrolabios e inventó un densímetro; dedicada al pensamiento y a la enseñanza, fue cabeza de la escuela neoplatónica de Alejandría- quien murió linchada por una turba de cristianos contrarios al paganismo; se ha dicho que, al morir, era la responsable de la biblioteca de Alejandría, aunque existen escritos que prueban que esta vinculación es falsa. El pensamiento de la alquimia de las artes encontró un fuerte impulso en la Europa del siglo VII, mientras que la alquimia práctica se volvía arábiga.

La edad de oro de la filosofía natural árabe duró cerca de dos siglos, desde el 763, año de la fundación de Bagdad, hasta el 950, en el que moría el filósofo persa de origen turco al-Fārābī (*Farabius* o *Farabi*, para los occidentales). La edad de oro es desarrollada por los árabes orientales, en la ciudad de Bagdad. Además de éste famoso filósofo, están otros tres: 1° el médico, científico, y matemático árabe musulmán, oriundo de la tribu *Un poco*, Ishāq al-Kindī (*Alkindus*, de mediados del siglo IX); 2° el médico Abd Ibn Sīnā (*Avicena*, en latín), un persa que murió en el 1037, quien evocó la

teoría de las emanaciones de la tierra de Aristóteles y la aplicó en el fenómeno geológico de la formación de minerales a través de una *virtud mineralizante*. Al-Kindī y Avicena desaprobaban y criticaban la alquimia por su falta de congruencia en sus bases y atacaban a los supuestos fabricantes de oro, parece que al-Fārābī la aprobaba; pero el médico persa al-Razī, al-Razī (*Rhazés* para los latinos) (865-925), el tercer importante filósofo natural, la practicó en su juventud, aunque con gran indiferencia al aspecto teórico. Rhazés era una persona altamente racional, autor de un gran criticismo sobre la religión de su época, quien publicó más de 200 trabajos; escribió un manual muy específico de química práctica en donde describió los procedimientos -detallando la cantidad de cada reactivo empleado, una posible base para la estereometría, su grado de pureza y lo necesario para reproducir las operaciones- y los equipos, cuyos fundamentos se utilizaron en laboratorios y talleres metalúrgicos hasta el siglo XIX. También clasificó las sustancias basándose en sus características, como el sabor o la solubilidad; preparó ácido sulfúrico a partir de sulfato de hierro, así como cloruro amónico, destilando cabellos, sal y orina. Avicena [10] trabajó con un aparato destilatorio mejor que el de María y publicó 36 trabajos sobre tecnología química, uno muy importante sobre la extracción de perfumes. Entre los filósofos naturales árabes orientales se destaca Jābir ibn Haiyān (Geber para los latinos), alquimista persa, vivió mayormente en el siglo VIII; fue astrónomo, astrólogo, ingeniero, geógrafo, físico, médico y farmacólogo. Describió la separación del oro de la plata mediante la preparación y el uso del ácido nítrico (*aqua fortis*); la fabricación del acero, la elaboración de esencias perfumadas, barnices y tintes, la destilación del vinagre para obtener ácido acético y la utilización del dióxido de manganeso en la producción de vidrio, detallando los equipos empleados.

La alquimia Árabe occidental floreció en España. Allí, **Ahmad al-Fārādī**, mejor conocido como al-Magriti (quien vivió mayormente en el siglo VIII) y Jalaf ibn al-Abbas al-Zahrawi (*Albucasis* o *Abulcasis*) (936-1013) la practicaron y escribieron sobre ella. Desde España, entre los siglos XII y XIV, la Europa latina se enriqueció culturalmente con la ciencia árabe y las obras de los autores clásicos griegos; la alquimia tomó un nuevo impulso en el continente, con la práctica y promoción de los monjes franciscanos y dominicos. El resultado de su práctica ha quedado en algunos escritos,

unos más bien filosóficos que sincretizan la alquimia con la simbología cristiana, y otros descriptivos de técnicas, entre los que destaca la recopilación de recetas prácticas para elaborar aceites, disolventes, medicamentos en polvo y tintes para colorear metales como si fueran de oro y plata [11 y 12]. Es mucha la literatura alquímica publicada en Europa, como varios los alquimistas famosos.

Desde el punto de vista práctico, con excepción del perfeccionamiento de las técnicas de destilación, en la edad media no se hicieron muchas aportaciones a la alquimia y menos al concepto de afinidad química. Aunque, por otro lado, muchas personas relacionadas con la alquimia, no siempre alquimistas, contribuyeron a las industrias artesanales en la obtención de medicamentos, pólvora, el análisis y refinamiento de minerales, la metalurgia, el curtido del cuero, la fabricación de cerámicas y vidrios, la preparación de extractos y licores, así como en la producción de ácidos, álcalis, disolventes, tintas, tintes, barnices, pinturas, perfumes y cosméticos, entre otros. Muchas de las sustancias, herramientas y procesos de la antigua alquimia han servido como pilares fundamentales de las modernas industrias química y metalúrgica.

Tal vez, otro producto del trabajo alquímico con los metales -sus prácticas, escritos, y reflexiones- esté en los manuales especializados (sobre la extracción de metales y la fabricación de aleaciones, vidrios, cerámicos, etc.) que surgieron en el renacimiento; los libros antecedentes a los manuales, comenzaron a aumentar el número y tipo de recetas encontradas en los papiros, separándose del trabajo del orfebre, hasta convertirse en verdaderos manuales sobre la producción de materiales. Por otro lado, no es difícil pensar que los valores desarrollados durante el trabajo alquímico, como el esfuerzo, la tenacidad, la exactitud, el registro riguroso, etc., hayan contribuido de manera definitiva en la formación de los autores que publicaron esos manuales.

4. CONCLUSIÓN

La alquimia, nace del vientre del pensamiento de las ciencias exactas en la Grecia Alejandrina, cobijada por la experimentación observada y reflexionada, alejada de las explicaciones basadas en creencias; se desarrolló y evolucionó durante cerca de 1500 años, debido al

empuje de los ideales humanos de entendimiento, riqueza, salud y vida eterna. Aunque su vida estuvo llena de vicisitudes, nunca alcanzó los objetivos buscados y terminó en un callejón cerrado, le dio a la química práctica una razón para existir, porque produjo sustancias, materiales, equipo e ideas que consolidarían en la química teórica. También es inevitable pensar, que en las mentes de los alquimistas observadores, intuitivos, imaginativos y racionales, el espíritu de la afinidad química siempre estuvo presente, aunque todavía intraducible a un concepto concreto.

5. REFERENCIAS

- [1] Salas G., Ramírez J., Restrepo O., Cockrell B. y Noguez M. La Importancia de Llamarse Afinidad Química. Parte I: La Semilla. Dyna, Año 79, pp. 135-144, 2012.
- [2] Salas G., Ramírez J., Restrepo O., Cockrell B. y Noguez M. La Importancia de Llamarse Afinidad Química. Parte II: La Semilla Germina. Dyna, Año 80, pp. 162-170, 2013.
- [3] Leicester, H. M., Panorama Histórico de la Química, Editorial Alambra, S. A., Madrid, p. 38, 1967.
- [4] Vettros T., Alexandria: City of the Western Mind, Free Press, Nueva York y Londres, 2001, pp 34-35.
- [5] Jacobson, D. y McKenzie J. Transmutation of Base Metals into Gold. Interdisciplinary Science Reviews, Vol. 17, No. 4, pp 326-331, 1992.
- [6] Multhauf R. P. The origins of Chemistry, Gordon and Breach Science Publishers, Langhorne, a) p. 93, b) p. 94, 1993.
- [7] Martelli, M, "Divine Water" in the Alchemical Writings of Pseudo Democritus, Ambix, vol 56, No 1, march, pp. 5-22, 2009
- [8] Hopkins, A. Alchemy, Child of Greek Philosophy, Columbia University press. New York, pp. 69-92, 1934.
- [9] Sherwood, T. The Alchemical works of Stephanos of Alexandria: Part I, Ambix, vol 1, pp.129 y 131, 1937.
- [10] Partington, J. R. A short History of Chemistry, Dover Publications Inc., New York, p. 29, 1989.
- [11] Martín, G., La alquimia como precedente de la química, Actas VIII y X del Seminario Orotava de Historia de la Ciencia, Santa Cruz de Tenerife pp. 393-406, 2007.
- [12] Salas G., Ramírez J., Restrepo O., Cockrell B. y Noguez M. La Química y la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Dyna, año 79, octubre, edición especial, pp. 70-96, 2012.