REAL ACADEMIA ESPAÑOLA

CIENCIA Y LENGUAJE

Discurso de recepción del

EXCMO. SR. D. ANTONIO COLINO LOPEZ

y contestación del

EXCMO. SR. D. JULIAN MARIAS

el dia 23 de enero de 1972

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA

CIENCIA Y LENGUAJE

DISCURSO DE RECEPCIÓN DEL

EXCMO. SR. D. ANTONIO COLINO LOPEZ

Y CONTESTACIÓN DEL

EXCMO. SR. D. JULIAN MARIAS

EL DIA 23 DE ENERO DE 1972

Depósito Legal M. 739 -1972

TALLERES GRAFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCIA MORATO, 122.—MADRID

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. ANTONIO COLINO LÓPEZ

Excmos. Sres. Académicos, señoras y señores :

Pocas personas habrán pasado por este trance con mayor turbación y casi con dolorosa humildad, al contrastar el alto honor que hoy me otorgáis con excesiva generosidad y la escasez de mis merecimientos.

Vuestra elección suele ser siempre consagración o marca suprema de una labor eminente, prestigiosa y reconocida ; pero si yo tengo algún prestigio conseguido a lo largo de los años con un parvo espigueo de méritos, son éstos tan ajenos a las actividades propias de esta Casa, que pueden considerarse como monedas no cotizables.

Sería impertinencia por mi parte tratar de juzgar el acierto de mi nombramiento como compañero vuestro. Confío, con una ansiosa necesidad de creer en ello, que vuestra inteligencia, madurada con la experiencia, haga que vuestra elección no sea tan equivocada como yo me pueda temer.

Para tranquilizar y animar mi espíritu pienso que no se ha levantado catedral sin que laboraran peones, ni se ha ganado batalla sin que hubiera soldados. Tarea la hay : la humanidad está viviendo, por primera vez, una era de tan rápida evolución que el padre ya no puede enseñar su oficio al hijo. Las materias científicas más importantes que se enseñan hoy en las Universidades (Microfísica, Mecánica cuántica, Física de partículas, Astrofísica y Cosmología, Electrónica y Computadoras, Biología molecular, Cibernética) no existían hace menos de cincuenta años.

Todo este inmenso torrente de nuevos fenómenos, nuevos conceptos, nuevas teorías y nuevas aplicaciones exigen nuevas

palabras para su adecuada y precisa designación. Se dice, y valga como paradigma general, que los conocimientos en Biología Molecular se doblan en los últimos tiempos cada dos o tres años.

La irrupción de la Ciencia y de la Técnica en nuestra vida cotidiana ha creado un difícil problema en lo que se refiere al léxico vulgar o de general empleo. Las circunstancias se han agravado para la Real Academia Española en el sentido de que el neologismo ya no se origina madurándose dentro de un ambiente científico, seguido quizás de una lenta penetración en el lenguaje vulgar, sino que surge en la noticia o en la información periodística y pronto se transforma en lenguaje común por la virtualidad de su uso.

En el año 1947 se funda en España el Instituto Nacional de Electrónica bajo la presidencia de don Esteban Terradas. Eran los momentos en que se empezaban a recibir los llamados documentos desclasificados de la segunda guerra mundial. En la enorme avalancha de información que se produjo nos encontramos con descripciones de fenómenos, teorías, aparatos, etc., que no sólo eran difíciles de comprender, sino además imposibles de traducir. Las propias palabras inglesas habían sido acuñadas en la precipitación provocada por la angustia bélica y a nosotros nos era muy difícil encontrar o inventar las adecuadas voces españolas.

Fue entonces cuando don Esteban Terradas creó en mí la preocupación por el léxico científico, en aquellas reuniones que, bajo su presidencia y magisterio, tuvimos en el I. N. E. Para algunos de nosotros no era una tarea puramente académica, sino una verdadera necesidad para nuestro trabajo diario : habíamos de entendernos entre nosotros.

La preocupación y la labor por encontrar nuevas voces científicas y técnicas la continuamos después en la Real Academia de Ciencias, y esta vez con la presidencia y magisterio de don Julio Palacios.

Allá por los años 47, Schrödinger publicó su librito «What is life?» y pronto fue un «best-seller» en los ambientes científicos, pues era un conjunto de sugestivas ideas y conjeturas so-

bre la interpretación física de la vida. Tuve la oportunidad de leerle y de gozar con la riqueza de sus ideas, pero me dejó confuso e insatisfecho en lo que se refiere especialmente a la aplicación de los conceptos de termodinámica a los seres vivos. Por esta razón, leí con verdadera ansiedad la réplica que publicó don Julio con el título «De la Física a la Biología», y tuve además la suerte de oír sus comentarios. Creo, en lo que me es posible conocer, que el libro de don Julio Palacios fue el único en que no se respetó el tabú que rodea a un premio Nobel, discutiendo con claridad y profundidad su tesis.

Desde mi ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales como miembro de la Sección de Física y Química, que don Julio presidía, tuve la fortuna de tener con él un trato permanente y regular. Con su enorme afán de entender las cosas con profundidad y claridad, era muy fácil que se originasen polémicas. Discutía con su aparentemente sencillo sentido común, con su realismo ingenuo, siempre penetrante y lleno de gracia, lo que prestaba una extraordinaria claridad a sus ideas y le convertía en un admirable maestro.

Era un placer discutir con don Julio : sus argumentos eran inteligentes, llenos de alegres ironías, y aunque se discrepase de ellos, las ideas propias que exponía y los rasgos de ingenio con que las acompañaba, iluminaban la materia discutida dando contraste a muchos aspectos y detalles importantes que hubiesen pasado, de otro modo, inadvertidos.

Muchas veces, sospechando mi respetuosa reserva, me obligaba a lanzarme a la arena de la discusión con una frase afectuosa o con una aguda ironía. Serán pocos los temas de la Física moderna en los que no haya tenido la oportunidad y la dicha de recibir sus enseñanzas de un modo tan grato e inolvidable. De este modo, a lo largo de muchos años, se ganó mi respeto, admiración y afecto.

Pero don Julio, además de ser un hombre de ciencia, de reconocida valía mundial, era un notable escritor, como lo atestiguan sus libros, algunos tan importantes como el Análisis dimensional, y la multitud de sus amenas conferencias y artículos, a la vez interesantes y divertidos, como todos recordamos.

Y pienso que esta tarea de escritor le creó su gran preocupación por el léxico científico, que supo inculcarnos a los que le rodeábamos, poniéndonos de manifiesto el deber y la responsabilidad que teníamos de velar por la precisión y pureza del lenguaje científico español.

Por su impulso se creó, dentro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la Comisión de Terminología, que ha venido trabajando a lo largo de los últimos años y que tenemos la esperanza de que, contando con nuevos medios, pueda realizar en el futuro una labor más eficaz, que sirva de ayuda y complemento a la muy importante y general, que es misión fundamental de esta mi nueva Casa.

Debo recordar en homenaje de don Julio Palacios, que hasta en sus últimos días, cuando por su enfermedad el hablar le era un grande y doloroso esfuerzo, seguía con su enorme tesón impulsándonos y animándonos a dedicarnos a la tarea de la terminología científica y técnica, que la consideraba de trascendental importancia para mantener la unidad lingüística y espiritual entre los pueblos de habla española.

Sería tarea muy larga hacer la adecuada semblanza de don Julio Palacios, y juzgo que por mi parte innecesaria e inútil, cuando personas tan ilustres y que tuvieron la dicha de convivir muchos años con él, como los profesores y académicos don Obbulio Fernández, don Elías Baltá y don Pedro Laín Entralgo, contribuyeron con sus magníficas semblanzas en la solemne sesión necrológica celebrada el 13 de mayo de 1970 en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales a ensalzar la imagen del gran hombre de bien, el gran caballero y gran científico que fue don Julio Palacios.

El discurso que voy a tener ahora el honor de leerles parcialmente, trata de ser un modesto ensayo en el que se refleja la visión que un científico, digamos un físico-matemático, tiene sobre la naturaleza del lenguaje. Y esta es la razón de su título : Ciencia y Lenguaje.

La materia es compleja y dificultosa ; demasiado ambiciosa para mi ignorancia y demasiado amplia para el corto tiempo de que dispongo para desarrollarla. Pero a pesar de estas graves dificultades, no he renunciado a presentarla, por lo que me atrevo a pediros que aceptéis esta modesta aportación como un humilde homenaje que os rindo y como una muestra del agradecimiento que os debo por la tan honrosa y tan inmerecida elección que habéis hecho de mi persona.

La Edad de Oro de la Física

El año 1900 marca, con la publicación del artículo de Planck sobre los cuantos de energía, la iniciación de la Edad de Oro de la Física.

A finales de la pasada centuria se podía considerar a la Física como un edificio completo, con sus desarrolladas ramas de la Mecánica Celeste, la Termodinámica, la Acústica, etc., y como prototipo de perfección las ecuaciones del electromagnetismo formuladas por Maxwell (las que escribieron los dioses).

En este edificio quedaban, aparentemente, muy pocas cosas por completar : por ejemplo, el cálculo de la luz que se escapa por un agujero en un horno encendido. Todos los esfuerzos realizados combinando las diferentes teorías habían dado resultados disparatados al contrastarlos con la experiencia.

Planck al publicar su artículo, auténtico hito histórico, introduce la idea de que los átomos emiten y absorben la energía luminosa por cuantos, verdaderos paquetes energéticos. Con esta hipótesis sus cálculos, de una gran sencillez, conducen a leyes matemáticas de la radiación que concuerdan impresionantemente con los hechos experimentales.

A partir de este momento se origina una avalancha torrencial de teorías y hechos que dura hasta el primer tercio del siglo actual y que ha sido la causa de los mayores avances científicos y tecnológicos que ha tenido la Humanidad en su larga historia.

No me atreveré a hacer un resumen de los acontecimientos que se suceden en estos años singulares. Sólo marcaré aquellas cúspides del pensamiento que han tenido verdadera trascendencia en nuestro concepto del Universo.

Sucesivamente van apareciendo las teorías del efecto fotoeléctrico de Einstein (1904); la del átomo de Böhr, con sus aparentemente extravagantes hipótesis, que van confirmando que la hipótesis de Planck ha sido un acierto genial y ha abierto una brecha fundamental en el conocimiento de la Naturaleza.

Heisenberg, en 1925, con la colaboración de Born y Jordan, establece, de un modo sorprendente en unos pocos meses, la Mecánica de las matrices, la que se llamará por antonomasia Mecánica Cuántica (que será el fundamento de todos nuestros conocimientos actuales en tal campo). Y unos meses después Schrödinger, fundándose en la idea de Broglie sobre la dualidad onda-partícula, publica un trabajo que dará lugar a la llamada Mecánica Ondulatoria.

Con ambas publicaciones surge la extraordinaria circunstancia de que existan dos teorías completamente diferentes en sus conceptos y aparatos matemáticos y que se refieran al mismo dominio físico de la constitución de la materia. Y aunque conceptualmente sean completamente diferentes, sin embargo sus últimos resultados, los que son contrastables con la experiencia, son idénticos. Le cabe a Schrödinger, en uno de los más bellos trabajos de la Física Matemática, el haber puesto de manifiesto la identidad de las dos teorías desde el punto de vista de la realidad física observable.

Por primera vez, en la teoría del conocimiento, se ha realizado una posibilidad metafísica sospechada: que una misma realidad física pueda ser descrita por dos lenguajes científicos completamente diferentes. Desde entonces, el empleo de uno u otro lenguaje (o mixto) está regido por consideraciones de índole práctica, según que el fenómeno a estudiar se preste a ser descrito con mayor facilidad, en uno u otro lenguaje.

Con las nuevas Mecánicas cuánticas se revela el inmenso dominio de la Microfísica, que abarca los átomos formados por núcleos y electrones, las moléculas sencillas como la del agua o las complejas como las de las proteínas, o las estructuras de sus conglomerados como las de los gases, líquidos o sólidos.

Posteriormente, con el análisis de los núcleos, componentes de los átomos, surgirá la Física nuclear y la Física de las partículas elementales.

La aparición de la dualidad contradictoria onda-partícula plantea una grave crisis epistemológica en la Física : muchas controversias se originan por no disponer de un lenguaje adecuado y suficientemente preciso y hemos de conformarnos con tener dos descripciones parciales y distintas, aunque complementarias de la realidad física. Es como si tuviésemos dos fotografías desde diferentes puntos de vista de un mismo objeto. Y no hay contradicción porque el determinismo clásico se desvanece en un acontecer probabilístico : el Ser Supremo, aunque no lo acepte Einstein, juega a los dados con nosotros.

La pérdida de una de las mayores arrogancias de la Física clásica, el determinismo, viene compensada, con creces, por las enormes riquezas de conocimientos que aportan las nuevas teorías. Recordemos que la Física clásica, la Macrofísica (la de hace apenas cincuenta años) no tenía modo de explicar el por qué de cosas tan palpables y sensibles como la existencia de los metales y de los aislantes ; que al quemarse la sal la llama sea amarilla ; que el agua al helarse aumente de volumen, etc. La Macrofísica podía dar una explicación a hechos tan grandiosos como el movimiento de los astros, pero no penetraba en la verdadera intimidad de la materia ; es decir, cualquier teoría física partía de una previa caracterización empírica de la materia. Un buen ejemplo era la Química.

Sabemos que la explicación de todo fenómeno atómico está encerrada en la mágica ecuación de Schrödinger. Volvemos a la «realidad pitagórica» de ser los átomos simples conjuntos armónicos de números. La dificultad estriba, en cada caso específico, en encontrar la descripción física adecuada. Así se han ido encontrando las descripciones de los enlaces químicos, la formación de los sólidos (conductores y aislantes y semiconductores) y la más difícil y laboriosa de los cuerpos superconductores (1956).

Hoy, quizás, se está en la iniciación de uno de los campos más amplios y ricos en estructuras y posibilidades : la Biología Molecular.

El descubrimiento del neutrón en 1932 es la iniciación de la Física nuclear y de la Física de las partículas elementales, con lo que aparece un nuevo tipo de fuerzas, las más intensas

en el Universo. Consecuencias públicas y notorias por la trascendencia de su aplicación son las bombas atómicas y la producción de energía nuclear.

Seguramente la iniciación de la teoría de las partículas elementales arranca con la ecuación de Dirac. Cuando Dirac trata de relativizar la ecuación de Schrödinger (es decir, que cumpla con las condiciones generales de la teoría de la Relatividad), se encuentra con la sorpresa de que la energía de la partícula viene dada por una raíz cuadrada, es decir, tiene dos valores, uno positivo y otro negativo. Y aquí se le ofrecen dos alternativas : o aceptar como física la raíz positiva y considerar como espuria la negativa o aceptar ambas como representantes de la realidad física. Esta segunda alternativa supone que en el Universo puedan existir la materia y la antimateria, que se aniquilarán entre sí al encontrarse.

La experiencia ha ido confirmando siempre que a todo tipo de partícula existente le corresponde una antipartícula y que ambas se aniquilan entre sí, e inversamente, que un destello de luz o energía puede crear de la nada material una partícula y su correspondiente antipartícula.

Que en un principio se hicise la luz, en la génesis del Universo, es, como vemos, la explicación más adaptada a la Física actual.

La situación feliz de los primeros años 30, con tres partículas (electrón, protón y neutrón) como constituyentes exclusivos de la materia, fue anegada con la torrencial lluvia de nuevas partículas, habiendo momentos que su censo aparecía inagotable y hasta su bautismo dificultoso (nucleones, leptones, neutrones, mesones, bariones, hadrones, etc.).

Pero es evidente, aun para el espíritu menos metafísico que pueda darse, que más de 260 partículas con sus correspondientes antipartículas, que se transforman unas en otras, no son elementales más que de nombre y que en definitiva falta la teoría unificadora.

Una de las tentativas que ha tenido cierto éxito es la teoría de los tres «quarks». La extravagante palabra «quark» no tiene ningún significado, y quizás por eso se le haya tomado para

designar lo que, hoy por hoy, aparece como una elusiva hipótesis física.

El extravagante «quark» está siendo buscado en los cielos, tierras y mares y hasta ahora no ha podido encontrarse. Su identificación supondría la existencia en la Naturaleza de fuerzas terriblemente aún más potentes que las nucleares.

Es simbólico que a la teoría de los «quarks» se la llame también la teoría de «los ocho caminos», como recuerdo del número de las reglas que dio Buda para alcanzar la santidad ; y que con ello, quizás más que exaltar la identidad numérica, se quiere reconocer que, hace más de dos mil quinientos años, Buda describió las ideas esenciales de la teoría de las partículas elementales.

Teoría de la Relatividad y Cosmología

La Teoría de la Relatividad nace en 1904 y, por consiguiente, todo su desarrollo pertenece a la centuria actual ; sin embargo, por su estructura se la considera más como el epílogo o la coronación de la Física clásica.

La Teoría especial de la Relatividad, por el aparente fácil entendimiento de sus paradojas (la falta de simultaneidad absoluta, el diferente envejecimiento de los hermanos gemelos en sus viajes, etc.), es la que tuvo mayor impacto popular y filosófico.

La teoría especial está tan establecida actualmente en la Física, que se la considera como un gálibo o calibre teórico : toda teoría física que no cumple sus condiciones se estima incompleta (recordemos la teoría de las partículas de Dirac).

Cualquier acelerador de partículas tiene que ser proyectado de acuerdo con sus leyes ; de lo contrario, no llegaría ni a funcionar malamente.

Einstein se propuso con la teoría general expresar las leyes físicas de modo que su estructura no dependa del observador que las formula. Después de incesantes y angustiosos trabajos a lo largo de diez años, llega en 1915 a enunciarlas con el formalismo matemático del cálculo tensorial en un espacio

curvo de 3 + 1 dimensiones (tres espaciales y una temporal).

Con ello inicia un nuevo camino epistemológico : parte de principios generales que han de cumplir ciertas condiciones «a priori» y después deduce como detalle las leyes físicas elementales. La dirección de este camino es la contraria hasta ahora seguida : se partía de leyes elementales, abstraídas de la experiencia, y se llegaba a leyes generales. Es un camino atrozmente mentalista, reservado sólo para genios.

La T. G. R. es la más rica fuente de especulaciones sobre el conocimiento del Universo como un conjunto unitario ; es decir, es la base de la Cosmología actual.

Antes de la T. G. R. cualquier especulación cosmológica era necesariamente metafísica, pero nunca científica. Aun la más sencilla especulación, por que la noche es oscura con un cielo estrellado, conducía a paradojas.

Los primeros estudios de Einstein dentro de la T. G. R. ponen de manifiesto las posibilidades de un mundo finito curvado. Un Universo de espacio finito presenta el problema de los bordes : es un problema similar al que surge al considerar una Tierra plana, pero finita ¿cómo termina? Sin embargo, si consideramos que la superficie de la Tierra es esférica desaparecen totalmente estos problemas. Pocos años después el matemático ruso Friedman y el abate belga Lemaitre hallan otras soluciones a las ecuaciones de la T. G. R., soluciones de carácter muy abstracto y sus equivalentes a universos en expansión como pompas de jabón hinchándose.

Simultáneamente, un astrónomo americano, Hubble, aprovechando las posibilidades que ofrece el nuevo telescopio gigante del Monte Palomar, descubre el notable y extraño fenómeno de que las galaxias huyen de nuestro sistema con velocidades que son proporcionales a su distancia.

Está bien claro que este hecho experimental encaja perfectamente en las soluciones especulativas de la T. G. R, de un Universo en expansión.

Es escalofriante imaginar que unas cuantas medidas experimentales, relativamente sencillas y directas, puedan decirnos cuánto tiempo hace que fue creado el Universo. Las estimaciones que dio el propio Hubble como duración de la vida del Uni-

verso eran del orden de mil millones de años, lo cual era contradictorio con otras estimaciones de la edad de la Tierra (alrededor de cuatro mil millones de años). Posteriormente se descubrió la causa del error de las primeras estimaciones y hoy se considera que el Universo tiene una edad de unos diez mil millones de años.

Esta contradicción fue fecunda, pues dio origen a la teoría rival de la creación continua, la cual, aunque posteriormente fue rechazada por fallar su mayor argumento —que la Tierra tuviese mayor edad que el Universo—, dejó como valiosa herencia la Nucleogénesis, es decir, la teoría de la formación de los núcleos atómicos partiendo del hidrógeno como protomateria en las estrellas.

¿Quién puede, entonces, evitar el especular acerca de la creación del Universo, y cuál ha sido su evolución?

En un principio debió ser todo luz (energía radiante). Después, parte se convirtió en materia, quedando una energía residual que fue desvaneciéndose al expansionarse el Universo. Así especuló Gamow en 1946, y llegó a calcular que los millones de grados de temperatura de la energía radiante primitiva se debían reducir a 3 ó 4 K en el momento actual. Esta especulación, casi olvidada, ha tenido una dramática confirmación experimental en 1965 al encontrarse dos ingenieros electrónicos que no podían librar sus antenas receptoras de un fondo radiante que llena el espacio, de características semejantes a las que postuló Gamow.

La evolución de la Cosmología ha sido fascinante por sus rápidos y sorprendentes progresos. La Física nuclear ha ayudado extraordinariamente a la Astrofísica, y hoy se conoce y calcula la vida de una estrella, como el Sol, con mucha más seguridad que se conoce el interior de nuestro propio planeta. Sin embargo, en nuestra Tierra, salvo la violencia de las bombas H, los avances en la fusión controlada son muy lentos.

La vida de una estrella es un proceso violento y cuyas espectaculares manifestaciones nos es posible, algunas veces, contemplar.

En 1054 los astrónomos chinos, dignos servidores del «Hijo del Cielo», registraron una supernova de tan gran lumi-

nosidad que fue visible durante veintiséis días, aún a la luz solar. En 1926 la volvieron a identificar los astrónomos occidentales como origen de una tremenda explosión que había ocurrido novecientos años antes. Hoy día se consideran las supernovas como gigantescas explosiones atómicas similares, por algunas de sus características, a las producidas por las bombas atómicas. (Producción del Califonio con un período de veintiséis días.)

Descubrimientos sensacionales, origen de neologismos todavía no existentes en nuestro idioma, son las «quasars» (1960) (sistemas cuasi-estrellas) situadas casi en los bordes del Universo y de las que, sin embargo, nos llegan sus radiaciones con desproporcionada intensidad. ¿Será su fuente de energía el aniquilamiento de la materia con la antimateria existente en el inmenso espacio?

Otro descubrimiento no menos sensacional ha sido los «pulsars» o radio-faros celestes. Hasta 1968 nadie había descubierto que hay estrellas que emiten su luz girando como un faro. Que hubiese faros celestes con una frecuencia de 33 veces por segundo, llegó a exaltar las imaginaciones con la idea de posibles seres ultraterrestres pidiéndonos comunicación.

En realidad la presencia de los «pulsars» había sido prevista teóricamente el año 1936, como una consecuencia conjunta de la Teoría de la Relatividad y de la Física nuclear. Pero eran tan inverosímiles todas sus características (por ejemplo, millones de toneladas por cm^3 de densidad) que nadie creyó en su existencia y quedaron en el olvido.

Es curioso que la mayor parte de los conocimientos adquiridos sobre la violencia existente en la vida del Universo hayan sido obtenidos en el estudio de los restos de la supernova de los chinos (a seis mil años luz) cuyos fenómenos registraron con todo detalle, mientras que a los europeos se nos pasó completamente inadvertida.

Estimulados por la precisión con que se van cumpliendo, aun las más extravagantes predicciones, los relativistas han recordado otra extraordinaria predicción teórica del año 1936: la existencia de los «agujeros negros» en el espacio. Una estrella en su tremendo colapso final puede «hundir el espacio» a su

alrededor creando una zona de absorción : cualquier objeto material que pasase por su cercanía sería atraído, desapareciendo y lanzando un destello energético como grito de despedida. Ciertos efectos raros en los movimientos y en los eclipses de la ε de la Auriga se atribuyen a su posible compañero fantasmal.

Con esto terminamos nuestra tan resumida exposición de cómo la Física actual, en lo que va de siglo, ha descubierto los nuevos campos, maravillosos e inmensos, de lo infinitamente pequeño y de lo infinitamente grande. Muchos físicos creemos que son aspectos de la misma realidad creada por el Ser Supremo. ¿Será posible para la Ciencia unificarlos?

Einstein, durante los últimos treinta años de su vida, persiguió esa idea. Sea dicho esto en su homenaje.

El lenguaje de la Lógica

Los avances de las Matemáticas han sido también extraordinarios en este siglo, aunque menos espectaculares por su falta de aplicación directa y por su eminente carácter abstracto.

Así como Planck (1900), con su teoría de los cuantos, rompió los moldes mentales existentes en la Física, Cantor (1874), con su teoría de los conjuntos infinitos, produjo una verdadera revolución en las ideas que hasta entonces todos los matemáticos habían sostenido.

El infinito había sido siempre para los matemáticos una posibilidad potencial. El más claro ejemplo de serie infinita había sido la serie de los números naturales 1, 2, 3, 4, ... que *no tiene fin*. Otro ejemplo, un poco más elaborado, era la serie de los números primos 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, ... que también se podía demostrar que *no tenía fin*.

Sin embargo, la idea de Cantor era completamente distinta : el infinito lo consideraba actual, de una sola vez. Por ejemplo, todos los puntos existentes en un segmento rectilíneo. ¡ Están todos ahí ya !

Es natural que tan tremenda desviación del pensamiento, hasta entonces ortodoxo, condujese a resultados extraordinariamente sorprendentes (nada menos, se estaba manejando el infinito) y, lo que es más grave, a paradojas y contradicciones enloquecedoras.

Ya, en 1638, Galileo había acusado la paradoja de que con la serie de los números enteros naturales y con sus correspon-

dientes cuadrados, se podía establecer una correspondencia biunívoca :

$$\begin{array}{ccccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ \updownarrow & \updownarrow & \updownarrow & \updownarrow & \updownarrow & \updownarrow & \updownarrow \\ 0 & 1 & 4 & 9 & 16 & 25 & 36 \end{array}$$

en contradicción con el axioma de Euclides de que siempre el todo es mayor que una de sus partes.

Cantor puso de manifiesto que los elementos de muchos conjuntos infinitos eran numerables (utilizando la serie de los números enteros naturales), dando, en un principio, la impresión de que todos los infinitos tenían igual jerarquía. Pero uno de sus muchos grandes descubrimientos fue la formación de una jerarquía de infinitos sin límite. (La serie de los números naturales constituye la primera jerarquía.)

A los puntos contenidos en un segmento de recta les corresponde la segunda jerarquía de infinitos y, por lo tanto, no hay números suficientes para enumerar los puntos de un segmento. La natural inducción de que a las superficies y volúmenes les correspondería la tercera y cuarta jerarquías de infinitos, tuvo que ser rechazada, pues se demostró sorprendentemente que los puntos que contienen un espacio o una superficie son los mismos que tiene un segmento rectilíneo.

Entonces, ¿a qué corresponden las otras jerarquías de infinito? Se ha podido demostrar que a «todas» las líneas que se pueden trazar en una superficie les corresponde la tercera jerarquía y las demás jerarquías quedan vacantes. ¡ Extraña situación ! Es la contrapuesta a la del hotentote que tiene muchos hijos y sólo sabe contar hasta tres ; mientras que el matemático se encuentra que sabe contar hasta muchos, pero no tiene qué contar.

Pero no todo habían de ser gratas sorpresas y fáciles resolubles paradojas. Cuando parecía que las nuevas ideas cantorianas sobre el infinito iban ganando a los más notables matemáticos, surgieron terribles contradicciones, que aún hoy día no están completamente resueltas.

Quizás la más pura, por su lógica sencillez, sea la de Russell (1902). Hay conjuntos que se contienen a sí mismos y otros que no. El conjunto de las estrellas no es una estrella, por lo tanto no se contiene a sí mismo ; mientra que el conjunto de las ideas abstractas es también una idea abstracta y por lo tanto tal conjunto se autocontiene.

Si llamamos E al conjunto especial compuesto por todos los conjuntos que no se contienen a sí mismos, nos encontramos con la extraña situación que si E no se contiene a sí mismo, entonces E debe estar en E ; pero si E está en E, E se contiene a sí mismo y no debiera estar en E.

Simbólicamente, para cualquier conjunto S

$$(S \notin S) \longrightarrow (S \in E)$$

y para el singular $E \longrightarrow S$

$$(E \notin E) \longrightarrow (E \in E) \text{ (¡ contradicción !)}$$

Russell en 1919 dio la siguiente versión, «popularizada», de la anterior contradicción : en un pueblo el barbero afeita a todos y sólo a todos los habitantes que no se afeitan a sí mismos. ¿Se afeita el barbero a sí mismo?

Todas las paradojas que se han ido presentando están relacionadas con la muy antigua llamada «El mentiroso». Seis siglos antes de Jesucristo, el filósofo griego Epiménides de Creta manifestó : «Todos los cretenses son mentirosos», estableciendo así un círculo vicioso entre la verdad y la falsedad (1). En la cuarta centuria Eupílides dio una forma más directa a la paradoja : «Esta afirmación es mentira». Más moderna es la versión : «La próxima sentencia es verdad. La anterior sentencia es falsa». Estos tipos de paradojas han torturado a muchos lógicos y hasta causado la prematura muerte de algunos de ellos.

Esta y otras paradojas ponen de manifiesto que muchos razonamientos lógicos empleando el lenguaje natural pueden con-

(1) San Pablo en la epístola a Titus cita esta paradoja, pero como una mera afirmación.

ducir a contradicciones. Cualquier lenguaje natural es y trata de ser universal. Con él se desea exponer todo lo que es expresable : nuestro sentimientos, emociones, conocimientos, etc. Pero es más : tratamos de nombrar (como en la gramática) lo que ya está contenido en el lenguaje, dando nombre a las expresiones e incluyendo términos semánticos como verdad o falsedad ; es decir, un lenguaje natural está «semánticamente cerrado» y, por consiguiente, es muy fácil producir expresiones contradictorias aparentes como las paradojas, o ciertas como las antinomias.

Afortunadamente en el lenguaje científico no se presenta este tipo de dificultad. En cualquier descripción científica, como en Física, Biología y aun en la misma Lingüística, se emplea un «lenguaje objeto» que es sólo una parcela del lenguaje natural, quedando la otra gran parte del lenguaje, en el que están incluidos términos como la verdad o la falsedad, formando el «metalenguaje».

El lenguaje objeto ha de ser preciso, no sólo en su léxico, sino además en su sintaxis, realizándose su interpretación en el metalenguaje o lenguaje general. Ejemplo es el lenguaje casi estrictamente matemático de la Física moderna.

Si separando el lenguaje objeto del metalenguaje es posible evitar las contradicciones semánticas, queda todavía el riesgo de caer en contradicciones lógicas. ¿Quién puede asegurar que una teoría matemática no conducirá por sí misma a aniquiladoras contradicciones?

Durante más de dos mil años la Geometría de Euclides ha sido el prototipo exclusivo del desarrollo de una teoría matemática. Se parte de postulados o axiomas más o menos evidentes y por razonamientos sucesivos se van obteniendo los teoremas y así, aun a pesar de su extraordinaria amplitud y complejidad, nunca se ha llegado a una contradicción interna. (La falta de precisión en los postulados, sin embargo, hacía posible una serie de «teoremas falsos», como el que «todos los triángulos son isósceles».)

De estas ideas nació el esquema que para el conjunto de las matemáticas se propuso Hilbert en 1904 y que emprendió realmente a partir de 1920, originándose así la Teoría de las Pruebas o Metamatemáticas.

Hasta entonces la manera de llevar a cabo una demostración matemática aducía del defecto de ser fuertemente psicológica : se acumulaban argumentos para convencer o autoconvencerse de la corrección de la deducción. Por lo tanto, el programa de Hilbert se formaba con los siguientes componentes : i) Un «lenguaje objeto» compuesto por el lenguaje simbólico convencional de la Matemática moderna, más el lenguaje simbólico de la Lógica moderna ; ii) Una sintaxis formal con las reglas de formación de expresiones y las de deducción o transformación. Este conjunto de reglas habrían de ser constructivas y en número finito, para evitar así el hacerse la propia trampa y poder ser aceptadas por el receloso mundo matemático ; iii) Un sistema de axiomas formales como punto de partida.

Es casi como un juego de fichas con comentarios informales en el lenguaje natural. Con este programa Hilbert pensaba reconstruir todas las Matemáticas de un modo estrictamente lógico, sin premisas ni razonamientos ocultos y asegurarse así contra los riesgos de una contradicción interna. Es evidente que este programa ha sido uno de los mayores y más bellos esfuerzos intelectuales del hombre.

Este programa, tan amplio y difícil, fue retrasándose y en el año 1930 sufrió el terrible impacto, con la publicación de un artículo de un joven matemático vienés (Gödel), de ser demostrada la imposibilidad de sus objetivos. Este artículo, casi incomprensible aún para los matemáticos especialistas en el tema, ha tenido una extraordinaria trascendencia en nuestros conceptos filosóficos, aunque por su altísima abstracción no haya repercutido todavía completamente.

Gödel estaba trabajando de acuerdo con el programa de Hilbert en la formalización de la Teoría de los números : partiendo de los axiomas y mediante las reglas de transformación llegar a los teoremas, sin olvidar ningún detalle por farragoso y tedioso que fuese. Para facilitar el camino tuvo la idea genial de numerar las fórmulas, con un sistema tal de numeración, que el número de una fórmula expresase implícitamente su contenido (algo similar al sistema de clasificación decimal, pero más profundamente elaborado).

Esta posibilidad de enumeración tenía dos grandes conse-

cuencias : a) Los razonamientos abstractos se habían aritmetizado, eran meras operaciones numéricas. b) Al introducir los números, que eran el objeto del lenguaje, en el metalenguaje había cerrado el sistema y por lo tanto se habían creado las posibilidades de la paradoja o de la antinomia.

En efecto, Gödel creó una fórmula que representaba una verdad metamatemática y que, sin embargo, por su estructura no podría ser deducida como un teorema. Dicho de otro modo : encontró una verdad matemática que nunca podrá ser demostrada matemáticamente. Y también demostró que si se añadía algún axioma más a la teoría para ampliar su campo de teoremas, siempre se llegaría al mismo resultado : o por causa del nuevo axioma se produciría una contradicción interna (un determinado teorema sería verdad y falso a la vez), o el sistema seguiría siendo incompleto (seguiría habiendo verdades matemáticas indemostrables).

Muchos matemáticos y lógicos han pensado que resultados tan sorprendentes y contrarios a lo que siempre se ha creído (toda verdad matemática tiene su demostración) podían ser consecuencia de alguna escondida falacia. Nadie ha podido encontrar tal falacia y muy al contrario tampoco nadie ha podido demostrar «verdades» matemáticas tan sencillas como el teorema de Goldbach (1742) (cualquier número par es la suma de dos números primos), o el último teorema de Fermat (1637) (la ecuación $x^n + y^n = z^n$ no tiene solución en números enteros para $n > 2$), o que para pintar un mapa son suficiente sólo cuatro colores, o ni lo que sería más sencillo, encontrar un contraejemplo si fuesen falsas.

También se ha podido demostrar lo que aún es más fuerte : no hay algoritmo posible que pueda poner de manifiesto si una verdad es demostrable o no lo es, o si un nuevo axioma introducirá o no contradicciones.

En resumen : hay un campo de la Verdad el cual solamente es parcialmente demostrable (existen pruebas dentro de un sistema lógico) para el que no existen métodos o algoritmos que determinen si determinada verdad tiene o no prueba ; o si dentro del sistema se oculta el posible cáncer de la contradicción.

Y por la tanto, el campo de la Verdad, como el del Arte, está completamente abierto a la intuición, a la creación humana.

Pero, ¿qué es un algoritmo? Aparentemente la pregunta es trivial. Después de más de dos mil años manejando desde niños algoritmos (1) en la aritmética, parecería que la respuesta sería sencilla; sin embargo, hasta 1936 no se cree haber llegado a una respuesta satisfactoria.

Un algoritmo sirve para computar, pero ¿cuándo decimos que una función es computable? El cuidadoso análisis de las operaciones que realizamos al hacer cálculos ha mostrado su extraordinaria sencillez y, por consiguiente, los más abstractos cálculos del más inteligente de los matemáticos son los que puede realizar la más simple de las máquinas (la de Turing) e inversamente, lo que pueda hacer la máquina también lo puede hacer el matemático.

Por lo tanto no hay funciones computables o razonamientos lógicos humanos que no pueda efectuar un computador (otra cosa es la intuición o el poder creativo «irracional», no sometido a las leyes de la Lógica).

Todos estos conceptos han tenido grandes repercusiones al crear las teorías de los computadores y sus lenguajes artificiales y el haber puesto de manifiesto la necesidad de estudiar las estructuras lógicas de los lenguajes naturales.

---

(1) La palabra algoritmo se deriva del nombre del matemático árabe Al-Khuwarizmi del siglo IX.

Teoría del Lenguaje

En los primeros años de la década de los 50 se encontraban en pleno auge y desarrollo las nuevas ideas y conceptos de la Teoría de la comunicación, la Cibernética, los Cerebros electrónicos y se hablaba con gran euforia de la inteligencia artificial y de la traducción automática.

En aquellos tiempos existía, en muchos laboratorios americanos, la creencia y la inmediata esperanza de que con las nuevas ideas y técnicas que se estaban desarrollando se llegaría al completo entendimiento de las complejidades de las «comunicaciones en el animal y en la máquina» (Cibernética).

Las experiencias de Shannon, sobre las probabilidades de las secuencias en el lenguaje, hizo creer a muchos que un lenguaje no era más que una cadena de Marcov.

El tratar de llevar a la práctica las primeras ideas alegres e ingenuas sobre la traducción automática, mediante computadores, sirvió para poner de manifiesto la gran ignorancia que existía sobre la estructura del lenguaje. Y este conjunto de ilusiones frustradas es lo que ha servido para resaltar con claridad la verdadera magnitud y dificultad de los problemas que se trataban de resolver.

Las ideas de la traducción automática mediante el computador tienen una gran trascendencia para la lingüística moderna. El computador no se deja seducir por un argumento más o menos brillante ; únicamente entiende el seco y austero lenguaje de la lógica. Y es, por consiguiente, necesario formalizar la lógica del lenguaje.

Hasta entonces los lenguajes formalizados habían sido sólo los lógicos, apartándose intencionadamente de los lenguajes na-

turales y se había iniciado el estudio de los lenguajes artificiales de los computadores.

Chomsky emprende un nuevo camino investigador en el estudio de la Teoría del Lenguaje, proclamándola autónoma e independiente de la Filosofía, Psicología, Crítica literaria, etc. Pretende que sus métodos sean similares a los de otras ciencias, especialmente a los de la Física que se han mostrado tan fecundos. Es decir, la nueva Teoría del Lenguaje ha de ser un invento lógico-matemático convalidado por la experiencia.

La primera tarea que emprende Chomsky es gigantesca, tratando de explorar por las inmensas posibilidades de la lógica formal cuáles de ellas pueden adaptarse a las estructuras de los lenguajes naturales.

El sistema lógico de Post (1943) es el más adecuado. Parte de la idea de que el más potente sistema matemático o lógico no es más que una secuencia de signos (que forman un alfabeto finito) y un conjunto finito de reglas (extraordinariamente sencillas) que sirven para transformar una secuencia en otra. Un ejemplo de transformación puede ser

$$g_0 \, S_1 \, g_1 \, S_2 \, g_2 \longrightarrow h_0 \, S'_1 \, h_1 \, S'_2 \, h_2,$$

en las que las g y las h son secuencias fijas y las S variables.

El problema de Chomsky es ir introduciendo hipótesis restrictivas para reducir la enorme generalidad del sistema lógico, pero sin sobrepasarse y llegar a perder algunas de las posibilidades propias del lenguaje natural.

Dicho de otro modo, la gramática de un lenguaje ha de ser un sistema lógico compuesto de un vocabulario finito y de un conjunto finito de reglas de transformación que permita obtener todas las infinitas sentencias posibles de un lenguaje y nada más que las que constituyen dicho lenguaje.

Según las restricciones introducidas en las reglas de transformación se obtienen diversas gramáticas :

i) Dependientes del contexto :

$$\varphi_i \, A \, \psi_j \longrightarrow \varphi_i \, a_{ij} \, \psi_j \, ; \qquad L_1 = a^n \, b^m \, a^n \, b^m.$$

ii) Independientes del contexto con reglas autoincrustantes :

$$S \longrightarrow a\ S\ b\ ; \quad L_2 = a^n\ b^n\ ;$$
$$S \longrightarrow a\ S\ a\ ; \quad S \longrightarrow b\ S\ b\ ; \quad L_3 = a^n\ b^m\ b^m\ a^n.$$

iii) Independientes del contexto, sin incrustación (lenguaje regular primitivo) :

$$S \longrightarrow S\ a\ ; \quad S \longrightarrow S\ b\ ; \quad L = a^n\ b^m.$$

A cada tipo de gramática le corresponde un tipo de computador que la pueda interpretar.

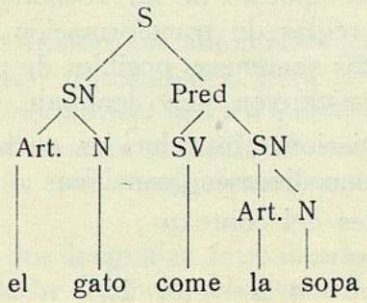
La aplicación práctica al lenguaje inglés (como ejemplo de un lenguaje natural) de estos estudios abstractos condujo a Chomsky a enunciar los principios de la nueva gramática generativa.

En principio el algoritmo inicial de Chomsky no es más que la formalización de la teoría gramatical de los componentes inmediatos, que es, hasta cierto punto, el análisis gramatical que aprendimos en la escuela.

La sentencia «el gato come la sopa» es analizada en un sintagma nominal (SN) «el gato» y su predicado (Pred.) «come la sopa». A su vez el SN «el gato» es analizado en el artículo (Art) «el» y el nombre (N) «gato» ; y el Pred. es analizado en el sintagma verbal (SV) «come» y el SN «la sopa» :

$$S \longrightarrow SN + Pred.\ ; \quad SN \longrightarrow Art. + N\ ; \quad Pred. \longrightarrow SV + SN$$
$$Art. \longrightarrow el,\ la\ ; \quad N \longrightarrow gato,\ sopa\ ; \quad V \longrightarrow come.$$

o el árbol :



Tal como hasta ahora hemos definido la gramática, sería una gramática generativa independiente del contexto.

Pero al lado de frases como «Juan ama a Pepita» se encuentran otras estrechamente relacionadas con ella, como son : «Pepita es amada por Juan» ; «Juan no ama a Pepita», y «¿Ama Juan a Pepita?», es decir, la pasiva, la negativa y la interrogativa, que pudiéramos decir, que con la primitiva, forman una familia.

Es evidente que para cada una de estas frases se podría encontrar un nuevo algoritmo sintagmático que diese su estructura particular ; pero la idea de Chomsky fue considerar la oración directa como fundamental o primitiva y obtener las demás por adecuadas transformaciones, resaltando así su unidad semántica. El ejemplo de transformación pasiva podría ser :

$$T_{pasiva}\ X — SN_1 — V — SN_2 — Y \longrightarrow X — SN_2 — \text{ser } V — \text{por } SN_1 — Y$$

el gato come la sopa la sopa es comida por el gato

Si una frase admite la estructura sintáctica exigida por una determinada transformación, su transformada es otra frase válida.

Si

$$S \longrightarrow A_{T_\sigma} + B_{T_\sigma} + C_{T_\sigma} + D_{T_\sigma} \underset{T_\sigma}{\longrightarrow} D_T + B_T + C_T$$

Un tipo de transformación muy importante y de enunciado extraordinariamente sugestivo es la incrustante : el único elemento recursivo en un lenguaje es la propia sentencia ($S \longrightarrow A(S)B$ con (S) opcional).

El gato (Juan vio ayer un gato) come la sopa.
El gato que ayer vio Juan come la sopa.
Yo sé algo [ellos vieron algo (Mario saltó la acequia)].
Yo sé que ellos vieron a Mario saltar la acequia.

Por lo tanto la gramática generativa transformacional de Chomsky queda reducida a la aplicación de dos algoritmos consecutivos :

i) Un algoritmo de ramificaciones, con o sin incrustaciones recursivas, con el que se deriva una secuencia categorial (El indicador sintagmático primitivo o profundo).

ii) Un conjunto de transformaciones, algunas opcionales, que convierten la estructura primitiva o profunda en la estructura aparente o superficial, objeto de la expresión fonética o escrita.

Desde un principio se ha postulado que la oración profunda debería encerrar el significado o contenido semántico de la oración en todas sus formas transformadas. Es decir, las subsiguientes transformaciones no cambiarían el significado de la oración. Esto, que era discutible, ya que una frase interrogativa o negativa no puede decirse que signifique lo mismo que la primitiva, ha quedado obviado por la necesidad de introducir indicadores sintagmáticos en la frase profunda, para cada tipo de transformación que pudiera cambiar el sentido.

La oración profunda interrogativa correspondente a «Juan vio al perro en la plaza» sería :

(Q) Juan (q_1) vio al perro (q_2) en la plaza (q_3)

según preguntásemos (q_1) ¿Quién vio? ; (q_2) ¿Qué vio), y (q_3) ¿Dónde lo vio?

El papel fundamental que juegan las oraciones profundas en la interpretación semántica se pone de relieve al considerar oraciones de significado ambiguo. Por ejemplo, a la oración superficial «la matanza de los cazadores» pueden corresponder las dos oraciones profundas.

Los cazadores mataron muchos tigres, o
Los tigres mataron a los cazadores.

También a frases que aparentemente tienen la misma estructura sintáctica les puede corresponder dos estructuras profundas muy distintas con diferentes significados :

«La circulación fue desviada por la policía», o
«La circulación fue desviada por la carretera»,

les corresponde :

La policía desvió la circulación (por algún lugar)
(Alguien) desvió la circulación por la carretera,

lo que confirma la importancia de considerar la oración profunda.

La introducción posterior de condiciones semánticas ha enriquecido considerablemente la nueva Teoría del Lenguaje.

Hemos visto que los algoritmos sintácticos nos daban secuencias categoriales, para ser rellenado cada hueco categorial por el correspondiente léxico. Con ello se pueden obtener las plantillas para todas las infinitas frases posibles, pero también para otras muchas que no existen en el lenguaje natural.

En la expresión «el gato asustó» notamos inmediatamente que falta algo por ser el verbo transitivo, lo que hace evidente la necesidad de complementar los algoritmos productores de las estructuras sintácticas con un diccionario o lexicón, en el cual cada palabra tenga una serie de características propias. Para el verbo «asustar», que como verbo transitivo necesita un sintagma nominal como complemento, pondría

asustar [V, — SN].

Pero si expresamos «el gato asustó a la silla», también notamos su incorrección, pues se necesita un ser animado (como un ratón) para poder ser asustado.

Por consiguiente, en el diccionario de la gramática generativa deben figurar entradas como las siguientes :

asustar [V — SN (animado)]
silla [N (no animado)]
ratón [N (animado)],

es decir, cada palabra en el diccionario necesita tener explícita una serie de características que pueden clasificarse en :

i) Reglas de sub-categorización estricta.

ii) Reglas sintácticas seleccionales.
iii) Reglas propias seleccionales.

Las reglas de subcategorización estricta se refieren a las categorías del entorno ; las reglas sintácticas seleccionales se refieren a aquellas características semánticas que por su carácter universal han adquirido un valor sintáctico en la formación de las oraciones (análisis componencial semántico : macho, adulto, animal, contable, etc.) ; y las propias seleccionales son ya reglas de carácter puramente semántico y específicas de cada palabra. (Así el adjetivo «honrado» tendrá que ser tan restrictivo como : Adj. — N (humano, adulto).

Los primeros trabajos de Chomsky fueron especialmente dirigidos al estudio de las estructuras sintácticas, con independencia de su contenido semántico. Con la aparición en 1963 del artículo de Katz y Fodov, «La estructura de una teoría semántica» irrumpen los estudios semánticos en la Gramática generativa transformacional.

Según lo que podemos llamar postulado de la Gramática generativa, el contenido semántico de una oración está encerrado en su correspondiente oración profunda (con o sin oraciones incrustadas) y las transformaciones posteriores no cambian su significado, como ya hemos explicado anteriormente. El gran problema semántico es obtener el «significado» de la secuencia de signos que formen la oración profunda. La introducción del léxico con sus reglas seleccionales ayuda a componer y amalgamar conceptos (una bola verde), pero las teorías expuestas están más llenas de deseos que de resultados.

Las dificultades son enormes, pues se ha creado una inmensa «tierra de nadie» conceptual, entre los lógicos, al huir en sus estudios de los lenguajes naturales, y los lingüistas, al reducir sus estudios semánticos casi a las propias palabras. Es como si los físicos se hubiesen reducido a estudiar exclusivamente los átomos y no las estructuras de las moléculas, ni de los cuerpos.

Consideremos la frase : «Si Juanito hubiese estudiado la lección, habría ganado el premio», cuyo significado viene determinado por las dos propiedades :

i) Se emplean determinadas palabras.
ii) Tiene una determinada estructura sintáctica.

Esta estructura queda reflejada en el «abstracto de sentencia» :

«*Si* X *hubiese* (verbo) *ado* Y *hubiese* (verbo) *ado* Z».

Y así parece que cada «abstracto de sentencia» nos queda constituido por los morfemas gramaticales que por sí no tienen sentido. Establecen una pura relación y su papel es equivalente al de las constantes en las fórmulas lógicas.

Pero las fórmulas semánticas (si así las podemos llamar) forman un dominio extraordinariamente más amplio y rico que el de las fórmulas puramente lógicas. Un ejemplo sencillo puede ser : «Juan es más viejo que Pedro», «Pedro es más viejo que Antonio», de lo que deducimos (¿por gramática?, ¿por lógica) que «Juan es más viejo que Antonio». También deducimos que si «Juan compró un libro a Pepe», «Pepe vendió un libro a Juan».

¿Hasta qué punto Semántica y Lógica están relacionadas?, y ¿hasta qué punto nuestra ignorancia de los hechos psicológicos es la causa de la ocultación de la estructura en los conceptos alcanzables?

El Lenguaje de la Vida

Es una notable coincidencia (o quizás no lo es en el panorama epistemológico actual) que a la vez que una pléyade de nuevos lingüistas tratase de descubrir las leyes del lenguaje natural humano, otra pléyade de científicos tratase de descifrar el Lenguaje de la Vida.

Ya en los principios de los años 50, se sabía que la clave de la vida estaba contenida en los largos y filiformes cromosomas compuestos por cuatro bases comunes en todas las variedades vivientes. El gran avance fue el descubrimiento por Crick y Watson de la estructura en doble hélice del DNA.

Si a Schrödinger se le debe un atisbo de lo que pudiera ser la constitución de un cromosoma, como un cristal ordenado pero no periódico, se debe también a otro gran físico, Gamow, el desciframiento puramente deductivo del código genético. Si el código tenía cuatro letras A(denina), G(uanina), T(ianina) y C(itosina) y con ellas se habían de escribir veinte nombres diferentes correspondientes a los veinte amino-ácidos universales, se precisarían al menos palabras de tres letras, con el fin de formar $4.4.4 = 64$ palabras diferentes, lo que suponía o bien que algunas de las palabras obtenidas eran inutilizadas, o bien que algún amino-ácido se le llamaba de más de una manera.

Crick, en 1960, probó experimentalmente la teoría del triplete , e increíblemente en 1967 estaba el código genético completamente descifrado.

Desde el punto de vista de un físico un cromosoma es un mensaje lineal, como una cinta telegráfica, escrito con cuatro letras. Los 46 cromosomas humanos tienen $5 \cdot 10^9$ pares de bases y la información contenida directamente es la equivalente a

una biblioteca de mil volúmenes (del orden del millón de genes). Y cuanto más se va descifrando el funcionamiento del código genético, más se va pareciendo al funcionamiento del programa de un computador. Lo que se llama operon en un cromosoma, es lo que llamamos instrucción en un computador, con su mismo carácter recursivo.

La unicidad y uniformidad en el código genético y en su funcionamiento, para todo lo que es vida, aparentemente simplifica su estudio, pues cualquier descubrimiento es aplicable en general. (Lo que sirve para una bacteria, también sirve para un elefante.)

Cuando se trató de descubrir el código genético parecía lógico que tendría que haber alguna relación de estructura entre la palabra del código (codon) y el amino-ácido correspondiente. Los hechos experimentales, sin embargo, han puesto de manifiesto que el código es «perfecto», pues no hay tal relación y, por lo tanto, es necesaria una traducción intermedia de uno a otro lenguaje (en los ribosomas). Que no haya ninguna racionalidad en el código y la falta de una transición evolutiva de unas especies a otras, como piedra Rossetta de la evolución genética, presenta con toda crudeza el misterio del origen del código genético.

Es creencia predominante que los cromosomas actúan como el programa escrito del desarrollo y funcionamiento de todo ser vivo. El desarrollo epigenético es resultado del programa constructivo interno y de la acción del medio externo. Un capullo florece bajo una inducción fotoperiódica indicadora de que ha llegado su momento.

Quizás los fenómenos de transcripción inversa, recientemente descubiertos, lleguen a tener gran importancia. Hasta ahora era admitido como dogma biológico que la transmisión de la información era irreversible : DNA $\longrightarrow$ RN $\longrightarrow$ Proteína ; hoy se cree que es posible en ciertas circunstancias RNm $\longrightarrow$ DNA, lo cual supondría la modificación del código genético de una célula. Esto puede ser una explicación tentativa de los dos fenómenos biológicos hasta ahora más irreducibles : el cáncer y la diferenciación celular en un mismo ser vivo.

Parece, por lo tanto, sólo cuestión de tiempo llegar a entender cómo se desarrolla un ser vivo, y hasta tratar de cambiar la forma de su desarrollo modificando su programa genético (ingeniería genética).

Cerebros y computadores

Hace apenas veinte años se hablaba con gran euforia de Cibernética, Inteligencia Artificial y cerebros electrónicos, y se creía que todo ello sería una gran ayuda para entender el funcionamiento de nuestro propio cerebro. Actualmente, después de un progreso extraordinario en los computadores, que los transforma en uno de los inventos más notables de la Humanidad, y del progreso también espectacular en el conocimiento del cerebro humano, se pone cada vez más de manifiesto la enorme diferencia conceptual y material entre el cerebro humano y el computador. Aparentemente el computador va sacando cada vez mayor ventaja ; con los circuitos integrados el número de elementos que tiene un computador se acerca al del cerebro y su velocidad, por operación elemental, es más de un millón de veces mayor. Pero al contrario, mientras que el computador actúa secuencialmente, operación tras operación, el cerebro actúa en paralelo en su totalidad y por consiguiente el tiempo real de la operación global dependerá mucho del tipo de operación que se realice.

Con lo que se presenta la paradoja de que algunas actividades consideradas simpre como las más intelectuales, como el razonar, el calcular, son más asequibles al computador que, por ejemplo, el ver y todos aquellos que puede significar un «instinto».

El cerebro es una organización llevada a cabo en apariencia caóticamente ; sus 10^{12} neuronas forman 10^{15} conexiones desordenadas. El entenderlo, en el sentido físico, está por encima de las posibilidades actuales humanas y la única duda discutible es si se podrá entender alguna vez. Lo único sensato que se puede decir es que estamos a verdaderas distancias astronómicas del entendimiento de su estructura y de su funcionamiento.

El lenguaje como facultad innata

Desde Aristóteles el lenguaje ha sido considerado como una de las características más singulares de la Humanidad y aunque los signos gráficos o las formas fonéticas pudiesen variar de una lengua a otra, las cosas y la imagen de las cosas serían las mismas para todos los hombres. El lenguaje sería, en definitiva, el vehículo del pensamiento.

Para los empiristas (especialmente la escuela americana de Bloomfield) el lenguaje era una consecuencia mecánica del sistema S-R (estímulo-respuesta) y, por consiguiente, cualquier idioma era un hecho histórico, empírico, fruto de determinadas circunstancias. Cada lenguaje distinto era un invento humano con sus reglas y estructuras propias.

Por el contrario, los trabajos de Chomsky sobre la estructura sintáctica del lenguaje han puesto de manifiesto la necesidad de revisar todas estas tesis empiristas.

Siempre ha sido motivo de asombro la facilidad con que el niño adquiere su lengua madre. El buen germano de Preyer (1882) llevó un registro diario de los avances lingüísticos de su hijo a lo largo de sus tres primeros años hasta que empezó a juntar algunas palabras.

Las observaciones realizadas muestran que el aprendizaje del lenguaje infantil es un proceso extremadamente regular de acuerdo con una secuencia de fenómenos que conducen a que, aproximadamente, a los tres años, el niño posea y emplee el concepto de oración gramatical, es decir, distinga relaciones gramaticales como sujeto, predicado, objeto de un verbo y lo resalte en su hablar. Organiza su vocabulario en categorías y

subcategorías adelantándose a lo que después la va a ser penosamente enseñado en la escuela.

Al niño no es necesario enseñarle las reglas estructurales de la gramática, las descubre por sí mismo ; como tampoco es necesario enseñarle reglas visuales que le sirvan para identificar un mismo objeto cuando cambia de posición o iluminación. Y adquiere una capacidad creadora, productora de nuevas expresiones y puede entender nuevas frases nunca oídas, capacidad creadora que poseerá, no sólo en la Lingüística, sino en el Arte, en la Ciencia, etc.

Pide, pregunta y ruega y desarrolla reglas gramaticales de la máxima generalidad, aun en contradicción con lo que le están enseñando («regulariza» derivados, como en los verbos irregulares, o inventa la palabra manero, para designar el que hace manos).

La tesis de Chomsky es que la estructura sintáctica de un lenguaje es tan compleja, profunda y aun oculta, que es imposible a un niño obtenerla de la parcial, fragmentaria e incompleta información que se le suministra en sus primeros años de vida.

Dicho con brutal claridad, ¿cómo un niño de tres años aprende implícitamente un cuerpo de doctrina que la Humanidad no ha conseguido expresar explícitamente en veinte siglos?, ¿cuál es entonces la explicación? En el código genético del hombre está escrito un mensaje que se llama «Lenguaje» y que contiene el programa del desarrollo epigenético del cerebro humano. En los primeros meses, especialmente entre los quince y los veinticuatro, hay un desarrollo dramático de enriquecimiento de interconexiones de las neuronas corticales, como puso de manifiesto Ramón y Cajal (1904) con sus dibujos siempre actuales.

Se asiste a la construcción programada y puesta a punto del más extraordinario y fino computador existente, a la vez que se va cargando de datos procedentes del mundo exterior.

El desarrollo del programa genético origina estructuras cerebrales a las cuales han de conformarse las reglas del lenguaje natural humano. La idea de la existencia de una gramática universal, aparte de su atracción metafísica, parece irse confirman-

do al estudiar con mayor profundidad la estructura sintáctica de los diferentes lenguajes naturales y encontrar similitud en sus propiedades formales.

Otro hecho, extraordinariamente significativo, es que no se haya podido descubrir lenguajes que se puedan considerar como primitivos por su estructura y, por consiguiente, el mensaje genético puede admitirse como único para todo el género humano.

Lenguaje y Psicología

Estos estudios sobre la naturaleza del lenguaje han tenido una gran repercusión en psicología. El lenguaje, en realidad, no corresponde a una facultad lingüística singular, es más bien un aspecto del conjunto general de las facultades de la mente humana.

La vieja disputa entre empíricos y racionalistas ha dado un gran viraje a favor del «racionalismo» o de las «ideas innatas».

Muchos psicólogos ya no creen que el comportamiento del del ser humano sea un mero depósito entremezclado de estímulos y respuestas (S-R) captados en un ambiente experimental. Cada vez toma más fuerza la sospecha de que nuestro comportamiento individual y colectivo tiene sus raíces en el fondo genético ancestral y no en el azar o en el mero mecanismo de S-R. El niño no es un ser pasivo para ser moldeado por el ambiente circundante ; desde un principio tiene su alma, su mente o su espíritu.

Nuestra propia mente, por ser nuestra, nos es innaccesible, pero si el lenguaje corresponde a una cierta estructura mental, será un reflejo de la misma. Así, el lenguaje humano se nos convierte en la ventana más amplia y hermosa para poder penetrar en el oscuro y fascinante mundo de los fenómenos mentales.

La Gramática universal ha de ser un conjunto de reglas que necesariamente ha de cumplir la gramática correspondiente a cualquier lenguaje natural. Estas reglas son la representación en el lenguaje de la lógica del funcionamiento de nuestras es-

tructuras cerebrales. Este es el campo dificultoso y abstracto de la nueva Matemática lingüística.

Aunque estas ideas sean muy recientes, empiezan ya a emerger algunos resultados que parecen ser una primera confirmación.

En Fonología todas las lenguas están basadas en un principio común de fonematización, de acuerdo con un sistema intrincado de reglas estructurales de carácter universal. Del mismo modo estudios recientes del análisis sintáctico de diversos idiomas tienden a confirmar la opinión de que las semejanzas son profundas y las divergencias superficiales.

Reglas de carácter también universal parecen ser :

a) El único elemento recursivo en una oración es la propia oración.

b) Cada transformación de la gramática generativa exige que la sentencia tenga una determinada estructura para poder ser aplicada.

c) La llamada regla «A sobre A», es decir, que no se puede hacer la transformación de un elemento de una categoría si está incrustado en un elemento más extenso de la misma categoría.

d) También tiene carácter universal la idea del análisis componencial : descomponer cada palabra léxica en componentes semánticos universales comunes y únicos al género humano (algo similar a descomponer un número en sus factores primos). Los componentes primos no son parte del vocabulario de la propia lengua, sino más bien elementos teóricos postulados para describir las relaciones semánticas entre los elementos lexicales del idioma.

Si la teoría del lenguaje ha de ser un instrumento eficaz para poder penetrar en los fenómenos mentales, será preciso contrastar sus resultados teóricos con la evidencia experimental psicológica. La tarea del psicólogo tratando de entender nuestros procesos mentales es semejante a la del matemático tratando de desentrañar cómo ha sido programado un computador.

Las pruebas han de ser eminentemente sutiles, para poder

adquirir cualquier evidencia. Errores, vacilaciones, retardos, olvidos y correcciones, cualquier fenómeno aparentemente anómalo en los procesos de producción, percepción y memoria son los únicos indicios del funcionamiento de un «mecanismo» de otro modo inaccesible.

¿Hasta qué punto es una realidad psicológica la «forma profunda» de las gramáticas generativas? Medidas de la facilidad de comprensión y tiempo de recuerdo presentan a la «forma profunda» como la preferida, respecto a las otras formas (pasiva, negativa, interrogativa, etc.).

En principio, hay como una «caja de eco» en la que el recuerdo de la frase es estrictamente literal (ejemplo, cuando tratamos de memorizar un nuevo número telefónico) para después ser comprendida y asimilada en su significado, y desvaneciéndose el recuerdo primero de su estructura y posteriormente aún de las palabras que fueron utilizadas.

Del mismo modo, en la producción oral, el pensamiento cristaliza en un proceso semántico durante el cual se planifica y programa la expresión dando lugar a un sintagma de siete u ocho sílabas como término medio. La unidad mental no es el fonema, ni siquiera la palabra misma, sino sintagmas discretos, separados por pausas y vacilaciones, que suelen coincidir con unidades sintácticas.

Durante la formación del sintagma ha habido una rebusca y selección en competencia entre diferentes lexemas (causa de los llamados «lapsus linguae») y una planificación de la frase, ya que muchas veces la palabra «más informativa» es una de las últimas del sintagma.

Todos estos estudios psicológicos ponen de relieve el carácter fundamental de los conceptos semánticos en los lenguajes naturales, por lo que cada vez se siente con más fuerza la necesidad de una gramática generativa semántica, más adaptada al proceso mental del lenguaje. El lenguaje es el puente que une pensamiento con pensamiento, el canal de transmisión ; la sintaxis es el código necesario por ser el lenguaje una secuencia lineal (como en TV se transmiten imágenes globales mediante una secuencia lineal codificada).

Por otra parte, la falta de localización de la memoria, los atisbos sobre procesos de producción, percepción y memorización han hecho pensar que la memoria puede ser un fenómeno similar al registro fotográfico mediante la nueva técnica de la Holografía.

El conocimiento y la mente

La teoría moderna del lenguaje, al mostrar la necesidad de estructuras mentales innatas o genéticas, ha iluminado con extraordinaria claridad otros dominios del conocimiento humano y ha venido a confirmar, en una nueva versión, las ideas de Platón, Kant y Descartes sobre la Realidad y el racionalismo.

En este nuevo racionalismo, lo innato no son las ideas en sí, sino la estructura para lograr su conocimiento. Las ideas del tiempo y del espacio son para Kant ideas «a priori», mientras hoy para nosotros, después de la teoría de la Relatividad, son parte también del mundo experimental, el mundo de la Física.

Lo que nos queda «a priori» es la posibilidad de encuadrar tales conocimientos en el lenguaje universal humano de las Matemáticas. También lo que nos queda «a priori», genéticamente adquirido, son las estructuras cerebrales que nos permiten reconocer los conceptos de recta, ángulo, curvatura, movimiento, etcétera.

En la facultad de la visión, por ejemplo, esta estructura cerebral «a priori» se pone al descubierto al comparar la diferente estructura y funcionamiento según las distintas especies. Celebérrimo es el artículo que hizo época : «Lo que el ojo de la rana cuenta al cerebro de la rana», que se iniciaba con unos dibujos de Ramón y Cajal.

El fallo de la Inteligencia Artificial se explica, en muchos de sus aspectos, por haber tratado de hacer funcionar sus artificios mediante la idea empírica del estímulo-respuesta, sin una previa estructura finalista. Sin embargo, los computadores, con muchas menos pretensiones, tienen una muy definida estructura.

La idea de Kant de una pura ciencia de las formas innatas

del pensamiento humano puede ser exagerada, pero hasta cierto punto es real.

En realidad, los estudios de los fundamentos de las Matemáticas no son más que el descubrimiento de nuestra técnica de pensar y los teoremas de Gödel y Church con sus limitaciones son absolutos psicológicos, comparables en precisión a las leyes físicas.

En definitiva, lo que un físico tenga que decir sobre la teoría de las partículas elementales o un biólogo sobre la estructura del cerebro ha de entrar en gran parte por el vehículo del lenguaje, de acuerdo con nuestra estructura cerebral.

En este sentido el estudio del cerebro es la Ciencia última o final.

Hasta cierto punto, que exista una determinada estructura mental establece una determinada limitación en nuestros conocimientos. Ha habido siempre la sorpresa y el asombro por esa especie de preestablecida armonía, entre la Naturaleza y las Matemáticas, que llamamos Física-Matemática.

Si se analizan, aunque sea someramente, los grandes descubrimientos científicos, se observa que el genio acierta sorprendentemente con unos pocos indicios de la Realidad y en un número muy reducido de alternativas. La Ciencia Moderna está engarzada de preciosas teorías que lo confirman : la teoría de la Relatividad de Einstein, los cuantos de Plank, la mecánica de Heisenberg, la doble hélice de Watson y Crick, el código genético de Gamow, etc. Que Dirac descubra la materia y la antimateria por una raíz cuadrada colma nuestro asombro. (Se diría que en ese juego Alguien marca las cartas.)

Hemos de pensar que si una idea tan sencilla es tan fecunda en cada caso, se debe al descubrimiento de una nueva estructura conceptual, en el número reducido de opciones de que disponemos.

Pero ¿cómo se han creado nuestras estructuras mentales? ¿Cómo el sistema genético humano tiene tales privilegios? ¿El azar y la presión evolutiva, según Monod?

Hoy se va creyendo que aunque la teoría de la evolución pueda ser cierta en sus líneas fundamentales, ha sido, sin embargo, admitida sin gran cautela : mutaciones y tiempo son los

dos factores que hacen su oferta a la selección natural, pero falta el conocimiento de las leyes que puedan explicar los resultados obtenidos. Dicho en otras palabras : la aparente ruleta loca de la evolución natural puede tener sus trampas, sus leyes selectivas que hoy desconocemos.

Sabemos tan poco en lo que se refiere a la mente y al cerebro, que la vieja controversia «cuerpo-alma», «mecanicistas y vitalistas», «fisicistas y mentalistas» no es una disputa científica, sino más bien metafísica, con toda su seducción y peligros.

Debemos pensar que el desarrollo científico en los últimos cincuenta o setenta años ha conducido a un gran escepticismo, no sobre los nuevos resultados de la Ciencia, sino sobre la futilidad de predecir o extrapolar aún en su propio campo. La gran lección de la Ciencia Moderna es que la esencia del nuevo conocimiento es siempre trascendental ; no es una mera ampliación del existente, sino un cambio en el modo de entender la Realidad, en contradicción con lo que hasta entonces habíamos supuesto evidente.

Para aceptar la Teoría de la Relatividad hemos de abandonar las «evidencias» de un tiempo y un espacio absolutos. Para entender la Microfísica, hemos de renunciar al determinismo y aceptar la cualidad contradictoria de onda-partícula. Para entender la Matemática Moderna hemos de aceptar antinomias sin resolver, y hemos de renunciar a la verdad matemática como un hecho demostrable. El gran Hilbert, en 1930, afirmaba el dogma infalible de que en las Matemáticas todos los problemas eran resolubles ; pero en aquellos mismos días aparecía el artículo del joven Gödel demostrando lo contrario.

Pero en Ciencia, estas negaciones o renuncias no son estériles, sino por el contrario, marcan nuevos rumbos a la investigación y evitan su estancamiento. Cuando Galois demuestra, mediante su genial teoría de los grupos, la imposibilidad de resolver algebraicamente las ecuaciones algebraicas de más de cuarto grado, evita los esfuerzos inútiles de muchos matemáticos y a la vez inicia el estudio de las estructuras y simetrías abstractas. Y en estas ideas abstractas se basa hoy el entendimiento de muchas propiedades de la Materia, resurgiendo así la idea de Platón, al

explicar las últimas partes de la materia como figuras matemáticas caracterizadas por sus propiedades simétricas.

Dudamos que el criterio de la dualidad cerebro-mente pueda ser resuelto científicamente alguna vez. Se entiende por resolverlo científicamente o bien dar una «explicación natural» de la emergencia de las cualidades mentales de la estructura del cerebro, o poner de manifiesto la imposibilidad de resolver tal dualidad, como con otras conocidas dualidades nos ha sucedido.

Y éste será el descubrimiento más trascendental de la Humanidad, pues nunca el Hombre ha necesitado tanto de conocerse a sí mismo.

He dicho.

DISCURSO DE CONTESTACION

DEL

EXCMO. SR. D. JULIÁN MARÍAS

Señores Académicos :

La recepción de un nuevo compañero es siempre motivo de alegría para la Academia. Significa el reconocimiento de los méritos de un español ilustre, el regocijarse corporativa y públicamente de su existencia ; al mismo tiempo, la promesa de una nueva y valiosa colaboración en nuestros trabajos, más duros y apremiantes de lo que se sospecha, una ayuda bienvenida a un equipo empeñado en una tarea urgente y dificultosa ; por último, la expectativa de una convivencia próxima con una persona a quien altamente estimamos.

Hoy, al acoger a Antonio Colino en la Real Academia Española, a estos diversos motivos de alegría se unen para mí otros más personales. Estoy recibiendo como compañero en esta Casa al que lo fue hace muchos años en el Instituto del Cardenal Cisneros, al que fue fraternal amigo cuando apenas habíamos salido de la niñez. Antonio Colino y yo estudiamos juntos el Bachillerato ; fuimos ambos alumnos de D. Vicente García de Diego, como lo fue un poco antes Rafael Lapesa, y todavía anteriormente Francisco Javier Sánchez Cantón, a quien la Academia acaba de perder, cuya definitiva ausencia lamentamos.

Antonio Colino nació en Madrid el mismo año que yo, en 1914. No hay mejor juez de los méritos intelectuales que los compañeros de clase, a quienes nunca se puede engañar. El consenso común en el Instituto del Cardenal Cisneros era que Colino era un estudiante extraordinario. ¿Por sus dotes, por su rapidez de comprensión, por su insólita capacidad de trabajo? Sin duda, pero más aún por otra cualidad : su fruición intelectual ante la ciencia. Ante una figura geométrica, un sistema de ecuaciones, un problema, una teoría física, Colino «la gozaba» : se

precipitaba sobre el tema con avidez, con glotonería ; llenaba de fórmulas el papel o el encerado ; se orientaba como el podenco que sigue a la pieza ; y al poco rato volvía con ella —la solución—, brillantes los ojos, estremecido de placer, con apetito intensificado. Siempre he desconfiado de la labor intelectual que no va acompañada de placer y entusiasmo ; se puede crear en el dolor, pero no en el malhumor o el aburrimiento.

Al terminar el Bachillerato, los caminos de Colino y mío se separaron ; a la fascinación científica que yo también había sentido se superpuso pronto otra, quizá mayor, por lo que se llama las Letras, y el primer contacto real con la filosofía descubrió que esa era mi verdadera vocación ; sólo un año permanecí a la vez en la Facultad de Ciencias y en la de Filosofía y Letras ; seguí el camino de la filosofía, sin olvidar nunca la atracción de los otros temas. Colino fue derechamente a la Escuela de Ingenieros Industriales. La distinción lo acompañó siempre : fue el número 1 y Premio extraordinario de su promoción, en 1940, Doctor Ingeniero en 1960. Ya antes, en 1955, había sido elegido Académico de número de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. En su Escuela de Ingenieros fue nombrado Profesor Titular de Electrónica en 1951, «en reconocimiento de sus méritos excepcionales», y elegido Profesor de la Cátedra Conde de Cartagena por la Real Academia de Ciencias. A su labor docente se agregó la de investigación : fue pronto vocal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Consejero Fundador del Instituto Nacional de Electrónica, finalmente Presidente del Centro de Investigaciones Físicas «Leonardo Torres Quevedo». Su competencia en el campo de la electrónica lo llevó también a la industria : una carrera iniciada en 1940 en Marconi Española, S. A., lo llevó hasta el puesto de Director general y Consejero, hasta 1966. Finalmente, en la Junta de Energía Nuclear, fue Consejero desde 1950 y es Vicepresidente Ejecutivo desde 1967. Varias condecoraciones han refrendado el reconocimiento de estos méritos.

Antonio Colino es autor de varios importantes libros de su especialidad : *Curso de Radio Electricidad* (1944), *Estudio del receptor superheterodino* (1945), *Funciones Bessel* (1946), *Teoría de los Servomecanismos* (1950), *Circuitos de micro-on-*

das (1952), *Teoría moderna de los Campos Electromagnéticos* (1953-54-55). También ha escrito muy valiosos artículos y ensayos en revistas españolas y extranjeras. En suma, la figura de Antonio Colino es la de un científico y técnico de primer orden, una de las de mayor prestigio en España ; las promesas del bachiller de 1931 se han convertido en una espléndida realidad cuarenta años después.

Pero Antonio Colino no es un conjunto de trabajos, puestos, honores, cargos. No es en modo alguno lo que la lista de sus títulos y éxitos haría pensar : un «personaje». Es algo bien distinto : una persona. La misma persona que encontré hace más de cuarenta años en las aulas y los corredores del Instituto de la calle de los Reyes. Habéis escuchado su discurso sobre *Ciencia y Lenguaje ;* habéis hallado en él lo mismo que lo caracterizaba en la adolescencia : la pasión científica, la avidez, el entusiasmo, el afán de saber, la curiosidad, la complacencia, la ingenuidad —«ingenuo» quiere decir libre, sin cierta ingenuidad no hay libertad en el hombre—. Las teorías científicas, aunque se presenten como mero conocimiento riguroso, arrancan a Colino adjetivos encomiásticos. Es revelador que escriba : «El computador no se deja seducir por un argumento más o menos brillante ; únicamente entiende el seco y austero lenguaje de la lógica». ¿Qué duda cabe de que 'seco' y 'austero' son, en boca de Colino, dos elogios? Son el equivalente de un argumento brillante, a cuya seducción responde Colino, que no es un computador, sino un hombre capaz de entender y *para ello* de entusiasmarse.

* * *

Ahora empezamos a comprender por qué Antonio Colino ha sido elegido miembro de la Real Academia Española. Es un matemático, un gran físico, una de las primeras autoridades en electrónica. ¿Qué tiene esto que ver con las tareas de nuestra Academia? En ella han figurado tradicionalmente, al lado de los grandes escritores y los filólogos, lingüistas y gramáticos, representantes ilustres de las grandes disciplinas de la cultura. La misión de nuestra Academia es el estudio de la lengua españo-

la ; ésta incluye en su cuerpo los vocabularios y los modos de decir de esas disciplinas ; necesitamos técnicos que nos orienten sobre esas parcelas de la lengua común ; pero para ello no basta la excelencia en esos campos del conocimiento, sino que hace falta el sentido lingüístico, la preocupación por la manera de expresar y comunicar esos saberes. Esto es lo que aporta Antonio Colino a la Academia. En la de Ciencias ha trabajado ya muchos años en los problemas del vocabulario ; ha servido de enlace entre la Academia de Ciencias y la Española, mediante su participación en la Comisión de Vocabulario Científico y Técnico ; ahora se incorpora plenamente a nuestras tareas, trayendo consigo sus enormes y rigurosos conocimientos de matemáticas y física, su preocupación por la teoría de la información y la comunicación, su interés por la teoría del lenguaje, su familiaridad con sus problemas, de la cual acaba de dar pruebas relevantes en el discurso que acabáis de escuchar.

Ahora bien, la lengua es la última concreción de un grupo de fenómenos muy amplios. En mi discurso de ingreso en esta Academia, hace unos años, traté de estudiar «La realidad histórica y social del uso lingüístico» ; hacía allí una distinción entre varios niveles de realidad que corresponden a otras tantas dimensiones de la vida humana. En mi libro posterior *Antropología metafísica* (1970) señalé que 'decir', 'lenguaje' y 'lengua' corresponden, respectivamente, a la estructura general o analítica de la vida humana, a su estructura empírica y a una determinada estructura social. El estudio del decir pertenece a la teoría de la vida humana en toda su universalidad, el del lenguaje a la antropología, el de la lengua al nivel de la sociología. Si el lenguaje es la forma en que el decir acontece para el hombre, cada lengua es la forma en que se realiza el lenguaje en una sociedad determinada (o en un grupo de sociedades lingüísticamente emparentadas).

El interesante discurso de Antonio Colino, que acabamos de oír con admiración, no llega a este último nivel, ni siquiera toca, sino muy tangencialmente y por vía de ejemplo, el fenómeno estricto del lenguaje. Se refiere a los fenómenos más generales de la significación y la comunicación, es decir, a estructuras muy

generales que son, ciertamente, ingredientes del lenguaje, pero que no bastan para conseguir su realidad. Es sumamente interesante que el nuevo Académico aporte su visión de estos problemas, de sumo interés teórico, y se acerque a los hechos lingüísticos provisto de tan excelente instrumental de conceptos y doctrinas. Esto nos hace esperar que su visión de las cuestiones que más directamente afectan a la Academia será amplia y abarcadora, que podrá medir el alcance teórico de cuestiones aparentemente empíricas y muy modestas. Lejos de encerrarse en un estrecho especialismo, como pudiera temerse de un ingeniero, o de una concepción puramente pragmática y utilitaria, que no sería de extrañar en un hombre interesado por la industria y profesionalmente dedicado a ella, Colino revela la mentalidad de un hombre de ciencia para quien existen los problemas teóricos y que siente la atracción de los planteamientos generales y ambiciosos.

* * *

La incorporación de un científico que a la vez es un técnico a la Academia resulta preciosa en estos momentos. Uno de los más graves problemas con que la Academia se enfrenta en los últimos decenios, con urgencia que se intensifica a cada año que pasa, es el incremento del vocabulario científico y técnico. Las diferentes disciplinas de ese campo, no tanto las matemáticas, sobre todo la física y la química, en grado algo menor las ciencias biológicas, y más aún las técnicas de todo tipo fundadas en ellas, lanzan todos los días sobre el lenguaje innumerables voces nuevas, o bien demanda de voces con que nombrar sus objetos, temas y operaciones. (No hablemos hoy de la situación en otras disciplinas, como la sociología, la economía, la etnología, el arte, la propia lingüística, que plantean problemas análogos.)

Las ciencias de la naturaleza y las técnicas correspondientes originan sus innovaciones, en proporción muy alta, fuera de nuestras fronteras lingüísticas ; es decir, la gran mayoría de las palabras científicas y técnicas nacen en otras lenguas que el español, sobre todo en el área del inglés. Lo cual significa, no solo que

en principio carecemos de voces españolas para nombrar esas realidades, sino que estas aparecen formuladas dentro de una estructura lingüística bien distinta de la nuestra. Las posibilidades del inglés difieren mucho de las del español, con frecuencia marchan en direcciones divergentes. Por consiguiente, no se trata solo de la —ya difícil— operación de «traducir» los términos extranjeros a nuestra lengua ; hace falta *repensar sus contenidos en español*. Esto requiere un profundo conocimiento de las disciplinas correspondientes y otro no menor de la estructura, la inspiración y las posibilidades de innovación de la lengua española. La primera condición es saber con exactitud y rigor qué significan los términos que llaman a la puerta de nuestra lengua —y secundariamente de nuestro Diccionario— ; para poder hallar una palabra equivalente a una extranjera no basta con pasar de una lengua a otra: hay que partir originalmente del objeto u operación que se trata de nombrar, y por tanto hay que conocerlo bien ; solo entonces podrá utilizarse el estímulo de la voz extranjera para hallar o forjar la española adecuada La labor de la Academia es un trabajo colectivo, y las capacidades de Antonio Colino nos eran hace mucho tiempo necesarias.

Pero hay algo más. La lengua española no es solamente la lengua de España. Con el mismo derecho, con la misma plenitud, es la lengua de todos los países hispanoamericanos, en los cuales hay una vida activa y creadora en todos los campos, y que reciben igual que nosotros los estímulos lingüísticos procedentes de la ciencia y la técnica contemporáneas. La sociedad *lingüística* española está compuesta de muchas sociedades históricas y políticas independientes, que reaccionan con autonomía a las demandas lingüísticas que sobre ellas se ejercen. Como la conservación de la unidad de la lengua es una de las empresas mayores de esta Academia, algo que importa por igual a todos los países de lengua española, la uniformidad del léxico científico y técnico es tan importante como su rigor o su adecuación al espíritu del español. Quiero decir que una pluralidad de versiones, aunque fuesen rigurosas y castizas, de un término, sería un desastre idiomático para el español. El difícil trabajo que la Academia tiene que realizar se ve complicado aún más por la necesidad de hacerlo en estrecha cooperación con las Academias de Hispanoamérica,

las cuales a su vez tienen que recoger y reflejar las transformaciones lingüísticas de sus países respectivos.

El problema que ciencia y técnica, con su vertiginoso crecimiento, presentan a la Academia es sencillamente pavoroso. Con esto no quiero desalentar a nuestro compañero, sino estimularlo y recordarle lo que sabe muy bien : la apasionante tarea que se le ofrece.

Pero hay una consideración que quisiera someter a la Academia y particularmente a nuestro nuevo compañero. El Diccionario que hemos recibido de los primeros Académicos del siglo XVIII y que incesantemente intentamos completar y mejorar, es el *Diccionario de la Lengua Española ;* no es de un lenguaje artificial, resultado de una estipulación o convención, ni tampoco un «lenguaje natural» —porque esto no existe—, sino una lengua social e histórica. Ahora bien, mientras un lenguaje estipulado se compone principalmente de «términos» —quiero decir en cuanto estipulado, porque toda estipulación se hace desde una lengua real—, una lengua histórica consta primariamente de *palabras* nunca estipuladas o convenidas, no resultado de una definición, sino procedentes del *uso social,* y por tanto preexistentes a cada uno de los hablantes El *Diccionario de la Lengua Española* ha de contener primaria, si no exclusivamente, las palabras de la lengua ; el vocabulario científico y técnico no tiene lugar en él más que en la medida en que sus términos son usados dentro de la lengua general. Esto plantea un problema especialmente delicado, porque muchas palabras penetran en el uso real como traducciones o adaptaciones apresuradas de voces extranjeras, frecuentemente sin ningún sentido del idioma, de sus procedimientos de formación o derivación de palabras, de la fonética española, etc., y se convierten en verdaderos quistes lingüísticos que afean el idioma y a veces se infectan y producen una verdadera «polución» lingüística, más peligrosa que la ambiental, porque la lengua es el ámbito donde realmente vivimos.

La Academia no puede inventar términos ; tiene que reconocer y adoptar palabras vivas en el uso ; pero no puede limitarse a «registrar» pasivamente todo lo que se dice —todo lo que *alguien* dice— y tomarlo como uso valedero, e incorporarlo al Dic-

cionario. Tiene que preferir unas voces a otras ; tiene que resistir a la invasión corruptora, oponerse al capricho, al desconocimiento de la lengua o al mal gusto ; tiene que favorecer y estimular el uso acertado, concorde con los principios de la lengua y con su espíritu. Con otras palabras, tiene que auscultar el uso, estar atenta al *uso naciente* y fomentar la maduración en *palabras de la lengua* de las invenciones individuales o los que podríamos llamar «términos viables». Esto sólo puede hacerse desde la familiaridad con la ciencia y la técnica, de una parte, y la inmersión en la lengua viva, de la otra.

Finalmente, hay una característica del vocabulario técnico que alivia considerablemente su presión sobre los lingüistas y concretamente sobre esta Academia : en una proporción muy alta es *efímero*. Los términos que se forjan cada día, en su gran mayoría mueren apenas nacidos o muy jóvenes : al cabo de pocos meses o algunos años son sustituidos por otros o simplemente abandonados y olvidados, porque el artefacto, pieza, material o procedimiento ya no se emplea, queda anticuado, es arrastrado hacia el pasado, y con él su nombre. Cuando se lo define, pule e incluye en el Diccionario, acaso ya no se usa o tiene un uso residual. En muchos casos, un poco de calma bastaría para resolver el problema lexicológico. Pero no se puede contar con la calma, porque la tarea es urgente.

Aquí necesitamos una vez más la competencia del hombre profundamente versado en la técnica y en sus fundamentos científicos. Es el único que puede medir y predecir con probabilidades de acierto la vigencia que corresponderá a una voz determinada. Cuando se trate de nombres de realidades destinadas a ser pronto superadas y a pasar, puede uno desentenderse de ellos : pase lo que pase con ellos, con su traducción o adaptación de otra lengua, no dejarán huella en la nuestra. Cuando se trate de objetos, aparatos o, más aún, operaciones destinados a durar, se plantea un problema lingüístico serio, y ahí es donde debe concentrarse la atención de la Academia. Veis cómo las competencias de hombres como Antonio Colino son inapreciables para las tareas específicas de esta Casa.

No quisiera que mis palabras hicieran pensar a mi viejo com-

pañero de Instituto, a mi amigo de tantos años, que se está metiendo en un endiablado avispero lingüístico, del cual debería intentar escapar. He hablado antes de la fruición que ha sentido desde casi niño frente a la ciencia, de la avidez con que se ha lanzado siempre, de cabeza, a los problemas. Estoy seguro de que con la misma acometividad y euforia, con la misma fecundidad, se va a lanzar ahora a los problemas de la Real Academia Española, que esta noche abre sus puertas para recibirlo con efusión y alegría.