

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

Taxonomía matemática
y
Filosofía de las formas de la naturaleza

DISCURSO

LEIDO EN EL ACTO DE SU RECEPCION

POR EL

EXCMO. SR. D. JULIO GARRIDO MARECA

Y

CONTESTACION

DEL

EXCMO. SR. D. JOSE MARIA RIOS GARCIA

EL DIA 16 DE JUNIO DE 1976



M A D R I D

DOMICILIO DE LA ACADEMIA:

VALVERDE, 22. - TELEFONO 221-25-29

1976

ISBN: 84-600-0525-9

Depósito Legal: M. 19.868.-1976

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO - J. GARCÍA MORATO, 122 - MADRID

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. JULIO GARRIDO MARECA

TEMA

TAXONOMIA MATEMATICA

Y

FILOSOFIA DE LAS FORMAS DE LA NATURALEZA

A la memoria del

Excmo. Sr. D. Julio Palacios y Martínez
Presidente de la Real Academia de Ciencias
Exactas, Físicas y Naturales.

Viri justī memoria in aeternum vivit

Señores Académicos:

Al comenzar este discurso he de confesar, sin falsa modestia, que me siento abrumado por el honor de haber sido llamado a formar parte de esta docta y prestigiosa Corporación. Ni mis méritos, que no pasan de discretos, ni mi ingenio, harto escaso, justifican vuestra decisión, pero ésta resulta así para mí más valiosa por ser obligado interpretarla como consecuencia de vuestros sentimientos de amistad y estima.

Estoy abrumado porque creo que el ser admitido en la más alta institución científica de España es recibir el espaldarazo de ingreso en una aristocracia y todo título de nobleza, si quiere ser legítimo, más que un honor es un servicio.

Quisiera corresponder a este honor con espíritu de servicio y compensar mis escasas posibilidades con el entusiasmo, que éste no es escaso y no ha decaído nunca desde aquel tiempo, ya lejano, en que llegué a Madrid, joven y modesto estudiante, con el firme propósito de consagrar mi vida al cultivo de las ciencias exactas, físicas y naturales.

Recuerdo como si fuese ayer la impresión profunda que recibí hace cerca de cincuenta años cuando, siendo estudiante de Bachillerato en Santander, vi por vez primera un cristal de alumbre de cromo de forma rigurosamente octaédrica. Allí, pensé, debía residir el secreto de la estructura y constitución del mundo material. Allí aparecía palpablemente la congruencia y adecuación entre las construcciones intelectuales de los razonamientos que había estudiado en geometría y la realidad tal como se presentaba a nuestros sentidos. Averigué que la ciencia que estudiada estas portentosas formas regulares de la naturaleza se llamaba cristalografía y a ella como ideal dama de mis pensamientos, decidí consagrar mi vida. Averigué también que la cristalografía se estudiaba en la licenciatura de Ciencias.

Naturales y a la obtención de ésta dirigí mis esfuerzos ampliando la necesaria preparación matemática, física y química ya que la cristalografía es ciencia en la que confluyen muy diversas ramas del saber. A mis profesores de la Facultad de Ciencias debo mi formación intelectual y siempre recordaré con emoción los nombres de mis maestros D. José María Plans, D. Blas Cabrera, D. Cecilio Jiménez Rueda, D. Enrique Moles, D. José G. Alvarez Ude, D. Luis Lozano y D. Eduardo Hernández-Pacheco, todos ellos miembros de esta Academia. Un recuerdo especial merece D. Julio Palacios que desde los albores de mi carrera científica me distinguió con su apoyo y su estímulo y que me ayudó en los momentos de dificultad y desánimo; es gracias a él que estoy aquí, por esto me es grato el expresar ahora públicamente mi agradecimiento.

Me habéis otorgado la Medalla núm. 27 que ostentaron seis académicos ilustres, pues por una costumbre muy loable, las medallas se transmiten a la muerte de los numerarios al nuevo electo que toma su sucesión, creando así un linaje intelectual y una continuidad de antepasados a descendientes y cada uno de nosotros estamos obligados a honrar aquellos que nos precedieron en el mismo sillón académico. De los seis académicos que me han precedido, he conocido a tres, D. Joaquín M.^a de Castellarnáu, D. Luis Ceballos y Fernández de Córdoba y el Teniente General D. Angel González de Mendoza y Dorvier.

De D. Joaquín María de Castellarnáu conservo el recuerdo de alguna conversación que mantuve con él sobre la teoría de la formación de la imagen en el microscopio.

Mi inmediato antecesor D. Angel González de Mendoza es uno de los representantes de la hermandad de las armas y de las letras que ha sido tan fructífera en nuestra patria. Un militar del prestigioso cuerpo de Estado Mayor que ha estado representado en esta Corporación por varios ilustres académicos entre los que se cuenta don Vicente Inglada Ors que conocí en Toledo en mi más tierna infancia y fue por él y por mi padre que el color azul turquí, que es color del fajín de Estado Mayor, fue para mí símbolo de ciencia y de honor, sin saber que este color era el mismo que iba yo a ostentar en mi traje universitario.

El Teniente General D. Angel González de Mendoza fue ilustre en las armas y en las letras; como militar, su brillante hoja de servicios relata una inteligente actuación como jefe de Estado Mayor de

las gloriosas Brigadas de Navarra durante nuestra guerra de Liberación. Al terminar la guerra fue nombrado Profesor de la Escuela de Estado Mayor, de la que llegó a ser Director; ocupó después relevantes cargos militares, entre ellos durante seis años el de Agregado militar en nuestra Embajada en Washington. Más adelante fue Director de la Escuela Superior del Ejército y Director-fundador del Centro de Estudios de Defensa Nacional.

El Teniente General González de Mendoza era un brillante especialista en las ciencias geográficas; en sus enseñanzas y en numerosas publicaciones desarrolló tesis originales y profundas sobre diversos temas de geografía general y de geografía de la Península Ibérica en un amplio abanico de temas que comprende desde la geomorfología hasta el histórico, especialmente en su aspecto militar. Entre sus publicaciones de carácter matemático, cartográfico y astronómico se cuentan unos Elementos de Algebra y Trigonometría, diversos libros y monografías, tales como su Introducción al estudio de las posiciones astronómicas, Teodolitos astronómicos, Determinación de las longitudes absolutas con el astrolabio de prisma por observaciones de la Luna y Métodos planimétricos, para citar sólo algunos de los más relevantes.

Sus ideas originales sobre las relaciones entre la geografía y la historia militar fueron expuestas de un modo resumido en su notable discurso de ingreso en esta Real Academia, que fue contestado por D. Francisco Hernández Pacheco.

Ostentará la medalla núm. 27 de esta Academia con legítimo orgullo porque figuró sobre el pecho de un soldado español al lado de muchas condecoraciones exponentes de altas virtudes castrenses; recompensas otorgadas a una vida fecunda consagrada al servicio de la Ciencia y de la Patria.

Muchas gracias, señores Académicos, por haberme considerado digno de suceder a tan ilustre personalidad.

Excmos. Señores.
Señoras y Señores.

Cuando tuve que escoger el tema de esta disertación, pensé en seguida que debería referirse a las formas de la naturaleza, pues toda mi actividad científica ha versado siempre sobre problemas morfológicos, sean éstos de estructura de moléculas o de forma de los cristales, de ciencias geológicas, de matemáticas o de biología. Pero un tema tan amplio y variado requería una extensión superior a la permitida en este género de exposiciones y resumir las ideas fundamentales sobre la morfología de modo breve y preciso es tarea punto menos que imposible. Había pues que reducir el tema a algún punto particular.

La consideración de las formas naturales suscita sentimientos e ideas de muy diversa índole, desde el entusiasmo, la admiración y el asombro tal como el que contaba hace un momento, me embargó al contemplar un cristal de alumbre, hasta las más profundas consideraciones filosóficas y hasta teológicas, pues todo pensador exento de prejuicios tiene que reconocer que en el fondo de cualquier problema transcendente de Ciencias Naturales se esconde la Teodicea.

Exponer aquí de un modo ordenado mis meditaciones sobre la filosofía y las formas naturales era poco menos que escribir un tratado de filosofía de la naturaleza. Opté pues por exponer brevemente un capítulo de este tratado, ocupándome de un asunto concreto: el problema de la taxonomía de las formas naturales desde un punto de vista filosófico.

Marcar límites y establecer categorías es el comienzo y el fin de todo conocimiento científico; la proliferación de conocimientos, si no establece límites y categorías, lleva a un exceso de datos y documentos que engendran un sentimiento de hastío infecundo; hastío que, como dice CH. MAURRAS, sólo desaparece cuando nos inspira-

mos en la sabiduría griega que reconoció la *vanidad de las múltiples investigaciones acumuladas* y *buscó un límite a esta carrera perpetua*. Un *instinto maravilloso o un relámpago de razón sobrehumana o divina*, le hizo sentir que el bien no está en las cosas sino en el orden de las cosas, no está en el número sino en la composición, no se refiere a la cantidad sino a la calidad (*). Los límites y el orden se expresan por categorías y éstas permiten las clasificaciones que, según dice Emile MEYERSON en su maravillosa obra *Le cheminement de la pensée*, son el medio para penetrar en la esencia de lo real (**). La taxonomía, ciencia de la clasificación, es instrumento para analizar la realidad, método de trabajo para agrupar observaciones y datos dispersos, clave de nuestro conocimiento de la naturaleza.

Actualmente la taxonomía dispone de medios técnicos poderosos que eran desconocidos hace unos años. Gracias a los ordenadores se pueden manejar datos y correlaciones, establecer comparaciones cuantitativas y desarrollar apreciaciones y medidas estadísticas que nos permiten afinar nuestras clasificaciones. Estos medios, junto con el desarrollo de métodos estadísticos, han hecho avanzar considerablemente la ciencia taxonómica hasta el punto que ha surgido una nueva ciencia: la *Taxonomía matemática* o *Taxonomía numérica*, que ha dado ya resultados de interés tanto desde el punto de vista teórico como del práctico.

Aquí queremos exponer algunas relaciones entre la Taxonomía matemática y la filosofía. La obligada concisión de este discurso permitirá solamente enunciar algunas ideas fundamentales y sugerir ciertos temas de trabajo que demuestran que la alianza entre la moderna taxonomía y los principios de la filosofía de la naturaleza pueden conducir a fructíferos resultados.

Pero antes de continuar esta exposición debo hacer una advertencia: la palabra **forma** la emplearemos aquí siempre en su sentido filosófico, es decir, para designar el principio activo que da a un ser individual su entidad y constituye su esencia. Es el equivalente a *calidad* o *esencia* de algunos autores modernos.

Vulgarmente la palabra **forma** se emplea como sinónimo del contorno de un objeto o figura. Hay que tener en cuenta que la figura o contorno de objeto es sólo una de sus propiedades, la que primero

(*) CH. MAURRAS, *Principes*. «Oeuvres Capitales». Flammarion, París 1954, pág. 178.

(**) *Loc. cit.* (49), pág. 219.

salta a la vista cuando se trata de cuerpos sólidos. El concepto filosófico de **forma** comprende un conjunto de cualidades inherente a cada objeto; entre ellas se encuentran las propiedades morfológicas que a su vez constan de figura externa y estructura interna (anatomía de los seres vivos, estructura atómica en los compuestos químicos, textura en las rocas, etc...). Además de las propiedades morfológicas que tienen un carácter sincrónico que prescinde del aspecto cambiante y dinámico de los seres, hay que tener en cuenta que en la definición de la forma pueden intervenir también propiedades diacrónicas tales como las *potencias* o *facultades* y también las *propiedades de filiación o dependencia* de otros seres o circunstancias. La *figura* es un aspecto de la morfología y la *morfología* un aspecto de la **forma**. Son las propiedades morfológicas las de más fácil acceso para la caracterización y estudio de los seres naturales y por esto es normal que sean las más utilizadas para los trabajos taxonómicos.

I. MATERIA Y FORMA

*Scientia nova in vetere continetur
dum vetus novam gignit.*

1.1. Los grados de abstracción

La taxonomía sólo tiene carácter científico cuando ambiciona algo más que establecer catálogos útiles o confeccionar claves determinativas. La taxonomía científica busca lo universal y utiliza como base de sus consideraciones el concepto de abstracción. Ya desde tiempos de ARISTÓTELES se reconoció que podían existir tres grados de abstracción según que se dejen de lado los casos particulares para buscar las leyes generales: *abstracción fenoménico-física*; o se consideren las relaciones puramente cuantitativas: *abstracción matemática*; o se busque la naturaleza íntima y fundamental de los seres u objetos: *abstracción filosófico-metafísica*. En el conocimiento científico se hace uso siempre, de un modo consciente o inconsciente, de estos tres grados de abstracción. Existe un tráfico de ida y vuelta entre las ideas generales (filosóficas) y los casos particulares pasando por los dos primeros grados de abstracción.

La idea básica de la taxonomía es la consideración de los caracteres definitorios de los conjuntos que se pueden formar con los seres

u objetos que se quieren clasificar. Sólo cuando son conocidos estos caracteres de un modo cualitativo, se puede pasar a apreciarlos cuantitativamente, pues la cantidad es sólo un atributo de la calidad.

Por la influencia y el prestigio de la física (ciencia de la cantidad) se ha generalizado la pretensión de reducir la calidad a la cantidad hasta llegar a confundirla. En el fondo se trata de una reducción de lo superior a lo inferior y la pretensión de obtener «lo más» a partir de «lo menos» es, como dice R. GUÉNON (41), una de las aberraciones modernas. Esta «aberración» no es en el fondo más que la resurrección de las ideas de DEMÓCRITO a las que se oponen las de PLATÓN. Los modernos «democritistas» manifiestan ordinariamente una repulsa hacia el platonismo que tachan de dogmático, idealista, caduco y representante de una época precientífica. Olvidan sin embargo, que DEMÓCRITO, anterior a PLATÓN, también floreció en una época precientífica. En cuanto al carácter dogmático está mucho más acentuado en el «democritismo» que en el platonismo, pues éste no tiene ningún inconveniente en admitir varios de los planteos y conclusiones de aquella tendencia, mientras que si se admite que existe un solo caso en el que lo inferior depende de algo que le trasciende, todo el sistema de DEMÓCRITO se derrumba.

La famosa afirmación de GALILEO *hay que medir todo lo medible y convertir en medible lo que no lo es* no está exenta de equívocos, es sólo la expresión de la finalidad de la física y no se puede considerar como válida para todos los conocimientos científicos. Siempre que se hace una medida se efectúa para apreciar o valorar una cualidad. Aun en el caso en que pudiésemos cuantificar todas las características de un objeto, quedaría éste expresado por una lista de valores, pero habría que indicar no sólo a qué corresponden estos números, sino también las relaciones cualitativas de los diferentes valores y la trama también cualitativa de los elementos más o menos cuantificables que constituyen el objeto.

La extensión misma, que según DESCARTES constituye el dato básico para la interpretación del mundo, es también algo cualitativo. Para que el espacio fuese puramente cuantitativo haría falta que fuese enteramente homogéneo y que sus partes no pudiesen ser distinguidas entre sí por otro carácter distinto del que le da una sola magnitud.

Lo mismo en la teoría que en la práctica no hay más remedio que admitir la dualidad: *calidad, cantidad*, dos nociones irreductibles una a la otra pero íntimamente ligadas en cada objeto.

1.2. Discontinuidades y especies

El sentido común y la experiencia confirman constantemente que el conjunto de los seres naturales no es un caos ni una serie continua, sino que está formado por entidades distintas y por conjuntos diferenciables de seres análogos que presentan una jerarquía de naturalezas distintas. MEYERSON (49) expresaba esta estructura y la discontinuidad de la realidad diciendo que la realidad es «fibrosa», que se compone de fibras distintas como un tejido orgánico. El conjunto de seres de la misma naturaleza se llama *especie* (*); la realidad está organizada en especies; el distinguir y definir éstas es la tarea primordial de la ciencia. Los seres naturales se ordenan en especies cada una de las cuales se define por un conjunto coherente de caracteres.

La taxonomía es posible gracias a la existencia de discontinuidades. Existen diversas especies de seres y de objetos y dentro de cada especie pueden existir multitud de individuos todos ellos con los caracteres de la especie a que pertenecen pero diferenciándose por accidentes particulares, propios de los individuos o de los grupos de individuos que pueden constituir subespecies más o menos diferenciables.

Lo que los filósofos han llamado siempre la *especie* reúne los individuos que tienen una naturaleza determinada dada por un conjunto de *características específicas* que son comunes a todos los individuos que pertenecen a la especie. Para definir esta naturaleza se tiene interés en utilizar caracteres que permitan clasificar los individuos en conjuntos bien definidos que expresen una discontinuidad entre las especies. Son las discontinuidades las que permiten definiciones precisas.

Las mezclas, confusiones o interferencias de varias especies pueden aumentar hasta el infinito la riqueza y la diversidad de los seres naturales, pero sólo se llegará a un conocimiento científico si se logra distinguir separar y analizar la naturaleza de las especies que han producido las mezclas, confusiones e interferencias.

(*) Esta definición de especie no prejuzga nada sobre su variabilidad o invariabilidad, indica simplemente que existen seres que tienen la misma naturaleza.

1.3. Materia, forma y *philosophia perennis*

Todo ser material está constituido por dos elementos, la **materia** (que es lo que le da su individualidad) y la **forma**, que le suministra su naturaleza. Todos los seres de una misma especie tienen una misma *forma específica* pero están formados por porciones distintas de materia. La **materia** es pues el principio pasivo (el principio femenino, *mater*: materia), es simplemente la posibilidad de existir bajo diferentes **formas**, pues vemos constantemente cuerpos que cambian de naturaleza y la materia pasa de una **forma** a otra.

Esta dualidad de materia y forma es la base de la antigua teoría hilemórfica (del griego *ύλη* = materia y *μορφη* = forma) que constituye una de las bases de la filosofía de la naturaleza.

Esta constitución dualista, *hilemórfica* de los seres y objetos, fue reconocida de antiguo no sólo por ARISTÓTELES sino que, según R. GUÉNON, se encuentra también en la tradición hindú que designa los dos constituyentes materia y forma por los nombres de *nāma* y *rūpa* (41).

D'ARCY W. THOMSON en el libro «On the Growth and Form» (19) reconoce la primacía de la forma para el conocimiento de los seres materiales, dice: *las células y los tejidos, las conchas y los esqueletos, las hojas y las flores, todas son porciones de materia pero sus partículas se han movido y conformado de acuerdo con las leyes de la física. No son excepciones a la regla que dice: DIOS HACE GEOMETRÍA.* Pero, añadimos nosotros, lo importante para determinar la **forma**, más que las leyes, es la *conjunción armónica* de las leyes, no son las regularidades separadas unas de otras, sino la ordenación existente entre todas ellas. Es la «**forma**» en el sentido filosófico de la palabra, el conjunto coherente de caracteres y razones que han dado su naturaleza a las células y a los tejidos, las conchas y los esqueletos, a las hojas y a las flores.

El hilemorfismo ha sido desde el siglo XIII, en que fue difundido por la escolástica especialmente por Santo Tomás de Aquino (68), objeto de numerosísimos análisis, discusiones y desarrollos en los que no podemos entrar aquí. Los tratados de filosofía de la naturaleza le consagran siempre largos capítulos y algunos autores recientes se han ocupado de estudiar sus relaciones con la ciencia moderna, aunque justo es reconocer que no son muchos los científicos que sean

afines al hilemorfismo ni tampoco son muy numerosos los filósofos modernos que se ocupan de estas fecundas naciones; las más de las veces por prejuicios antiescolásticos o por estar contaminados por el virus de la originalidad que les incita a mirar con prevención todo desarrollo filosófico clásico.

El hecho es que los hombres de la ciencia cuando se ocupan de interpretar la realidad son, la mayor parte de las veces sin saberlo, hilemorfistas en el planteamiento de los problemas referentes a la constitución de los seres materiales. En efecto todos los investigadores, lo mismo si se ocupan de estructura atómica que de anatomía o citología, buscan dilucidar a partir de fenómenos o deducciones más o menos complicadas la trama de la estructura y en el fondo quieren conocer las razones de ser y las leyes que han obligado a la materia a disponerse de modo como se encuentra y no de otro modo distinto. Al fin y al cabo buscan la *forma sustancial* de la filosofía clásica y persiguen el principio activo que determina la materia.

Los filósofos podrán edificar teorías fenomenistas, materialistas o energetistas, pero siempre cuando se trata de analizar lo concreto tienen que recurrir, quieran o no, a la filosofía del sentido común, la filosofía del conocimiento vulgar. Si el conocimiento vulgar y espontáneo basado en los sentidos no valiese nada, todos los instrumentos y razonamientos del mundo sólo harían que se multiplicasen nuestros errores puesto que con nuestros sentidos y con nuestra razón manejamos todos los instrumentos y obtenemos todas las deducciones. Los razonamientos y las observaciones científicas no son sino formas más elaboradas, precisas y sistemáticas del conocimiento vulgar. Esto no quiere decir que los sentidos y los razonamientos no puedan inducirnos a error, pero estos errores sólo los podemos descubrir y corregir con otros datos de los sentidos y otros razonamientos más o menos complicados pero basados siempre en el «buen sentido» que, como decía DESCARTES, es la cosa del mundo mejor repartida pues todos creen poseer una dosis suficiente y nadie se queja de carecer de él.

Creemos que el hilemorfismo es un aspecto importante de lo que LEIBNITZ llamó la *philosophia perennis* que toma como base de sus desarrollos las verdades del sentido común.

No faltan los que piensan que la filosofía tradicional basada en el sentido común es simplemente una «filosofía para andar por casa» y que ahora que la ciencia rebasa fronteras otrora prohibidas en las

dimensiones y en tiempo, tenemos que abandonar como caduca aquella filosofía. Pero no olvidemos que aquellos que nos dedicamos a las Ciencias Naturales seguimos «andando por casa» donde todavía tenemos mucho que aprender y más que comprender. Aquellos que, con espíritu aventurero, «salen de casa» a mundos ignotos más o menos bien definidos, cuando los quieren llegar a comprender no tienen más remedio que «volver a casa» y si no saben andar por ella difícilmente comprenderán lo que han visto fuera (*).

En el estudio de la naturaleza, la filosofía tradicional, la *philosophia perennis*, no sólo no puede ser ni desconocida ni despreciada, sino que su desarrollo permite profundizar muchas nociones útiles para la investigación científica a todos los niveles.

No es difícil adivinar (aunque se haya negado) (**) que en el trasfondo de la filosofía de LEVI-STRAUSS, en el concepto de «holismo» de J. CH. SMOTS en las «mónadas» de LEIBNITZ y aun en el estructuralismo matemático de BOURBAKI se encuentra la nostalgia de la noción de **Forma** (56).

Creemos que la colaboración entre la filosofía tradicional y la taxonomía ha de aportar también ideas fructíferas para el análisis del dualismo de la *Energía* y la *Información*, actuando aquélla como «**materia**» y ésta como «**forma**».

1.4. Unicidad y pluralidad de la forma

Un capítulo de la teoría hilemórfica particularmente interesante para la taxonomía es el de la unicidad de las **formas sustanciales**. Este problema ha dado origen a múltiples controversias durante los siglos XIV y XV principalmente. Con el olvido o arrinconamiento de la filosofía escolástica cesaron las controversias durante muchos años, pero actualmente que se tienen conocimientos más precisos sobre la composición y estructura de los cuerpos materiales, estas controversias recobran actualidad y así lo han reconocido autores modernos como DESCOQS (22), TONQUEDEC (70), DAUJAT (20), (21) y BUCHER (13) entre otros.

(*) Es algo parecido a lo que ocurre con las nuevas lógicas, que siempre resultan tributarias de la lógica clásica que podría llamarse *lógica perennis* como ha demostrado muy acertadamente J. CASAUBON (15).

(**) Ver *Introducción al estructuralismo*. Ediciones «Nueva Visión». Buenos Aires 1969, pág. 117.

El problema de la unicidad o pluralidad de las **formas** no es, como algunos han dicho, un mero juego de palabras, consiste en decidir si en cada individuo o en cada especie existe una **forma** única (unicidad) o una superposición de **formas** más o menos coordinadas (pluralidad). Dicho de otro modo, decidir si los componentes pierden o no su individualidad cuando se integran en una naturaleza diferente de la que tenían los componentes aislados. El caso más sencillo es el de la diferencia entre mezcla y combinación tal como se expresa en los tratados elementales de química. En el caso de la mezcla persisten los componentes y su «**forma**» se reduce a unas relaciones de vecindad o interacción entre las **formas** de los componentes. En el caso de la combinación aparece una **forma** nueva.

Pierre DUHEM en su obra monumental en diez volúmenes *Le système du monde* (25) analiza las fases de la apasionante controversia entre los uniformistas y los pluriformistas. De paso me permitiré remitir a esta obra a aquellos que con evidente ligereza hablan de «las tinieblas de la Edad Media» sin conocer la intensa vida intelectual, los prodigios deductivos de tantos y tantos filósofos que ilustraron las universidades de aquellos tiempos.

Varios son los autores que vemos implicados en estas polémicas y cuyas ideas tienen interés desde el punto de vista taxonómico.

SAN BUENAVENTURA y DUNS SCOTO (*) admiten que «en cada individuo existe una superposición de **formas** cada una más restringida que la anterior y la totalidad de estas **formas** lo determinan completamente». Cada una de estas **formas** no sería la **forma** completa pues no bastaría ella sola, si se uniese a la materia, para determinar su esencia. A todas estas **formas** se superpone una **forma** final que cierra el conjunto y constituye la **forma** propia que le confiere existencia individual.

Roger BACON al sistematizar las tesis del *Fons vitae* de AVICEBRON afirma (**) que todo cuerpo está formado por **materia** y **forma**, pero tiene *varias formas* que se superponen unas a las otras desde la **forma** más general hasta la forma individual más particular y existe un *escalonamiento* de las **formas**.

Joannis de JANDUNO (***), profesor del colegio de Navarra en 1316, afirma que puede ocurrir que exista una superposición de

(*) DUHEM, *Loc. cit.* (25), vol. VI, pág. 101.

(**) DUHEM, *Loc. cit.* (25), vol. VI, pág. 106.

(***) DUHEM, *Loc. cit.* (25), vol. VI, pág. 554.

un gran número de formas en orden decreciente. *Una es la forma por la que el hombre es hombre, otra la forma por la que es animal, otra sustancia viva, otra un ser del mundo material, etc.*

TONQUEDEC (70), a pesar de tener en cuenta los modernos descubrimientos de las ciencias naturales, se muestra decididamente uniformista y dice que *la unicidad de la forma es tanto más íntima* cuanto más nos elevamos en la jerarquía de los seres. Retengamos esta idea de *mayor o menor grado de cohesión* de la forma pues será útil el discutirla algún día.

1.5. Materia, forma y taxonomía

Sólo son directamente asequibles a nuestra observación los individuos. Aun en el caso de compuestos químicos en que el individuo molecular no es asequible directamente, lo conocemos por medio de observaciones de un conjunto de ellos que nos permiten deducir sus características estadísticas. Nos representamos una molécula suponiendo que todas las del conjunto se desvían de este modelo por caracteres individuales secundarios. La **forma** de un individuo es una *forma individual* que conocemos a través de un cierto número de caracteres propios. La experiencia enseña que en muchos casos los individuos se pueden agrupar en conjuntos naturales bien definidos caracterizados por caracteres comunes a todos ellos. Estos caracteres son caracteres específicos de la especie a que pertenecen todos los individuos del conjunto. Los caracteres de la forma individual de cada uno de ellos se puede considerar formada por dos partes: los caracteres propios de la forma específica F_e y la diferencia entre los caracteres de la forma individual F_i y los de la forma específica. Se podría para simplificar escribir:

$$F_i = F_e \cup F'_i$$

donde F'_i indicaría el conjunto de los caracteres individualizadores.

Lo mismo que hemos dicho para las formas individuales se puede decir para las formas específicas; cuando es posible agrupar éstas de un modo natural en conjuntos bien definidos por un conjunto de caracteres comunes a un conjunto de especies resultarían así formas genéricas F_g y se podría escribir

$$F_e = F_g \cup F'_e$$

donde F'_e indicaría el conjunto de los caracteres especificadores.

Se puede continuar con grupos cada vez más generales que reúnan los géneros. Lo propio de la taxonomía es la constitución de grupos taxonómicos lo más lógicos y homogéneos posible, pero para estudiar esto es necesario definir los elementos a través de los cuales es posible reconocer los caracteres taxonómicos.

2. ATRIBUTOS, PROPIEDADES Y UNIDADES TAXONOMICAS

Si per multos annos viveres, adhuc naturam unius festucae seu muscae seu minimae creature de mundo ad plenum cognoscere non valeres.

SAN BUENAVENTURA

2.1. Propiedades y atributos taxonómicos

La idea básica de la taxonomía es la formación en un conjunto de entes homogéneos o comparables, de subconjuntos caracterizados por un determinado criterio de igualdad, a través de ciertas propiedades que se llaman *propiedades taxonómicas*. Independizarse del carácter subjetivo en la elección de las propiedades taxonómicas es la finalidad de toda clasificación científica. Si en el conjunto C , formado por $e_1, e_2 \dots e_i \dots e_n$ elementos se pueden definir $p_1, p_2 \dots p_j \dots p_m$ propiedades, todos los elementos del conjunto que tienen la misma propiedad p_j (o simultáneamente las propiedades p_j y p_k) se llaman iguales según el criterio p_j (o p_j y p_k).

Escribiremos:

$$e_n = e_i \text{ (crít. } p_j)$$

o

$$e_n = e_i \text{ (crít. } p_j, p_k).$$

Las propiedades o particularidades que pueden utilizarse como criterios de igualdad en un conjunto de elementos homogéneos o comparables son manifestaciones o modalidades de *atributos* inherentes a los entes del conjunto.

En los seres materiales se pueden considerar diversos tipos de

atributos. Todos los atributos son expresión de cualidades; algunas cualidades pueden expresarse por medio de un número resultado de una medida, la propiedad entonces es una *magnitud* y el atributo correspondiente es un *atributo cuantitativo continuo* tal como ocurre con el peso o la resistencia eléctrica. Hay atributos cuyos estados o modalidades no varían de un *modo continuo* sino discreto, son *atributos cuantitativos enumerables*, tal ocurre con la simetría por ejemplo; entre dos grupos de simetría no existe término intermedio.

Los atributos no cuantificables ni enumerables se pueden expresar en términos de una dicotomía, bien por ausencia o presencia de determinado atributo (por ejemplo: plantas con flores o sin flores) o por una tricotomía: presencia de un carácter o su opuesto (*) (levogiro o dextrogiro) o ausencia de este carácter (inactivo ópticamente).

Los atributos pueden clasificarse también en *intrínsecos* y *extrínsecos*. Los primeros se refieren a propiedades propias de los individuos y los extrínsecos corresponden a relaciones de los individuos con seres o circunstancias exteriores a él o a circunstancias de origen y filiación.

Los atributos intrínsecos de los seres materiales pueden clasificarse de un modo natural en cuatro categorías:

atributos geométricos se refieren a las relaciones de situación y medida y a las regularidades de los elementos que lo constituyen.

atributos físicos son expresables por magnitudes referidas a sistemas de unidad.

atributos químicos indican la constitución y la estructura atómica del ser o las variaciones de éstas frente a los agentes físicos o químicos.

atributos biológicos sólo se presentan en los seres vivos y se refieren a las funciones de éstos, sus posibles relaciones con el medio y sus relaciones de origen y filiación.

Estos tipos de atributos se manifiestan en los individuos como *propiedades* características de cada uno de modo que la descripción de cada uno de los individuos puede reducirse a una lista de sus propiedades, pues es a través de ellos que los conocemos. Las pro-

(*) En la mayor parte de los textos de estadística se llaman *variables continuas* a lo que llamamos atributos cuantitativos, *variables discretas* a lo que llamamos atributos enumerables y se llama *atributos* a los atributos cualitativos no cuantificables.

propiedades no son el individuo sino únicamente las características que lo manifiestan. El número de propiedades que se pueden distinguir en un individuo, sea éste de la índole que fuese, es tan grande que ya en el siglo XIII SAN BUENAVENTURA pudo decir que aunque pasásemos toda una vida estudiando el más ínfimo de los seres, no agotaríamos el análisis de sus propiedades. La existencia de tan gran número de propiedades de los seres y la obligada limitación de las propiedades que podemos tener en cuenta para caracterizarlos, da siempre un aspecto subjetivo y limitado a nuestro conocimiento, puesto que al no poder llegar a abarcar la totalidad de sus propiedades, nunca sabremos con absoluta seguridad si aquéllas que hemos considerado (porque han llamado poderosamente la atención a nuestros sentidos) son las más importantes o características.

2.2. Matriz taxonómica fundamental

Los elementos básicos para todo trabajo taxonómico son las propiedades correspondientes a cada uno de los entes que se quieren clasificar. Es necesario establecer una lista de estos caracteres y la manera más cómoda y sencilla es la confección de una matriz taxonómica con n columnas correspondientes cada una de ellas a un individuo y m filas que se refieren a los atributos considerados.

Si $I_1, I_2 \dots I_i \dots I_n$ son los n individuos considerados y $A_1, A_2 \dots A_j \dots A_m$ los m atributos que se tienen en cuenta, la matriz característica de este conjunto será

	I_1	I_2	I_3	...	I_i	...	I_n
A_1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	...	x_{i1}	...	x_{n1}
A_2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	...	x_{i2}	...	x_{n2}
A_3	x_{13}	x_{23}	x_{33}	...	x_{i3}	...	x_{n3}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_j	x_{1j}	x_{2j}	x_{3j}	...	x_{ij}	...	x_{nj}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_m	x_{1m}	x_{2m}	x_{3m}	...	x_{im}	...	x_{nm}

Donde x_{ij} expresa el valor del atributo A_j en el individuo I_i . Si se trata de atributos dicotómicos, x_{ij} se podrá expresar por 1 (presencia del atributo) o 0 (ausencia de este atributo, o presencia del contrario).

2.3. Las unidades taxonómicas

A partir de los datos contenidos en la matriz taxonómica fundamental se pueden organizar clasificaciones teniendo en cuenta las distintas propiedades de los individuos. La operación primordial es la constitución de unidades taxonómicas deducidas a partir de un criterio de igualdad.

El caso más sencillo es el correspondiente a la clasificación basada en un solo atributo A_j . En este caso si C es el conjunto de objetos a clasificar y se trata de un atributo con carácter dicotómico se puede dividir el conjunto en dos subconjuntos, uno formado por los individuos de C que posean el atributo j y otros que no lo posean, si llamamos C_j al primero subconjunto y C_j' , al segundo, tendremos evidentemente

$$C = C_j \cup C_j' \text{ y } C_j \cap C_j' = \emptyset,$$

todos los elementos de C_j serán iguales según el criterio j .

Si se trata de un atributo enumerable, la clasificación basada en este criterio conduce a la formación de r subconjuntos $C_{j,r}$ (siendo r el número de modalidades discretas de A_j), de modo que podemos escribir

$$C = \bigcup_{k=1}^r C_{j,k}$$

y tendremos que

$$C_{j,k} \cap C_{j,l} = \emptyset \text{ para todo } k \neq l.$$

Lo mismo en el caso de la dicotomía que en el de atributos enumerables los subgrupos están claramente definidos, se puede distinguir sin ambigüedad su pertenencia o su no pertenencia a un subgrupo basado en el atributo, se obtienen subconjuntos bien delimitados: *nítidos*.

Cuando se consideran atributos cuantitativos continuos, la división en subgrupos no es tan sencilla pues se deben considerar dos límites, uno superior y otro inferior, del valor de la propiedad correspondiente al atributo: Entonces se puede definir como criterio de igualdad

la presencia de cualquier valor del atributo entre los dos extremos x_j máx y x_j mín. Resulta que la pertenencia a los subconjuntos de individuos iguales con respecto al atributo no está exactamente definida, pueden resultar conjuntos no *nítidos* (*Unschärfe* de los autores alemanes, *ensembles flous* de los franceses) (6).

La formación de subconjuntos basados en un criterio de igualdad que considera dos o más atributos conduce a unidades taxonómicas, más restringidas. Así por ejemplo, si se consideran los atributos A_j y A_k se formarán subconjuntos $C_{j,k}$ tales que

$$C_{j,k} \subset C_j \quad \text{y} \quad C_{j,k} \subset C_k.$$

2.4. Relaciones entre los atributos

Cuando se consideran varios atributos para definir una unidad taxonómica hay que tener en cuenta que pueden existir relaciones de dependencia entre los atributos.

Dados los atributos A_j y A_k puede ocurrir que el valor, estado o modalidad de A_j no influya de un modo conocido sobre A_k ni viceversa, en este caso se dice que son independientes tal como ocurre en un mineral con el color y el peso específico.

Si A_j depende de A_k de modo que fijado el estado de A_k quede determinado el de A_j entonces se puede prescindir de A_j para la definición de la unidad taxonómica. Así por ejemplo, si un cristal pertenece a la simetría cúbica será isótropo y no será necesario utilizar la isotropía como carácter definitorio. Si A_j depende de A_k y viceversa entonces basta con utilizar uno de los dos atributos. Si A_j depende de A_k y simultáneamente de otros atributos A_r, A_s, \dots , entonces existe una relación de dependencia entre un conjunto de atributos y se debe escoger el grupo de éstos que sea más cómodo, formado por un número suficiente de atributos de modo que todos los demás del grupo queden definidos. Por ejemplo, si se trata de un poliedro el número de aristas depende del número de vértices pero también del de caras. Se pueden tomar como atributos definitorios dos elementos cualesquiera de estos tres.

Las relaciones de dependencia entre los atributos pueden ser lógicas o experimentales, dependiendo estas últimas del grado de desarrollo de nuestro conocimiento y, por tanto, sujetas a revisión. También hay que tener en cuenta las correlaciones de atributos basadas

en una dependencia estocástica, es decir el caso en el que la probabilidad de la existencia de una propiedad esté condicionada por la presencia (o ausencia) de otra u otras propiedades.

Como indiqué hace algunos años (33), siguiendo a nuestro compañero Ricardo SAN JUAN (63), los criterios de igualdad empleados en taxonomía pueden ser definidos por el conjunto de todas las transformaciones a las cuales se pueden someter los individuos a clasificar sin que cambie la (o las) propiedades que definen este criterio. Este conjunto de transformaciones constituye siempre un grupo en el sentido algebraico, pues la noción de igualdad llevan consigo los caracteres *idéntico, recíproco y transitivo*.

Si $P_1, P_2 \dots P_m$ son los m propiedades taxonómicas que pueden servir para definir criterios de igualdad en un conjunto de individuos y $G_1, G_2 \dots G_m$ los grupos de transformaciones que conservan cada una de estas propiedades, las relaciones entre dos propiedades cualesquiera P_r y P_s que no se excluyen pueden ser de uno de los tres tipos siguientes:

1.º La variación de P_r lleva consigo la variación de P_s y viceversa (depende de P_s y P_s de P_r), entonces $G_r = G_s$.

2.º La variación de P_r lleva consigo la variación de P_s , pero la de P_s no depende de la P_r . En este caso una transformación cualquiera contenida en G_s está en G_r , pero hay transformaciones de G_r que no se encuentran en G_s . G_s es un subgrupo de G_r ($G_s \subset G_r$).

3.º La variación de P_r deja invariante P_s y viceversa.

Las dos propiedades son independientes. Si $G_r \cap G_s \neq \emptyset$ (lo que ocurrirá siempre que se trate de un conjunto de individuos comparables) el grupo definido por $G_r \cap G_s$ definirá un nuevo criterio de igualdad (la simultaneidad de P_r y P_s).

Para formar todos los criterios de igualdad basados en m propiedades y por consiguiente todas las unidades taxonómicas posibles, se puede empezar por considerar los grupos de transformaciones que conservan cada uno de ellos una sola de las m propiedades, se buscan después los $G_r \cap G_s$ que definen los subgrupos comunes a cada combinación de dos grupos diferentes, se repite lo mismo con tres grupos $G_r \cap G_s \cap G_t$ y así sucesivamente hasta llegar al subgrupo común. En definitiva lo que se hace es obtener todos los posibles grupos definidos por la intersección de m grupos iguales o diferentes tomados de todos los modos posibles entre los grupos que definen las propiedades taxonómicas. El número de criterios de igualdad que se

pueden obtener resulta en seguida muy elevado; depende de las relaciones que existen entre los grupos que las definen. Si todas las propiedades son independientes, el número de grupos posibles (criterios de igualdad) que se pueden definir será:

$$\frac{m^2!}{m! (m^2 - m)!}$$

Si existen algunas relaciones de interdependencia entre los grupos, el número de criterios de igualdad disminuye. Si los grupos se pueden escalar de modo que

$$G_1 \supset G_2 \supset G_3 \dots \supset G_m$$

el número de criterios de igualdad queda reducido a m .

Los grupos de transformaciones que definen criterios de igualdad son características de unidades taxonómicas y sus relaciones de grupo a subgrupo sirven para elaborar taxonomías arborescentes. Se pueden enumerar así todas las clasificaciones posibles para cada conjunto de seres homogéneos y comparables (33).

Dado el conjunto de todas las clasificaciones posibles (conjunto que se puede enumerar siempre por lo menos teóricamente), el problema consiste en elegir la más conveniente. Para esto es necesario fijar el o los criterios para valorar cada una de las clasificaciones posibles y decidir cuál es la que cumple mejor las condiciones deseadas.

La valoración de las clasificaciones puede tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

Su comodidad como método determinativo.

Sus cualidades pedagógicas.

Su valor para obtener una representación coherente de la realidad en su aspecto lo más completo posible o considerada desde un punto de vista particular.

Su posible utilización para apoyar, demostrar o invalidar una hipótesis científica.

La elección de los criterios de valoración difícilmente se puede independizar de su carácter subjetivo. Sin embargo, la ciencia busca en la taxonomía la formación de grupos y categorías lo más coherentes y naturales posibles y para llegar a este resultado de un modo objetivo pueden ser de gran ayuda los métodos de la taxonomía matemática o taxonomía numérica.

3. TAXONOMIA MATEMATICA Y NOCION DE ESPECIE.

Si la nature était un chaos dans lequel toute délimitation était impraticable et où rien ne se répéterait, les sciences naturelles avec leurs concepts et leurs lois générales seraient impossibles.

PAUL NIGGLI

3.1. Clasificaciones monotéticas y politéticas

Las clasificaciones ordinarias empleadas en Ciencias Naturales son de carácter arborescente y la formación de las unidades taxonómicas con generalidad creciente se basan en la agrupación de individuos en especies, de éstas en géneros, de éstos en familias y así sucesivamente. Cada *Unidad Taxonómica* o *Taxón* está caracterizado por un conjunto de propiedades, todas ellas comunes con las propiedades características de la unidad taxonómica inferior. Cada unidad taxonómica está definida por un número de propiedades taxonómicas mayor del que define el taxón de orden inmediatamente superior. Si C_e , C_g , C_f representan el conjunto de propiedades que determinan respectivamente la especie, el género o la familia, etc..., se puede escribir:

$$C_e \supset C_g \supset C_f \dots$$

La elección de las propiedades taxonómicas que definen el paso de un taxón a otro de orden superior o inferior es normalmente el resultado de un sentimiento o intuición producido por un conocimiento de las propiedades de los seres que se clasifican. Se busca siempre el constituir grupos naturales caracterizados por conjuntos lo más coherentes posible de propiedades características.

El paso de una unidad taxonómica a otra inmediatamente superior

o inferior se basa en el caso más sencillo en la consideración de un solo atributo cuya ausencia, presencia o modalidad es el criterio diferenciador. Es el procedimiento utilizado normalmente en las claves determinativas de historia natural. Son las clasificaciones llamadas *monotéticas* (del gr. *μονο* = uno y *θεσις* = ordenación).

Algunos autores antiguos se dieron cuenta que la formación de las unidades taxonómicas debían tener en cuenta el *conjunto de los atributos* y se debían formar por la consideración del grado de *semejanza* basado, a ser posible, en la totalidad de los atributos susceptibles de ser definidos en el conjunto de objetos a clasificar.

ADANSON en dos memorias aparecidas en 1757 (1) y 1765 (2), respectivamente, una sobre malacología y la otra sobre botánica, expresó las ideas básicas de un nuevo método de clasificación que ahora se llaman *politéticas* basado en la noción de afinidad entre los objetos a clasificar. Este tipo de clasificaciones pueden aclarar la noción de clasificación natural.

Las ideas de ADANSON no fueron apreciadas en su verdadero valor por sus contemporáneos y hasta fueron atacadas por de CANDOLLE (14). Solo muy contados autores posteriores, como WHEWELL (*) en 1840 apreciaron el valor de las ideas de ADANSON.

La noción de afinidad según ADANSON se basa, como hemos dicho, en la consideración de la totalidad de los caracteres, así en su trabajo de malacología dice (1):

«Je me contenterai de rapprocher les objets suivant le plus grand nombre des degrés de leurs rapports et de leur ressemblances. Les descriptions qui serviront à établir cette ressemblance seront aussi les preuves les plus solides sur lesquelles seront appuyées les raisons que j'aurai de les rapprocher» (pág. XI).

Con los caracteres de semejanza organiza una *table de rapports* que es un esbozo de lo que llamamos «matriz taxonómica fundamental».

Una de las dificultades para el desarrollo de las ideas de ADANSON residía en la imposibilidad práctica de estudiar sistemáticamente las correlaciones entre muchos caracteres. Actualmente, gracias a las computadoras estas dificultades se pueden superar, y por esto algunos autores modernos (*) han resucitado las ideas de ADANSON y han

(*) Citado por SNEATH y SOKAL (66).

(*) Ver una bibliografía completa en (7), (17), (66).

demostrado que se les puede aplicar con éxito los métodos de la taxonomía matemática.

Los métodos de taxonomía matemática se basan en la consideración de las semejanzas o afinidades existentes entre los individuos a clasificar (o desde un punto de vista más general entre las unidades taxonómicas que se quieren ordenar). Se han propuesto varios métodos para apreciar estas semejanzas o afinidades (66), aquí sólo hablaremos del que nos parece más adecuado para nuestra finalidad, que es la búsqueda y definición de las unidades taxonómicas fundamentales o especies.

3.2. El espacio de los atributos

Utilizamos la noción de distancia entre individuos o táxones en el espacio de los atributos.

Dados n individuos (o unidades taxonómicas) en los que se puede apreciar m atributos, se dice que estos individuos son clasificables cuando a cada uno de ellos le corresponde un estado (o propiedad) para cada uno de los m atributos. Puede ocurrir, sin embargo, que alguno, o algunos, de los atributos, sean inexistentes o indefinibles en ciertos individuos, entonces a la propiedad o estado correspondiente a estos atributos se le asignará un valor 0.

Si definimos un espacio métrico de m dimensiones correspondiente cada una de ellas a un atributo, cada individuo quedará definido por m coordenadas cada una de ellas correspondiente a una de sus propiedades.

Si se trata de un atributo cuantificable será necesario definir en la dimensión correspondiente una escala adecuada (66).

Para los atributos que definen propiedades enumerables, sean dicotómicas o policotómicas, la coordenada correspondiente sólo podrá, evidentemente, tener valores discretos.

En el espacio así definido cada individuo vendrá representado por un punto dado por m coordenadas $x_{i_1}, x_{i_2} \dots x_{i_m}$ pudiendo ser algunos de estos valores nulos.

La distancia entre los puntos representativos de dos individuos h y k está relacionada con la semejanza o afinidad de los dos individuos con respecto a los atributos considerados.

Existen muchos sistemas para apreciar esta semejanza o vecindad, la más sencilla es expresar la distancia D_{hk} (*) por la fórmula

$$D_{hk} = \left[\sum_{j=1}^m (x_{hj} - x_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

D_{hk} es un valor inverso a la semejanza. Si se quiere que los caracteres muy variables tengan menos importancia en la apreciación de la semejanza se puede proponer la fórmula

$$D'_{hk} = \left[\sum_{j=1}^m (x_{hj} - x_{kj})^2 \left/ \frac{x_j \text{ máx}}{x_j \text{ mín}} \right. \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde $x_{j \text{ máx}}$ corresponde al valor máximo que tiene la coordenada en el conjunto de los n individuos y $x_{j \text{ mín}}$ el valor mínimo.

3.3. Las «nubes» de puntos representativos y la noción de especie

La distribución de los n puntos representativos de las especies en el espacio de los atributos puede presentar diversas modalidades. Cuando el número de atributos es mayor de 3, es difícil el representarse mentalmente las características de estas distribuciones ya que nuestra mente no está capacitada para manejar imágenes intuitivas en los espacios de dimensiones superiores a 3. Se puede sin embargo por analogía y por generalización manejar estas distribuciones, sea el que fuese su número de dimensiones. Los métodos de cálculo de que disponemos nos permiten conocer las características de estas distribuciones en cualquier espacio.

Cuando los puntos representativos se agrupan en conjuntos de puntos vecinos se dice que forman «nubes». A la producción de estas «nubes» en los espacios de los atributos le llaman «clustering» los autores de lengua inglesa. Proponemos traducir «clustering» por «arrumazón», palabra castellana de vieja raigambre marinera.

(*) Para el estudio de la «distancia» entre los puntos representativos conviene que la unidad empleada en cada dimensión se haga depender de la importancia que le queremos dar a cada atributo.

Si la arrumazón está suficientemente desarrollada se originan «nubes»; tanto más separadas o netas cuanto mayor individualidad tienen algunos conjuntos de individuos. La consideración de estas nubes netas o nítidas conduce naturalmente a la noción de *especie* que corresponde a unidades taxonómicas bien definidas o unidades taxonómicas fundamentales. La especie agrupa todos los individuos que tienen íntima semejanza o afinidad. La búsqueda de unidades taxonómicas fundamentales es la tarea principal de todo el que se ocupa de tareas de clasificación. En el fondo se busca grupos naturales que en nuestra mente correspondan a una unidad de pensamiento que comprenda la suma de las propiedades y diferencias que distinguen el ser, o conjunto de seres, de todos los demás. La formación de unidades taxonómicas de este tipo no es siempre posible, pero a ellas tiende toda ciencia descriptiva. Se busca *la naturaleza real, la esencia o lo que hace que la cosa sea lo que es* para emplear el lenguaje de la Escuela.

Cuando se pueden reconocer estas nubes netas, las propiedades se pueden clasificar *para cada nube*, en *propiedades específicas y propiedades accidentales*. En el caso límite existe una separación neta entre estos dos tipos de características, de modo que las propiedades específicas son idénticas para todos los *t* individuos de la «nube», mientras que las características accidentales varían de un individuo a otro. En la práctica es necesario apreciar cuantitativamente el valor «especificador» de cada uno de los atributos que se expresan por estas propiedades.

De la noción de especie, o sea de *unidad taxonómica fundamental* o de primer orden, se deduce una nueva clasificación de las propiedades, pues en cada individuo habrá propiedades comunes a todos los individuos de la especie (*propiedades específicas*); las otras propiedades que no son específicas son caracteres individuales o particularidades que constituyen *propiedades individuales*. Las propiedades individuales pueden a su vez clasificarse en dos grupos: aquellas que son *permanentes* y aquellas que son variables y *contingentes* que pueden admitir diversas modalidades o valores sin que el individuo pierda su naturaleza, tal como ocurre con la temperatura o con la edad en los seres vivos.

Según estas ideas existen pues dos categorías principales en los seres materiales, el individuo y la unidad taxonómica fundamental o especie.

Si A_i son los atributos de un individuo y A_e los atributos esenciales de la unidad taxonómica fundamental en la que está contenido el individuo, todos los atributos A_e pertenecerán a A_i pero se podrá escribir:

$$A_i = A_e + A_x$$

donde A_x son los atributos particulares que caracterizan a los individuos. El problema fundamental de la morfología es la búsqueda de los A_e , pues son los que definen lo esencial de todos los individuos que a ella pertenecen.

Los atributos de la unidad taxonómica fundamental son necesariamente muy numerosos, pero tenemos interés, por economía, a reducir al *mínimo su número* y que cada uno de ellos posea el *máximo de potencia definitoria*.

Proponemos dos métodos para la medida de este carácter especificador.

El primero define un valor que expresa el valor «especificador» de cada atributo por medio de un valor S_j dado por la fórmula

$$S_j = 1 - \left[\frac{1}{t} \left(\sum_{i=1}^t (x_{ij}^2 - \bar{x}_j^2) \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde \bar{x}_j es el valor medio del atributo j para todos los individuos de la nube, o sea,

$$\sum_{j=1}^t x_{ij}/t$$

a todas los atributos específicos que sean rigurosamente iguales para todos los individuos les corresponderá el valor $S_j = 1$, y los atributos accidentales estarán tanto más alejadas de los específicos cuanto menor sea el valor de S_j correspondiente.

Se pueden clasificar los atributos de una especie por los valores de S_j decrecientes y representar en una curva descendente la variación de S .

Los atributos quedarán ordenados, desde aquellos que son

constantes en todos los individuos de la especie, hasta aquellos que varíen considerablemente de uno a otro.

Pueden existir dos casos límite según la forma de esta distribución. Si los atributos se pueden clasificar en dos grupos bien definidos, uno correspondiente a aquellos que tienen un valor de S_j igual o muy próximo a 1 y otro en que S es netamente inferior a uno, entonces los dos tipos de atributos específicos e individuales se pueden diferenciar fácilmente. En cambio, cuando la curva que da la variación de decreciente no presenta ningún escalón y se acerca más o menos a una curva de la forma e^{-x} , entonces no es posible reconocer atributos específicos; la noción de especie no tiene significado.

El segundo método de diferenciación de las propiedades específicas se basa en la consideración del «volumen» de la nube en espacios de los atributos con número de dimensiones decrecientes. Algunos de los atributos producen mayor dispersión que otros en los puntos representativos. El problema consiste en determinar cuál es la variación de la dispersión cuando se prescinde de 1, 2, 3 ... atributos tomados de todos los modos posibles. Se llega así a una curva parecida a la anterior. Con su ayuda se pueden reconocer el valor especificador de los caracteres.

3.4. Valor taxonómico de las unidades taxonómicas y forma específica

Las unidades taxonómicas están definidas por un conjunto de propiedades características tanto más numerosas y bien delimitadas cuanto mayor sea el «valor taxonómico» de la unidad. El caso mejor definido es el de la *especie* al cual corresponde el concepto de **forma específica** según la teoría hilemórfica.

La unidad taxonómica fundamental está caracterizada en las diferentes categorías de seres por un cierto número de atributos coherentes que forman una unidad que expresa la naturaleza de la especie a que pertenece un conjunto de individuos. Pero el llegar a conocer y definir los atributos específicos es el fruto de un largo y penoso trabajo que no se limita a considerar los datos sensibles inmediatos.

Los atributos específicos de la unidad taxonómica fundamental son los que caracterizan la **forma** de la especie. No es que la **forma** en el sentido filosófico de la palabra esté constituida por los atribu-

tos, como querría la escuela fenomenista, sino que es posible a través de los atributos reconocer las **formas** que son la razón de existencia de la especie y los principios de organización y ordenación que informan la materia.

Las Ciencias Naturales buscan siempre las unidades taxonómicas fundamentales, pues su conocimiento y definición permite organizar nuestro saber científico. No es siempre posible definir de un modo unívoco estas unidades taxonómicas, bien porque no existan en el conjunto de individuos considerados, bien porque no hayamos llegado a detectar sus atributos esenciales. Tal ocurre, por ejemplo, cuando los individuos que se quieren clasificar pertenecen todos a una misma especie, entonces las ordenaciones en subconjuntos de categoría inferior a la especie no suelen tener en general un carácter nítido (*) y sus atributos no forman un conjunto coherente. También pasa lo mismo cuando los individuos a clasificar son mezclas de dos o más especies en las que el carácter fundamental es la proporción mayor o menor de los componentes, rara vez se llega entonces a constituir con ellas subconjuntos nítidos.

Para que se pueda hablar con propiedad de especies definidas en un conjunto de individuos caracterizados por m propiedades se necesitan tres condiciones.

1. Formación de nubes nítidas en el espacio de los atributos.
2. Existencia de atributos específicos comunes a todos los conjuntos definidos por las nubes nítidas.
3. Que el número de atributos específicos sea suficiente para definir una forma sin ambigüedad.

El problema del reconocimiento de nubes individualizadas (nítidas) ha sido tratado por varios autores (6). Algunos definen la «especie» por medio del llamado «cluster center» o centroide que se puede fijar matemáticamente. Puede coincidir con el punto representativo de un individuo o ser una forma media.

La ciencia, se quiera o no, ha ido siempre, e irá siempre, tras la noción de especie, de categorías distintas y bien caracterizadas, pues es sólo de este modo que se puede llegar a tener ideas claras sobre la realidad. Está fuera de las posibilidades de esta exposición el entrar en consideraciones sobre la existencia en sí de las especies;

(*) AZORÍN (F.), *Conjuntos no nítidos y modelación laxa en taxonomía matemática*. (Trabajo presentado en las «Jornadas de Estadística e Investigación operativa». Madrid, marzo 1976.)

tendríamos que desempolvar las antiguas disputas entre el nominalismo y el realismo. Sólo diremos que lo que es objeto del conocimiento son las naturalezas universales, y éstas son existentes y no son de ningún modo «palabras vacías», como decían los antiguos nominalistas y afirman aún sus seguidores actuales.

Cuando hacemos ciencia caminamos tras estas naturalezas universales y no creemos que perseguimos un fantasma vano.

Todo estudio científico utiliza en mayor o menor grados conceptos tipológicos, todos somos en cierto modo tributarios de PLATÓN, todos utilizamos conceptos generales como realidades, llámense «pattern», «arquetipo», «Bauplan», «Morfortipos» o «definiciones». La importancia de la tipología, como ciencia filosófica general, no ha disminuido a pesar de que ciertos autores la han querido desacreditar con la calificación de «morfología idealista» o de «elucubración metafísica», que por su ignorancia esta última palabra adquiere carácter peyorativo.

3.5. Número de formas posibles y reconocibles

Si las formas quedan caracterizadas por un número determinado de atributos nada nos impide estudiar y enumerar las formas posibles teóricamente. Cuando se llega a conseguir esto se puede decir que se ha alcanzado el máximo desarrollo en el conocimiento de la realidad material (35).

Si el número de propiedades específicas es P y el de modalidades o estados reconocibles o detectables en cada atributo es K, llamaremos A_k al número de atributos que pueden contener K modalidades o estados (*), entonces:

$$P = \sum_k A_k.$$

El número N de formas *posibles y reconocibles* en un conjunto de objetos clasificables en los que se pueden apreciar estas P propiedades específicas será:

$$N = \prod_k K^{A_k}.$$

(*) Si se trata de un atributo continuo se podrá convertir en enumerables considerando estados discretos diferenciables en intervalos dados por la precisión con la que se ha apreciado.

Los números que se obtienen son en general muy grandes pero son finitos.

Cada unidad taxonómica comprende un número determinado de unidades taxonómicas de orden inferior. Este número es en la mayoría de los casos mucho menor que el número de unidades taxonómicas posibles.

Si se trata de un género que comprende varias especies y los atributos especificadores son enumerables, se puede por la fórmula dada más arriba determinar el número de todas las especies matemáticamente posibles dentro del género. Pero en general, no todas las posibilidades se encuentran en la realidad sino que actúan principios de selección: correlaciones entre atributos o la ausencia sistemática de algunos de los valores de ciertos atributos (35).

El estudio de estos principios de selección permite enunciar leyes que gobiernan las formas naturales. Se puede medir el grado de desarrollo de una ciencia morfológica por su mayor o menor conocimiento de las reglas de selección que permiten prever cuáles son las formas que existirán en la realidad dentro de todas las formas posibles.

Es en la estructura atómica y en la cristalografía donde se ha llegado a una perfección mayor en la enumeración de las posibilidades morfológicas y su confrontación con la realidad. Esto es debido al hecho que los atributos característicos de las especies son poco numerosos, enumerables y limitados por principios de exclusión.

4. TRANSFORMACION Y ORIGEN DE LAS FORMAS

*Ergo scientia studium relationum inter
quod mutatur et quod manet est.*

4.1. Estudio sincrónico y diacrónico de las formas

Hubiese deseado abordar en este discurso el trascendental problema del cambio y del origen de las formas, en honor a la brevedad necesaria en este género de disquisiciones, me veo obligado a indicar solamente el beneficio que se puede obtener al iluminar los problemas del cambio y de los orígenes a la luz conjunta de la *philosophia perennis* y de los recientes estudios sobre la taxonomía y morfogénesis. Son necesarias algunas precisiones de concepto y

de nomenclatura para estudiar las aplicaciones de nuestras ideas a casos particulares.

En el estudio de las formas de la naturaleza no se puede prescindir de una actitud diacrónica; las formas, en efecto, están sujetas a transformaciones, a cambios y alteraciones. Aun las formas que parecen más estables en invariables, como puede ser un cristal, son en su esencia sistemas dinámicos en que la variable tiempo tiene un significado. Variaciones a veces tan rápidas como pueden ser las ondas de oscilación térmica, o tan lentas como puede ser la formación de un estado metamictico, hacen que un cristal parezca la imagen de lo estable y definitivo, pero que esta estabilidad sea sólo aparente, «todo cambia, todo pasa» y no es posible bañarse dos veces en el mismo río como decía HERÁCLITO.

Quiero creer que no es por influjo de mi condición de cristalógrafo el que haya considerado siempre con prevención las actitudes que tienden a dar supremacía y hasta exclusividad al aspecto diacrónico de la realidad. Actualmente conducen estas actitudes a no pocos pensadores y científicos a adoptar inconsideradamente actitudes panevolucionistas o historicistas que son difícilmente defendibles filosóficamente, y sólo son útiles en la ciencia ficción (39). Cuando se considera objetivamente el mundo material que nos rodea, comprobamos la existencia de cambios y transformaciones, pero éstos se pueden estudiar gracias a la existencia de una clara dualidad; en todo cambio *hay algo que cambia, pero también hay algo que permanece*. Y lo que permanece después del momento t_0 en que se verificó el cambio, no solamente es imposible cambiar, pues es un *hecho* el que la realidad anterior al cambio *existía* en el momento $t_0 - \Delta t$, y también que en el momento $t_0 + \Delta t$ permanecen ciertos de los atributos que existían antes de t_0 ; si no permaneciese algo de lo anterior tendríamos un caso de creación *ex nihilo*.

4.2. Cambio y estabilidad

En la relación entre lo que cambia y lo que permanece se pueden reconocer enseguida dos casos típicos, según que exista o no cambio de especie.

Cuando existe cambio de especie la **forma** existente antes de t_0 desaparece y queda sustituida por otra, el cambio ha afectado a un cierto número de atributos entre los que se encuentran necesaria-

mente atributos específicos. Si no existe cambio de especie la variación sólo ha interesado atributos individuales y el resultado de la transformación no afecta a la forma específica.

El cambio de especie típico es un cambio brusco, instantáneo, discontinuo, puesto que si así no fuese existiría una forma intermedia y se trataría en realidad de varias transformaciones; por el contrario, cuando no existe cambio de especie la transformación puede realizarse paulatinamente e irse modificando los atributos lentamente, de modo que al final de estas modificaciones nos encontramos con un objeto muy diferente del de origen, pero de la misma especie. Con esto tenemos un nuevo dato para reconocer la existencia de especies, pues cuando son «especies reales» son el resultado de un cambio brusco.

Salvo en el caso de la Creación «ex nihilo» (cuyo estudio sólo puede hacerse con medios que trascienden los puramente histórico-naturales) (*) las formas son normalmente el producto de una transformación o un cambio y el estudio de estas transformaciones o cambios nos permite introducirnos en el mundo del origen de las formas, de la morfogénesis. Toda morfogénesis es el resultado de un cierto número de agentes morfogenéticos y éstos pueden clasificarse en dos grupos, según que sean inherentes o externos a la forma que origina el nuevo ser.

4.3. Agentes morfogenéticos internos. Genotipo y potencia

Los agentes morfogenéticos internos o propios de una **forma** origen se pueden reunir en el concepto de potencia o capacidad para efectuar algo (en este caso un cambio de **forma**), potencia en la que hay que distinguir la capacidad con respecto a la nueva forma o potencia pasiva y potencia activa, es decir, la posibilidad de desarrollar sus potencialidades morfogenéticas.

La potencia activa puede incluirse en un concepto ampliado de genotipo. Este genotipo no es al fin y al cabo más que *el contenido*

(*) Un estudio preciso y detallado de las relaciones e interferencias entre lo sobrenatural y la realidad material puede verse en la documentada obra de TONQUEDEC (69).

La obra de SERTILLAGES, *La Création et ses retentissements en philosophie* (64) no está a nuestro juicio exenta de crítica; ver, por ejemplo, J. DALMAU y J. F. SAGUES, *Sacrae Theologiae Summa* (BAC), tomo II, págs. 514-515.

en información de una **forma** dotada de la posibilidad de transformarse en otra.

El concepto de genotipo, que se emplea ordinariamente en el campo de la biología, fue introducido por mi maestro PAUL NIGGLI (51) en el mundo inorgánico (*).

Decía NIGGLI en sus magistrales y rigurosas conferencias de la Escuela Politécnica Federal de Zurich, en los años 1934 y 35, que el paralelepípedo elemental de la estructura cristalina podía considerarse como el «genotipo» del cristal porque en él están contenidas todas las posibilidades de desarrollo del individuo cristalino, sus formas y sus complejas particularidades de estructura y textura.

Ahora que los mecanismos morfogenéticos cristalinos van siendo bien conocidos (35) y que la morfogénesis biológica entra en una fase deductiva de índole molecular, la noción de genotipo adquiere para el problema de las formas de la naturaleza un carácter universal y al mismo tiempo presenta una confirmación de la teoría hilemórfica.

El genotipo es equiparable a la **forma** en potencia y el fenotipo sería la **forma** en acto (33) dos conceptos de la filosofía clásica que pueden aclarar no pocos razonamientos en Ciencias Naturales sobre todo si se logra analizar el poder determinativo del genotipo que es tanto más determinativo cuanto más nos elevamos en la escala de los seres.

Se podría valorar probablemente el poder determinativo de cada genotipo estudiando el grado de variabilidad de los distintos fenotipos que puede producir un genotipo determinado. Como casos límites se puede considerar el de un «genotipo» que determina una sola **forma** con caracteres fijos; sería un «genotipo *univalente*» y en el otro extremo el de un genotipo que puede producir múltiples fenotipos diferentes y que sería *multivalente*. Al fin y al cabo no haríamos sino expresar en términos genéticos la variabilidad de una especie o la menor o mayor influencia de los agentes exteriores en la formación del fenotipo (lo que llaman los biólogos influencias epigenéticas).

Siempre existe en mayor o menor grado una influencia de factores exteriores en el desarrollo de las **formas**, pero siempre las que producen son por definición **formas** que están *en potencia* en el genotipo.

(*) Como dato histórico diremos que ya SAN AGUSTÍN habla de «razones seminales» en el mundo inorgánico. Ver trabajo de IBERO (45).

No está alejada la idea del «genotipo» de la famosa teoría estoica de las razones seminales (λογοι σπαρατατικοι) que desarrolló SAN AGUSTÍN (45). *Las formas aparecen a partir de un germen a su debido tiempo cuando se dan las condiciones requeridas* y estas condiciones son lo que llamamos agentes morfogénéticos externos.

4.4. Agentes morfogénéticos externos. Incidencia de varios genotipos

Los agentes morfogénéticos externos son tanto más importantes cuanto mayor es el grado de multivalencia de un «genotipo». Si contiene en potencia varias posibilidades, la fijación de la **forma** resultante estará condicionada por la acción de agentes termodinámicos, químicos o físicos. En la práctica existen siempre infinidad de agentes que actúan en la fijación de la **forma** resultante y es la *conjunción* de todos estos agentes lo que determina el resultado.

Cuando existen en presencia varias **formas** cada una con su propio «genotipo» más o menos multivalente, la **forma** o las **formas** se originan por la incidencia de todas estas posibilidades potenciales y de las condiciones del medio, tal como ocurre en las síntesis químicas. Cada una de las circunstancias que originan la **forma** final actúa de arreglo con un determinismo propio y es la interferencia de todos estos determinismos lo que condiciona la aparición de una **forma** resultante que es una de las **formas** en potencia en él, o los «genotipos» correspondientes.

La conjunción de los agentes morfogénéticos puede a su vez obedecer a leyes de dependencia entre diferentes agentes relacionados, resultando un encadenamiento necesario de acciones según las leyes que rigen los encadenamientos y relaciones. Las acciones simultáneas de varios agentes morfogénéticos pueden estar sujetas únicamente al azar y también pueden existir relaciones estocásticas entre ellas.

Una filosofía materialista, actualmente en boga en determinados medios, admite como dogma indiscutible el principio de la acumulación de modificaciones cuantitativas como origen de todos los cambios que existen en el mundo material (4). En la naturaleza todo va cambiando y ese cambio consiste en pequeños cambios cuantitativos (afirmación que ya fue expresada por ARISTÓTELES con el nombre de cambios accidentales). La novedad está en afirmar que debido a

esta acumulación de cambios se «colma la medida» y se produce un «salto», apareciendo una nueva calidad (**forma**, decimos nosotros). Pero desde el momento que se produce un salto se ha cambiado la naturaleza del cuerpo y éste ya tiene otras cualidades que no existían en el anterior, se ha originado una **forma** nueva que estaba en potencia en la anterior y no solamente un cambio de cantidad, pues la cantidad no referida a una cualidad es un concepto físicamente vacío.

No son pocas las contradicciones a las que se llega con esta nueva filosofía de la naturaleza, lo que tiene de aceptable no es sino una repetición de las tesis de la *philosophia perennis*, como han demostrado varios autores (4) (36) (55).

4.5. El azar y la inteligencia. La contingencia y la finalidad en la morfogénesis

La consideración de la forma que está en el origen de una transformación como «genotipo» dotado de ciertas potencialidades permite plantear el problema de las leyes morfogenéticas desde un punto de vista general.

La transformación de los «genotipos» depende, como hemos dicho, de dos clases de factores, los externos y los internos; para nosotros en la transformación de un individuo determinado interviene el azar. Aun en el caso tan claramente univalente como es el de una transformación radiactiva espontánea, rigen las leyes de las probabilidades en la velocidad de la transmutación sin que nos sea posible conocer cuál átomo se va a transformar y cuál no. Las mutaciones espontáneas en los seres vivos son debidas a una modificación del A. D. N. y éstas tienen carácter aleatorio. Ningún agente mutógeno tiene acción específica, pues para obtener, por ejemplo, una mutación por radiación con una finalidad determinada habría que poder irradiar un punto preciso de los cromosomas.

Todas las transformaciones del «genotipo», espontáneas o producidas por agentes exteriores, están limitadas por las diferentes potencialidades de aquél. Lo único que pueden los agentes exteriores es seleccionar dentro del abanico de las potencialidades de un genotipo plurivalente, aquél o aquéllas formas que se van a originar. No existe, pues, nunca en las transformaciones de las formas un dominio completo del azar y éste no puede ser considerado como

un factor morfogenético. El azar podrá sólo influir en la modalidad y en el momento de la transformación, pero dentro de las potencialidades posibles, del mismo modo que al echar un dado se podrá obtener uno de los seis números de sus caras pero nunca otro número diferente de éstos.

Mucho se ha discutido y se discute sobre la posibilidad de que se originen formas específicas complicadas y organizadas para un fin determinado, especialmente los seres vivos, por el simple juego del azar y por la confluencia fortuita de potencialidades diversas incoherentes. No podemos aquí entrar a considerar este problema. Nos parece evidente que la ciencia, a medida que profundiza el estudio de la morfogénesis, no tiene más remedio que admitir con SALET (62) que *la Inteligencia es anterior a la vida*.

A muchos científicos les resulta difícil reconocer que la única solución posible es admitir la existencia real de un principio de finalidad (40), pero aún sus más opuestos detractores lo tienen que admitir disimulándolo con el nombre de teleonomía (5).

BOUTROUX, en sus obras «L'idée de loi naturelle» (11) y en su «Contingence des lois de la nature» (10), ha pretendido demostrar que la contingencia es tanto mayor cuanto más nos elevamos en los grados de organización de los seres, su demostración, que se basa más en consideraciones diacrónicas, no es a nuestro juicio aplicable al origen de las **formas**, en el que creemos rige un principio inverso. Cuanto más nos elevamos en la jerarquía de los seres disminuye la contingencia en la determinación de las **formas** y aparece más claramente la necesidad de esta inteligencia que incluye en el «genotipo» suficiente información para obtener una especie determinada con su **forma** compleja y armónica.

* * *

Resta ahora para terminar mi discurso el decir algunas palabras sobre las posibles aplicaciones de las ideas expuestas a los problemas taxonómicos y a la definición de las **formas** en algunos tipos de seres naturales: los átomos, los compuestos químicos, los cristales, los objetos geológicos y los seres vivos. Cada uno de estos grupos de «objetos a definir y clasificar» presenta sus características propias que merece ser examinada con detalle en función de la teoría de la materia y la forma y de los recientes estudios sobre taxonomía matemática.

5. OBSERVACIONES SOBRE LA TAXONOMIA MATEMATICA Y LA NOCIÓN DE FORMA EN ALGUNOS CAMPOS DE LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA

Existencia est singularium Scientia est universalibus.

5.1. Los átomos

Para entes de dimensiones inferiores a las atómicas no tiene sentido claro el hablar de morfología y es difícil dar un significado al concepto filosófico de **forma**. Los átomos parecen ser la última sustancia material susceptible de ser conocida y descrita por medio de imágenes más o menos adecuadas. La materia en el sentido corriente del término (y aún en el sentido filosófico) del vocablo, termina con los átomos de acuerdo con su misma etimología. Lo que existe por debajo de ellos no es ya sustancia sino simple manifestación de accidentes, sede de procesos cuantitativos expresables matemáticamente, pero difíciles de representar. Como dice L. DE BROGLIE: *Nous ne voulons pas affirmer que les corpuscules n'aient plus d'individualité mais simplement qu'on ne peut plus suivre leur individualité d'une façon certaine* (*).

En los átomos la individualidad está perfectamente definida; sin embargo, contrariamente a lo que ocurre con los otros seres naturales, los individuos se conocen a través de la especie y no ésta a través de aquéllos. Resulta que en los átomos es más fácil definir las propiedades específicas que las propiedades individuales. Las propiedades diacrónicas en los individuos se pueden conocer por deducciones más o menos complicadas y no por la observación de un individuo a lo largo del tiempo.

En los átomos está fuera de duda la noción de especie como entidad bien definida y existe una clara discontinuidad entre las distintas especies. La forma específica queda caracterizada por atributos enumerables que se designan con el nombre de números cuánticos, en número de cuatro. Existen reglas sencillas que permiten enumerar los valores de estos atributos para los electrones del átomo en distintos orbitales. Las configuraciones electrónicas de los

(*) *Continu et discontinu dans la Physique moderne*. París (1941), pág. 123.

átomos junto con el número atómico caracterizan bien sus propiedades específicas y definen las características esenciales de todos los individuos de una misma especie. Una especie de átomos puede comprender varias subespecies, algunas sincrónicas, tales como los isótopos o diacrónicas como son su estado energético o su ionización.

Las regularidades en las propiedades de las especies atómicas permiten elaborar clasificaciones y constituir grupos taxonómicos que representan relaciones naturales entre las formas específicas. La formación de estos grupos taxonómicos ha sido una preocupación fundamental de los científicos que se han dedicado a la química. Varias han sido las clasificaciones que se han propuesto para la definición de estos grupos taxonómicos. Ninguna ha tenido mayor éxito que el sistema de la clasificación periódica, basado no sólo en las propiedades específicas esenciales sino en el conjunto de los atributos que se pueden reconocer en los átomos. La clasificación periódica permite reconocer diversas unidades taxonómicas, algunas muy naturales y evidentes como pueden ser los gases nobles o los halógenos, otras de carácter más artificial. Se han propuesto muchas clasificaciones en «clases», como, por ej., la de J. E. SPICE (*), que considera seis clases de elementos.

Los métodos de la taxonomía matemática podrían elaborar las diferentes clasificaciones posibles estudiando las semejanzas y afinidades entre las diversas especies atómicas y teniendo en cuenta gran número de atributos tales como la configuración electrónica, el peso atómico, las propiedades magnéticas, la formación de aniones o cationes, la valencia, las energías de ionización, el volumen atómico, etc.

La **forma** sustancial de las especies atómicas constituyen el prototipo de la unicidad y su cohesión se puede considerar como de grado máximo, pues sus características específicas no admiten ambigüedad. Se trata de **formas** bien definidas y esencialmente discontinuas.

Poco se puede decir sobre el origen de estas **formas**, ya que no se han producido por la transformación de **formas** preexistentes más sencillas. La hipótesis de PROUT de mediados del siglo pasado, según la cual todos los átomos serían condensaciones del átomo más sencillo (hidrógeno), es un caso típico de generalización y simplificación

(*) SPICE (J. E.), *Enlace químico y estructura*. Madrid (Alhambra) 1967

apresurada y del afán de llegar en cuestiones genéticas a conclusiones simplistas basadas en prejuicios de origen evolucionista.

Las **formas** de las especies atómicas poseen variadas y ricas potencialidades, ya que de ellas derivan todas las formas materiales existentes en la naturaleza. No son, sin embargo, infinitas las potencialidades de cada especie atómica sino que se ajustan a leyes rigurosas que hacen que si se consideran como «genotipos» de **formas** superiores resultan multivalentes pero poseedoras de un número definido de posibilidades.

Ciertos átomos pueden cambiar espontáneamente de **forma** por transmutación, originando otros átomos de especie distinta. Poseen pues estos átomos *en potencia* la **forma** del átomo resultante de la transmutación. También poseen en potencia las formas correspondientes a los elementos que se pueden producir por acción de partículas en las transmutaciones provocadas. Sin embargo, las potencialidades más numerosas son sin duda las que se refieren a la formación de estructuras por la unión de varios átomos iguales o diferentes. La confluencia de varios genotipos y las condiciones del medio son los factores que determinan la formación de configuraciones atómicas: moléculas o cristales.

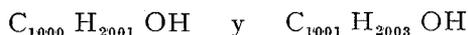
5.2. Moléculas y cristales

Salvo en los gases nobles, los átomos tienen tendencia marcada a agruparse en configuraciones atómicas según diversos tipos de enlace, formando variadas asociaciones regulares finitas o infinitas. En el primer caso los individuos quedan caracterizados por el número y la naturaleza de los átomos que los forman y todos los individuos de la misma especie están formados por el mismo número de átomos dispuestos del mismo modo. En cambio cuando se trata de asociaciones regulares infinitas, los individuos de la misma especie están formados por un número variable de átomos y sólo se conserva la proporción relativa de cada una de las diferentes especies de átomos presentes y la regularidad de repetición de un «motivo».

Las configuraciones finitas son en general inobservables directamente de un modo individual, y del mismo modo que ocurre en los átomos, los individuos se deducen a partir de observaciones de carácter estadístico. Resulta que los caracteres individuales son más difícil-

les de conocer que los caracteres específicos. En las configuraciones infinitas los individuos de la misma especie pueden tener tamaños muy diversos, hasta macroscópicos, como en muchos cristales.

En los dos casos, sin embargo, quedan perfectamente definida la noción de especie y las especies químicas están perfectamente determinadas por proporciones fijas de sus constituyentes y su disposición geométrica, no existiendo intermedio posible entre dos especies químicas diferentes. Es necesario, sin embargo, hacer algunas salvedades a esta definición. Puede ocurrir que esta discontinuidad no sea detectable experimentalmente en el estado actual de nuestras posibilidades de análisis. Por ejemplo difícilmente se distinguen entre sí dos alcoholes tales como



suponiendo que se pudiesen sintetizar. Sin embargo, nadie podrá negar que estas dos especies son diferentes, aunque sus propiedades específicas sean tan parecidas que no se pueda apreciar una diferencia. En las configuraciones infinitas pueden existir defectos, inclusiones o sustituciones de átomos, proporciones no estequiométricas que rompan la regularidad periódica de la configuración. Puede resultar en algunos casos una noción de especie difusa, pero siempre, cuando se quiera comprender estas anomalías, será necesario referirlas a las estructuras típicas regulares y a las especies bien definidas. La noción de especie puede crear dificultades cuando se trata de individuos de estructura reticular; en particular en el caso del isomorfismo o de la politipismo.

Los caracteres específicos en los cristales vienen dados por el paralelepípedo elemental con sus caracteres geométricos y por las coordenadas de los átomos contenidos en él. Si N es el número de átomos existentes en el paralelepípedo elemental, el número de datos será $4N + 6$ en el caso más general (sistema triclinico), N datos sobre la naturaleza de los átomos (atributos enumerables), $3N$ sobre las coordenadas (atributo continuo), 3 dimensiones de la célula unidad y 3 ángulos entre los vectores fundamentales que definen (éstos ambos atributos continuos).

Para definir la especie en las moléculas será necesario conocer la naturaleza de los átomos, las distancias interatómicas y los ángu-

los entre los enlaces. La simetría es también elemento necesario para definir la especie (Quiralidad, isomería de conformación).

Como se ve en ambos casos son los caracteres geométricos los que principalmente sirven para definir las especies, y es a partir de éstos que la física y la química deducen las propiedades de los compuestos.

Las sustancias existentes en la naturaleza o fabricadas por el hombre son elementos de un plan general que la química va descubriendo. Las estructuras atómicas no son contingentes y se puede decir que se conoce una sustancia cuando se le puede designar un lugar en este plan. El carácter racional de la ciencia de las sustancias químicas resalta como evidente cuando se piensa que es posible predecir las propiedades de un compuesto antes de haberlo sintetizado.

Merecería un estudio detallado el problema del pluriformismo en los compuestos químicos, los libros de química admiten que persisten los átomos en los compuestos y esto es cierto, pero la existencia de enlaces entre ellos hacen que a la **forma** de éstos se superponga la **forma** del compuesto que da una unidad a la asociación atómica sea molecular o cristalina.

Es importante hacer notar que a medida que nos elevamos en complejidad en las agrupaciones atómicas, hay que tener en cuenta más caracteres y atributos para distinguir las especies de las subespecies, las particularidades de los individuos o de los grupos de individuos. Es necesario analizar con más cuidado lo esencial y lo accesorio para poder definirla del modo más preciso y «económico» posible, es decir con la información necesaria y suficiente para poder deducir sus propiedades.

La formación de grupos taxonómicos superiores se basa en general en consideraciones pedagógicas que se busca coincidan con categorías naturales bien definidas. No estará de más, a nuestro juicio, intentar el estudio de estas diversas clasificaciones por medio de los métodos de la taxonomía matemática. En esta línea de trabajo publicamos algunos años un estudio sobre las clasificaciones de las estructuras cristalinas en el que deducíamos todas las posibilidades taxonómicas teniendo en cuenta los atributos fundamentales de estas estructuras (33).

NIGGLI y sus colaboradores (50) (53) estudiaron numerosos aspectos de la taxonomía de las estructuras moleculares y cristalinas, considerando especialmente las propiedades simétricas y tratando el

problema de la deducción racional de todas las estructuras posibles. Siguiendo esta escuela estudiamos en 1953 el caso de las estructuras parcialmente ordenadas y las conclusiones de este trabajo podrían servir de base para el estudio taxonómico de este tipo de estructuras (34).

Recientemente J. LIMA-DE-FARIA y M. O. FIGUEIREDO han propuesto una interesante sistemática de las estructuras inorgánicas (47), no solamente de valor pedagógicas sino también para estudiar las relaciones entre los diferentes tipos estructurales.

Para terminar esta breve exposición sobre las **formas** de las asociaciones atómicas sólo nos queda decir algunas palabras sobre las potencialidades de éstas.

Según nuestra nomenclatura pueden considerarse las configuraciones atómicas como genotipos de otras configuraciones derivadas. Estos genotipos son las más de las veces multivalentes y su transformación en formas derivadas puede seguir caminos distintos, según las condiciones termo-dinámicas a que están sometidos. La **forma** producto de la transformación puede conservar un «recuerdo» más o menos importante de la forma origen (*). Hay casos en que el edificio atómico pasa a la nueva forma conservando una parte de las regularidades que tenía, otras en los que el edificio se reajusta después de una destrucción completa. Pero en todos los casos el cambio de especie se efectúa de un modo brusco: el paso de la **forma** actual a la **forma** que existía en potencia se hace de un modo discontinuo. Tenemos una transformación de especie (alotropía o polimorfismo).

5.3. Los objetos geológicos

Tanto en los átomos como en los agregados atómicos no es difícil en general llegar a definir la noción de especie, y gracias a esto las ciencias que se ocupan de su estudio manejan conceptos universales e invariables referentes a la estructura y naturaleza de la materia y pueden edificar sus teorías sobre estos conceptos. Llegan estas

(*) Véase, por ejemplo, nuestro estudio sobre la formación del MgO a partir de cristales de $Mg(OH)_2$. El óxido resultante, a pesar de tener la estructura del MgO, guarda ciertas particularidades propias de la estructura del $Mg(OH)_2$ que le ha producido (GARRIDO (J.), *Amer. Mineral.* (1950) 56, 773-6).

ciencias a profundizar cada vez más los fenómenos debidos a la alteración o cambio de las **formas**; la estructura les permite explicar los fenómenos físicos y químicos y a partir de éstos se puede analizar cada vez con mayor precisión los detalles de las estructuras atómicas, moleculares o cristalinas. La teoría de **la materia y la forma** adquiere en estas ciencias fisico-químicas su máximo valor.

En las ciencias geológicas el problema es diferente, pues los objetos que estas ciencias estudian no pueden ser clasificados, las más de las veces, en especies bien definidas que permitan remontar de un modo sencillo a las ideas universales. Solamente en dos categorías de objetos se puede hablar de un modo aceptable de «especies»: en mineralogía y paleontología. Dos ciencias geológicas que en realidad son meros auxiliares de la geología propiamente dicha.

En mineralogía la noción de especie se relaciona con la especie cristalina definida por la forma y constitución del paralelepípedo elemental; los casos de isomorfismo y politipismo y las dificultades inherentes a los minerales amorfos o imperfectamente cristalizados presentan problemas especiales que pueden salvarse sin grandes dificultades. No es imposible encontrar normas universales que permitan una definición muy aceptable de la especie mineralógica.

En paleontología la definición de especie se relaciona con la definición de especie biológica, la diferencia estriba en la escasez de datos utilizables, pues quedan reducidos a las partes del organismo que se han conservado, lo que origina a menudo dificultades para definir las especies, pues en biología más que ejemplares se deben clasificar ciclos vitales de los organismos con fases a veces de morfología muy diversas en su desarrollo y variedades.

Los objetos geológicos propiamente dichos, cuyas dimensiones superficiales pueden variar de 10^{12} m² a 10^{-6} m², son productos contingentes originados por la confluencia de un conjunto de factores y particularidades, son cada uno de ellos el resultado de un *acontecimiento* y es propio de los acontecimientos la imposibilidad de su repetición exacta varias veces seguidas.

Por esto los objetos geológicos no pueden ser clasificados en especies naturales bien delimitadas, como ocurre en la química o en la biología. No existe la forma como entidad propia más que en las unidades constitutivas que son las especies minerales. Las rocas no admiten una clasificación natural única y definitiva, pues no existen delimitaciones exactas entre las diferentes categorías.

La ausencia de la noción de especie en geología no ha sido ajena al sentimiento pesimista que han expresado varios geólogos. Como decía nuestro colega Don José María Ríos en su importante discurso de ingreso en esta Academia (60), se ha llegado a formular la pregunta: ¿Es la geología una ciencia?. *Scientia est universalibus* decían los antiguos, y la primera noción universal es la de especie y al estar ausente ésta, es normal que algunos se hayan visto embarcados por un sentimiento de desánimo. Pero hay que tener en cuenta que lo contingente, lo aleatorio, obedece también a leyes y estas leyes tienen carácter universal y por esto la geología es una ciencia con los mismos títulos de nobleza que las demás. Es una ciencia en la que se analizan acontecimientos pasados con datos incompletos, pero a la luz de las leyes universales de la física, de la química y de la probabilidad. Los acontecimientos pueden clasificarse y la taxonomía tiene en la geología un papel tan importante como en las otras ciencias. Quizás tenga una importancia mayor, pues al no existir las especies bien delimitadas que reducen lo esencial a un número limitado de atributos específicos, hay que manejar las propiedades individuales en número muy grande y estudiar sus correlaciones.

Por esto tiene gran porvenir en geología el empleo de los ordenadores que permiten el manejo de gran número de datos y deducir de éstos consecuencias taxonómicas. El llamado «análisis de racimos» (46) permite conocer las afinidades y relaciones entre los objetos geológicos caracterizados por un conjunto de caracteres intrínsecos y extrínsecos, cualitativos o cuantitativos, enumerables o dicotómicos. Estos métodos están dando resultados importantes en geoquímica y en otras ramas de la geología. El «análisis de racimos» busca representar por un «dendrograma» el nivel de semejanza existente entre un cierto número de objetos geológicos homogéneos y comparables. Este nivel de semejanza es una cantidad o valor «cofenético» (81) que permite definir unidades taxonómicas por medio de representaciones en un espacio de los atributos. En geología las «nubes» de los puntos representativos de los objetos no suelen diferenciarse en «nubes» separadas, pero pueden presentar zonas de mayor densidad y el centro de gravedad de cada una de estas zonas define «pseudoespecies» que pueden indicar un parentesco de origen entre los objetos cercanos a estos centros. No hay que olvidar, sin embargo, que en geología más que en otras ciencias hay que hacer uso de lo que PASCAL llamaba *esprit de finesse*, en el que el talento

del investigador llega a distinguir entre lo esencial y lo accesorio, entre lo particular y lo universal. En el estudio de fenómenos repetibles o elementales como los que ocupan a los físicos y los químicos, el investigador es llevado, por así decir, de la mano por la realidad que va descubriendo y que le va mostrando el camino. En las ciencias de los acontecimientos, o ciencias históricas, el descubridor es un explorador que se debe guiar por su olfato y su experiencia, por su intuición y su talento, su labor es más personal, es una labor de síntesis. Pero esta actitud de síntesis y de exploración encierra grandes escollos que no suelen encontrar los físicos y los químicos. El querer plegar la realidad a esquemas mentales preconcebidos, la afición a las simplificaciones y el subjetivismo, pueden hacer olvidar que el conocimiento de los acontecimientos pasados, cuando no existe un testigo digno de confianza que nos ha dado un relato fidedigno y detallado, tiene siempre un carácter de conjetura, especialmente cuando se trata de eventos referentes a un caso particular, pues puede ocurrir que la solución que nos parece menos probable sea la que ha ocurrido en este caso particular. A la pregunta con ribetes de pesimismo que citaba nuestro colega José María Ríos, yo me atrevería a contestar que la geología no sólo es ciencia sino una ciencia en la que resplandece más que en otras la creatividad y el talento individual del investigador, sobre todo cuando éste no se deja encerrar en teorías y tendencias basadas en ideas apriorísticas.

5.4. Los seres vivos

En la progresión de átomo a molécula de ésta al cristal y del cristal al objeto geológico, tenemos un esquema muy demostrativo de cómo al aumentar la complejidad de los seres naturales se va desdibujando y complicando la noción de **forma**. En los átomos ésta era un concepto claro y fácilmente expresable para cada una de las especies, en las moléculas se complicaba en ciertos casos con las nociones de isomería, polimería y cambio de configuración. En los cristales aumentan las ambigüedades con la existencia de series isomorfos, de defectos reticulares, de dislocaciones y de politipismo; pero, salvo en casos particulares, la **forma** específica podrá definirse de un modo claro. En los objetos geológicos nos encontramos, por el contrario, con la desaparición de un concepto neto de especie, y

esta ausencia de conjuntos con atributos coherentes y constantes es índice inequívoco de que en su formación ha regido el azar. Sin embargo, hay un grupo fundamental de seres naturales en los que a pesar de su complejidad y de la intervención de múltiples factores morfogenéticos, es posible definir una **forma** específica: es el de los seres vivos.

La complejidad y armonía de constitución de los seres vivos con sus finos mecanismos perfectamente coordinados ha sido considerado por los naturalistas desprovistos de prejuicios materialistas, como el indicio de la realización de un plan o idea coordinadora que utiliza complejas leyes físico-químicas para realizar formas determinadas (16).

Dejemos de un lado el problema de la existencia de un plan preconcebido que domina el azar de las múltiples interacciones de formas materiales sencillas prebiológicas. Reconozcamos, sin embargo, que existen determinadas agrupaciones de numerosísimos átomos que forman unidades de máxima estabilidad que no sólo subsisten en un equilibrio dinámico delicado y preciso con el medio que les rodea, sino que son capaces de engendrar otras unidades análogas a ellas por medio de mecanismos muy complicados, pero constantes y perfectamente coordinados.

La noción de especie tuvo en la mente de los filósofos un origen preferentemente biológico y es gracias a esta noción que se ha podido llegar a un conocimiento ordenado del mundo de los seres vivos. Si en éste no existiesen discontinuidades, el mundo biológico sería comparable al de la geología, donde rige únicamente el juego del azar de factores morfogenéticos no coordinados, cada ser vivo sería el producto de un milagro y no la realización de un plan constante preestablecido. La existencia de un plan podrá sonar a los oídos de los viejos biólogos monistas como una concesión a un espíritu teleológico superado, que les causa horror; sin embargo, la más moderna biología molecular admite que este plan existe. No sólo que existe, sino que está inscrito en un «código genético», residente en el ADN con sus «Codones» característicos de cada especie. El código genético gobierna la morfogénesis como lo podría hacer una cinta perforada que diese órdenes sucesivas y coordinadas a los diferentes órganos de una inmensa máquina de fabricación.

Ahora la especie puede ser definida por las particularidades de este código genético, que es posible conocer en teoría por la secuencia de los aminoácidos en los diferentes codones. Segura-

mente será posible algún día definir las especies por una sucesión de codones; en el fondo por una *estructura material* complejísima, pero que contendrá toda la información característica de la forma específica del organismo a que corresponde. Como se trata de estructuras moleculares, su naturaleza es esencialmente discontinua y posiblemente se llegará a distinguir en ellas las especies reales de las subespecies, razas o variedades teniendo en cuenta el valor específico de los diferentes atributos simplemente geométricos y químicos: del código genético.

Si nos es permitida una elucubración lindando con la ciencia-ficción, podríamos decir que quizás se podrá llegar algún día a enumerar todos los casos posibles de configuraciones que producen un código genético y determinar cuáles son las reglas de selección que hacen que solamente algunas de las posibilidades morfológicas estén realizadas en la naturaleza.

Un primer estudio de las reglas de selección geométrica en los biopolímeros se encuentra en el estudio de RAMACHANDRÁN (59), que estudia las limitaciones de las configuraciones de nucleótidos, ácidos nucleicos y cadenas de polisacáridos, teniendo en cuenta sus características geométricas y energéticas. Quizás por este camino se pueda llegar a una sistemática de los casos posibles de códigos genéticos, es decir a algo parecido a lo que se ha llevado a cabo en cristalografía con la enumeración de todos los casos posibles de configuraciones cristalinas.

Si razonamos por extrapolación es fácil comprender por qué en los seres vivos la noción de especie no siempre se presenta con claridad, como ocurre por ejemplo en los átomos. Ya en las moléculas hay una serie de casos en que su definición no es fácil, y más todavía en los cristales. Existen en las especies animales y vegetales un *sin fin* de particularidades que dificultan en muchos casos la definición de la noción de especie: mutaciones, subespecies, variedades, híbridos, etc., pero todos estos casos sólo se podrán analizar cuando se conozcan los atributos específicos constantes e invariables en los casos típicos y bien definidos.

Numerosos trabajos científicos, producen la impresión de que sus autores procuran por todos los medios destruir o hacer borroso el concepto de especie (38) (40), seguramente por prejuicios pan-evolucionistas. Se complacen en señalar los casos dudosos mal definidos o intermedios. No hay duda que estos casos son dignos de estudio y pueden establecer relaciones y conexiones entre grupos y

especies. Pero no hay que olvidar que las relaciones y conexiones son a manera de puentes y los puentes sólo son útiles si están sólidamente anclados en dos orillas estables.

El panevolucionismo es una hipótesis monogenista del origen de los seres vivos basada en prejuicios de orden filosófico (31) (44) y que, según nuestra opinión, ha querido hacer entrar la compleja trama del origen de las especies biológicas en un esquema simplista y demasiado elemental, como lo era el de la hipótesis de PROUT que citábamos al hablar de los átomos.

Continuando con nuestro sueño futuroológico, podemos pensar que algún día se llegará a distinguir en el código genético la parte que da al fenotipo el carácter correspondiente a la familia, al orden o a la clase a que pertenece. Tendríamos entonces, sobre una base molecular y en definitiva morfológica, expresado el escalonamiento jerárquico de las formas en un esquema pluriformista, tal como lo expresaba el filósofo del siglo xv Joannis de JADUNO que citábamos más arriba.

La taxonomía matemática ha dado resultados muy interesantes en las ciencias biológicas, especialmente para el estudio de subespecies y variedades. La bibliografía es copiosa y se encontrará en alguna de las obras que citamos al final de este discurso. Un punto interesante es el intento de derivar a partir de gran número de observaciones en individuos de una misma especie un *organismo medio hipotético* que sería al fin y al cabo el prototipo de la especie (48). Estos métodos estadísticos podrán seguramente llegar a distinguir más exactamente las propiedades específicas de las individuales.

Un paso adelante sería caracterizar cuantitativamente los prototipos de los géneros, familiar, órdenes, etc., tal como se hizo hace ya años por métodos intuitivos en la famosa obra de «Zoologie concrète» de DELAGE y HEROUARD, que estudiábamos con pasión admirativa hace cuarenta y cinco años.

También se ha intentado por medio de los ordenadores organizar programas para la clasificación de plantas o de animales (61), pero aquí no parece que el éxito haya sido por ahora muy espectacular. El fino olfato del naturalista, la erudición del especialista y su apreciación de matices y valoración de los caracteres no es fácilmente reproducible por una máquina.

6. CONSIDERACIONES GENERALES A MANERA DE EPILOGO

ἀεὶ ὁ θεὸς γεωμέτρει

Para terminar mi exposición, quisiera, con la venia de los miembros de esta Real Academia, expresar algunas ideas personales sobre el doble tema que acabo de desarrollar: la taxonomía matemática y lo que a mi juicio constituye la raíz de la filosofía de las formas naturales: *el principio de dualidad*. Pues es un ejercicio fructífero subir de vez en cuando a lugares elevados desde los que se pueda observar el panorama científico de un modo más completo que cuando lo contemplamos desde el punto de vista estrecho del especialista.

6.1. Porvenir y limitaciones de la taxonomía matemática

No es necesario insistir sobre los indudables beneficios que los métodos modernos basados en las computadoras aportan y aportarán a las ciencias taxonómicas. A lo largo de nuestra exposición hemos citado varios y hemos propuesto algunas ideas para desarrollos futuros de la taxonomía matemática. Ahora queremos sólo señalar el significado de estos métodos y los aspectos más o menos discutibles de la posible proliferación de la taxonomía matemática. En efecto, creemos que el empleo inconsiderado de estos procedimientos puede comportar graves inconvenientes cuando la función de las computadoras quiere elevarse de su condición natural de auxiliar, a la de rectora. Lo que se hace entonces es simplemente sustituir las nociones de calidad, jerarquía y matizado por las de cantidad, igualitarismo y fría dicotomía. Resulta que se quiere sustituir las más nobles funciones del espíritu humano por un determinismo en el que juegan como elementos un conjunto cada vez más numeroso de datos manejados de un modo automático por medio de esquemas lógicos, rígidos e invariables.

Los métodos de taxonomía numérica son de gran utilidad para precisar taxonomías preconcebidas en sus líneas generales basadas en criterios cualitativos fijados por el taxonomista. Podrá apreciar el valor relativo de los atributos para la organización de una clasifi-

cación determinada, podrá valorar la coherencia de los grupos formados, podrá decidir sobre el valor de las distintas clasificaciones, pero puede fomentar cierta dimisión imaginativa y la idea peligrosa de transferir a la máquina lo que es propio de la inteligencia.

Es imposible arrancar sus secretos a la naturaleza interrogándola directamente, automáticamente o al azar como proponía el Gran Canciller Roger BACON, pues la multiplicación de las observaciones sólo permite obtener resultados utilizables si se realizan bajo el signo de la inteligencia y un gran número de observaciones inconexas no lograrán nunca organizarse solas en un cuerpo de doctrina. La cantidad si no está organizada y va unida a la noción de cualidad, no puede ser fuente de conocimiento ni origen de decisiones.

Este dualismo no es sino un aspecto de un principio general, a nuestro juicio el más fructífero de todos aquellos que se pueden utilizar en la filosofía de las formas de la naturaleza: *el principio de la dualidad*.

6.2. Dualidad de oposición y dualidades de complementariedad

Numerosos sistemas de filosofía de la naturaleza pretenden explicar el complejo mundo que nos rodea a partir de un solo principio fundamental al cual todos los demás estarían subordinados, son los monismos, tales como el fenomenismo, el energetismo, el historicismo, el materialismo, el evolucionismo, etc., que sería muy largo catalogar. Cada uno de ellos constituye una visión unilateral de la naturaleza, todos tienen un carácter común que es el ser exclusivistas, es decir un monismo dado excluye a todos los demás; de aquí se deduce el carácter dogmático de todos ellos.

Un monismo muy extendido actualmente es el materialismo con ciertas modalidades introducidas por el filósofo alemán Karl MARX. Este autor, ya en su tesis doctoral (1841), titulada *Diferencia entre la filosofía natural de Epicuro y la de Demócrito*, expresa una preferencia marcada por la de EPICURO, pues, según los autores que han analizado sus obras (55), encontraba en EPICURO una especie de principio energético vitalizador de la materia, con lo cual anunciaba el abandono de la posición monista para adoptar (sin querer reconocerlo) una actitud en el fondo dualista. Actitud que se precisó más adelante al postular que la realidad está formada por dos elementos :

la materia y ciertas leyes (dogmas) que se expresaron por tres leyes dialécticas, base de un sistema que por esto ha recibido el nombre de materialismo dialéctico (4) (55).

Estas leyes dialécticas adquieren en este sistema una importancia tan grande que, como dice Marcel de CORTE, *la corriente de alimentación que va de la realidad al concepto se encuentra rota, la experiencia de lo real no nutre al concepto. El conocimiento degenera en construcción de andamiajes y en una arquitectura de fórmulas, de modo que los esquemas abstractos reemplazan la conjunción orgánica de la inteligencia y la realidad* (*). Resulta finalmente que este sistema tiene poco de materialista, proclama la primacía de una idea sobre la inteligencia y la realidad; es una forma de idealismo. Por esto cuando pretende analizar casos concretos a la luz de las leyes dialécticas cae en frecuentes contradicciones, utiliza posiciones forzadas y extrapolaciones abusivas (**).

La segunda de estas leyes, llamada «de lucha de los contrarios», pretende explicar las formas naturales como consecuencia de una oposición entre parejas de opuestos o contrarios en lucha, esta lucha sería fecunda y engendraría el progreso.

No se puede negar que en algunos casos la lucha de contrarios es origen de nuevas formas naturales, pero dejando a un lado el aspecto antropomórfico de la noción de «contrarios». No es posible encerrar en este esquema, que pretende ser universal, la riqueza y la variedad de fenómenos morfogenéticos que rigen el origen y las transformaciones de los seres de la naturaleza. El *dualismo de oposición* de la segunda ley dialéctica no es ni útil ni universal, es un apriorismo. En cambio no se puede negar que en la interpretación del origen, desarrollo y constitución de las formas naturales intervienen como nociones útiles y fecundas las *dualidades de complementariedad* de una de las cuales, la materia y la forma, hemos tratado de nuestra disertación.

Materia y forma, esencia y existencia, multiplicidad y unidad, potencia y acto, cambio y estabilidad, energía e información, todas estas dualidades y otras más, son dualidades de complementariedad de uso corriente en las deducciones y en el trabajo científico.

(*) CORTE (M. DE), *L'intelligence en péril de mort*. París (Club de la culture française) 1969, pág. 32.

(**) Ver la obra de B. ORTONEDA (55), donde se analizan de modo exhaustivo las tres leyes dialécticas.

Los trabajos de esta Real Academia se realizan bajo el lema de OBSERVACIÓN Y CÁLCULO que expresa una dualidad que no es una dualidad dialéctica de oposición, sino de complementariedad. Sobre observaciones obtenidas interrogando la naturaleza en cierto modo al azar, como quería el Gran Canciller, no se puede edificar el conocimiento científico, tampoco se puede conocer la realidad por medio de simples razonamientos como creía DESCARTES. No hay más remedio que admitir que los dos conceptos «Observación y Cálculo» necesitan uno del otro, son complementarios y por esto permitirme al terminar mi discurso expresar mi satisfacción por encontrarme por vuestra benevolencia,

Señores Académicos:

en una corporación cuyo lema posee tan enjundioso contenido y marca de un modo tan claro el recto camino para la adquisición de la verdad científica.

BIBLIOGRAFIA

Renunciamos a dar la lista completa de los libros y artículos de revista que hemos tenido en cuenta para la preparación de este discurso. Hemos reducido la bibliografía a las referencias de las obras citadas en el texto y algunos libros fundamentales en los cuales el lector encontrará copiosas indicaciones bibliográficas. Hay que tener en cuenta que en lo referente a ideas generales se encuentran siempre numerosas repeticiones y basta conocer las obras más características de cada tendencia para tener la información necesaria.

A cada cita bibliográfica añadimos una breve indicación analítica o crítica que puede servir de orientación. Aquellas obras que no están en la biblioteca particular del autor llevan la indicación de la biblioteca de Madrid donde pueden ser consultadas.

- (1) ADANSON (M.): «Histoire naturelle du Senegal. Avec la relation abrégée d'un voyage fait en ce pays, pendant les années 1749, 50, 51, 52 et 53. Coquillages». PARÍS (*Bancher*) 1757.
Propone un sistema de clasificación de los moluscos basado en la simultaneidad de varios caracteres. (*Museo de Cienc. Nat.*)
- (2) ADANSON (M.): «Familles des plantes», 2 vol. PARÍS (*Vincent*) 1763.
Consideraciones históricas sobre la sistemática vegetal. Pretende deducir la clasificación natural a partir de 63 clasificaciones artificiales y admite que las plantas que se encuentran juntas en el mayor posible de estas clasificaciones son las que más se acercan a grupos naturales (*Jardín Botánico*).
- (3) ALBRITTON (C. C.): «Filosofía de la geología». MÉXICO (*CECSA*) 1970.
Estudio crítico e histórico de los fundamentos de la geología. Obra colectiva escrita por 17 autores (*Dept.º Geolog. Es. S. Ing. Minas*).
- (4) ARES SOMOZA (P.): «Materialismo científico y ciencia (La opción metafísica)». BUENOS AIRES (*EUDEBA*) 1970.
Crítica filosófica y científica del materialismo dialéctico tal como lo presenta la dogmática marxista.
- (5) BARTHELEMY-MADAULE (M.): «La ideología del azar y de la necesidad». MADRID (*Barral*) 1974.
Análisis de los fundamentos filosóficos de ciertas generalizaciones de los científicos modernos en general y de los biólogos en particular. Cuando el científico usurpa el terreno al filósofo no puede contentarse con extrapolar porque corre un riesgo parecido al del filósofo que quiere extender a la biología sus métodos e ideas filosóficas.

- (6) BEZDEK (J. C.): «Numerical Taxonomy with Fuzzy Sets». *Journ. Math. Biology*. 1 (1974) 57-71.
Estudio del concepto de conjuntos no nítidos y su aplicación al análisis de algunas subespecies de plantas.
- (7) BLANKWELDER (R. E.): «Animal Taxonomy and the New Systematics». *Survey Biol. Prog.* 4 (1962) 1-57.
Utilización de la taxonomía matemática en la sistemática biológica (*Dept.º Zool. Univ. Complutense*).
- (8) BLOCH (K.): «Zur Theorie der Naturwissenschaften Systematik undere besonderen Berücksichtigung der Biologie». *Biblot. Biotheor. (Leiden)* 7 (1956).
Estudio detallado, crítico e histórico sobre el concepto de clasificación, especies y grupos taxonómicos en biología (*Dept.º Zool. Univ. Complutense*).
- (9) BOCHENSKI (I. M.): «Der sowietrussische Deialektische Materialismus». BERN 1950 (*Francke*).
Exposición descriptiva y crítica científica (*Inst.º L. Vives. C. S. I. C.*).
- (10) BOUTROUX (E.): «De la Contingence des Lois de la Nature». PARÍS 1908 (*Alcan*).
Admite la idea que el determinismo es tanto menos importante cuanto más nos elevamos en la jerarquía de los seres. La necesidad y el determinismo son conceptos diferentes (*Inst.º L. Vives. C. S. I. C.*).
- (11) BOUTROUX (E.): «De l'idée de loi naturelle dans la science et la philosophie contemporaines». PARÍS (*Alcan*) 1895.
Significado de las leyes naturales, estudio de las leyes lógicas, matemáticas, mecánicas, físicas, químicas, biológicas, psicológicas y sociológicas. Relaciones entre las matemáticas y la experiencia. Cantidad y calidad.
- (12) BROGLIE (L.): «Discours à la mémoire d'Emile Meyerson (26 nov. 1950): en «Certitudes et incertitudes de la Science». PARÍS (*A. Michel*) 1966.
Elogio de este filósofo, el valor de sus estudios para la ciencia actual.
- (13) BUCHER (Z.): «Die Innenwelt der Atome». LUZERN (*V. Stocker*) 1946.
Estudio filosófico de tendencia neotomista.
- (14) CANDOLLE (A. P.): «Théorie élémentaire de la botanique». PARÍS (*Deterville*) 1813.
Estudio detallado de la noción de clasificación. Teoría de la clasificación natural. Importancia de la taxonomía para la botánica. Crítica a ADANSON en las págs. 70-72 (*Jardin Botánico*).
- (15) CASAUBON (J. A.): «Lógica y "lógicas"». *Estudios Teológicos y Filosóficos*. BUENOS AIRES 1959. T. I, núm. 1, págs. 68-86; núm. 2, págs. 140-172; núm. 3, págs. 230-248.
Crítica de las nuevas lógicas, estudio y análisis de diferentes opiniones. Posición especial de la lógica clásica.
- (16) CLARK (R. E. D.): «The Universe, Plan or Accident». LONDON (*Paternoster Press*) 1961.
Obra general sobre la necesidad de admitir la existencia de un plan en el universo.

- (17) CLIFFORD (N. T.) and STEPHENSON (W.): «An introduction to numerical classification». NEW YORK (*Acad. Press*) 1975.
Utilización de la taxonomía matemática. Exposición de conjunto (*Dept.º Zool. Univ. Complutense*).
- (18) DANSER (B. N.): «A theory of systematics». *Bibl. Biother.* 4 (1950) 113-180.
El autor es botánico pero trata de la taxonomía biológica en general. Exposición de conjunto. En biología no se clasifican objetos sino ciclos vitales. Admite la existencia de grupos naturales y de dificultades cuando se admiten consideraciones filogenéticas. Bibliogr. (72 ref.).
- (19) D'ARCY THOMPSON: «On Growth and Form». CAMBRIDGE (*Univ. Press*) 1969.
Estudio de conjunto sobre los problemas de la morfología especialmente en los seres vivos.
- (20) DAUJAT (J.): «L'Oeuvre de l'intelligence en Physique». PARÍS (*Téqui*) 1946.
Crítica del conocimiento desde el punto de vista tomista.
- (21) DIUJAT (J.): «Physique moderne et philosophie traditionnelle». PARÍS (*Desclée*) 1958.
Crítica tomista sobre la física moderna.
- (22) DESCOQS (P.): «Essai Critique sur l'Hylémorphisme». PARÍS (*Beauchesne*) 1924.
Filosofía aristotélico-tomista.
- (23) DEWAR (D.): «The transformist illusion». MURFREESBORO (*Ten.*) 1957.
Crítica de la teoría de la evolución.
- (24) DICKERSON (R. E.) and GEIS (J.): «The Structure and action of Proteins». NEW YORK (*Harper-Row*) 1969.
Exposición de conjunto. Estudio geométrico de las posibilidades estructurales.
- (25) DUHEM (P.): «Le Système du Monde Histoire des doctrines cosmologiques de Platon a Copernic». Tome VI. PARÍS (*Herman*) 1954.
Trabajo de conjunto en diez gruesos volúmenes sobre las doctrinas medievales sobre cosmología. El autor es físico y humanista.
- (26) DURIETZ (G. E.): «The fundamental units in biological taxonomy». *Svensk. Bot. Tidskr.* (1930) 24, 333-428.
Unidades taxonómicas como poblaciones concretas. Concepto de biotipo y especie como población natural separada permanentemente de las otras por discontinuidades. Problema de los híbridos. Unidades superiores a la especie. Bibliogr. (260 ref.) (*Jardín Botánico*).
- (27) EIGEN (M.): «Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules». *Naturwiss.* 58 (1971) 435-523.
Considera que la evolución es un acontecimiento inevitable dada la presencia de ciertas propiedades autocatalíticas de la materia. Se pueden construir modelos moleculares sencillos que representan precursores de las células. Admite que nunca será posible explicar la marcha histórica de la evolución y cita la sabia máxima «Sobre lo que no se puede decir nada, conviene guardar silencio» (WITTGENSTEIN (L.), «Tractatus Lógico-Philosophicus» London (*Routledge*) 1922. Bibliogr. (130 ref)).

- (28) ELSASSER (W. M.): «Atom and Organism». PRINCETON (*Univ. Press*) 1966.
Admite que el mecanicismo y el vitalismo son ambos principios inadecuados. No se pueden emplear los razonamientos físicos para los problemas biológicos globales, sólo son válidos para aspectos parciales.
- (29) ELSASSER (W. M.): «Physics Aspects of Non-Mechanistic Biological Theory. *J. Theoret. Biol.* (1962) 3, 164-191.
No se puede enfocar la teoría biológica creyendo que es una continuación lógica de la teoría física.
Indeterminación y ergodización en los seres vivos, variabilidad en los individuos de una misma especie. Apéndices matemáticos.
- (30) FUETSCHER (L.): «Acto y potencia». MADRID (*Fax*) 1948.
Estudio filosófico detallado.
- (31) GARRIDO (J.): «Theory of Knowledge and Evolution». *Creat. Res. Soc. Quant.* (1970) 6, núm. 4, 185-188.
La teoría de la evolución está en una zona del conocimiento exterior a las posibilidades de la observación y la deducción está sólo basada en conjeturas.
- (32) GARRIDO (J.): «Forma y estructura de los cristales». MADRID (*Alhambra*) 1973.
Relaciones entre la estructura y la forma externa de los cristales.
- (33) GARRIDO (J.): «Sur la classification des formes cristallines». *An. Fac. Ci. Porto* (1945) 30, núm. 1, 1-35.
Principios generales y estudio de las diversas clasificaciones posibles en cristalografía.
- (34) GARRIDO (J.): «Sur les systèmes de points partiellement ordonnés». *Bull. Soc. Franc. Cristal. Mineral.* (1953) 76, 110-123.
Sistemática de las estructuras derivadas de la constitución reticular por pérdida de regularidades.
- (35) GARRIDO (J.): «Posibilidades morfológicas y principio de selección». *Rev. R. Acad. Cienc. Exac. Fis. Nat.* 65 (1971) 327-63.
Importancia del principio de selección para el estudio de las relaciones entre las posibilidades morfológicas y la realidad.
- (36) GARRIDO (J.): «Críticas científicas a la dogmática marxista». *Verbo*, núm. 137-138 (1975), págs. 975-1008.
Estudio de los «dogmas» fundamentales y su valor científico.
- (37) GARRIGOU-LAGRANGE (R.): «Le Sens commun». PARÍS (N. L. N.) 1922.
Importancia del «sentido común» para el conocimiento filosófico, científico y teológico.
- (38) GILMOUR (J. S. L.): «Taxonomy and philosophy». In J. S. Huxley, *The New Systematics*, págs. 461-474. OXFORD 1940.
Crítica de las ideas tradicionales.
- (39) GILSON (E.): «D'Aristote a Darwin et retour. Essai sur quelques constantes de la biophilosophie». PARÍS (*Vrin*) 1971
Crítica de las ideas de Darwin. Importancia del aristotelismo.

- (40) GRIFFITHS (G. C. D.): «On the foundations of biological systematics». *Acta Biotheor.* (1974) 23, págs. 85-131.
Ataca el concepto de especie. Dice que es inútil buscar una diferencia entre atributos esenciales y contingentes (*Dept.º Zool. Univ. Complutense*).
- (41) GUÉNON (R.): «Le Regne de la Quantité et les signes des temps». PARÍS (*Gallimard*) 1945.
Crítica de la preponderancia del enfoque cuantitativo en la visión «moderna» del mundo.
- (42) HAECKEL (E.): «Kristallseelen. Studien uber das anorganische Leben». LEIPZIG (*Kroner*) 1917.
Ensayo monista en teoría (pero dualista en la práctica) sobre la forma de los cristales.
- (43) HOOYKAAS (R.): «Continuité et discontinuité en géologie et biologie». PARÍS (*Seuil*) 1970.
Crítica del principio del uniformismo en geología, biología y teología. El uniformismo es sólo un principio metodológico que puede coartar ciertas perspectivas y es una idea «a priori» no siempre fecunda.
- (44) HO WING MENG: «Methodological issues in evolution theory». Ms. D. Phil. d 3591. OXFORD 1966.
Tesis de filosofía, crítica de las teorías de la evolución. Las teorías del transformismo son de origen filosófico y no científico.
- (45) IBERO (J. M.): «Las razones seminales en San Agustín y los genes de la biología». *Miscelánea Comillas* 1 (1943) 527-557.
Relación entre algunos textos del Obispo de Hipona y las ideas genéticas actuales (*Inst.º L. Vives. C. S. I. C.*).
- (46) LAFFITTE (P.): «Traité d'informatique géologique». PARÍS (*Masson*) 1972.
Obra de conjunto escrita por varios autores. Contiene un extenso capítulo por ISNARD, MALLET, CAZES y SATTRAN (158 páginas) sobre correlaciones geológicas en que analiza el método de los dendrogramas. Ejemplos. Bibliogr. (75 ref.).
- (47) LIMA DE FARIA (J.) and FIGUEIREDO (M. O.): «Classification. Notation and Ordering on a Table of Inorganic Structure Types». *Journ. Solid. St. Phys.* 16 (1976) 7-20.
Sistemática de las estructuras cristalinas basadas en la noción de estratos superpuestos.
- (48) LISTON, WEIBE and COLWELL: «Quantitative approach to the study of Bacterial species». *J. Bacteriol.* (1963) 85, 1061.
Estudia la variabilidad de las especies teniendo en cuenta 78 caracteres y sus correlaciones. Deriva un organismo medio hipotético para *Pseudomonas aeruginosa* (*Inst.º Ferrán. C. S. I. C.*).
- (49) MEYERSON (E.): «Du cheminement de la Pensée». PARÍS 1931.
Obra crítica sobre la teoría del conocimiento (*Inst.º L. Vives. C. S. I. C.*).
- (50) NIGGLI (P.) and NOWACKI (W.): «Stereochemie der Kristallverbindungen». X. Molekulare und Kristalline Konfigurationen. *Zeit. f. Kristall.* 80 (1933) 65-99.
Enumeración de configuraciones atómicas finitas, estudio geométrico. Números de coordinación.

- (51) NIGGLI (P.): «Lehrbuch der Mineralogie und Kristallchemie». 3 Aufl. vol. I. BERLÍN (1941).
- (52) NIGGLI (P.): «La Notion d'espèce minérale». *Ann. Guebhard-Sévérine*. 18-19 (1942-43) 316-28.
Caracterización de las especies minerales.
- (53) NIGGLI (P.): «Isomeren und Substitutionen I. Molekulare Konfigurationen». *Helv. Chim. Acta.* (1946) 29, 991-1022.
Estudio geométrico, simetría. Enumeración de casos posibles.
- (54) ORCEL (J.): «Essai sur le concept d'espèce et les classifications en minéralogie et pétrographie». *Bull. Soc. Franç. Miner. Crist.* (1951) 87, 397-432.
Artículo general de carácter histórico y conceptual. Influenciado por la dialéctica hegeliana pero utiliza la filosofía clásica sin hacer referencia a ella. Bibliogr. (59 ref.).
- (55) ORTONEDA (B.): «Principios fundamentales del marxismo-leninismo». MADRID 1974.
Estudio exhaustivo y crítico de las tesis marxistas especialmente en sus relaciones con las diversas ciencias.
- (56) OUDIN (J. M.): «Hylémorphisme et civilisation technique». *La Pensée Catholique*, núm. 153 (1974) 73-87.
Importancia del hilemorfismo.
- (57) POPPER (K. R.): «The Poverty of Historicism». LONDON (Routledge) 1969.
Crítica de la tendencia historicista en el mundo actual.
- (58) POS (H. J.): «Quelques remarques sur l'holisme dans la pensée grecque». *Acta. Biotheor.* VII (1943) 183-192.
Comparación entre Platón y Demócrito. Platón reduce la inferior a lo superior y Demócrito lo superior a lo inferior.
Platón inspira el holismo actual. El holismo ha reaccionado frente a un concepto que consideraba al ser vivo como un conjunto de fuerzas sin unidad real.
- (59) RAMACHANDRAN (G. N.): «Analysis of Permissible Conformation of Biopolymers». In *Structure Chemistry and Molecular Biology* de Ric y Davison (1968).
Conformación de nucleótidos de ácidos nucleicos y de cadenas de polisacáridos. Limitaciones de acuerdo con sus características geométricas y por cálculos de energía potencial.
- (60) RÍOS Y GARCÍA (J. M.): «Evaluación de la validez de los fundamentos, métodos y logros de las Ciencias geológicas (En sí mismos y en comparación con los de las restantes ciencias naturales)». *Discurso de ingreso en la R. Acad. Cienc. Exac. Fis. Nat. Madrid* (1966).
Estudio crítico. Resalta el carácter histórico y contingente de los hechos geológicos que dan a las ciencias de la tierra un carácter particular. Bibliogr. (79 ref.).
- (61) ROGERS (D. J.) and TANIMOTO (T. T.): «A computer program for classifying planto». *Science* 132 (1960) 1115-18.
Descripción de un programa para clasificar plantas por medio de computadoras.
Crítica, no se puede pensar que se llegará a clasificar plantas de un modo automático prescindiendo de una apreciación cualitativa de los caracteres y de sus matices (C. I. D.).

- (62) SALET (G.): «Azar y certeza». MADRID (*Alhambra*) 1975.
Crítica del transformismo. No es posible una evolución progresiva producida por el azar.
- (63) SAN JUAN (R.): «Teoría de las magnitudes físicas y sus fundamentos algébricos». *Rev. R. Acad. Cienc. Exac. Fis. Nat. Madrid* (1946) 50, pág. 299.
Trabajo matemático (*Real Acad. Cienc.*).
- (64) SERTILLANGES (A. D.): «L'idée de Création et ses retentissements en philosophie». PARÍS (*Auber*) 1945.
Opiniones personales muy discutibles sobre la Creación.
- (65) SIRKS (M. J.): «Variability in the Concept of Species». *Acta Biother. A* (1952) x, 11-22.
El autor es genetista. Variabilidad de las especies (*Dept.º Zool. Univ. Complutense*).
- (66) SNEATH (P. H. A.) and SOKAL (R. R.): «Numerical Taxonomy». SAN FRANCISCO (*Freemann*) 1973.
Trabajo de conjunto. Definiciones y deducciones. Bibliografía (*Dept.º Zool. Univ. Complutense*).
- (67) SOKAL (R. R.): «Typology and empiricism in Taxonomy». *J. Theor. Biol.* 3 (1962) 230-67.
Crítica de la noción de tipo en biología (*Dept.º Zool. Univ. Complutense*).
- (68) THOMAS D'AQUIN: «Les Principes de la réalité naturelle». PARÍS (*N. E. L.*) 1963.
Texto latino y traducción. Comentarios de J. Madiran.
- (69) TONQUEDEC (J. de): «Introduction a l'étude du merveilleux et du miracle». PARÍS (*Beauchesne*) 1923.
Estudio sobre la noción de fenómeno natural y de fenómeno sobrenatural. El determinismo, la contingencia y la continuidad. Metodología y crítica histórica. Análisis de las ideas de Spineza, W. James, Newman, Hume y Stuart Mill. Obra fundamental, crítica y detallada.
- (70) TONQUEDEC (J. de): «La Philosophie de la Nature». 5 vol. PARÍS (*Letielloux*) 1950.
Obra fundamental tomista (*Inst.º L. Vives. C. S. I. C.*).
- (71) TRICART (J.): «Principes et méthodes de la géomorphologie». PARÍS (*Masson*) 1965.
Contiene observaciones profundas y originales sobre morfogénesis en las ciencias geológicas. Morfometría y estadística.
- (72) VIALLETON (L.): «Membres et ceintures des vertébrés tétrapodes. Critique morphologique du transformisme». PARÍS (*Doim*) 1924.
Necesidad de admitir una unidad armónica del plan estructural en los animales. Imposibilidad de estructuras intermedias entre los diferentes tipos estructurales de los vertebrados.
- (73) VIALLETON (L.): «L'origine des etres vivants. L'illusion transformiste». PARÍS (*Plon*) 1929.
Crítica del transformismo.
- (74) ZIGLIARA (T. M.): «Suma Filosófica». Tomo I, 2.ª parte. «Metafísica general u Ontología». MADRID 1915.
Obra de conjunto aristotélico-tomista.

DISCURSO DE CONTESTACION

DEL

EXCMO. SR. D. JOSE MARIA RIOS GARCIA

Comienza su discurso nuestro académico con una declaración de humildad, que yo estimo hija de una sincera modestia, pero no concordante con la realidad. Le conozco muy bien, aunque nuestro mutuo trato y conocimiento ha sido muy discontinuo, y por períodos largos. Pero, como oirán ustedes en seguida, hemos compartido durante más de cinco años, junto con nuestro compañero de Academia Almela, largas temporadas de trabajo de campo, y larguísimos viajes en auto en la época en que no convenía pasar de los 60 Kms., ni las carreteras lo permitían en todo caso, y en que había que mojar los neumáticos tan frecuentemente como se pudiera; y también hemos compartido larguísimas veladas en fondas y casas de aldeas, en las tardes y noches de invierno, con una débil bombilla pegada al techo por toda iluminación. Esto quiere decir que hemos tenido oportunidad de hablar, largo y tendido, sobre todo lo divino y lo humano, y creo conocerle profundamente. Puedo, por consiguiente, asegurar que, de siempre, tiene vocación y madera de académico. Si hay académicos natos él es uno de ellos.

Cuando recién terminada mi carrera entré a formar parte del grupo de investigadores, bajo la dirección y enseñanzas del inolvidable D. Julio Palacios, para estudio de estructuras minerales, había allí un puñado de prometedores y jóvenes doctorandos, todos los cuales han hecho brillantísimas carreras científicas y honran a sus cátedras, y algunos se sientan aquí con nosotros en el seno de la Academia. Sin duda yo era, con mucha diferencia, el más modesto de ellos. Estaba allí un poco como la clavija cuadrada en el agujero redondo, ya que desde mucho antes iba forzado por una vocación irresistible hacia la Geología, a los grandes espacios abiertos, a las montañas, y no al laboratorio. Circunstancias que sería complicado e irrelevante explicar aquí, originaron esa situación, ligada también a la persona de nuestro nuevo académico, Julio Garrido, al que entonces no conocía más que de nombre, y al que me imaginaba

un poco míticamente aureolado, pues parecía ser el discípulo favorito de Palacios. He de decir que aquella estancia mía allí no solamente sirvió para ganar la estima del Profesor Palacios, estima que tuve siempre en gran aprecio, sino que a pesar de constituir una desviación en mi carrera científica me fue de inmensa utilidad, al hacerme conocer el mundo del rigor y la precisión del estudio y análisis científico en la escala de lo infinitamente pequeño, como lo es el análisis de estructuras minerales con rayos X. Este para mí nuevo mundo científico me infundó una renovada y añadida mentalidad, un rigor crítico que constituyó en adelante parte de mi personalidad científica.

Pasé un año en Manchester, con el Profesor Bragg, en los laboratorios de la Universidad Victoria, y durante ese año regresó Julio Garrido de la Sorbona y se reincorporó a lo que se llamaba entonces «Fundación Rockefeller», de modo que yo no conocí en persona a Garrido hasta mi regreso de Manchester, ocasión en que ambos trabajábamos en el mismo laboratorio, bajo la dirección de Palacios, durante muy breve tiempo, y allí comenzó a forjarse nuestro conocimiento y amistad. Sobrevino la guerra y nos perdimos de vista. Terminada aquélla, un conjunto de circunstancias casuales, cuya explicación sería igualmente complicada e irrelevante, nos reunió de nuevo. Coincidimos en un mismo equipo, investigando posibilidades petrolíferas para la Compañía CIEPSA, Almela, Garrido y yo. Se habían invertido las situaciones. Creo que Garrido reconocerá que, en este caso, él era la clavija cuadrada en el agujero redondo. No es que no lo hiciera bien. Creo que Garrido hará bien todo lo que se proponga o le propongan, pero se apreciaba de todos modos que su mente andaba más ocupada con problemas abstractos o concretos de cristalografía, que con las estructuras geológicas.

Fue en esta etapa de estrechísima convivencia, de estancias prolongadas y largos viajes, cuando conocí más profundamente a nuestro nuevo Académico. Y, si menciono estos hechos, es por expresar de alguna manera la profunda influencia que ejerció en mi personalidad científica. En tantísimas conversaciones como teníamos se ponía de manifiesto, siempre que hablábamos de temas serios, la penetración analítica de su mente y su espíritu cartesiano, que poco a poco fui asimilando por una ósmosis muy beneficiosa para mí y que ha inspirado desde entonces mis actividades y mi pensamiento. Luego pasó a desempeñar actividades, que reseñaré en seguida, en otros campos, y perdimos el contacto por mucho tiempo, salvo contados

encuentros ocasionales. De nuevo volvimos a encontrarnos y renovar nuestras relaciones con su incorporación a las actividades científicas de esta Academia como miembro correspondiente.

A nadie puede extrañar, por consiguiente, que tan pronto como se dieron las circunstancias de tiempo y ocasión, Almela y yo apoyáramos su candidatura para una medalla numeraria de esta Academia. Pero es hora de que enfoquemos la cámara más precisamente en la personalidad propia de Julio Garrido.

Es tan polifacética que señalarla en detalle sería larguísimo, puesto que se trata de un auténtico pensador, que ha discurrido sobre cantidad y diversidad de temas. Sólo expresaré, y con harto sentimiento, los rasgos más generales, y los más definitorios, en una clasificación más humana que rigurosamente taxonómica. Su rasgo más general es el de pensador, el más específico el de cristalógrafo. Es pensador por naturaleza, con una mente profunda y rigurosamente analítica. Y al ser cristalógrafo es también, de necesidad, matemático, físico, químico y naturalista. Ya he mencionado sus andanzas por el campo de la geología, pero además ha pensado y escrito sobre los temas más variados de filosofía, de fundamento e historia de las religiones y de los sistemas filosóficos, de problemas de clasificación de la información y de bibliografía y muchos más.

Nació en Madrid el año 1911 y se graduó por Ciencias Naturales en la Universidad de Madrid, al mismo tiempo que reforzaba sus conocimientos con asignaturas de otras facultades, en disciplinas de exactas, físicas y químicas. Se licenció con premio extraordinario a la edad de veinte años, y con el mismo premio obtuvo el grado de doctor a la de veintidós años. Estudió después sus disciplinas favoritas, las antes mencionadas, en la Escuela Politécnica Federal de Zurich, y en la Sorbona, siempre con las más altas calificaciones.

Su actividad investigadora se inició ya en el segundo año de la licenciatura, con varias publicaciones sobre morfología cristalina aparecidas en el «Bol. de la R. Sociedad Española de Historia Natural», y esta circunstancia va ligada a un suceso curioso que merece la pena relatar, ya que influyó importantemente en su carrera. Corría el año del Señor de 1930, y D. Julio Palacios dirigía entonces la «Cátedra Cajal» en el Instituto Nacional de Física y Química, con cursos y trabajos de investigación que entonces versaban sobre difracción de rayos X y electrones, y contaba con la colaboración de diversos premios Nobel, como Bragg, Ewald y Scherrer. Como uno de los

frutos de dichos trabajos publicaron Palacios y Salvia, en los Anales de la Real Sociedad de Física y Química, un estudio sobre la estructura del sulfuro de plata en sus dos formas, argentita y acantita, y ambos autores proponían una explicación sobre ciertas anomalías presentes en los diagramas de difracción de rayos X. Garrido, pendiente de todo lo que afectase a la cristalografía, encontró que tal anomalía podría explicarse por medio de la teoría de Friedel sobre las maclas estructurales, expuesta algunos años antes, y tras analizar y cuantificar su propia interpretación se presentó ante el Profesor Palacios y le expuso las consecuencias a que había llegado. Era un poco David ante Goliat. Pero los que hemos tenido la suerte y el honor de trabajar bajo la dirección de Palacios y conocíamos su inmensa capacidad de científico serio y sus cualidades humanas, podíamos predecir que el resultado de la controversia entre tan desiguales circunstancias no podía ser otro que el que fué. Tras larga y animada discusión, Palacios no sólo reconoció el sólido fundamento del análisis del joven estudiante, sino que le instó a publicar los resultados y lo llevó a su laboratorio como becario. Así se inició para Garrido una brillante carrera como investigador en el campo de las estructuras cristalinas, que le abrió la puerta de los más renombrados laboratorios de una especialidad en que ha llegado a conseguir fama mundial. Sus trabajos vieron la luz en las más importantes revistas del mundo, en todos los idiomas científicamente cultos, y encontraron eco en la bibliografía mundial de estructuras cristalinas. Ha interpretado varias estructuras difíciles, ha perfeccionado métodos de cálculo y de experimentación, y se ha distinguido en especial en el complejo e importante problema de las estructuras homométricas que, siendo diferentes, llevan a las mismas imágenes de difracción.

Igualmente se distinguió en campos afines. En Mineralogía estudió numerosas especies, en el laboratorio y en el terreno, y llegó a ser Presidente de la Sociedad Francesa de Mineralogía, como único extranjero distinguido con este honor. En Física derivó por los campos afines de difracción de la luz y de electrones, e introdujo las técnicas del microscopio electrónico, en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas, más brevemente conocido como INTA, en cuya plantilla ingresó por oposición.

Aplicó la cristalografía a la biología en estudios de la quitina en los insectos, y de los monocristales de los caparzones y estructuras de los equínidos.

No me queda más remedio que abreviar, pero no se puede omitir su actividad pedagógica desarrollada en cursos, tanto aquí como en Lisboa, Coimbra, París, El Cairo, Santiago de Chile, Montevideo, Buenos Aires y San Pablo. Fundó laboratorios y muchos de los actuales profesores de cristalografía y mineralogía en Hispanoamérica han sido discípulos de Garrido. Ni tampoco se puede pasar por alto su labor en el campo de la documentación y de la bibliografía, otro de sus favoritos, en el que es un verdadero experto. Su afición viene desde la época del bachillerato, estudiado en Santander, y se desarrolló en la Biblioteca Menéndez y Pelayo. Su actividad bibliográfica se manifiesta en actividades de fundación de numerosas bibliotecas científicas y centros de documentación en Egipto, Méjico, Uruguay, Argentina y Corea, y en nuestro país, y ha fructificado, además, en la publicación de muchos trabajos sobre esta materia. Fue Director adjunto en París, durante cinco años, del Centro de documentación del C. N. R. S., cuya administración corría a su cargo, así como también la edición del famoso «Bulletin Signalétique», que abarca la bibliografía científica internacional.

Quedaría coja esta reseña de su polivalente personalidad de pensador, si no mencionásemos campos tan apartados entre sí, y de los suyos específicos, como lo son la iconografía, cristianismo oriental, liturgia y Nuevo Testamento en copto sahídico, fruto de su estancia en Egipto; la islamología y bizanciología, muchas de cuyas publicaciones han sido traducidas a los idiomas inglés, portugués, griego, ruso y árabe. Por ello es colaborador asiduo de varias revistas especializadas y es miembro titular del Instituto de Estudios Orientales del Patriarcado griego ortodoxo de Alejandría.

Ha polemizado sobre la esencia del cristianismo y sobre las teorías marxistas y las realidades de la vida. También, encarnizada y profundamente, sobre la delicada cuestión de la evolución en Biología. La relación de sus publicaciones es un mundo, una enciclopedia, por la variedad de su temática.

En la actualidad es Catedrático honorario de la Universidad Autónoma de Madrid, Académico correspondiente de las Academias de Ciencias de Coimbra, de Bolivia, y lo era de la nuestra hasta este momento, en que tenemos la satisfacción de recibirlo como Académico de Número. Su primera relación con ella, como la mía, fue la obtención en 1933 de una beca de la Fundación Conde de Cartagena.

* * *

Analiza Garrido en su discurso una cuestión fundamental para las ciencias de la Naturaleza: la taxonomía o ciencia de la clasificación. La originalidad de su exposición reside en que enfoca el problema desde dos puntos de vista diferentes: el filosófico y el de los modernos estudios de taxonomía matemática basados en el empleo de computadoras. Son dos enfoques muy distintos, pues el primero considera las clasificaciones desde el punto de vista de los criterios fundamentales, mientras que al tratar la taxonomía moderna emplea un método poderoso que permite apreciar y valorar correlaciones y deducir la importancia taxonómica de las distintas propiedades y atributos que se emplean para organizar las clasificaciones. Ambos se complementan al aportar el primero ideas fundamentales entre las que destaca la noción de especie y de unidad taxonómica, mientras que el segundo utiliza la eficacia de los modernos métodos de cálculo.

Es evidente que este estudio ha exigido realizar un examen crítico de numerosos trabajos antiguos y modernos a fin de precisar conceptos y establecer relaciones entre estas dos tendencias tan diferentes.

La ciencia taxonómica, como se refiere a muy diversos tipos de problemas, tiene sus fuentes dispersas en bibliografías de muy variada procedencia, lo que exige una poderosa labor de síntesis como paso ineludible para la elaboración de una doctrina general.

En la primera parte se analiza profundamente la cuestión de los problemas que supone la definición de las formas, su expresión, y luego su clasificación. Garrido ha dedicado gran parte de su actividad científica a problemas morfológicos, dentro del variado espectro que nos ofrecen las ciencias naturales, tanto en matemática y en biología, como en geología y mineralogía y, sobre todo, por natural inclinación suya, en este último campo.

Con respecto a los dos temas fundamentales de este discurso, la morfología y la taxonomía, estoy más cerca del segundo que del primero. En efecto, la morfología, en geología, no es de trascendencia taxonómica fundamental, como lo es en mineralogía, como expresión y manifestación visible de una estructura interna relacionada con la estructura misma de la materia. Las formas geológicas visibles, o son geomorfológicas, relieves superimpuestos por la dinámica externa y por consiguiente accesorios, o son accidentes tectónicos. Estos sí tienen importancia, por ser la expresión visible de las deformaciones de los materiales, en relación de dependencia con mecanismos de profunda raíz en el globo terráqueo, pero son fenóme-

nos consecuentes, superimpuestos una o varias veces a lo largo de los tiempos geológicos y no expresión misma y directa de su constitución interna. El conocimiento de estas formas añadidas es con frecuencia difícil, pero posible por medios normales de observación directa, especulación y síntesis. Ahora bien, las expresiones morfológicas en las estructuras minerales son discontinuas y perfectamente definibles por características geométricas fijas, así como exactamente mensurables, mientras que las expresiones morfológicas de las estructuras geológicas son más frecuentemente continuas, influidas por infinidad de variables muchas veces independientes, ligadas a situaciones antecedentes, y plantean difícilísimos problemas de clasificación, es decir de taxonomía, que se polarizan en dos tipos de cuestiones: las de clasificación por magnitudes, o problema de las escalas en fenómenos geológicos, y el de clasificación por tipos, al tratarse de fenómenos continuos interrelacionados, complejos, y de carácter dependiente de lugar y tiempo, es decir, históricos.

Los criterios taxonómicos empleados en materia geológica, carecen de fijeza y aparecen mezclados los de diferentes fundamentos. Más que discontinuidades en la índole o en la diversa participación de integrantes de un fenómeno geológico, discontinuidades que no son frecuentes, puesto que suelen ser de índole gradual con cambios más o menos rápidos, son las discontinuidades en el ritmo del acontecer geológico las que han servido para establecer la taxonomía en las clasificaciones geológicas. Si el principio del uniformismo nos dice que los fenómenos son fundamentalmente los mismos, o sea permanentes a lo largo de los tiempos geológicos y que no hay en las formaciones más viejas rocas o fenómenos que no conozcamos en las actuales (y esto no tiene nada que ver con que se le considere apriorístico), es claro que estos criterios no sirven para clasificaciones taxonómicas. Pero si un período de preparación sedimentaria dura trescientos millones de años, y si la fase orogénica que cierra ese acto dura sólo unos diez a veinte millones de años, esto puede servir y ha servido de criterio taxonómico. Pero inmediatamente nos damos cuenta de la falta de adecuación de este criterio taxonómico referente a duraciones dilatadas de tiempos si se contrasta con la precisión de los criterios taxonómicos en otras disciplinas, y tanto más cuanto que sabemos que los períodos de preparación sedimentaria y los de realización orogénica, se superponen amplia e irregularmente en el espacio y en el tiempo.

En consecuencia, los geólogos sentimos muy honda preocupación por el establecimiento de límites y categorías, tanto más necesarios en nuestra ciencia por tratarse como hemos dicho de fenómenos continuos, por lo general, y por consiguiente de difícil clasificación y categorización. Hay que establecer hitos, mugas, puntos de referencia, y éstos han de ser escogidos arbitrariamente, como consecuencia de la continuidad de las transformaciones. Son más frecuentes e importantes en Geología los criterios clasificatorios de tiempos que los de formas, y estos últimos que existen y que son imprescindibles, se ordenan dentro de aquéllos.

La taxonomía en Ciencias Naturales comprende dos grupos de problemas que tienen mucho básico en común y también muchas cosas que los diferencian: son los de las disciplinas biológicas y los de las disciplinas de la Tierra y aún en estas últimas hay que distinguir los problemas que atañen a rocas y minerales y los que atañen a las estructuras geológicas. Entre el grupo primero y los dos subgrupos existen concomitancias y diferencias. Los problemas taxonómicos biológicos tienen mucho en común con los de rocas y minerales, sobre todo con estos últimos, por ser su planteamiento más claro y limpio al ser menos las características fundamentales y susceptibles de mayor precisión en la definición. Me parece el caso más sencillo el de los minerales (e intermedio el de las rocas), por ser sus caracteres básicos más exactamente definibles y más discontinuos. Y el más complejo el de las estructuras geológicas, por ser continuas, hijas de situaciones anteriores, a las que modifican, y de este modo resultan más o menos fácil o difícilmente reconocibles. Las clasificaciones biológicas comparten con las geológicas en ser, por su aspecto evolutivo, dependientes del tiempo, cosa que no ocurre con los minerales (y en menor grado con las rocas), que sólo son función de componentes químicos y circunstancias físicas, y en mucho menor grado función del tiempo que sólo afecta a aspectos accesorios, tales como el tamaño o definición del grano o de los cristales.

Otra característica de la taxonomía de las Ciencias Naturales y, sobre todo, de los fenómenos geológicos, es que tiene que ser constituida sobre la marcha sin poder tener en cuenta, al ser establecidos, la adición de hechos de información y de criterio que sólo serán puestos de manifiesto mediante el avance en el conocimiento. Esta circunstancia ha sido especialmente perturbadora para el grupo nomineralógico, el de la pura disciplina geológica. Establecidos sus

criterios taxonómicos, por necesidad, por los fundadores de la Geología, el hecho de tratarse de fenómenos geológicos continuos, pero cuya frecuencia, intensidad y caracteres son variables diacrónicamente, sin previsión posible, plantea una serie de problemas complejísimo que no pudieron prever los fundadores. Los criterios de clasificación, por ejemplo, de las secuencias de los períodos de sedimentación dominante, y de los de plegamiento dominante, hubieron de hacerse prematuramente, y han resultado, en gran medida, poco deseables y muy perfectibles a la luz de los conocimientos actuales. Pero de tal manera han estructurado e informado el conocimiento geológico hasta tiempos recientes, son tantas las cartografías, publicaciones y textos basados en aquella clasificación, ahora manifiestamente perfectible que, no obstante el reconocimiento profundo de su falta de adecuación, parece que haya de aceptarse como un hecho irreversible. Nuevos fenómenos geológicos entonces desconocidos, como el paleomagnetismo, como la tectónica global, han dado lugar a la aparición de taxonomías superpuestas sobre bases fundamentalmente distintas, que se utilizan accesoriamente sin poder cambiar la clasificación tradicional que sigue siendo básica, a pesar de su bien conocida inadecuación.

En este sentido hay un cierto paralelismo con algo que dijo una eminente figura científica norteamericana cuyo nombre no recuerdo y no he podido localizar. Más o menos decía que la imprecisión de los idiomas corrientes aplicados a la expresión de hechos o características de fenómenos físicos había constituido y sigue constituyendo una gran rémora para el desarrollo de la Ciencia, y no sólo para el trasvase de hechos, conceptos e ideas de un idioma a otro a través de traducciones, sino dentro de cada propio idioma. Como ejemplo se puede citar y creo que también lo citaba el comentarista original, la expresión de propiedades físicas tales como dureza, que tan diferente contenido y concepto tienen según se refiera a resistencia a la raya, al desgaste, a la penetración, etc. En consecuencia propugnaba y estimulaba a la creación de nuevos vocablos que correspondieran exacta y ajustadamente a la propiedad que se hubiera de designar.

Por otra parte, creado un vocablo con un conocimiento aún limitado del concepto, el desarrollo de la observación lo va cambiando, poniendo de manifiesto matices o características desconocidas a su creador, de modo que el significado originalmente atribuido al vocablo se va desdibujando y perdiendo la precisión original. Un ejemplo

típico, en Geología, es el del vocablo «flysch», término que con tan diversas acepciones distintas ha sido empleado por tantos geólogos que, aún compartiendo un fondo común de características esenciales, han llegado a comprender cosas tan distintas que el flysch de algunos sería difícilmente reconocido y aceptado como tal por otros.

La taxonomía en las ciencias naturales ha de ser siempre un sistema abierto, que debe poder recibir en el seno de algún compartimento de sus clasificaciones formas de nuevo descubrimiento. La taxonomía bibliográfica en este sentido puede aportar gran experiencia, pues es bien sabida la complicación de los problemas de clasificación en una biblioteca y en sus ficheros, según que los criterios que predominen sean estéticos, de formas y tamaños, de materias, o mixtos, y la necesidad de que cada uno de los apartados esté permanentemente abierto y que además permita prever ampliaciones, reducciones, fusiones, divisiones u otras modificaciones de cada uno de ellos. El que trata de organizar una biblioteca y su fichero conoce bien estos problemas, la complicación que alcanzan y lo difícil que es su solución, en relación también con problemas de espacio y costo.

La taxonomía matemática no ha progresado mucho en su aplicación a las ciencias geológicas, salvo en direcciones determinadas, como, por ejemplo, en sedimentología o en petrogénesis y en técnicas de nueva aparición, como por ejemplo en paleomagnetismo, pero aún no ha sido aplicada a las clasificaciones fundamentales de los acontecimientos geológicos, al encuadramiento de las formaciones geológicas en una clasificación temporal más lógica y racional que la que actualmente impera y que se ha constituido gradual y progresivamente, pero imperfectamente desde el comienzo del conocimiento científico de los fenómenos geológicos.

Como nos decía Garrido, la cantidad es sólo un atributo de la calidad. Por eso señalé en dos disertaciones académicas que el abuso de la estadística, que pone el énfasis en el dominio de las cantidades, iba en contra del grano mismo del conocimiento geológico, en que el hecho de un caso de excepción en un mar de coincidencias es siempre manifestación de algún fenómeno singular al que debe hallarse explicación o al menos interpretación.

Pero hay criterios matemáticos que han resultado enormemente fructíferos, como por ejemplo los utilizados en sedimentología, morfología, hidrogeología, sismología y predicción, vulcanología, energía termal y otras disciplinas concretas.

Resaltaremos también el valor del concepto de nubes de puntos representativos de que nos ha hablado Garrido en el estudio, por medios estadísticos, de propiedades geométricas mediante medidas de orientaciones y actitudes en el estudio de las deformaciones, tan fructífero en el campo de la tectónica, y más concretamente de la geología estructural, que ha llegado a constituir uno de sus fundamentos.

Resumiendo diremos que entre los varios problemas que plantea este discurso hay dos que parecen particularmente interesantes: el estudio sobre posibilidad de enumeración de todas las clasificaciones posibles para un conjunto de seres, y el de la enumeración de todas las categorías taxonómicas imaginables basadas en un número dado de caracteres taxonómicos.

La enumeración de todas las clasificaciones posibles puede ser eficaz para determinar cuáles son los grupos taxonómicos más útiles para determinada finalidad, técnica, pedagógica o argumental con respecto a una teoría. En cada uno de estos casos se puede llegar a establecer fórmulas de optimación.

También se establece una fórmula que permite determinar el número de especies posibles dentro de un género cuando se basan las especies en un número finito de caracteres taxonómicos. Una vez determinadas todas las especies posibles se podrá deducir el principio de selección que denota en muchos casos que no todos son posibles en la Naturaleza.

El planteamiento filosófico-taxonómico del discurso permite también comparar las diferencias epistemológicas existentes en el aspecto morfológico de las diversas Ciencias Naturales. En aquellas en las que la noción de especie puede ser bien definida, es posible llegar a obtener ideas universales que explican las formas tal como ocurre con los números cuánticos de los átomos y con las nociones de valencia y configuración en las moléculas y se está ahora intentando sistematizar por medio de los estudios del ADN en los seres vivos.

En Geología, sin embargo, la dificultad en definir las especies en los objetos geológicos da un carácter peculiar a las interpretaciones morfológicas que se manejan por no corresponder éstas a esquemas sencillos y formados por posibilidades discontinuas bien definidas y fácilmente enumerables.

Otro aspecto importante lo constituye el análisis de la noción de dualidad en la explicación de las formas naturales. Este dualismo

también se presenta en la teoría de la información y en la teoría del conocimiento científico.

En ninguna otra ciencia mejor que en la Geología se manifiesta tan claramente la necesidad de hacer uso de la dualidad de OBSERVACIÓN Y CÁLCULO, lema de esta Real Academia, de ilustre prosapia, puesto que procede de Leonardo da Vinci.

Estimo que este discurso puede ser el punto de partida de trabajos futuros en diferentes campos de las ciencias físico-químicas y naturales. Algunos de ellos han sido señalados por el nuevo Académico.

No he dispuesto de mucho tiempo para analizar tan importante estudio tan denso en ideas y en información. La patente impaciencia de Garrido para engarzarse en esta Corporación la atribuyo yo a que, como decía antes, su espíritu es fundamentalmente académico y anhelaba verse inmerso en el ambiente de nuestra Corporación. Sirva ello de disculpa a mis pobres comentarios a tan compleja materia, merecedora sin duda de más profundo análisis.

I N D I C E

	Págs.
EXORDIO	9
INTRODUCCIÓN	13
1. MATERIA Y FORMA	15
1.1. Los grados de abstracción	15
1.2. Discontinuidad y especies	17
1.3. Materia, forma y <i>philosophia perennis</i>	18
1.4. Unicidad y pluralidad de formas	20
1.5. Materia, forma y taxonomía	22
2. ATRIBUTOS, PROPIEDADES Y UNIDADES TAXONÓMICAS	23
2.1. Propiedades y atributos taxonómicos	23
2.2. Matriz taxonómica fundamental	25
2.3. Las unidades taxonómicas	26
2.4. Relaciones entre los atributos	27
3. TAXONOMÍA MATEMÁTICA Y NOCIÓN DE ESPECIE	30
3.1. Clasificaciones monotéticas y politéticas	30
3.2. El espacio de los atributos	32
3.3. Las «nubes» de puntos representativos y la noción de especie ...	33
3.4. Valor taxonométrico de las unidades taxonómicas y la forma específica	36
3.5. Número de formas posibles	38
4. TRANSFORMACIÓN Y ORIGEN DE LAS FORMAS	39
4.1. Estudio sincrónico y diacrónico de las formas	39
4.2. Cambio y estabilidad en las formas	40
4.3. Agentes morfogenéticos internos. Genotipo y potencia	41
4.4. Agentes morfogenéticos externos. Incidencia de varios genotipos.	43
4.5. El azar y la inteligencia. La contingencia y la finalidad en la mor- fogénesis	44

	Págs.
5. OBSERVACIONES SOBRE LA TAXONOMÍA MATEMÁTICA Y LA NOCIÓN DE FORMA	
EN ALGUNOS CAMPOS DE LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA	46
5.1. Los átomos	46
5.2. Moléculas y cristales	48
5.3. Los objetos geológicos	51
5.4. Los seres vivos	54
6. CONSIDERACIONES GENERALES A MANERA DE EPÍLOGO	58
6.1. Porvenir y limitaciones de la taxonomía matemática	58
6.2. Dualidad de oposición y dualidades de complementariedad	59
BIBLIOGRAFÍA	62
DISCURSO DE CONTESTACIÓN DEL EXCMO. SR. D. JOSÉ MARÍA RÍOS GARCÍA.	69