

# DISCURSOS

LEIDOS ANTE LA

## REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DE

D. VICTORINO GARCÍA DE LA CRUZ

el día 21 de Junio de 1903.



MADRID

IMPRENTA DE L. AGUADO

*Calle de Pontejos, núm. 8.*

1903

DISCURSO

DEL

SR. D. VICTORINO GARCÍA DE LA CRUZ

## *Señores Académicos:*

Si la gratitud ha de medirse por la desproporción entre la merced recibida y los méritos contraídos para aspirar á ella, á nadie se ocultará que es enorme la magnitud del agradecimiento de que soy deudor á esta ilustre Corporación, que se digna acogerme en su seno como uno de sus miembros.

Aparte de lo que á mi humilde persona se refiere, aprecio que algo excepcional, á la vez que previsto é inevitable, sucedió al ocurrir la vacante que me cabe la honra de ocupar.

El 29 de Agosto del primer año del presente siglo es día en que se inicia nueva época en la historia de esta docta Sociedad, por haber acaecido un triste suceso, rodeado de singulares y notables circunstancias. Desde aquella fecha descansa en el seno de la eterna vida el socio fundador D. Cipriano Segundo Montesino, á quien cupo la suerte de sobrevivir á todos los compañeros que con él crearon esta Real Academia, dándole desde su principio brillo y renombre.

Después de tal desaparición queda esta Sociedad científica completamente renovada.

Ya no se dejará oír en su recinto la viva voz de ninguno de los testigos que presenciaron el acto en que fué constituida; ya no será posible escuchar las noticias y circunstancias relativas á su nacimiento, acompañadas de aquel calor que, quien relata, presta á la exposición histórica, cuando fué actor de los sucesos que describe. Habrá que acudir, para la adquisición de datos, á las sumarias y compendiosas explicaciones de las actas, coleccionadas en el archivo, que cual esfinges aguardan impasibles á que el interés de algún lector curioso renueve el vigor ó entusiasmo con que fueron redactadas.

D. Cipriano Segundo Montesino, Duque viudo de la Victoria, poseía el título de Ingeniero civil por la Escuela de Artes y Manufacturas de París; fué Catedrático de Mecánica y de Física en el Conservatorio de Artes; desempeñó durante muchos años el cargo de Vicepresidente en esta Academia; y después el de Presidente en los últimos de su prolongada vida. Elegido Senador por la Corporación, fué nombrado Vicepresidente de la Alta Cámara. También estuvo al frente de la Dirección general de Obras Públicas. En los notables y numerosos trabajos que dió á luz, demostró su profundo saber y vastos conocimientos, cualidades apreciadas en el extranjero, donde fué elegido socio de varias distinguidas Corporaciones científicas.

No entra en mi propósito, ni está al alcance de mis medios, el presentar la biografía completa de varón tan ilustre; pero ha de serme lícito manifestar aquí las principales impresiones que sintió mi ánimo al leer uno de sus últimos trabajos: el discurso de contestación con que recibió en la Academia á D. Práxedes Mateo Sagasta, cuya reciente pérdida también todos lamentamos.

En varias de sus elocuentes páginas resplandece el in-

menso cariño que profesó á esta Academia de Ciencias. Para ella y para las tres Secciones que la integran son las palabras del final de la peroración, como si en este amor vinieran á resumirse muchas nobles aspiraciones de su espíritu y de su corazón.

Amó tanto la Ciencia, que hubo de recrearse y complacerse en vestirla con el más elegante ropaje de la correcta y castiza prosa castellana, consignando como precepto que entre Letras y Ciencias debe siempre existir y fomentarse consorcio indisoluble.

Es tan grande su entusiasmo por el progreso científico, que obligado se cree á exponer sin rebozo, y precisamente ante una Academia, sus convicciones de que estos centros corporativos, desligados muchas veces de los miramientos que la modestia individual impone, y creyéndose depositarios y guardadores de la verdad, son, en ocasiones muy excepcionales, una rémora para el rápido adelanto de los conocimientos humanos.

En vuestra memoria se conservan de seguro sus elocuentes y fogosas frases, pronunciadas aquí el año de 1897, y las prudentes atenuaciones con que procura mantenerse en el *justo medio*, alejado de toda exageración. Cuando las leí, sentía á la vez conmovidos mi ánimo y mi organismo, y circulaba por todo mi ser el escalofrío de la admiración.

\* \* \*

El tema para este discurso no podía ser elegido, hallándose mi entendimiento preocupado desde meses atrás con el estudio de las asociaciones de objetos iguales y de forma esférica: cuestión importante, ya se procure desentrañar la estructura y morfología interna de los fluidos enturbiados, donde cada partícula heterogénea y aislada está recubierta por una capa fluida, constituyendo un mixto de figura re-

dondeada, ya se examinen los más sencillos y uniformes tejidos naturales ó artificiales (1).

Diffícil era, una vez emprendido con interés determinado estudio, cambiar el rumbo de las aspiraciones ó deseos, y trasladar la atención á diferentes cuestiones, alejadas de las que durante largo tiempo tenían embargado el espíritu.

Sorprendióme además la especial circunstancia de que

---

(1) Alguien encontrará aventurada la apreciación de que en un líquido donde se produjo un precipitado cristalino, ó en el aire que se enturbió por la difusión de partículas de polvo con las más variadas figuras, existen y funcionan mecánicamente elementos mixtos de forma redondeada.

Hay que desarraigar el prejuicio por el que se consideraba un fluido turbio como resultado de múltiple aplicación del principio de Arquímedes, ó como conjunto numeroso de partículas sumergidas sin dependencia inmediata unas de otras.

Si la pequeñez de masas y de distancias ocasiona en la superficie libre de los líquidos los extraños efectos llamados *capilares*, también en las superficies internas de contacto del líquido con las partículas que lo enturbian resultarán hechos *paradójicos*.

Así como la redondez y la curvatura son efectos visibles y permanentes de las magnitudes capilares, efectos también permanentes, aunque invisibles, en que ha de surgir la forma dondeada, se producirán á causa de la pequeñez y abundancia de partículas extrañas que pululan en un fluido.

Tratando de estos asuntos, ante la Sociedad belga de Geología, en sesión de 10 de Febrero del presente año, el profesor W. Spring, de la Universidad de Lieja, al hacer un resumen de mis experimentos sobre *líquidos turbios* y *gases nebulosos* para aplicarlos á sus estudios acerca de «*L'imbibition du sable par les liquides*», se expresa en los siguientes términos, que transcribo sin traducirlos:

«Si autour de chaque grain de sable il y a une couche condensée de liquide, ou de gaz, qui se raccorde insensiblement au restant de l'eau, on devra envisager, jusqu'à un certain point, un mélange d'eau et de sable comme formant un seul corps, et non comme la simple juxtaposition de deux corps différents. Quand du sable est en voie de se déposer au fond de l'eau, on ne doit pas penser que l'on assiste à un chute des grains de sable à travers l'eau, mais bien que le sable et le liquide descendent à la fois, comme s'ils étaient d'une pièce». — *Bulletin de la Société belge de Géologie (Bruxelles)*, Tome XVII, 1903, pp. 28-30.

Para más amplias explicaciones puede verse mi tratado acerca de las «*Leyes mecánicas de los Líquidos turbios y los Gases nebulosos*» (1897), ó el discurso de apertura de la Universidad de Madrid sobre la «*Estructura y Morfología interna de las Nubes atmosféricas*» (1900).

en una agrupación de componentes esféricos, que poseen sin duda la más perfecta regularidad, al aproximarse todo lo posible, adquiriendo las posiciones de mutuo equilibrio más favorables á la economía de espacio, surgiera, por efecto de la blandura, una forma poliédrica á la que, dentro de los convencionalismos que para las figuras aisladas establece la ciencia matemática, se niega el calificativo de regular, que indudablemente le corresponde de justicia, como figura elemental de asociación.

Aumentó para mí el atractivo del asunto al observar cómo se multiplicaban los casos y ejemplos á que podían aplicarse las doctrinas, principios y teoremas de un sistema científico al que pudiera darse el nombre de Geometría *poliesférica*. Lo que por el pronto parecía utilizable sólo en los agrupamientos artificiales obtenidos de intento, ordenando cuerpos iguales con forma esférica, ampliábase á muy diversos sistemas naturales, conjuntos de glóbulos, gotas, células, alvéolos y otros elementos redondeados, pertenecientes á muy distintos objetos esparcidos por el mundo material.

La especial atención, aplicada á determinados productos de la actividad humana, hubo de extenderse á interesantes ordenamientos, nacidos ó preparados con espontaneidad en el juego de las fuerzas y energías de la Naturaleza.

Claramente indicada como legítima se halla esta generalización en dos definiciones del Diccionario de la Real Academia Española, libro donde, á la vez que se denomina tejido (como vocablo de Historia Natural) á «cada uno de esos agregados de elementos anatómicos, entrelazados ó simplemente adheridos entre sí, que forman las partes sólidas de los cuerpos organizados», se define y explica el verbo *tejer*, en una de sus acepciones, como referente á la operación de «componer, ordenar y colocar con método y disposición una cosa».

De la concordancia ó armonía que entre ambos textos debe de existir, resultan unificados los conceptos que se aplican indistintamente á ciertos productos del arte y á determinadas formaciones de la Naturaleza y se desvanece como inexacta é impropia la vulgar idea de que el enlace ó entrecruzamiento son indispensables en las partes constituyentes para que su conjunto merezca el nombre de tejido.

Porque, en opinión mía, pueden, aunque falten las indicadas condiciones, quedar tales entidades múltiples comprendidas ó incluídas en los extensos dominios de una Histología universal.

Con tales generalizaciones, el asunto, que estaba limitado primitivamente á determinados ejemplos y á las aglomeraciones en el espacio de un número indefinido de esferas iguales, hubo de ampliarse hasta alcanzar á otros muchos objetos diferentes.

Lo cual me permitió formular, aunque con el carácter de bosquejo, las «LEYES MÁS SENCILLAS Y FUNDAMENTALES QUE RIGEN LA MORFOLOGÍA INTERNA DE LOS MATERIALES HISTOLÓGICOS».

Para el desarrollo de tema tan extenso he de utilizar principalmente aquellos asuntos en que, libre de hipótesis el entendimiento, puede llegar á más seguras afirmaciones, y he de prescindir, por faltarme tiempo y la debida preparación para ello, del examen de los tejidos microscópicos, entre los que seguramente han de encontrarse algunos, dotados de sencillez, uniformidad y multiplicidad insuperables (1).

---

(1) Habiendo conversado con el eminente histólogo D. Santiago Ramón y Cajal acerca de los asuntos que me proponía tratar en este discurso, hizome algunas indicaciones referentes á tejidos del organismo animal, donde, con el microscopio, podrían tener confirmación mis teorías. Ofrecióme, además, los instrumentos y el personal auxiliar que para continuarlas en este sentido, y



I

Ha dicho un filósofo que las ciencias en que la Humanidad avanza con más seguro paso son aquellas donde el entendimiento establece las definiciones y los conceptos fundamentales, y en las que, por decirlo así, emplea sus iniciativas á la vez que su actividad. De donde se deduce que nada debe ser mejor conocido por el hombre que los ideales edificios que él mismo prepara y construye.

Recordando estas opiniones, he considerado oportuno elegir, entre los varios ejemplos que me propongo presentar, para examinarlos primeramente, aquellos en que el ordenamiento y la disposición de las partes que constituyen el conjunto han sido fruto de deliberado propósito y de cuidadoso artificio.

Los presentes estudios han de dirigirse principalmente á la Morfología de la extensión con tres dimensiones. Mas como existe un enlace armónico entre la Geometría plana y la llamada del espacio, enlace que permite establecer una gradación de creciente complejidad, muy útil cuando se han de exponer cuestiones algo difíciles, comenzaré considerando los ordenamientos de objetos en que predominan dos magnitudes, discos, monedas ó limbos, lo que facilitará el camino para comprender las complicadas aglomeraciones globulares ó poliesféricas.

Ponderóse repetidas veces la excepcional estimación que alcanzaron algunos cuadros, pintados por célebres artistas, recordando que personas, ansiosas de poseerlos, sin propo-

---

para obtener pruebas fotográficas instantáneas de algunos materiales, considerados en estado de movimiento, hubieran de necesitarse; pero mi deseo de presentar á la Academia este trabajo lo antes posible puso límites á mi labor, viéndome privado de seguir en esto las insinuaciones de sabio tan ilustre, y cuyos consejos sobre la indagación científica siempre acepté con entusiasmo.

ner precio determinado, ofrecieron las monedas de oro que fueran necesarias para cubrir su superficie.

Si en alguna ocasión se llevó á efecto tan extraña manera de tasar las indicadas obras de arte, es seguro que el codicioso vendedor procuraría la mayor ganancia posible, y, rechazando la disposición ortogonal, ó en filas perpendiculares entre sí y paralelas á los lados del marco, exigiría para éstas la recíproca inclinación de sesenta grados, á fin de poder alojar mayor número de piezas y conseguir la máxima ventaja pecuniaria.

Supóngase, para fijar las ideas, que el área de la superficie pintada alcanzaba á diez mil centímetros cuadrados, y que las monedas tenían por diámetro un centímetro lineal, y por valor el de un peso duro. Con la disposición ortogonal, y correspondiendo cuatro contactos á cada moneda, resultarían diez mil duros como precio de la obra de arte. Pero si, adoptando para las filas la recíproca inclinación de sesenta grados, se concedían seis contactos á cada moneda, el valor, ó el precio del cuadro, habría de elevarse hasta once mil quinientos cuarenta y siete pesos, más un centavo.

En nuestras floridas y fértiles comarcas de Levante se exportan, para las otras provincias españolas y para los países extranjeros, los aromáticos y dorados frutos de sus frondosos y extensos naranjales.

Adóptase el ordenamiento ortogonal para la colocación en cajas de la citada preciosa fruta, que es casi perfectamente esférica, y se obtiene con ello, entre otras ventajas, la de que cada naranja se halle inmovilizada por la fijeza de los seis puntos de contacto con las que inmediatamente la rodean.

Mas si el propósito de los que ponen el fruto en condiciones de conservación y transporte fuera única y exclusivamente conseguir economía de volumen en la capacidad de los envases, algo lograrían preparando ordenamientos

en que algunas filas resultaran con la mutua inclinación de sesenta grados. Podrían colocar el fruto de manera que á cada ejemplar correspondiesen ocho contactos, obteniendo ya cierta disminución de volumen. Y aún sería menor éste, si los contactos se elevaban á diez: llegando al máximo cuando el número de éstos, siendo doce, no pudiera ya superarse.

Si se determina y fija el número de naranjas, que, ordenadas ortogonalmente, podrían tener cabida en una capacidad de un millar de litros ó un kilolitro, los volúmenes suficientes y necesarios para la misma cantidad de fruto, cuando los contactos en la piel de cada naranja se elevaran hasta ocho, diez y doce, serían respectivamente de ochocientos sesenta y seis, setecientos cincuenta, y setecientos siete litros: número que no es posible disminuir.

Con las pilas de balas que se construyen en los parques de artillería se logra ese ordenamiento regular y esa disminución del espacio, ocupado por un conjunto de elementos esféricos.

Las pilas de balas son conocidas científicamente por la mayoría de las personas instruídas que pasaron por las cátedras de Álgebra, porque en los tratados de esta parte de las Matemáticas suele hacerse su descripción, para plantear y resolver curiosos problemas en que se aplica la teoría de las series.

De dos maneras pueden formarse las pilas de balas, según los indicados textos: sobre base triangular equilátera, y sobre cuadriláteros rectangulares; y en ambas se utilizan fórmulas análogas, para hallar por el cálculo, evitando largas y prolijas sumas, el número de elementos correspondientes á una agrupación.

Pero, por muy curiosa que resulte la solución abreviada de aquel problema, aún es más interesante el estudio geométrico á que se prestan las pilas de balas.

No dejará de sorprender á muchos que, á pesar de la diferencia de base, las mutuas relaciones entre las esferas interiores sean idénticas en ambos sistemas de construcción, lo mismo cuando el apoyo es un triángulo equilátero, con filas cuya respectiva inclinación vale sesenta grados, que cuando, por la disposición ortogonal de éstas, resulta la base con figura de cuadrilátero rectangular.

Sobrados medios tiene la Geometría para determinar ó definir las mutuas posiciones de las esferas agrupadas: ejes coordenados, convenientemente elegidos; triangulaciones en el espacio, comparables á redes ó mallas con tres dimensiones, en cuyas líneas ó filamentos pueden suponerse engarzadas ó ensartadas las esferas; encasillados diferentes, que regulen y sirvan de pauta á la distribución; y penetraciones ó engranajes de cada elemento en el hueco que dejan otros, cuyo ajuste ó coincidencia no puede pasar del contacto en limitado número de puntos.

Pero, tratándose del estudio de seres ú objetos corpóreos, hemos de dar preferencia á los sistemas geométricos que adquieren realidad material en las evoluciones morfológicas, ocasionadas por las acciones mecánicas, obrando sobre los elementos del conjunto.

Los encasillados poliédricos, constituídos por planos tangentes á las esferas en los puntos en que ya éstas se tocan, componen un sistema apropiado para fijar y definir las relativas posiciones de las mismas.

Algo más artificiosos serán aquellos otros sistemas constituídos por líneas rectas ficticias, imaginarias, donde puedan suponerse engarzadas las esferas como lo están las perlas de un collar ó las cuentas de un rosario.

Casos también puede haber en que convenga utilizar un sistema mixto, constituído por engarces y encasillados.

La primera idea que se ocurre aplicar al encasillado interno de las pilas de balas, pensando en los doce contac-

tos nunca superados, es la del dodecaedro regular y pentagonal, que se estudia en los elementos de Geometría. Pero pronto hay que abandonarla por inexacta é inútil, teniendo en cuenta que, si bien es verdad que á una esfera inscrita en este poliedro pueden aproximarse hasta el contacto otras doce iguales á ella y tangentes en los puntos en que ya lo son dicha esfera y las caras del poliedro, no es menos cierto que estas esferas exteriores, aunque cercanas unas á otras, no llegan á tocarse mutuamente. Resulta entonces un grupo de trece esferas, con un total de doce contactos, incapaz de asociarse á otros grupos iguales para constituir un tejido regular y homogéneo con ordenamiento ó encasillado uniforme; y resulta también la antinomia mecánica, por la que unas esferas se aproximan hasta tocarse, mientras que otras, iguales á ellas, permanecen unas de otras distanciadas.

Así como la relativa blandura de las naranjas permite que se marquen seis caras ó facetas correspondientes á otros tantos contactos, que son caras del encasillado cúbico, así también, si con las naranjas se formaran pilas piramidales, como las de los parques de artillería, las marcas ó señales, que por presión habrían de ponerse de manifiesto, llegarían á doce, pudiendo alcanzar forma de rombos iguales á los del dodecaedro, que los mineralogistas suelen denominar romboidal (1).

El sistema de encasillado dodecaédrico romboidal, aunque formado por elementos integrantes, á que los geómetras niegan el calificativo de *regular*, es el único, aparte del encasillado cúbico ú ortogonal, con el que el espacio de tres dimensiones puede quedar dividido en poliedros de caras iguales y diedros también iguales; y el único, además,

---

(1) No teniendo romboides este poliedro y sí rombos, parece más propio denominarle *dodecaedro rómbico* ó *rombal*.

que, por su sistemática uniformidad, permite la acumulación de esferas, que ocuparán el mínimo volumen y quedarán inmovilizadas, mediante el máximo número de contactos.

Cuando se ha llegado á formular una sencillísima ley, de las que rigen los seres ó fenómenos del mundo material, interesa, en primer término, el conocimiento de aquellas mínimas perturbaciones que al aplicarla suelen observarse.

Existe una forma dodecaédrica de encasillado para las esferas, que no ostenta toda la regularidad correspondiente al dodecaedro rómbico. Su superficie se halla constituida por seis rombos iguales á los de este poliedro, y además por seis trapecios equivalentes á los rombos.

Para lograr la agrupación que á esta forma especial de encasillado corresponde, hay que modificar sistemáticamente y con cierto método la construcción de las pilas de balas sobre base triangular, pues las bases cuadriláteras no permiten más que un determinado engranaje para las tandas que se van sucesivamente acumulando.

Establecidas la base triangular y la segunda tongada, si para colocar las balas de la tercera, en vez de utilizar los huecos más próximos á los lados, se prescinde de ellos, aprovechando los que están algo desviados hacia el interior, se habrá comenzado la construcción de la pila con arreglo al nuevo sistema.

Repitiendo con el mismo orden alternativo la colocación de las tandas sucesivas, esto es, reduciendo el número de balas que contienen las de orden impar, se podrá terminar una pila distinta de las que se describen en los tratados de Álgebra, y cuyo encasillado es una agrupación de dodecaedros rómbico-trapéuticos.

Apréciase desde luego que, con esta primera y algo regularizada perturbación de la ley de simetría, ciertas alineaciones se alteran, convirtiéndose, de rectilíneas, en es-

calonadas, y es menor, proporcionalmente, el número de esferas del edificio construído que cuando se utiliza el ordinario sistema de agrupación (1).

Y ahora, volviendo la vista á cuanto queda expuesto, referente á ordenamientos artificiales de monedas ó círculos, y de globos ó esferas, ha de hacerse notar que en la entraña de esas aglomeraciones, resultado, al parecer, de pueriles entretenimientos, están latentes, ú ocultos, hermosísimos teoremas de Geometría y la solución única de máxima regularidad y economía de espacio aplicable á las más sencillas y, quizá también, á las más repetidas entidades histológicas que la Naturaleza produce.

## II

Asunto de predilecto estudio para observadores naturalistas y curiosos matemáticos fué siempre la maravillosa y admirable constitución de las populosas urbes, construídas por las hábiles abejas, á las que Cervantes calificó de discretas y solícitas.

Lo que primeramente llama la atención del que contempla un panal de miel, es la ordenada disposición y perfecta regularidad de las aberturas de las celdas. Ha de recordar sin duda aquellos dibujos ó trazados en que con el exágono, como figura única, se formó el pavimento ó el arteso-

---

(1) En una pila del sistema usual, cuya base sea un triángulo con 120 balas y cuya cúspide la forme un solo proyectil, el número de esferas resulta dado por la reunión de los sumandos siguientes, distribuidos en 15 tandas ó tongadas:

$$120 + 105 + 91 + 78 + 66 + 55 + 45 + 36 + 28 \\ + 21 + 15 + 10 + 6 + 3 + 1 \text{ (total, 680).}$$

Y en una pila de la misma base y del nuevo sistema, por faltar algunas tongadas, queda el número de sumandos reducido á 10, y las esferas son:

$$120 + 105 + 78 + 66 + 45 + 36 + 21 + 15 + 6 + 3 \text{ (total, 497).}$$

nado de algunos salones en los suntuosos palacios. Ha de recordar también, si alguna vez se asomó para contemplar las maravillas de lo pequeño en el amplificado campo de un microscopio, la simétrica malla reticular que presenta la múltiple córnea en los ojos de los insectos. Y pensando que es un insecto el artífice de tan asombrosas construcciones, se impone la comparación entre el diminuto operario y el inteligente arquitecto, portador del plano de la obra que dirige; porque cada abeja lleva delante y en sus mismos ojos el reducido dibujo de la planta del edificio en cuya construcción colabora.

Pero si esta regularidad exterior de los panales no fué nunca discutida geoméricamente, por hallarse tan de manifiesto, no sucedió lo propio con el estudio de las profundidades internas, asombroso conjunto de armonías, y asunto de prolijas meditaciones por parte de sabios naturalistas y razonadores matemáticos.

Si hasta el fondo de cada alvéolo en las dos tongadas de un panal de abejas se hacen llegar esferillas iguales, cuyo círculo máximo sea inscriptible en los exágonos de las entradas, dichas esferillas resultan tangentes á los tres planos que componen aquellos fondos.

La relativa disposición de las esferillas en las dos tongadas del panal es idéntica, salvo la distancia impuesta por el inevitable grosor de los tabiques medianeros, á la de dos tandas consecutivas en las pilas de balas, construídas sobre base triangular equilátera.

Si el encasillado tangencial y teórico de las esferas en el interior de las pilas es dodecaédrico romboidal, el encasillado material efectivo y céreo de los elementos esféricos, que vinieron á ocupar parte del espacio donde se moldea la dulce y pastosa miel, conserva, cuanto conservar puede, aquella notable forma poliédrica, mostrando nueve dozavas partes de la totalidad de sus caras.



Si en las pilas de balas una esfera interior está en contacto con las doce que la rodean, cada abeja en su alvéolo disfruta de la vecindad de nueve de sus compañeras, pues seis viven contiguas á las caras laterales del prisma y tres al otro lado de los rombos que constituyen el fondo.

Notable concordancia se observa entre las minuciosas medidas de longitudes, ángulos y áreas á que los panales fueron sometidos y los exactísimos cálculos que los matemáticos, guiados por la idea de la economía de la Naturaleza en volúmenes y masas, llevaron á feliz término, utilizando los poderosos recursos del Análisis infinitesimal.

Mediante una sencilla gradación evolutiva, que comienza en el agrupamiento ortogonal de varias esferas iguales y termina en la disposición de las mismas, correspondiente al máximo número de contactos y al encasillado tangencial formado por dodecaedros rombales, he llegado á formas geométricas idénticas, por sus relativas magnitudes, á formas de las cuales dan testimonio los naturalistas que estudiaron y midieron los panales de miel.

Encontré la relación  $1 : \sqrt{2}$  (de uno á raíz cuadrada de dos) para las diagonales de los rombos que constituyen el fondo de los alvéolos; y, habiendo hecho calcular trigonómicamente los ángulos de dicho cuadrilátero, el resultado coincidió en grados, minutos y segundos con los números hallados por el matemático Mac Laurin (1).

En la exposición de las opiniones expresadas por los naturalistas acerca de las causas morfológicas de la regulari-

---

(1) Cada rombo queda dividido por sus diagonales en cuatro triángulos rectángulos, cuyos catetos están en la citada relación. Con la particularidad de que el ángulo, opuesto al cateto mayor, tiene justamente  $54^{\circ} 44' 8''$ , mitad del valor que al ángulo obtuso del rombo de los alvéolos asignó el célebre analista escocés.

He de agradecer aquí la valiosa cooperación que en este y en otros asuntos de matemáticas me ha prestado el Capitán de Ingenieros D. Leoncio Rodríguez, quien, utilizando las tablas logarítmicas de D. Vicente Vázquez Queipo, obtuvo los precedentes resultados, de gran aproximación á la verdad.

dad de los panales de miel se manifiesta el espíritu científico de la época en que aquéllos florecieron: como en las ideas de Buffon se vislumbra la influencia de los grandes adelantos realizados en Mecánica y Matemáticas, pocos lustros antes de que diera á luz sus bien escritos trabajos.

Descúbrese en el enunciado de un teorema, dado á conocer por el capitán Jacob, el decidido propósito de comprobar la concordancia entre los resultados de las mediciones efectuadas y los conceptos de la Geometría pura. Y en la proposición del matemático Miller (de Cambridge), presentada por Darwin al público científico, se pone de manifiesto la idea transformista, que domina en los sistemáticos conceptos del autor del *Origen de las Especies*.

Con cruel ensañamiento se trataron varios naturalistas, que á porfía quisieron explicar el por qué de la regularidad, solidez y economía de los alvéolos y panales construídos por las abejas; pero forzoso es reconocer que, aun en las opiniones más opuestas y combatidas, se encuentra algo acertado y aprovechable para el pensador sereno é imparcial. Todos afirman la existencia de una fuerza atractiva entre los elementos materiales, que puede ser considerada como caso particular, ó como manifestación algo concreta, del evidente predominio que en el mundo de los cuerpos ejercen las acciones de gravitación ó aproximativas.

Por otra parte, es difícilísimo acertar por completo en los asuntos mixtos y complejos de las ciencias naturales, donde un resultado es producto de múltiples acciones concomitantes, y donde las causas y los efectos se encadenan, formando series en que cada actividad limitada, cada porción de energía potencial ó actual, desempeña papeles inversos respecto de las que la preceden ó de las que la siguen.

Diríase que el esquema ideal más apropiado para representar los procesos de los fenómenos naturales es un

larguísimo sorites, de cuyos numerosos términos, unidos por la relación de causalidad, sólo alcanzamos á conocer algunos, siendo verdaderamente afortunado el sabio que acierta á formular una extensa porción de la serie, aunque haya de detenerse *à fortiori*, si avanza mucho hacia las siempre ignotas causas primeras.

Asóciense las abejas por instinto para proporcionarse defensa, calor, abrigo y alivio en su trabajo. Aproximan sus moradas para disfrutar mejor de tales ventajas, y surgen formas geométricas con economía de espacio, idénticas á las que se producen por la mutua presión entre objetos iguales y redondeados, parecidos á los cuerpos de los indicados insectos.

Comprendida la estructura de los panales en los amplios conceptos de la universal Histología, caben sin rechazarse variadas opiniones, como resultado del examen de una cuestión á la vez geométrica, mecánica y biológica, que se relaciona con múltiples y complejos problemas del mundo de la materia.

\* \* \*

Paso á considerar un ejemplo del reino vegetal, y elijo los naturales grupos ó asociaciones de semillas en el interior del fruto del granado, por haber llamado mi atención sus notables analogías con la estructura de los panales de miel.

Pero he de consignar que abundan más de lo que pudiera creerse los casos de aglomeración, regularizada con máxima economía de volumen, en el mundo de las plantas.

La afluencia de jugos al llegar el fruto citado á su madurez, y el crecimiento simultáneo de todas y cada una de las semillas, que principalmente lo integran ó constituyen, son causa de que no resulte desperdiciada ninguna porción de espacio y de que, al agruparse en tandas contiguas

y apareadas, los granos de simiente afecten formas poliédricas, que se derivan por presión de las redondas y ovoideas, que habrían de tener seguramente, si crecieran libres de obstáculos é impedimentos.

Cada tongada es por tanto comparable á un ancho y apretado haz con multitud de semillas—de treinta á cuarenta,—descubriéndose fácilmente en ellas la forma prismática exagonal regular, la misma del encasillado de varios haces artificiales, en que se juntan objetos cilíndricos é iguales, como lapiceros, cigarros ó rollos de papel.

También es fácil hallar y ver la marca ó señal de las presiones, que, en número de tres, reciben algunos granos de semilla por la parte de su extremidad próxima ó contigua á los gérmenes de la inmediata tongada. Para ello hay que cambiar su posición con respecto á la dirección de la luz que hiere su superficie, lo mismo que hacemos al examinar las caras de los cuerpos cristalizados, ó las facetas que el artífice lapidario formó para el mayor embellecimiento de las piedras preciosas.

La figura de cualquiera de dichas tres caras es la de un rombo, parecido á los cuadriláteros terminales de los alvéolos que construye la abeja.

Para la apreciación de estas analogías morfológicas tiene el entendimiento que violentarse algo, pues al examinar los panales fija su atención en formas huecas, mientras que en el fruto del granado las semillas son objetos con relieve.

Es de notar que abundan más los prismas exagonales que las pirámides constituidas por los tres ángulos obtusos, correspondientes á tres rombos. Es decir, que la regularidad en cada tanda es más frecuente que la de las juntas entre una tanda y su compañera.

Quizás esta diferencia está relacionada con la existencia de una pieza anatómica pelicular, de color amarillo, que

clasifica ó divide los granos en las dos tongadas contiguas, y viene á ser como el conjunto de todos los tabiques medianeros que separan los extremos de las semillas, agrupadas como en haces en una y otra tanda.

Pero precisamente en esa película se ponen de manifiesto, y dejan bien marcada señal, todos los ejemplares de máxima y suprema regularidad.

Separada cuidadosamente la membrana y examinada por reflexión y por refracción al trasluz, se observa que viene á ser como el doble molde en que se acomodaron, cual en diafragma de un estuche, las facetas de las dos tongadas contiguas, dejando señaladas, como líneas en relieve ó de refuerzo, las hendidas junturas de los granos de semilla.

Queda por lo tanto impresa, en uno y otro lado de la película, la malla de líneas de refuerzo, correspondiente á ambas agrupaciones, revelándose, por algunas coincidencias de ángulos y vértices, los casos ó ejemplares en que la regularidad se identifica con la que es característica en los haces de alvéolos, adosados ó apareados en los panales de miel.

La concordancia entre las líneas en relieve de las dos redes poligonales que se marcan á uno y á otro lado de la película de color amarillo tal vez fuese atribuída, por un observador exigente, á las posibles coincidencias propias de toda agrupación numerosa, y no á las causas que dan por resultado y tienen por efecto la economía de espacio. Mas, si así lo imaginase, incurriría en la contradicción de admitir que tales causas obraban al producirse las caras laterales de los prismas exágonos, y no al formarse las caras terminales de las semillas, siendo unas y otras facetas del mismo elemento vegetal, y todas ellas planas y originadas en la presión ejercida sobre cada grano por sus vecinos y congéneres.

Sitios hay en los que aparece el conjunto de tres rom-

bos unidos por sus ángulos obtusos; y sitios también en que son seis los rombos, con un punto común; como vértice de otros tantos ángulos agudos; y entonces resulta ó aparece formada una hermosa estrella de seis puntas.

Tales figuras son las que observaríamos si, para hacer la anatomía de un panal de miel, lo mutilásemos cuidadosamente, separando todas las caras laterales de los prismas exágonos, y dejando solamente el conjunto de los tabiques medianeros entre una y otra fongada.

\* \*

No me sería posible tratar de la morfología de los cuerpos inorgánicos y relacionarla con la de las agrupaciones en que venimos ocupándonos, sin recordar los objetos que, aislados, presentan la forma elemental, la que se ha de encontrar como resultado del análisis, y naturalmente ofrecen muchos granates, hermosos ejemplares en relieve del dodecaedro rómbico, varias veces citado en este escrito.

En su interior habrá seguramente *asociación* molecular cristalina; mas, para explicar la notable figura de este mineral, lo mismo que otras idénticas á ella de muy variada substancia, sería preciso abandonar el relativamente fácil y seguro método de la directa observación, para entregarse á las inciertas hipótesis del mundo de las edificaciones atómicas y moleculares.

Con cierta pena he de declararlo: en vez de examinar esta firme y arquitectónica construcción, de extraordinaria dureza, que, unida á la hermosura de la coloración, eleva dicho producto natural á la categoría de las piedras preciosas, véome arrastrado á estudiar materiales terrosos deleznales, de indefinido color, como son aquellos que sin piedad hiere y remueve el arado y que hollamos á cada paso con nuestras plantas.

Precisamente al tener efecto la espontánea disgregación, al prepararse ó producirse la ruina de esos conglomerados térreos, al convertirse en escombros lo que, á favor de la humedad, resultó compacto y coherente, es cuando podemos, mediante detenida observación, afirmar su identidad morfológica con el simétrico y endurecido granate.

Las grietas que se forman en el arcilloso y arenisco suelo cuando, después de mojado, se retrae por desecación, aunque laberínticas y enmarañadas, entrañan la misma admirable regularidad que los conglomerados artificiales, ó los tejidos orgánicos, presentados como ejemplos en este modesto trabajo.

El primer elemento, figurado y dotado de simetría, que aparece repetidas veces en las grietas de los terrenos, y puede observarse en el piso de nuestros paseos y en los jardines públicos, es el conjunto de tres líneas que, concurrendo en un punto, vienen á dividir el espacio plano que le rodea en tres porciones angulares, con amplitud de unos ciento veinte grados.

Es también digna de notarse la distribución de la superficie grietosa en figuras de extensión no muy desproporcionada, que nos hacen recordar la división, visible en los mapas del territorio de las naciones, en provincias ó departamentos.

Ávida nuestra fantasía de hallar ejemplares de la más perfecta sencillez y regularidad, combina ángulos casi iguales, con lados y extensiones superficiales, también de sensible uniformidad, y constituye una red ó encasillado exagonal, complaciéndose en hallar alguna que otra figura con seis lados y seis ángulos, que podría, mediante correcciones y retoques, ser comparada con el exágono regular de la Geometría.

Mas no conviene ir demasiado de prisa en la creación de imaginarias construcciones morfológicas, pues se corre el

peligro de que no concuerden con las verdaderas manifestaciones de la realidad.

Obsérvese cómo las ramificaciones de las grietas se multiplican indefinidamente: circunstancia incompatible con la idea de una sencilla distribución, ó división del plano superficial, en exágonos regulares.

Nótese también que los trazos de las primeras grietas que se marcan en un terreno resultan, por decirlo así, preparadas, por las ondulaciones que las caracterizan, para las sucesivas y graduales ramificaciones que de ellas han de derivarse. Por lo mismo, otro elemento ó factor morfológico, que se encuentra bastante repetido, es una línea ondulada, sexta parte de perímetro, no de un exágono regular, cuyos lados son rectilíneos, sino de un rosetón ó figura estrellada, que el entendimiento completa, mejor que por análisis ó descomposición geométrica, por síntesis ó combinación histológica.

Sin pretender clasificar las diferentes formas de agrietado, presentadas en sus variedades por las substancias sólidas, considero oportuno distinguir entre los cuerpos de compacta estructura, cuya grieta, cual trazo continuo, crece y se prolonga rápidamente sin notables vacilaciones, y aquellas otras materias disgregables ó granujentas que, con temblorosas hendeduras, ofrecen á la vista indefinidas ramificaciones.

Ejemplar en pequeño del primer grupo de materiales es la capa de barniz que recubre las tablillas de los termómetros, la cual se agrieta y cuartea en breve tiempo, á causa de las influencias atmosféricas, ó la cubierta vítrea de las vasijas de porcelana, hendida también por los cambios de temperatura que experimenta en los usos domésticos á que suelen ser destinadas.

Ejemplar también de reducidas dimensiones, sí, pero apto para la producción de grietas ramificadas, ó del se-



gundo tipo, es la materia amilácea ó feculenta desleída en agua. La capa horizontal que se posa en el fondo de una vasija se quiebra, en efecto, por desecación; y, si su delgadez es suficiente, muestra por transparencia las derivaciones de sus líneas de rotura, resultando fácil de calcar, ó copiar fotográficamente, tan complejo y enredado conjunto.

Diríase de los primeros cuerpos de compacta estructura y grietas prolongadas ó continuas, correspondientes á internas divisiones con forma concoidea, que, cuando se rompen, aspiran á dejar marcado el fenómeno y á extender, en cierto modo, el acta notarial de la rápida propagación del movimiento que conmovió la masa hasta vencer su coherencia.

Parece, en cambio, que los cuerpos granujientos, al mostrarnos las pausadas jerárquicas subdivisiones de sus grietas, intentan escribir el inventario íntegro, donde ha de constar el contenido de la materia que se arruina y desmorona.

Es frecuente hallar en las laberínticas formas de las grietas del terreno, ó de la capa de almidón, porciones de líneas comprendidas entre dos vértices de ángulos, con figura de S prolongada, cuyas convexidades á uno y otro lado serán futuros lugares de empalme, ó puntos de arranque, para las grietas sucesivas que en lo porvenir han de producirse. Mas como esta línea ondulada es también quebrada y angulosa en sus pequeños detalles, viene á resultar comparable al signo *integral* ( $f$ ), escrito con vacilante pulso por nervioso ó anciano matemático. Signo éste que el observador podría interpretar como advertencia, consejo ó aviso de que no le conviene distraerse contemplando las indefinidas subdivisiones que acabarían con el esfuerzo de su inteligencia, dejándole confundido; y que, antes bien, le será útil sumar, integrar ó reunir para poder descifrar

el secreto morfológico que tan enmarañadas figuras encierran.

Si á un pequeño exágono regular se agregan otros seis, como si se tratara de preparar un embaldosado; si al rosetón de siete exágonos, que entonces resulta, se añaden otros siete rosetones iguales á él y formados de idéntica manera; y si, continuando la misma gradual complicación, se van marcando con más fuertes y visibles líneas los amplios perímetros de las figuras sucesivas, se tendrá un dibujo, con indefinido número de líneas y detalles, que podrá ser considerado como el tipo ideal á que habrán de referirse las revueltas ramificaciones de las grietas en los terrenos.

La figura elegida como inicial ó primitiva es el exágono regular, comprendido en el grupo de los polígonos convexos. El rosetón de siete exágonos, primer resultado de la composición realizada, ya no es polígono convexo, pues tiene ángulos entrantes y salientes. El segundo rosetón, formado por cuarenta y nueve exágonos, tiene en su perímetro mayor número de ángulos de ambas clases. Y el aumento continúa indefinidamente, á medida que la forma del conjunto se va complicando.

El parecido que se advierte entre dos figuras consecutivas de esta serie es tanto mayor cuanto más alejadas se hallan de la sencilla forma elemental ó primitiva. Ocurre con esto algo que recuerda la atenuación continua de la discrepancia de forma entre dos porciones limitadas y consecutivas, pertenecientes á una misma rama de curva con asíntota, si prolongamos indefinidamente la citada rama.

Hay, pues, que admitir una gradual geométrica semejanza cuando se comparan los perímetros de los rosetones, cuyo número de exágonos es una potencia de siete con exponente que va en aumento; y si su valor llega á superar al de cualquier cantidad dada, por grande que sea, se hará

preciso suponer que las figuras tienen sus trazos en las amplias ó inmensas lejanías del infinito.

Forzoso es, por lo tanto, elegir entre emprender el viaje hacia lo grandioso, donde bien pronto se anonada la inteligencia del hombre, ó la marcha regresiva hacia el mundo de lo pequeño, donde tropezará con las minucias incapaces de impresionar los sentidos con que le dotó la Naturaleza para adquirir y ampliar conocimientos.

Mas si, haciendo uso de la facultad de abstraer y cercenar cualidades de los objetos reales ó imaginarios, reducimos aquella citada inmensa figura á las dimensiones finitas, limitadas y corrientes, resultará el retrato ideal ó tipo morfológico á que pueden compararse las mallas del laberíntico dibujo observado en los terrenos grietosos.

Cierto que en uno y otro extremo se halla la verdad morfológica; pero en los tipos medios está la realidad visible, la enmarañada figura compuesta de líneas con ramificaciones, empalmes y enredosos perímetros.

Al mismo resultado se llegaría imaginando que las subdivisiones de las grietas se producían indefinidamente, hasta que los trazos casi circundasen á las moléculas, si después, mediante un esfuerzo intelectual, amplificábamos, para convertirlos en magnitudes finitas, los infinitesimales detalles obtenidos primitivamente.

Idénticas, pero permanentes, figuras que las que el suelo ofrece á nuestra consideración, pueden ser observadas en los muros recubiertos con la mezcla granujienta de arena y cal, que ha recibido el nombre de mortero.

Pero las figuras que más detenida y cómodamente pueden ser examinadas, son las que se producen al desecarse el almidón antes humedecido.

Si conocida es la estructura granujienta del arcilloso suelo, lo mismo que la del endurecido mortero, aun lo es más, por haber sido detenidamente estudiada, la del al-

midón, constituido por glóbulos casi del mismo tamaño, fáciles de examinar con un mediano microscopio.

En todos estos agrietados, el límite práctico, que se opone á ulteriores divisiones ó desmoronamientos, depende del valor de la fuerza de cohesión entre los elementos constitutivos.

Los núcleos ó centros de las porciones defendidas contra la disgregación, por esta adherencia, han de hallarse distribuidos con cierta regularidad, correspondiente á un mínimo en las mutuas distancias de todas las partículas que permanecen aglomeradas, y á un mínimo también para la longitud de las líneas del agrietado.

En la física del Globo, donde los fenómenos y los objetos pueden presentarse con grandiosas magnitudes, hay agrietados monumentales, de admirable regularidad, como los de ciertas formaciones basálticas, alguna de las que ha sido designada con el expresivo nombre de *Honey Comb*, ó panal de miel, y que resume en dos palabras todas las ideas que evoca su armónica morfología.

Cuando una causa como la gravedad influye en la posición de superficies y líneas de ruptura, á la par que las acciones de cohesión, aparecen esas disgregaciones, en cuya histología se manifiesta la dirección vertical, á la vez que el nivel ó sentido horizontal.

El avance de la ruptura desde arriba hacia abajo, al desecarse el almidón sedimentado, es análogo al que se produjo por enfriamiento en materiales caldeados, como estuvieron los terrenos basálticos cuando se inició su fraccionamiento, y concuerda, sin duda, con la división en prismas que da á unos y á otros el aspecto de construcciones columnarias: prismas pequeños y confusos en las masas de almidón desecado, grandiosos y monumentales en formaciones geológicas con la importancia de la siempre admirada gruta de Fingal.

Pero si, puestas en juego poderosas fuerzas disgregantes, desaparece, ó poco menos, la perturbadora á la vez que directriz acción de la gravedad, surgirá, libre de aberraciones, la ley morfológica que también rige los agrupamientos, y, á cambio del prisma exagonal, se originará una fractura reticular en el interior de las masas, con elementos dodecaédricos rombales, idénticos á los del encasillado que se imaginó para circunscribir todas y cada una de las balas que los artilleros ordenan.

En la producción de grietas, proceso analítico de fraccionamiento y destrucción, surge la misma ley morfológica que en los procesos sintéticos de aglomeración ó constructivos. La fuerza edificadora marca la pauta que después ha de regular la acción de la contraria fuerza que destruye ó arruina.

### III

Al disponerme á presentar algunos conceptos acerca de difícil problema relativo á la morfolología del fuego de combustión, se agolpan á mi mente multitud de ideas que, ordenadas, serían quizá las suficientes para formar un extenso folleto, tal vez un libro.

Tiene siempre el fuego, por mucho que se le examine y estudie, algo de misterioso é indescifrable. Los antiguos, al calificarle de elemento, ya le concedieron excepcional importancia en sus teorías físicas y cosmológicas. Con el más notable de los descubrimientos á él referentes surgió, en época no remota, un nuevo orden de estudios, una nueva ciencia: la Química de nuestros días, de portentoso y rápido desarrollo; y aún queda tanto por conocer en la enigmática condición del fuego, que bien pueden resultar inesperadas invenciones.

Del abundoso caudal de ideas concernientes á su natu-

raleza, sólo elegiré para exponerlas algunas de las que considero más directamente relacionadas con su singular y movable morfología.

Pero, aun limitando mucho mi propósito respecto de los materiales que se transforman químicamente para producir el fuego de combustión, el desaliento se apodera del ánimo al pensar en la desordenada variedad de formas, en la complejidad de los conjuntos, y en lo fugaz y laberíntico de las trayectorias, rápidamente recorridas por aquellas porciones de masa ígnea, que, ó nos deslumbran con su brillante luz, ó pasan inadvertidas á causa de la invisibilidad que les presta su transparencia, casi igual á la del aire atmosférico.

El detenido examen de variados ejemplares permite, sin embargo, consignar que existen, aunque pocas, algunas elementalísimas formas dotadas de notable regularidad.

La llama pelicular, que el profesor de Química muestra á sus alumnos cuando enciende el hidrógeno, ó cualquier gas inflamable contenido en una probeta, es el fuego con forma plana, es el tabique divisorio entre dos substancias de cualidades antitéticas, es la estrecha zona donde se realizan las más profundas transformaciones de la materia.

Lo mismo que las pequeñas porciones de líquido, libres de influencias mecánicas exteriores, adoptan la forma esférica, convirtiéndose en gotas, las diminutas llamas, aquellas que apenas producen y conservan el calor necesario para nutrirse y subsistir, ofrecen á nuestra vista una curvatura uniforme, comparable á la de las esferas.

También resulta definido geoméricamente el perfil ó perímetro de las llamas aplanadas de gas del alumbrado, que surgen por los mecheros usuales, lo mismo cuando están dotados de abertura lineal única, que cuando dejan escapar dos venas fluidas concurrentes.

Combinada la impulsión horizontal que algunas moléculas del gas reciben á su salida, con la fuerza de ascenso

vertical, que la gravedad imprime al fluido ígneo, por la relativa menor densidad de éste comparada con la del aire que le rodea, originase un sistema de velocidades del cual resulta una trayectoria parabólica, idéntica, aunque de posición inversa, á la tan conocida de los proyectiles ó de las venas líquidas.

Por eso la silueta ó perímetro de la materia iluminante tiene bordes laterales parabólicos, en las llamas extendidas en forma de abanico, que surgen de los indicados mecheros.

La existencia de las formas plana, esférica y parabólica, como tipos ó ejemplos de regularidad, fáciles de observar en llamas bien conocidas, es motivo de esperanza en los trabajos de indagación, emprendidos con el propósito de resolver las difíciles cuestiones morfológicas de unos materiales tan inquietos y movedizos.

Desde luego se ve ya que, al comparar en determinadas condiciones la morfología de las llamas con la de las masas líquidas, las coincidencias son muy notables. Con la ampliación de la escala de medida al pasar de la materia líquida á la gaseosa, peculiar de las llamas, y con la inversión entre lo alto y lo bajo, para lo que á posiciones se refiere, las analogías vienen á convertirse, en muchos casos, en identidades.

El principal obstáculo para la apreciación de la realidad en algunas formas de la materia ígnea estriba en la rápida é inevitable velocidad del movimiento con que las porciones son arrastradas. El observador, siempre que estudia el fuego en las grandes masas ígneas, como el espectador que se divierte contemplando la combustión de artificiosos aparatos pirotécnicos, es juguete ó víctima de una engañosa ilusión óptica, pues en vez de puntos y masas brillantes, que es lo que realmente existe en cada momento, cree ver ráfagas ó trazos de fuego, con trayectorias continuadas y

algo persistentes. Las llamaradas de una hoguera las aprecia como borrosas y confundidas, á causa de su agitada marcha ascensional; y las chispas, pequeñas partículas que rápidamente se trasladan de un lugar á otro, aparecen prolongadas y continuas como rúbricas de luz, con existencia corpórea ó material, aunque de breve duración.

Para llegar á conocer bien la transitoria y movida morfología del fuego, hay que analizarlo mediante el examen reposado de una serie ó colección de pruebas fotográficas instantáneas, de cuya reunión ó síntesis cronológica, ordenada y sucesiva, resultará, reconstruída en el cinematógrafo, la misma falaz ilusión óptica que cuando examinábamos directamente la realidad objetiva.

A falta de fotografías instantáneas, habremos de contentarnos, para observar las hogueras ó las llamas muy agitadas, con la serie, algo intermitente y discontinua, de las impresiones ópticas que producirán en nosotros las consiguientes, separadas, sensaciones visuales.

Utilizando solamente un ojo, y pasando por delante de él los dedos de la mano, apartados unos de otros, como lo están las varillas de un abanico abierto, se conseguirá interrumpir de un modo intermitente el acceso á la retina de la luz emitida por la hoguera ó la llama, pudiéndose entonces observar inesperados y antes no advertidos elementos morfológicos.

Mas, para clasificarlos geoméricamente, conviene ahondar algo en la condición estructural de los materiales ígneos, fijando la atención en el modo de ser de las especiales acciones mecánicas que sobre sus diversas partes deben obrar.

No creo tener que esforzarme en la demostración de que la substancia de la llama es un verdadero fluido turbio, un grupo de gases nebulosos.

Si, por aproximación y contacto de un objeto frío, subs-



traemos de la llama algunas de las partículas que en ella pululan y se agitan, podremos advertir el suavísimo é insensible tránsito entre el claro y el obscuro de la carbonosa mancha obtenida y la finura del polvillo depositado, que representa en pequeño el producto comercial conocido con el nombre de *negro de humo*.

El sedimento sólido, de esta manera detenido en su ascendente viaje de traslación, quedó separado, por enfriamiento y por acciones de adherencia, de la materia fluida que le prestaba ligereza y movilidad, y hubo de fijarse en forma de polvo, para mostrarse tal cual es, con su densidad, su negrura, y demás propiedades características.

Aun en las regiones externas de la llama, donde esas partículas sólidas no pueden descubrirse, hay que admitir la existencia de delicadas y rápidas corrientes de renovación para el ingreso del comburente, el acceso del combustible, y la salida de los materiales completamente quemados; hay que admitir que su constitución es compleja, y su homogeneidad sólo aparente y en el conjunto; pero que existen estrías, filamentos y diferenciaciones en los detalles, privando de diafanidad y transparencia á la materia ígnea y acusando una constitución mixta: la de los fluidos enturbados.

Mas cuando un fluido se transforma, cambiándose en masa nebulosa, su viscosidad aumenta; y, al surgir esta nueva fuerza, cambian, á la vez que su estructura interna, la forma y condiciones de la superficie exterior. Porque todos los razonamientos aducidos por los físicos para explicar la existencia y efectos de la película superficial en los materiales líquidos, son aplicables á las superficies divisorias entre dos porciones de substancia gaseosa, que se hallan en contacto y que se diferencian algo en su constitución química, en su densidad, en su nebulosidad, ó en cualquiera otra de sus condiciones ó propiedades intrínsecas.

Si hay en las llamas acumulación de capas ó zonas concéntricas y sobrepuestas, es preciso conceder á cada una cierto poder mecánico y cierta resistencia como órgano envolvente, con aptitud para ejercer presión sobre todo aquello que en su interior está contenido y encerrado.

Por insignificante que parezca la acción mecánica ó fuerza de cierre de esas películas ó bolsas, como han de sumarse las resistencias que opongan á la ruptura, tiene que resultar un efecto muy apreciable en las condiciones de existencia y de aislamiento propias de las llamas.

Así como el gusano de seda prepara con tenue y delicado filamento el admirable envoltorio para abrigar su cuerpo en el estado de crisálida, y en fuerza de repetir las vueltas logra dar al capullo extraordinaria resistencia, hasta el extremo de no ser posible romperlo de una vez con el esfuerzo de nuestras manos, así también la múltiple envolvente de la parte central, ó núcleo de la llama, posee una especial resistencia, que defiende al conjunto de los peligros de rotura, ó de los muy acentuados cambios de forma, hasta el punto de soportar con cierta energía, y sin apagarse, la acción mecánica y frigente de la brisa, cual si una poderosa organización defendiera su existencia y la integridad de su volumen en el espacio de tres dimensiones.

Si el diferenciarse entre sí por sus propiedades varios materiales aeriformes ó gaseosos es causa de que se manifiesten en las superficies que los separan los efectos de las resistencias peculiares, quizás nunca se presentaron más acentuadas que en la materia ígnea las discrepancias entre zonas ó porciones gaseosas en contacto.

Mas la existencia de esas películas va acompañada siempre de la producción de una fuerza á ellas inherente, cuyo efecto sería retraerlas ó acortarlas, si no tuvieran puntos de apoyo ó de arraigo, y si no hubiese otras fuerzas que, equilibrando las propias y peculiares de la película, cooperasen

á la conservación del volumen de la llama y á su relativa fijeza ó inmovilidad.

A esos apoyos ó agarraderos es debido el que las llamas, cual si tuvieran raíces en la materia sólida ó líquida que les da pábulo y les suministra materiales nutritivos, oscilen y se agiten á impulso de la brisa, como péndulos invertidos ó como banderas ó gallardetes que tienden á elevarse por la relativa ligereza de su materia, conservando inmóviles, ó poco menos, las porciones de su región inferior.

Que no son puramente ideales ó fantásticos los conceptos que voy exponiendo, se prueba observando la realidad de las consecuencias que de ellos pueden deducirse. Cuando esas películas se desarraigan, alejándose de los objetos á que estaban adheridas ó de los que colgaban, aunque la tirantez fuera hacia arriba y no hacia abajo, caminan con rapidez, tendiendo á adoptar la forma globular correspondiente á sus más favorables condiciones mecánicas de existencia, lo mismo que la pompa de jabón, la cual, desprendida y libre, permanece algún tiempo sostenida en el aire. Si la fuerza de arraigo es poderosa, y si también es potente, más que la tensión pelicular, la presión interna de los fluidos encerrados, desbórdanse éstos rompiendo la cárcel celular que los retenía, apareciendo las desgarraduras y los pingajos de la bolsa, rota á la vez que la vena libre ó chorro de humo que resultó superabundante ó en exceso. La llama en tales condiciones es un conjunto ó mixto de materia ígnea y de gases relativamente fríos, nebulosos por la presencia del negro de humo residual: un surtidor con largura indefinida, que comienza constituido por materiales incandescentes, y se prolonga ó continúa con fluidos enturbiados y tibios hasta desleirse en el espacio libre del ambiente.

Y si un químico insigne (Faraday) hízonos ver que el pábulo de una bujía representaba en miniatura la fábrica de gas del alumbrado, no es ya muy violento ni atrevido

suponer que la llama tranquila, que humea por haberse convertido en tubular la película que tenía forma de bolsa, simula ó imita, á la vez que el horno de una fábrica con la materia combustible en ignición, la chimenea prolongada por donde los humos tienen obligada salida.

A la fuerza cristalogénica con poder de recta alineación, que produce los innumerables poliedros propios de muchas sustancias solidificadas, corresponde en los materiales fluidos otra fuerza morfológica directriz, que da por resultado figuras globulares ó redondeadas. Mas, tratándose del fuego, singularísima entidad en que claramente se manifiesta aquel equilibrio dinámico á que varias veces apelaron físicos y químicos para describir ó explicar antinómicos y sorprendentes fenómenos, preciso será admitir una especie de automatismo que le preste condiciones de subsistencia, semejantes á las anímicas ó de vitalidad; porque la inflamación en un punto es causa de crecimiento del área de las películas hasta completarse la llama; y si comienza la descomposición química por el calor, para producir gases combustibles, éstos, á su vez, se combinan inmediatamente para originar calor, cerrándose de esta manera un ciclo automático de causas y efectos, de energías y fenómenos.

Por esto, cuando para recibir impresiones luminosas instantáneas analizamos las llamas ó las hogueras, fraccionando el tiempo, se ven formas elementales, redondeadas ó globulares, de cuya reunión ó síntesis resultan entidades complejas, con morfología que hubo de parecer tan indescifrable como ciertos enigmáticos jeroglíficos.

Entre la tranquila llama de una bujía, que se presenta casi siempre con figura invariable, parecida á la de una almendra, y la desordenada y movida materia ígnea de las grandes hogueras, hállase como intermedio ejemplar, digno de estudio, el chorro de fuego, que surge con abundan-

cia, y á la vez con cierta regularidad, de las hachas ó blandones. En él se observa una morfología semejante á la de las venas líquidas, con sus ondulaciones, nodos y vientres; y hasta posible es advertir la fugaz existencia de globos ascendentes, comparables á las gotas ó masas en que la vena líquida viene á resolverse.

Las impresiones luminosas é instantáneas en que podemos descomponer la falaz y continua sensación visual producida por las hogueras, sirven para poner de manifiesto la presencia de un elemento morfológico, obscuro y transparente, á la vez que globular ó redondeado.

La silueta momentánea de sus llamaradas recuerda los recortes que quedan como residuo en aquellas cintas ó flejes de oro, plata ó bronce, de las que el artífice separó las rodajas ó limbos, destinados á la acuñación de monedas y medallas.

Tres clases de componentes parece, por lo tanto, que constituyen el complicadísimo jaspeado de las agitadas masas ígneas, tan difíciles de estudiar en las hogueras. Pertenecen á la primera las porciones con núcleo de materia combustible, á cuyo encuentro llega el comburente, animado de una traslación centrípeta. Corresponden á la segunda las de naturaleza inversa, con núcleo comburente, á cuyo encuentro acude la materia combustible que le circunda en estado gaseoso ó de vapor. Y hay, por último, masas residuales, producto de todas las posibles acciones químicas realizadas, é inútiles ya para otras nuevas transformaciones.

Estas últimas materias se deslizan continua y suavemente hacia el exterior en las llamas que lucen tranquilas, pero que seguramente pueden quedar aprisionadas dentro de la agitada masa ígnea que las envuelve con su movimiento de torbellino; y entonces llegarán á tomar cuerpo, se redondeará su forma, cual corresponde á fluidos diferenciados en

el seno de otros fluidos, y las películas de la materia incandescente vendrán á ser fronteras divisorias en el espacio de tres dimensiones. Como estorban para el funcionamiento de las actividades químicas, saldrán expulsadas hacia el exterior, donde las podemos ver con su forma de pompas ó burbujas, rotas al contacto del aire y que bordean cual escotaduras de obscuridad ó de sombra los esplendentes lineamientos de las hogueras agitadas.

Más conocido en la ciencia que el elemento residual y obscuro de las hogueras es otro elemento, denominado *llama inversa*, cuando luce libre y aislado, porque los papales de núcleo y de medio están trastrocados, ocupando el comburente la parte central para arder rodeado de la materia combustible en estado gaseoso.

Si la costumbre de ver llamas directas, ó con núcleo combustible, separadas ó agrupadas en artísticos candelabros, pudo hacer creer que en ellos estaba la imagen de una hoguera, en la que el desorden y la confusión habían sido sustituidos por la regularidad y la simetría, conviene poner de manifiesto que tal comparación es incompleta, y que sólo da una idea imperfecta de la estructura de las grandes masas ígneas.

Para remediar en lo posible la deficiencia ocasionada por el hábito, quiero también mostraros ejemplares de multiplicidad, en que los elementos componentes son las llamas de condición inversa, pocas veces visibles, aparte de los especiales experimentos que se realizan ante los alumnos en algunas de nuestras cátedras de Química (1).

En posesión el entendimiento de la idea de posibilidad, aplicada á la transposición ó permuta entre los materiales que toman parte en el hecho de la combustión, le es ya

---

(1) D. Eugenio Mascareñas, distinguido catedrático de la Universidad de Barcelona, ha simplificado con ventaja los aparatos adecuados al estudio de las «llamas inversas».

fácil concebir algunos casos complicados ó múltiples que, antes de adquirir aquella idea, le parecerían asombrosos y paradójicos.

Los amplios depósitos de las fábricas de gas, propio para el alumbrado, que llevan el nombre de gasómetros, capacidades opacas y oscuras, aptas para contener el combustible areiforme, que por cañerías ha de resultar después distribuído; aquellos antros tan tenebrosos podrían quedar convertidos, sin cambiarles la materia que aprisionan, en rotondas iluminadas con tanto esplendor cual lo están los más alegres y brillantes salones de fiestas.

Obtendriase la maravillosa transformación poniendo en práctica la idea de las llamas inversas, con sólo trasladar al interior de los gasómetros las lámparas usuales, encauzar y llevar hasta sus mecheros, como materia destinada á lucir, arder y brillar, mediante combustión, el aire libre que circula por la atmósfera.

No es preciso esforzarse mucho para admitir en las hogueras la existencia de masas globulares con núcleo combustible, ó comburente, ó constituídas por materiales ya quemados y sin actividad química; pero algo ha de violentarse el entendimiento para considerar como verosímil la producción regularizada de un tejido ígneo, comparable, por su simetría interna, al tejido ó agrupamiento de las pilas de balas, con cuyo análisis comenzamos el presente estudio. Sin embargo, como el aumento de magnitud en las masas complejas es causa de multiplicidad y uniformidad para los elementos componentes, y como lo enorme y á la vez múltiple ha de ser fecundo en manifestaciones de regularidad, cabe aceptar que pueden producirse y repetirse los casos de simetría histológica en la movediza variedad de las masas ígneas.

Y aplicando las magníficas ideas que en la teoría de las probabilidades entraña el principio llamado de los *grandes*

*números*, que ha de tener su representación en dilatados espacios, cabe afirmar que en algunos momentos aquellos conjuntos de globos gaseosos, iguales é incandescentes, forman sistema, perdiendo su mutuo movimiento relativo, y ocupando las únicas respectivas posiciones, compatibles con la economía de espacio y con la presión pelicular exterior á que se hallan sometidos.

#### IV

Los elementos materiales de los tejidos ¿son algunas veces mutuamente penetrables?

Objetivamente considerados, no. A ello se opone su condición corpórea.

Subjetivamente apreciados, sí. A este resultado conducen ciertas aberraciones sensoriales, entre las que podemos citar determinadas ilusiones ópticas.

Todas aquellas obras artísticas comprendidas en algunos sistemas gráficos de representación, que, miradas de cerca, descubren el mecanismo utilizado para componerlas, el cual, á distancia, resulta imperceptible y desvanecido, se encuentran relacionadas con los casos histológicos concretos que me propongo considerar.

Están incluidos en el grupo los dibujos á pluma ó á lápiz, las litografías en negro ó en color, los grabados, los mosaicos y algunas otras producciones artísticas similares.

Distínguese entre todos, por la perfección y delicadeza de que es susceptible y por el aprecio que desde su invención le concedieron personas de refinado gusto, el grabado en dulce.

A dos sistemas de cruzamiento de líneas, utilizados con preferencia por los grabadores en dulce, referiré principalmente mis consideraciones.



Atenúa y suaviza el artista los duros ó violentos efectos de contraste entre la blancura nívea del papel y la intensa obscuridad de la tinta con negro de humo, entrecruzando delicados trazos de notable sencillez geométrica, para producir con ellos elementos de composición, que, mirados desde cierta moderada distancia, resultan, por su pequeñez, anulados individualmente en la sensación visual, y originan ese conjunto esfumado de las medias tintas, donde resulta simulada la penumbra por la fusión de la luz y las tinieblas.

Consíguese la finura y delicadeza en el claro-oscuro adelgazando y apretando todo lo que es posible, sin llegar á la confusión, los elementos gráficos superficiales, blancos ó negros, y ordenándolos además con arreglo á determinado sistema de alineación. Ansioso el artista de conseguir las mayores ventajas para los efectos estéticos á que aspira, agrega ó añade á la finura de los trazos la más conveniente relativa posición de los mismos, que es aquella que, dentro de cierta área, permite acumular mayor número de factores componentes, blancos ó negros.

Fácilmente logra el apetecido resultado prodigando en las planchas que graba, ó en las hojas donde dibuja, el entrecruzamiento de dos órdenes de líneas paralelas con la mutua inclinación de sesenta grados, propia de una celosía rómbica, con ángulos agudos de la indicada medida y ángulos obtusos de un tercio de circunferencia. Dispone con ello rombos blancos en fondo negro, dividido en bandas paralelas; y sabido es, por la teoría fisiológica de la visión, que una figura blanca aparece, en estas condiciones, agrandada é invadiendo la superficie que realmente la rodea, perdiendo de su intensidad lumínica tanto como gana en extensión aparente. Los núcleos de blancura resultan con idéntica distribución ó posición relativa que los centros de los polígonos en una malla exagonal, compa-

rable al conjunto de entradas en los alvéolos de un panal de miel.

Si el artista aumenta la anchura de los trazos negros, viene á dejar menudos puntos blancos, tantos como rombos había antes, sin alterar por esto la disposición distributiva.

Por el contrario: cuando el grabador quiere desvanecer la sombra hasta confundirla con la claridad absoluta ó máxima, llega también á conseguir la apetecida finura, marcando simplemente los puntos negros en la posición de los centros de una malla exagonal que sirve de pauta, aunque no se trace ni dibuje nunca.

Como lo muy bueno difícilmente puede ser mejorado, si á veces el grabador, para acumular obscuridad en alguna sección de su dibujo, agrega á la celosía rómbica un tercer sistema de líneas paralelas, entrecruzándolo con los anteriores, á fin de convertir el encasillado de cuadriláteros en otro de triángulos regulares, disminuirá la extensión superficial de blancura, y duplicará el número de elementos gráficos que reflejan la luz; pero habrá perturbado las condiciones distributivas de los mismos.

El ejemplo de la colocación de monedas sobre un plano, en el que con anterioridad se trazaran las apropiadas casillas triangulares y equiláteras, pone de manifiesto los inconvenientes que para la suavidad y finura de una obra artística tiene el entrecruzado de triple sistema de líneas paralelas.

Si el negociante que se propuso enajenar un cuadro, cambiándolo por las monedas que fueran necesarias para cubrir su superficie, hubiera aceptado como pauta en la colocación de las mismas un encasillado triangular y equilátero, lamentaría seguramente su perjuicio al llegar el momento de recibir el precio convencional, pues precisa y justamente habría cabida para una moneda más, igual á las otras, en todos los puntos donde concurren seis de los

lados, pertenecientes á otros tantos triángulos adyacentes ó contiguos.

De completarse el conjunto de monedas que pueden estar contenidas en el área del cuadro, el comerciante percibiría un cincuenta por ciento añadido al valor de las que caben en el encasillado formado por triángulos.

El grabador, al utilizar el triple cruzamiento, desprecia ó desperdicia tantos huecos blancos, ó núcleos de luz, como monedas tendría derecho á reclamar el vendedor del cuadro.

El efecto de refuerzo en la penumbra puede también obtenerlo, y así lo practica muchas veces, ensanchando todos los trazos negros, ó atenuando la blancura de los rombos con un elemento aislado, sea punto ó cruz, que coloca en medio de cada cuadrilátero.

Las condiciones del entrecruzamiento rombaleado ó en celosía, cuyas ventajas pondero, las advertí contemplando un grabado, de arte francés, que representa el nacimiento de la Virgen, original de nuestro insigne Murillo: cuadro llevado á París durante las guerras de Napoleón I.

De que tal tejido se utilizó como adorno y decoración en antiquísimas obras de arte, es testimonio el magnífico ejemplar en bronce de la moneda «talento», encontrado en Abydos, que D. Ricardo Velázquez copió del natural, para que, litografiado, fuera conocido del público en su verdadero tamaño.

Revisando estampas, lo observé también en los detalles de uno de los monumentos romanos de las Galias: en la columna que hay cerca de Cussi; y en alguna vidriera de la catedral de Chartres, del siglo XIII (1).

---

(1) Láminas 72 y 294 del tomo I.<sup>o</sup> del Album de la Historia de Francia, perteneciente á la obra titulada «Panorama universal», que á principios del siglo XIX se tradujo á varios idiomas de Europa.

Tanto se utiliza en el grabado en dulce, que lo difícil será encontrar obras ó trabajos donde no haya sido empleado, hasta el punto de que hay composiciones, como las de algunos billetes del Banco de España, en las que tal tejido de líneas campea casi exclusivamente.

El entrecruzamiento triangular es también aceptable para obtener efectos de contraste que permitan distinguir la finura ó suavidad de las rugosidades ó asperezas; y á los hábiles artistas está reservado el acierto en el prudente y moderado empleo de este y de otros artificios, utilizables en la interpretación imitativa de la realidad.

De perfecto puede tal vez calificarse el entrecruzamiento rómbico, que tan ventajosamente utilizan para las gradaciones de luz y sombra los grabadores, litógrafos y dibujantes, pues si los núcleos de luz reflejada están ordenados con inmejorable regularidad, lo propio ocurre con los nodos de líneas ó núcleos de negrura, que también resultan distribuídos con la misma relativa posición que los centros de las aberturas alveolares en un panal de abejas.

Esta doble armonía geométrica sólo la posee el especial cruzado de líneas por el que tanta preferencia muestran los artistas, obligados á obtener con dos únicos elementos, el blanco y el negro, todas las gradaciones y matices de los objetos en penumbra.

Una red de líneas negras, con elementos exagonales, ofrecería la misma ponderada y ventajosa distribución para los núcleos de luz, que, como es sabido, quedan agrandados en apariencia á causa de los fenómenos ópticos llamados de irradiación. La malla constituída por triángulos equiláteros presenta también la ventaja, menor ciertamente, de la buena distribución para los núcleos ó nodos de sombra, siempre algo achicados en apariencia á causa de los citados fenómenos fisiológicos de irradiación, que hacen engrosar los puntos de luz. Pero el cruzado de líneas, forman-

do celosía, con ángulos obtusos de un tercio de circunferencia, reúne y asocia las dos ventajas de la malla exagonal y de la malla triangular.

No encuentro ni creo haya forma ó disposición de tejido gráfico con más preeminentes cualidades.

Movidos por el sentimiento estético, dieron preferencia los más afamados artistas á una forma de asociación que está completamente de acuerdo con las severas demostraciones de la verdad científica.

---

Llegado el momento de hacer el resumen y de establecer las conclusiones, han de aparecer forzosamente las deficiencias de un trabajo que, quizá nunca, por mucho que procure mejorarle, podré considerar definitivamente ultimado.

Mas, aunque incompleto, al realizarlo hube de adquirir la convicción de que existe una ley histológica que conceptúo fundamental por su sencillez y generalidad.

El elemento morfológico que en virtud de ella se origina, por alteración evolutiva de la esfera, tiene como límite el dodecaedro rómbico que, con el calificativo de romboidal, ha sido hasta aquí casi exclusivamente citado por los cristalógrafos.

Es ya el dodecaedro rómbico, en mi modo de ver, la figura más interesante entre las elementales de asociación. Posee una regularidad especial histológica, en consonancia con la firmeza y con la estabilidad de equilibrio interno, propio de las más variadas substancias materiales que pueden estudiarse bajo la denominación de *tejidos*, dando á la acepción de esta palabra la mayor amplitud posible. Ocupa entre las formas de asociación el rango de importancia que entre las figuras aisladas se concedió siempre á

la esfera. Es, podemos decir, la misma esfera con realidad material, que, dotada de blandura, modifica su forma, mediante el agrupamiento, con un mínimo de traslación de parte de su masa y en condiciones mecánicas favorables á la acción de las fuerzas atractivas, siempre al fin predominantes y vencedoras entre las varias influencias y actividades de la Naturaleza. Es, repetiremos, el globo esférico al que imprimieron sello y carácter las energías que promovieron el agrupamiento y la asociación.

Parco habré de ser para las proposiciones agregadas como colorarios al enunciado de la ley principal; pues, si bien es cierto que son varias las consecuencias ó derivaciones que pudieran formularse, temería no acertar á concederles la relativa importancia jerárquica que les corresponde, presentando un cuadro inarmónico, á más de incompleto.

Por ello sólo agregaré una sencilla proposición, referente á formas muy conocidas, que en realidad son términos evolutivos del mismo citado dodecaedro; y otra donde aparece el primer efecto de la perturbación, que puede alterar las fuerzas atractivas entre las esferas integrantes.

---

He aquí algo explanada la proposición principal.

Al reunirse, formando apretado grupo, varias esferas iguales, dotadas de mutua atracción, ó impelidas unas hacia otras por exteriores fuerzas, prodúcese un ordenamiento con equilibrio estable, en el que el volumen resulta un mínimo, y que ostenta una regularidad histológica nunca superada. La relativa posición de los elementos esféricos queda definida por el encasillado poliédrico tangencial en que han de aparecer aprisionados ó inscritos. El sistema geométrico celular, que así regula la colocación de tales ele-

mentos, es un conjunto de dodecaedros rómbicos, con caras cuyas diagonales están en la relación  $1 : \sqrt{2}$  (de uno á raíz cuadrada de dos). En las formas de disgregación, propias de materiales que se desmoronan, márcanse al fin las facetas ó líneas del mismo encasillado dodecaédrico rombale, correspondiente á los núcleos ó porciones que, por su cohesión, resisten y se defienden de la destrucción y la ruina.

En pocas palabras enunciare el primer corolario.

Si los elementos componentes tienen la figura de discos, al asociarse por la parte de su borde ó curvatura, se manifestará la tendencia á convertirse en tablas exagonales. Si los elementos son cilíndricos, la figura resultante, después de la deformación, será el prisma recto de base exagonal.

Con el corolario segundo vengo á dar fin á las conclusiones que formulo.

Cuando las acciones mecánicas, que determinan el agrupamiento y aproximación de las esferas, se ejercen sólo entre las inmediatas, faltando la influencia de las más lejanas, que quedaron colocadas con anterioridad, las alineaciones se perturban algo y surge como primer accidente de observación histológica el dodecaedro, con seis rombos y seis trapecios á ellos equivalentes. Cúmplese la ley de economía de espacio, pero padecen alteración la regularidad y la simetría.

---

Es la Histología una de las disciplinas más complicadas y difíciles cuando considera los tejidos del organismo humano, por el que siempre tanto se interesaron los más conspicuos investigadores. En él hay, seguramente, ejemplares que pueden ser mirados como los últimos términos de una larga serie de creciente complicación; y, al pensar en ellos, por la mente de cuantos me escuchan cruzará el

nombre y la imagen de una gloria nacional, admiración del mundo científico. Mas si, recorriendo la serie en inverso sentido, fijamos la atención en las agrupaciones á que mejor puede aplicarse la ciencia matemática, ha de hallarse relativa facilidad para la formulación de leyes generales.

La Geometría y la Histología coinciden y se encuentran en sus aspectos más sencillos y de más ostensible regularidad. Agregando la idea de multiplicidad y repetición á determinadas concepciones geométricas, y eligiendo casos de sencillez morfológica en la variadísima serie de los tejidos, han de aparecer coincidencias é identidades entre la idealidad pura y la realidad material ó tangible.

Atraído mi ánimo por tanta belleza, he procurado, en las precedentes mal concertadas páginas, dirigir la atención de los físicos, sutiles y tenaces investigadores de la verdad, cualquiera que sea la forma ó apariencia en que se nos revele, sin salir de la esfera amplísima de los fenómenos sensibles, hacia el un poco extraño ú olvidado asunto á que se refiere esta mi pobre lucubración científica, que confío recibiréis bondadosos y apreciaréis con vuestra proverbial indulgencia.

---



DISCURSO

DEL

SR. D. JOSÉ RODRÍGUEZ CARRACIDO

*Señores:*

Las Corporaciones, cuya existencia tiene por objeto acrecentar el esplendor de la vida intelectual de la Nación, sienten el regocijo de ver confirmado el acierto de sus actos en solemnidades como la presente, en que el público sanciona con su presencia, y refrenda con su aplauso, el honroso llamamiento de las personas, diputadas para la renovación de los miembros componentes del organismo científico. El docto catedrático de la facultad de Ciencias de la Universidad Central, D. Victorino García de la Cruz, con el interesante discurso que acabáis de aplaudir, como yo conjeturaba al escribir estas líneas, continúa la jubilosa tradición de las recepciones académicas, dando nuevo testimonio de los vastos conocimientos y de la agudeza mental que caracterizan la personalidad del ingenioso investigador de las *Leyes Mecánicas de los Líquidos turbios y de los Gases nebulosos*, y corroborando con una prueba más el acierto con que calificó su labor científica la Academia, al conceptualarla merecedora del galardón otorgado á su autor. Garantía de un porvenir meritísimo en el puesto que viene á ocupar es la honrosa historia del Sr. García de la Cruz en

la Enseñanza y en sus empresas de investigación científica; y expreso los sentimientos de la Academia dando la bienvenida al compañero, que desde hoy nos ha de prestar su valioso concurso.

Pero también debo declarar que no los expresaría por completo si dejase en el olvido el respetado nombre del predecesor del nuevo académico. La inexorable ley natural de la continuación de la vida no rechaza la ley moral, que, por fuero del sentimiento humano, ordena tributar respetuoso homenaje á todos los que, con pureza de intención, aplicaron las potencias de su alma á la obra del progreso social; y el homenaje en tales casos debido habría de tener proporciones excepcionales si fuese objeto exclusivo de esta sesión honrar la memoria del Excmo. Sr. D. Cipriano Segundo Montesino, Duque viudo de la Victoria, último superviviente de los socios fundadores de esta Academia, Vicepresidente de la misma durante muchos años, y su Presidente desde el 1882 hasta su muerte.

El Sr. Montesino abrió los ojos á la luz del conocimiento en la tempestuosa atmósfera política en que estuvo envuelta España, durante el período de la segunda tentativa del régimen constitucional; y muy pronto aquella ráfaga asoladora del absolutismo, nuevamente imperante, lo llevó á tierras extrañas, arribando, después de azarosa jornada, á la isla de Jersey, donde se instaló como en puerto de refugio una colonia de emigrados españoles. Yo me imagino la vida de nuestros compatriotas en aquel destierro, dominada á destajo por el abatimiento del vencido y la esperanza del creyente, agitándose entre los dos extremos, por motivos casi siempre imaginarios. Conceptuando transitoria su situación, vivirían poco atentos á la vida real, y en sus cavilaciones, lo mismo que en sus coloquios, de aquellos espíritus generosos, identificados por la comunidad de ideas y de sufrimientos, sólo brotaría el ansia de la pronta realiza-

ción de los ideales políticos, sobreponiéndose en su ánimo con puro desinterés el engrandecimiento de la patria al lucro egoísta. Es ahora nota de buen tono hablar despectivamente de la candidez de aquellos beneméritos patricios; pero no puedo oír tal ironía sin la amargura que produce la contemplación de un acto inhumano y cruel. Cuando se han conseguido la tolerancia en las costumbres y las garantías en las leyes que hoy disfrutamos, escarnecer á los que padecieron todo género de rigores en aras de un porvenir que apenas habían de alcanzar, me parece comparable al proceder del viajero que, cómodamente transportado por el ferrocarril, recordase, al atravesar un túnel, á los obreros, heridos y muertos en su construcción, sólo para motejarlos de torpes.

En aquel ambiente de inflexibilidad puritana, en el cual la más leve condescendencia con el adversario sería censurada como acto bochornoso, se formó el carácter del señor Montesino, vigorizando la entereza y la lealtad que tan virilmente puso de manifiesto en su adhesión incondicional al héroe de Luchana, al tomar parte muy activa en los trabajos políticos del año 1840, que le encumbraron á la Regencia del reino, y al no ceder ante la impopularidad en que cayó envuelto el caudillo antes idolatrado. Allá fué patentizando la firmeza de sus sentimientos nuestro futuro Presidente, entre los contados amigos que, después de la derrota, acompañaron al general Espartero en la hora en que, perseguido por sus propios correligionarios y manchado por la calumnia, tuvo que emigrar á Inglaterra.

Al poner en cotejo la vida puramente científica del nuevo académico y la agitada por las empresas políticas de su antecesor, muéstranse á primera vista como dos tipos contrapuestos; pero, examinándolas circunstanciadamente, están relacionadas como las premisas y la consecuencia.

Los que lucharon en nuestra patria para conseguir y

afianzar las libertades políticas no fueron agitadores, movidos por la insana pasión del desorden, sino reformadores, afanosos de sustituir las condiciones de la vida nacional, que nos habían arrastrado á la decadencia, por las que conceptuaban indispensables para que España recuperase la perdida grandeza y volviese á entrar en el concierto de las naciones cultas y poderosas. Era la creencia de aquellos patriotas optimistas que, constituído el medio político, todos los beneficios de la civilización se obtendrían por añadidura.

En una Academia de Ciencias y en estos tiempos, en que es criterio corriente extender á los organismos sociales las leyes que rigen la evolución de los naturales, aun prosiguiendo en todos los aspectos la establecida analogía, no resulta descaminada aquella doctrina política. Los campos térmico, eléctrico y magnético constituyen medios energéticos, modificadores en alto grado de los fenómenos físicos producidos en su seno; los elementos químicos revelan diferencias de caracteres, según la índole del compuesto en que están contenidos; y los organismos responden con exquisita flexibilidad á todas las variaciones del medio circundante, siendo fisiológica y anatómicamente consecuencia de los estímulos que sobre ellos incidieron, como lo es la resultante mecánica de un sistema de fuerzas componentes. En el estudio de la Naturaleza se descubre en todo linaje de procesos el incontrastable poderío del medio, y en el estudio de la evolución social resalta el mismo poderoso influjo; y, con pleno conocimiento de toda su eficacia, los incansables laborantes de la regeneración política de España, desdeñando la lentitud de la marcha evolutiva, se empeñaban tenazmente en abreviar el período de la lucha, mediante saltos revolucionarios, para conseguir con la mayor rapidez posible el descuaje de los obstáculos tradicionales é instaurar la vida normal de la actividad, creadora

de ciencia y de riqueza, en caminos transitables sin retraso y en una atmósfera exenta de espíritus deletéreos. Si los exaltados progresistas, que fueron actores en los pasados *pronunciamientos*, volviesen á la vida, al contemplar los actuales centros de trabajo y de estudio, sólo afanosos del buen éxito de sus obras y no enardecidos por las luchas de los bandos políticos, en vez de acriminar la tibieza, seguramente exclamarían con alborozo: «Ésta es la patria por nosotros anhelada: sólo por dotarla de la tranquilidad en que desarrolla sus energías, sin el quebranto de la adversidad del medio, fuimos agitadores»; y si el expatriado en la niñez en la isla de Jersey y reemigrado en la edad viril, juntamente con el general Espartero, hiciese oír su voz en este acto, después de la lectura del personalísimo discurso del Sr. García de la Cruz, engendrado en la meditación en que se rinde prolongado y fervoroso culto á la Ciencia pura, tan magistralmente reivindicada en todo su valor por la elocuencia de nuestro Presidente, también exclamaría: «El autor de tales obras es mi legítimo sucesor en la Academia; por que España tuviese esos pensadores colaboré en empresas revolucionarias; son la descendencia social por que arriesgué mi vida». Ahora comprenderéis con cuánta razón dije anteriormente que las contrapuestas vidas del señor Montesino y del nuevo académico se relacionan como dos términos consecutivos de una serie histórica.

---

Tienen especial atractivo para el espíritu observador y analítico del Sr. García de la Cruz los fenómenos naturales, cuyo aspecto es de confusión y desorden, como si constantemente sintiera el deseo de evidenciar que sólo la limitación intelectual es la que declara irregular lo que en la realidad está regulado, y una voz interior le ordenase

someter á la disciplina de número y medida los complejos, aparentemente enmarañados é informes. De esta tendencia es nueva y original manifestación el discurso que acaba de leer, examinando casos curiosos de la Histología universal, generadora de las formas naturales y artificiales. No es mi propósito seguir al disertante en sus disquisiciones: sólo un desvanecimiento presuntuoso podría arrastrarme á exponer impresiones someras de ideas hondamente pensadas. Sin otro alcance que el de mostrar la consideración con que debe ser tratada la obra de nuestro nuevo compañero, discurriré con gran brevedad sobre un punto complementario de las cuestiones traídas á este acto. Los elementos celulares, componentes de los tejidos, son moldeados por las acciones mecánicas que los comprimen, dándoles figuras poliédricas, como las de las células hepáticas; y, si al estudio de las formas así producidas se le denomina Morfología *exógena*, por contraposición puede denominarse Morfología *endógena* al de las formas originadas en la intimidad de las substancias químicas que constituyen la materia viva. Acerca de la obra plasmadora de esta materia expondré algunas observaciones.

Las formas de los cristales están subordinadas al medio, y principalmente al género de materia que los constituye: el isomorfismo sólo se presenta en los casos de analogía química; y en el grado en que sea modificada la composición de las substancias cristalizables lo será correlativamente la arquitectura de los poliedros resultantes. Los cristales ortorómbicos del benceno son sencillamente modificados en la relación de las magnitudes de sus ejes, al sustituir algunos de los átomos de hidrógeno del hidrocarburo por el radical oxhidrilo ó por el nitrilo; pero, si la transformación química es más profunda, las formas que se producen ya pertenecen á otros sistemas cristalinos. Desde este punto de vista todas las deformaciones posibles del in-

diferenciado elipsoide (que, si se me permite el calificativo, llamaré protoplásmico), productor de la inmensa variedad de formas cristalinas, son función de las diferencias químicas, las cuales determinan las posiciones y los valores de los parámetros, correspondientes á la diferenciación morfológica.

Pasando de la histogénesis de los poliedros cristalinos á la de los elementos organizados, hace más de veinte años que el eminente botánico Julio Sachs expuso y desarrolló el principio en que se encadenan en la relación de causa y efecto la materia y la forma de los órganos, llegando hasta sostener que la producción en las hojas de pequeñísimas cantidades de sustancias, químicamente activas, es causa de que los materiales nutritivos, en su curso por el organismo vegetal, adopten, en el momento y lugar oportunos, la forma de la flor, obrando, á la manera de los agentes de las fermentaciones, por su capacidad para determinar la transformación de masas enormes, relativamente á la suya.

Este concepto de la causa primordial de la Morfología biológica fué ganando terreno á medida que se dilataban las exploraciones químicas en los organismos; y, corroborado por muy amplia información, se acepta hoy casi unánimemente por los tratadistas de Biología general, en términos idénticos ó análogos á los en que Hofmeister, profesor de Química fisiológica de la Universidad de Estrasburgo, acaba de expresarlo, derivando la evolución celular de un número mínimo de fermentos, productor en series sucesivas de otros que anulan á sus inmediatos antecesores, hasta completar el ciclo de las neoformaciones químicas, correspondientes á la historia de la raza: de lo cual resulta que el proceso epigenésico de las formas organizadas es la expresión del igualmente epigenésico de las fuerzas químicas y la clave de la simultánea diferenciación morfológica.

Claudio Bernard, partiendo del principio de la unidad



substancial de la materia viva, colocaba el origen de las diferencias biológicas de las especies en las de sus formas, de tal modo que la diversa evolución de un *Saccharomyces*, respecto á la de un *Bacillus*, y los productos heterogéneos que uno y otro elaboran, eran estimados por el fisiólogo francés como consecuencias de los diferentes moldes en que se habían vaciado sus protoplasmas, discurriendo con el criterio de un geólogo que atribuyese los diversos caracteres de las especies minerales á la diversidad de los tipos en que se vieron compelidas á cristalizar.

Basta la exposición de los dos criterios ante el sistema actual de los conocimientos biológicos, sobre todo en su aspecto químico, para que resalte la superioridad del que subordina la forma á la materia; y aunque á primera vista parezca muy arbitrario aceptar tantos protoplasmas químicamente diferentes como especies celulares, un examen más detenido revela que con gran sencillez habrá de producirse esa incontable variedad de substancias, teniendo en cuenta que, sin llegar á las diferencias cualitativas, son suficientes las cuantitativas del agua, de las sales, de las proporciones relativas de los albuminoides citoplásmicos y nucleares, y otras análogas, para que todo el contenido celular se modifique y, por consiguiente, las reacciones compensadas y armonizadas en el equilibrio móvil del organismo, constituido por los factores químicos que lo integran. Si la seroalbúmina está disuelta en el agua pura, en la saturada de cloruro sódico, ó en la débilmente acidulada por el ácido acético, su poder rotatorio presenta en cada caso valores entre sí muy distantes, que delatan considerables variaciones en la estructura molecular; y por este dato, y otros semejantes que pudieran aducirse, se comprende cuán poco basta para transformar químicamente los protoplasmas, y para obtener, como consecuencia de una variedad de condiciones, fácilmente realizable por su

insignificancia, toda la riqueza morfológica de la materia viva.

Cristales y células tienen, como causa primordial de sus formas, la naturaleza química de la materia que los constituye; y, al asociarse las segundas y producir diferentes tejidos, responden también á exigencias de orden químico, porque en el conjunto no todas están colocadas en idénticas condiciones para el comercio con el medio exterior. En los complejos celulares, las cualidades específicas de sus factores son *función de lugar*, como la supuesta membrana á que se refiere la energía superficial de los líquidos, la constituyen moléculas diferenciadas de las demás sólo por el sitio en que desempeñan su papel mecánico; pero la inestabilidad del contenido celular, por la más leve mudanza en sus relaciones con el medio circundante, trastrueca la coordinación de sus componentes, y, en su tendencia á un nuevo estado de equilibrio, va modificando la forma, correlativamente á los rumbos del proceso químico.

Producidos los tipos de la diferenciación morfológica, correspondientes á la diferenciación química, ya están modeladas las hechuras de la materia viva; pero aquéllas, al establecer en los tejidos las relaciones de coexistencia, adaptándose á las estrecheces que impone la vecindad en la lucha por el espacio, son objeto de las deformaciones constitutivas de la que el Sr. García de la Cruz propone que se denomine *Geometría poliesférica*. Al llegar á este punto de contacto con el discurso precedente, doy por terminada mi tarea; y como el tratadista de Derecho Natural, que considera el ser humano en aislamiento (á la manera que he discurrecido sobre la morfogénesis de la célula autónoma), deslinda su campo del de las relaciones jurídicas, derivadas de la vida colectiva, yo me detengo ante el grado ulterior de la morfogénesis, correspondiente á la vida de relación de los elementos confederados en las formas na-

turales, de cuya sociología es tan hábil inquiridor el disertante.

Sólo añadiré para terminar, que quizá se me acuse de haber abogado, no por los legítimos derechos de la Química, sino por sus ambiciones usurpadoras; pero, aun en el caso de que la acusación sea fundada, sed indulgentes con las arrogancias de las especialidades, porque la fuerza expansiva es natural consecuencia de todo progreso: las naciones prósperas sienten el irresistible impulso de dominar más allá de sus fronteras. Si es fundada la aspiración de la Química biológica á convertirse en Biología química, el desarrollo natural de su contenido irá quebrantando las restricciones que se le impongan; y, si sólo es un egoísta desvanecimiento, el poder de los hechos, sin necesidad de los dichos autoritarios, la encerrará en sus justos límites. Alentando, y no cohibiendo, anhelos generosos es como se da al medio social el calor que vivifica los ánimos, infundiéndoles la energía indispensable para abandonar los caminos de la rutina y buscar los que conducen á la posesión de los tesoros, ocultos en las tierras inexploradas.

---