

## EN TORNO AL LENGUAJE CIENTÍFICO

A. M. CRIADO PÉREZ\*

### RESUMEN

En este artículo se pretende realizar un estudio del lenguaje científico (l.c.) desde una perspectiva unificada, que incluya los enfoques epistemológico y semiótico, a diferencia de lo que generalmente realizan filósofos de la ciencia o lingüistas, respectivamente.

Se analizan las características genéricas del conocimiento científico (c.c.): de procedimiento (método hipotético-deductivo), de contenido y estructura (modelos y teorías). Esclareciendo la peculiaridad específica del c.c., su «objetividad».

Entendido el l.c. como un amplio conjunto de «sistemas de signos»; heterogéneos pero complementarios en su finalidad: realización de las funciones **referencial** y **argumental** en el grado exigido por la teoría; se estudian tanto los «sistemas formales» (s.f.) (sistemas puramente sintácticos o cálculos) como los «lenguajes formalizados» (l.f.), que son considerados como s.f. provistos de una interpretación, que da significado inequívoco a la totalidad de sus signos y expresiones. Deteniéndose en una clase muy importante de l.f.: «de máquina» y de «programación».

Se explica el papel de «metalenguaje de todo l.f.» que siempre realiza el lenguaje natural (l.n.) y se detallan las modificaciones de éste al utilizarse en el discurso científico. Clasificados los métodos de semantización atendiendo: **al procedimiento** (lingüístico-convencional o formal) o **al nivel de las expresiones** (léxicas u oracionales); se procede, partiendo de la concepción fregeana de significado, a detallar los procesos concretos de semantización léxica en el l.c. según su **función semántica**: sincategoremáticos o categoremáticos (nombres o predicados) o según su **status epistemológico** (observacionales o teóricos). Habida cuenta la importancia de las «referencias» para la semantización de términos correspon-

\* Doctor en Ciencias Físicas, Catedrático de la E.U. de Magisterio de Sevilla y Vicerrector de la Universidad Hispalense.

dientes a los lenguajes regionales de las ciencias factuales se pormenoriza en sus tres clases: ostensivas, coordinativas y operacionales.

Se finaliza con la cuestión que más preocupa al autor y más ha polarizado su meditación original: «el compromiso óntico del I.c.». La posibilidad de que **algunas** expresiones del lenguaje de una teoría bien confirmada, inicialmente no interpretadas, denoten objetos reales, insospechados y desconocidos, y, consiguientemente, estas expresiones sean fuente de descubrimiento y progreso científicos.

## **PALABRAS CLAVE**

Semiótica / lenguaje / ciencia / epistemología / semántica.

## **I. INTRODUCCIÓN**

A todos es evidente que la Ciencia y su aplicación práctica, la técnica, son el factor soporte y dominante de las actuales estructuras social, económica y cultural. Las revoluciones industriales de los siglos XVIII y XIX desarrollan el maquinismo y la química, proporcionando a la humanidad energía y productos químicos artificiales que suplen y multiplican las funciones del músculo y las materias naturales.

Lo que no es tan evidente, quizá por falta de perspectiva histórica, dada la rapidez de la transformación, es la radical influencia socio-cultural de la revolución científico-técnica presente, cuyos fines no son sustituir «músculos» y «materias», sino que intentan emular y suplir las más nobles funciones humanas: los procesos simbólicos de pensamiento y comunicación.

No son, como pueda creerse, la física nuclear, la astronáutica,...., sino la informática, la cibernética, la telemática, la robótica y la genética, las ciencias rectoras y características de la modernidad, que están configurando al hombre actual y su medio en forma y grado insospechados.

De aquí la creciente preocupación de los científicos por los procesos semióticos y su concreción en el lenguaje científico, incluyendo tanto los «**lenguajes universales**», formales, de la lógica y de la matemática, como de los «**lenguajes regionales**», formalizados, de las ciencias físico-químicas, «genético» de la biología, «de programación» de los ordenadores,... etc.

En esta dirección, de reflexión crítica acerca de lo común y característico del amplio espectro de lenguajes utilizados para formular el conocimiento científico, de reflexión realizada por quien posee una formación físico-matemática y no es un lingüista, discurre este trabajo. Esperamos que no prevalezca nuestra deformación profesional y podamos exponer a los hombres de letras, lectores de «Cauce», nuestra visión parcial y perfeccionable, pero quizá útil para ellos dada la perspectiva desde la que esta reflexión se realiza.

## II. EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En toda reflexión acerca del lenguaje científico (l.c.) subyace una concepción sobre la naturaleza y valor cognoscitivo del conocimiento científico (c.c.). Resulta, pues, que es imprescindible para analizar los rasgos genéricos de los diversos lenguajes en los que se formula el c.c., explicitar las características comunes a todas las ciencias.

Independientemente del ámbito conceptual o factual en el que se centra la investigación de cada ciencia concreta, independientemente de la especialidad de los instrumentos conceptuales o empíricos que utiliza, existe un denominador común de todas las ciencias, un paradigma que puede ser utilizado para demarcar la ciencia de la no ciencia, un criterio que se puede precisar en dos puntos:

- a) el procedimiento de investigación: método científico (m.c.)
- b) el alcance y valor cognoscitivo del resultado de la investigación, el conocimiento científico (c.c.)

a) La investigación científica utiliza el método hipotético-deductivo que se resume en cuatro fases:

1ª. Descripción.- Limitándose a un sistema real o conceptual concreto, se procede a la descripción, análisis y sistematización de sus elementos: objetos, propiedades, relaciones, estados, sucesos y procesos.

2ª. Problematización.- Preguntándose acerca de estos elementos, su estructura, sus correlaciones, sus invariancias y conservaciones, las operaciones definidas sobre ellos, se formula un problema o un conjunto de ellos.

3ª. Conjetura.- Con racionalidad e inventiva se establece una conjetura, hipótesis acerca de las variables y relaciones relevantes, conocidas o supuestas. Se formula un modelo, sistema hipotético, conceptual o material, que simula de forma «parcial y simplificada, la anatomía y fisiología del sistema. El modelo no es un reproducción esquemática o fotográfica, es una «representación» imaginada

de la realidad, basada en limitaciones y simplificaciones cuyo valor se mide por su capacidad de dar respuesta al problema que lo originó, relativo al nivel de aproximación del análisis que se hizo del sistema.

4ª. **Contrastación.**- Mediante recursos lógico-matemáticos se deducen consecuencias —explicaciones y/o predicciones— en forma de proposiciones inferidas que se comparan con proposiciones observacionales-protocolos que describen hechos del sistema. Los resultados de esta comparación nos sugerirán la confirmación o negación del «modelo» supuesto.

En su fase inicial de desarrollo, toda ciencia, o más exactamente protociencia, es un conjunto no sistematizado de datos, regularidades empíricas, modelos parciales inconexos, que de común solo tienen su referente.

En una fase posterior de maduración, toda ciencia se reconstruye lógicamente, se constituye como una «teoría».

Las **teorías** son el componente básico de la Ciencia. Las observaciones, mediciones y experiencias se realizan con instrumentos y técnicas basados en teorías, y los datos se recogen como respuesta a interrogantes planteados en el seno de teorías y frecuentemente con la finalidad de contrastar una teoría. La reconstrucción lógica de la ciencia implica convenir la existencia de premisas y reglas de inferencia, no definidas ni demostradas.

Ciertos conceptos, propiedades y relaciones de la teoría se seleccionan, o se inventan si aún no se conocen, se postula su existencia, sin demostración: son **los supuestos** o **no definidos** propios de la teoría. Los restantes conceptos se obtienen mediante reglas de formación (r. de f.) y son denominadas fórmulas bien formadas (f.b.f.) y están lógicamente ordenadas por una relación de deducibilidad. Unas pocas son las primivas, admitidas sin demostración; las restantes se pueden inferir, utilizando las reglas de transformación, también admitidas por convenio, (r. de t.). Ambas reglas, r. de f., y r. de t., están formuladas como **axiomas** entre los supuestos de la teoría, unas veces explícitamente, y en otras ocasiones implícitamente, como es el caso de que se trate de reglas gramaticales, lógicas y/o matemáticas. En síntesis, toda f.b.f. de una teoría es un axioma, una definición o un teorema.

b) En cuanto a la evaluación del alcance y valor cognoscitivo del c.c. se ha de partir de que las ciencias desisten de investigar el conocimiento de «las cosas en sí», de sus «esencias». La tarea investigadora del científico se centra en «cómo transcurren los fenómenos de las cosas», especialmente en sus aspectos matematizables-estructurales y/o cuantitativos.

La ciencia renuncia, pues, a un saber absoluto (completo e indubitable) y, consciente de las limitaciones de sus modelos y fines, se contenta con que el c.c. sea «**objetivo**», lo que se caracteriza como sigue:

1°. Es un conocimiento de hechos **genéricos y repetibles**. Referido a clases de objetos, y no a ejemplares únicos, preferentemente **cuantitativo e Instrumental**, obtenido utilizando instrumentos de medida. El sistema estudiado, u otro de su clase, en las mismas condiciones repite los fenómenos.

2°. Es **comunicable e inteligible** por los miembros de la comunidad de científicos especializados en el tema. Está formulado en un lenguaje que debe ser independiente de las condiciones subjetivas del emisor y del intérprete, y que puede superar las barreras lingüísticas de los idiomas nacionales.

3°. Debe ser **contrastable** mediante el uso de las técnicas experimentales o conceptuales que se poseen en el momento actual. Por consiguiente, los resultados de la contrastación, afirmaciones o falsaciones, son relativos al horizonte científico y técnico contemporáneos.

Claramente se infiere que la objetividad del c.c. no es inherente a los objetos investigados, y en consecuencia, dependiente del sujeto. «La objetividad científica» se basa en **la unidad de resultados** obtenidos por todos los **científicos que operan en las mismas circunstancias y con iguales o equivalentes técnicas**.

El ininterrumpido perfeccionamiento de los instrumentos experimentales y conceptuales, y la fecunda creatividad de la especie humana, transforma continuamente el conocimiento científico, unas veces en forma acumulativa, en extensión y profundidad, es el crecer de la «ciencia normal»; otras veces mediante cambios radicales de las representaciones del mundo; son las llamadas «revoluciones científicas», y posiblemente, sin perjuicio con claridad estamos sumergidos en una de ellas, tal y como se indicó en un principio.

Este estado de constante dinamismo innovador, y la pretensión de verdad objetiva del c.c., y no de verdad indubitable, son los dos rasgos más característicos de la ciencia, que la distinguen de otros sectores de la cultura, en los que privan las ideologías y los enfoques subjetivos.

### III. EL LENGUAJE CIENTÍFICO

Como es bien conocido, y últimamente ha confirmado la escuela de Piaget, el científico, y todos los seres humanos, utilizan la simbolización para sus operaciones «cognoscitivas» y de «comunicación». El uso de uno o varios sistemas de signos dotados de reglas de formación (r. de f.) que permiten formular expresiones

admitidas, correctas en ese sistema, denominadas fórmulas bien formadas (f.b.f.) y reglas de transformación (r. de t.), que permiten transformaciones entre sí de las f.b.f. así como la posibilidad de designar inequívocamente a todos los elementos de un sistema, constituyen las exigencias del «lenguaje de una teoría» referente a ese «sistema».

Como hemos dicho, el investigador que realiza su estudio sobre un sistema real, diseña de él un modelo que lo representa. Los elementos del sistema (objetos, propiedades, relaciones...) son a veces inobservables, insospechados; su existencia debe ser deducida para explicar y predecir los hechos. En particular, las propiedades, relaciones y operaciones en cada contexto científico suelen tener significados que les diferencian de las que comúnmente se les atribuye.

Es por ello por lo que para simbolizar un modelo resultan imprescindibles los conocimientos y técnicas intelectuales que hacen posible la elección de un sistema de signos dotado de unas r. de f. y r. de t. que sean isomorfas, o al menos homeomorfas, con las operaciones y relaciones definidas sobre los elementos del modelo. Conjuntamente con la posibilidad de una semantización no sólo de los términos y f.b.f. características del léxico propio del lenguaje regional de la teoría, sino también de un gran número de términos y expresiones tomadas del lenguaje natural (l.n.) y reinterpretados en el contexto de la teoría.

Asimismo, la objetividad del conocimiento científico exige se reduzcan a un mínimo, o, mejor aún, se eliminen de sus medios de expresión toda clase de connotaciones subjetivas (emotivas, apelativas, ideológicas...). Las únicas funciones válidamente permitidas en el l.c. son la referencial (descriptiva e informativa) y la argumental (deductiva e inferencial).

En resumen, al hablar del l.c. nos referimos a un amplio conjunto de sistemas de signos con los que sea posible simbolizar todos los elementos de un universo; sistemas heterogéneos entre sí pero complementarios en la realización de las funciones «referencial» y «argumental», lo que se logra con el uso de dos de estos sistemas, o varios de ellos; el l.n. se utiliza siempre al menos como metalenguaje. En otra forma, con el uso de dos o más lenguajes es posible la designación inequívoca y un grado de formalización suficiente para satisfacer el nivel de representación e inferencia exigidas por el «modelo».

El l.c. comprende un amplio espectro de lenguajes que se extiende desde el lenguaje natural (limitado a su función referencial y enriquecido con un léxico específico de la teoría, de significación unívoca y/o contextual) hasta los lenguajes artificiales:

a) De nivel fundamentalmente sintáctico, con abstracción de su significado, **sistemas formales**, de la lógica y la matemática.

b) De nivel sintáctico y semántico, **lenguajes formalizados**, de las ciencias físico-químicas, de programación o de máquina (binario) de los ordenadores, gráficos, esquemas y planos técnicos, etc...

Los objetivos del lenguaje científico se alcanzan plenamente cuando éste está en forma escrita, ya que de este modo se pueden eliminar connotaciones afectivas, ideológicas y de situación, tanto del emisor como del intérprete. En forma gráfica los signos lógicos, matemáticos, físico-químicos, ... se expresan mediante figuras universalmente convenidas, con significado preciso y único. Los signos gráficos de estos lenguajes artificiales quedan desligados de sus elementos fónicos correspondientes en cada idioma, su inteligibilidad es universal, y, al no depender de los modismos específicos de cada lengua, pueden ser traducidos sin dificultad a cualquier idioma, lo que facilita la transmisión del c.c. entre los científicos de las diferentes naciones.

Debemos tener en cuenta que la condición de exclusión del l.c. de toda función distinta de la informativa o argumental se exige exclusivamente en la formulación de las teorías o en la descripción de los elementos del universo estudiado; pero en modo alguno se refiere a las tareas de enseñanza de la ciencia o de investigación. El docente habla y valora las descripciones y los conceptos, el investigador da instrucciones sobre la ejecución de operaciones y la construcción de instrumentos; uno y otro se plantean interrogantes, aconsejan y apelan al intérprete..., usan formas retóricas, se expresan en l.n.

#### IV. SISTEMAS FORMALES O SINTÁCTICOS Y LENGUAJES FORMALIZADOS

El l.n., tan rico en crear y recrear infinidad de oraciones partiendo de un conjunto finito de signos, tan rico en matices de significación, tan creativo y bello en metáforas, ... resulta equivoco, impreciso y complejo para expresar cálculos, lógicos o matemáticos, y, en general, toda clase de estructuras formales.

La **estructura formal de un sistema** se concibe, aquí, como el conjunto sistematizado de relaciones y operaciones definidas sobre los elementos del sistema, con abstracción de su significado, con independencia de la naturaleza específica, conceptual o material de los elementos del sistema.

Para expresar con precisión y brevedad las propiedades de las relaciones (equivalencia, ordenación, condicionalidad, complementariedad, inclusión...) o de las operaciones (negación, unión, multiplicación, división,...) se las simboliza mediante su correspondiente signo, inequívoco y simple, y se declara escuetamente, sin retórica ni comentarios subjetivos, la expresión que incluye ordenadamente

los signos correspondientes a las clases de objetos, sus relaciones y las operaciones definidas entre ellos.

El proceso de «formalización» es una simbolización doblemente convencional. Se prescinde del significado de los signos y se simbolizan signos representantes de clases de objetos, sus relaciones sintácticas, sus leyes de transformación, r. de t. que regulan las «transformaciones válidas». Relaciones, operaciones y reglas que definen y fijan la sintaxis de los signos que las simbolizan, de forma que la estructura sintáctica sea isomorfa, o al menos homeomorfa, de la estructura formal del sistema considerado.

La verdad de las equivalencias que a continuación se expresan:

$$(a + b)^2 = a^2 + 2 \cdot a \cdot b + b^2 \quad , \quad (p \rightarrow q) \iff (\neg p \vee q)$$

es independiente de los valores numéricos de a y b o del contenido material de las proposiciones p y q. La validez de estas transformaciones se basa en las propiedades de las relaciones simbolizadas en ellas.

Un «sistema formal o sintáctico» (s.f.) está constituido como sigue:

a) Un conjunto de **signos: constantes** (que representan operaciones o relaciones y tienen significación invariable a lo largo del discurso científico), **variables** (que representan clases de objetos), **auxiliares** (comas, puntos, llaves, paréntesis, corchetes,...).

Ej. En las f.b.f.:  $2x + y = z$ ,  $p \rightarrow q$ , los signos x, y, z, p y q son variables, los signos 2, +, =,  $\rightarrow$  son constantes.

b) Un conjunto de **reglas**, r. de f. y r. de t. que permiten formular expresiones admitidas f.b.f. y transformar f.b.f. en otra equivalente, realizar simplificaciones e inferencias válidas. Las leyes del álgebra vectorial o tensorial, del cálculo lógico o algebraico constituyen el conjunto de r. de f. y de r. de t. de los s.f. cálculo vectorial o tensorial, algebraico o lógico, respectivamente.

Un s.f. es, a veces, indebidamente llamado lenguaje formal, ya que no es propiamente un lenguaje; sus f.b.f. incluyen términos variables de significación indeterminada. Es por ello por lo que resulta preferible denominarlos **cálculos**.

La interpretación de un sistema formal está dada por una función de designación o conjunto de reglas de interpretación (r. de i.), que dan significado específico a todos los signos incluidos en las f.b.f. Con ello se genera un «lenguaje formalizado» (l.f.) que, por consiguiente, puede definirse como un sistema formal, un cálculo, que ha sido interpretado.

Es claro, que un s.f. puede generar distintos l.f., todos ellos con la misma estructura formal, el mismo cálculo, pero cada uno de ellos con su función de desig-

nación propia, distinta de la de los otros; cada uno de estos l.f. se refiere y simboliza un sistema concreto, todos ellos con la misma estructura formal (sus objetos se relacionan por un mismo tipo de cálculo); sin embargo, tienen un referente distinto, son sistemas diferentes pero «isomorfos».

En determinados s.f. pueden seleccionarse un conjunto de f.b.f., sus «axiomas», que sirven de premisas iniciales, no derivadas ni inferidas de otras, admitidas por convención. Partiendo de estos axiomas, por definición o deducción (utilizando los r. de f. y/o r. de t.) se obtienen las restantes f.b.f. denominadas «teoremas».

En estos s.f. todas las f.b.f. están ordenadas por una relación de deducibilidad, o son axiomas, o definiciones o teoremas. Estos sistemas se denominan «sistemas axiomáticos» (s.a.).

Un s.a. debe satisfacer varios requisitos, el más importante es el de «coherencia» o «consistencia»: sus axiomas (que deben ser independientes unos de otros, no inter-deducibles) verifican la condición de que de ellos no se puede deducir la afirmación y la negación de una misma f.b.f. Esto es, los «axiomas» deben ser **independientes y no contradictorios**.

Recordemos que una «teoría» es un conjunto de conceptos y proposiciones, ordenados por una relación de deducibilidad, sobre un referente común. Un contexto ordenado por una relación de inferencia.

Todas las teorías científicas, formales o factuales, están formalizadas en mayor o menor grado. Las exigencias de precisión conceptual y de inferencia obligan a usar un lenguaje propio de la teoría, de términos propios o tomados del l.c. y reinterpretados, unos y otros relacionados contextualmente pero, en todo caso, con un cierto grado de formalización, pudiendo afirmar que el lenguaje utilizado para formular cualquier teoría científica consta de una parte que es un l.f.

Atendiendo al grado de formalización de una teoría se realizan tres clases de formulaciones: «natural o intuitiva», «axiomática» o «formalizada».

En las dos primeras clases, «intuitiva» y «axiomática» las teorías se formulan en l.n. junto con un l.f. propio o genérico.

En la formulación «**intuitiva**» el conjunto de proposiciones que componen la teoría no está bien determinado ni está claramente ordenado por una relación de deducibilidad o inferencia. En ella se permite introducir en cualquier fase del discurso científico específicos elementos ajenos al contexto, tomados de otras ramas de la ciencia (distintas de la lógica y la matemática) con tal de que se consideren de-

mostrativos. La formulación «intuitiva» es la usual en gran número de teorías científicas.

En la formulación «axiomática», propia de las teorías matemáticas y físicas, se establecen y clasifican los componentes de la teoría, conceptos, f.b.f. y reglas de formación e inferencia tal y como sigue:

1°. **Presupuestos.** Conjunto de teorías lógico-matemáticas y gramaticales,

2°. **Supuestos.** Elementos no definidos, objetos, predicados y relaciones, (su definición implícita se hace en los axiomas) propios de la teoría, elementos que deben ser semánticamente homogéneos.

3°. **Axiomas.** Conjunto de f.b.f. admitidas sin demostración, expresan propiedades y relaciones de los supuestos, a los que caracterizan. Configuran la estructura formal del modelo de la teoría, entre los axiomas pueden estar incluidos las r. de f. y r. de t. si ya no lo estaban en los presupuestos.

4°. **Definidos.** Conceptos definidos a partir de los supuestos.

5°. **Teoremas.** f.b.f. obtenidas por deducción (usando las r. de f. y partiendo de los componentes de los apartados 1°, 2°, 3° y 4°).

El máximo grado de formalización corresponde a una teoría «totalmente formalizada», que no solamente es una teoría axiomatizada, sino que además, se expresa totalmente en lenguaje formalizado, el l.n. se utiliza exclusivamente como «metalenguaje» del lenguaje formalizado propio de la teoría, «lenguaje-objeto».

Únicamente algunas teorías muy simples, concernientes a los fundamentos de la lógica y de la matemática, han llegado a la total formalización.

## V. EL LENGUAJE DE LOS ORDENADORES

En un período de no más de medio siglo se ha producido la invasión de la «automatización» y de la «computación» a todos los niveles, científico, industrial y doméstico, multiplicándose explosivamente la potencia de las técnicas de memorización, cálculo y decisión lógica (elección, acorde con un acuerdo prefijado entre varias opciones).

Todo ello ha sido posible por el desarrollo de la microelectrónica, que ha conseguido concentrar en espacios de unos milímetros a docenas de miles de circuitos electrónicos, cuyo componente básico es «la puerta electrónica», conmutador de dos estados, abierto y cerrado —que se pueden hacer corresponder con el cero y el uno—, en los que se deja pasar, o se obstruye, la corriente eléctrica.

Un conjunto estacionario de estados o una secuencia de cambios de estado, correspondiente a un colectivo numerosísimo de puertas, memoriza o genera un

flujo de información, respectivamente. Esta información está codificada en un lenguaje de dos signos (binario o de máquina). Las palabras de este lenguaje se conviene que sean de  $n$  signos ( $n$  bits), constituyendo un lenguaje de  $2^n$  palabras. Por ejemplo: un lenguaje cuyas palabras tienen ocho signos, una de ellas podría ser 10011100, consta de  $2^8 = 256$  palabras.

Planteado un problema, el analista-programador tiene que determinar un «algoritmo», sucesión ordenada de operaciones lógico y/o matemáticas, que se han de ejecutar para obtener la solución del problema. Gráficamente el algoritmo se materializa en un «organigrama».

Una vez determinado el algoritmo es necesario traducirlo a un lenguaje formalizado, que sirva para comunicarse con el ordenador. Este a su vez lo traducirá a lenguaje binario, que es el único que entiende su memoria y su unidad lógico-matemática. Estos lenguajes formalizados, con los que el analista se comunica con el ordenador, se denominan «lenguajes de programación», los más usuales se denominan: BASIC, FORTRAN, COBOL, PASCAL,...

La versión del algoritmo expresada en un lenguaje de programación se denomina «programa». Una vez introducido el programa en el ordenador, y traducido por éste a binario, es memorizado, dando lugar a un conjunto específico de estados del **colectivo de puertas** que componen la memoria.

Instruido el ordenador ejecuta la secuencia de operaciones prevista en el algoritmo, y simbolizadas en el programa mediante «instrucciones».

Las «instrucciones» presentes en cualquier lenguaje de programación son, al menos de tres clases:

a) Instrucciones de **entrada**, mediante las que se introducen datos, o de **salida**, mediante las que se ordena a la máquina que comunique los resultados.

b) Instrucciones de **asignación**, por las que se ordena la ejecución de la secuencia de operaciones aritméticas y/o lógicas definidas sobre los datos introducidos en el programa o los que de ellos derivan.

c) Instrucciones de **transferencia**, por las que se manda se realice una transferencia (salto de una etapa a otra del programa exigido por el resultado de una decisión lógica), iteración, proceso de repetición y acumulación, o de memorización.

Los signos de un lenguaje de programación suelen ser el abecedario, signos lógicos, matemáticos y algunos auxiliares. Con ellos se construyen expresiones lógico y/o matemáticas y «palabras específicas» que designan unívocamente instrucciones. Todo ello acorde con unas leyes sintácticas, *r. de f.*, que determina la estructura de las f.b.f. del lenguaje formalizado de «programación».

## VI. EL LENGUAJE NATURAL EN EL DISCURSO CIENTÍFICO. SEMANTIZACIÓN

Cualquier teoría debe expresarse en un lenguaje que pueda describir la totalidad de los elementos que integran el modelo de esta teoría (objetos, propiedades, relaciones, operaciones, estados, sucesos,...).

Generalmente, este lenguaje es la unión de varios lenguajes, naturales y artificiales. En todo caso, el lenguaje de la teoría está provisto de una función de designación, reglas de interpretación, r. de i., que semantizan inequívocamente términos y f.b.f.

Estas r. de i. se formulan en el lenguaje natural, que opera como metalenguaje, explicando el significado (axiomáticamente convenido o definido) de todas y cada una de las reglas, signos, términos y f.b.f. del lenguaje de la teoría. El l.n. opera como metalenguaje de un lenguaje-objeto que, evidentemente, es el lenguaje de la teoría.

Frecuentemente, este lenguaje es una mezcla de lenguaje natural modificado (l.n.m.) y de lenguaje artificial (l.a.). A su vez, el l.a., suele ser la unión de un lenguaje universal (lógico y/o matemático) y un lenguaje regional (propio de la teoría).

En su etapa inicial de gestación cualquier teoría se formula preferentemente el l.n.m. Paulatinamente, con el transcurso del proceso histórico de perfeccionamiento y reconstrucción lógica de la teoría se van incrementando los porcentajes, tanto de su propio vocabulario de significación contextual como de participación de lenguaje formalizado.

La modificación específica que experimenta el lenguaje natural al usarse como lenguaje científico tiene su origen en la «objetividad» del c.c., que exige inequívocidad, precisión, y ausencia de todo subjetivismo, en cualquiera forma en que sea expresado.

Esta modificación del l.n., se concreta en dos aspectos:

a) Incorporación de un **vocabulario teminológico específico**, formado por términos nuevos, o tomados del l.n. y reinterpretados, que deben designar inequívocamente los elementos propios de la teoría, formando su contexto específico tejido de conexiones semánticas, tanto léxicas como proposicionales.

b) Limitación al **uso de funciones referencial o argumental** con exclusión de cualquier otra función lingüística conexas al subjetivismo del emisor o del intérprete.

Fácilmente se deduce que la utilización del l.n. como expresión del c.c., no se proyecta con igual intensidad en todos los niveles lingüísticos.

Habida cuenta de las exigencias de precisión e inequívocidad de significado,

universalmente convenidos por los miembros de la comunidad científica que cultivan la mencionada teoría, es irrelevante el desarrollo del «**nivel pragmático**».

Tampoco el «**nivel sintáctico**» adquiere un gran relieve ni genera usos sintácticos, propios y diferenciados, cuando el l.n., se utiliza en el discurso científico. Sin embargo se «prefieren» ciertos procedimientos sintácticos más acordes con las finalidades de máxima «objetividad»:

- a) descripción fiel y detallada de la realidad.
- b) evitar cualquier forma de subjetivismo.

Mencionemos algunas de estas preferencias en las construcciones sintácticas que ilustren lo indicado:

1°. Utilización de complementos circunstanciales: «a presión y temperatura constantes», «dentro del límite de elasticidad».

2°. Uso de oraciones subordinadas que expresan condiciones límites, iniciales o cualquier clase de hipótesis subsidiarias que condicionan la ocurrencia de un fenómeno:

«cuando se eleva uniformemente la temperatura...», «si se deja caer, sin velocidad inicial, en el vacío...».

3°.1. Utilizando construcciones impersonales con **se**:

Ej. «se considera que las cargas móviles generan campo magnético».

3°.2. Usando imperativos que evitan apelación a una persona determinada.

Ej. «demostramos», «despejemos».

4°. Con objeto de evitar la referencia directa y concreta al agente de la acción y generalizar en abstracto acciones y procesos se sustituyen expresiones «verbales» por otras «verbo-nominales».

Ej. En vez de decir «el glucógeno se sintetiza en el hígado» se prefiere decir «La síntesis del glucógeno se hace en el hígado».

Con gran diferencia, el «**nivel semántico**» adquiere un importante y extenso desarrollo específico. Se crea un vocabulario terminológico y se establece una red de conexiones semánticas, léxicas y proposicionales, que constituyen el «contexto propio» del lenguaje de la teoría. Todo ello exige un estudio más detallado, tal y como sigue.

No existe un sistema de semantización en el l.c., único y válido para semantizar la totalidad de los signos y expresiones correspondientes al lenguaje de cada una de las ciencias.

Si adoptamos como criterios (ciertamente discutibles) el procedimiento o el nivel de las expresiones, se obtiene la clasificación que sigue:

a) Atendiendo a los métodos:

— **semantización lingüística**, que procede por «referición» o por «definición»; según los métodos convencionales de semantización.

— **semantización formal**, que ha adquirido gran desarrollo, desde su iniciación en la obra de A. Tarski (1956), y utiliza los recursos de la lógica formal y teoría de conjuntos y, en cierta forma, representa la generalización al campo semántico de las técnicas utilizadas con tanto éxito por N. Chomsky en el ámbito de la sintaxis.

b) Teniendo en cuenta el nivel sintáctico de las expresiones se distinguen:

— **semántica léxica**

— **semántica oracional**

La primera se centra en el significado de los términos, a los que clasifica en: — **«sincategorimáticos/lógicos o constantes»**, cuyo significado es constante y está ligado a la estructura sintáctica (gramatical —lógicamente—,...) y generalmente son de más fácil semantización.

— **«categorématicos/extra lógicos o variables»** que designan objetos extra-lingüísticos, nombres y predicados.

La semántica léxica puede ser edificada estableciendo que el «significado» de un elemento léxico tiene dos aspectos «sentido» y «referencia», tal y como estableció G. Frege.

La semántica oracional tiene como objetivo el análisis semántico de las oraciones (en el caso que nos ocupa, i.c., de las proposiciones) a tres niveles: significado, referencia y verdad. Intenta dar respuesta a preguntas como las que siguen: ¿qué significa O?, ¿O es anómala (carente de sentido)?, ¿O y O' son sinónimas?, ¿O es lógicamente verdadera, analítica, o contradictoria?, ¿O implica O'?, ¿O presupone semánticamente O'?,...

Limitándonos a un estudio, intuitivo y somero, que resuma parcialmente el extenso y heterogéneo campo de la semántica del i.c., partiremos de la mencionada concepción de significado de G. Frege.

La significación de un signo es la del «constructo» que designa. Todo constructo tiene: una **«intensión, connotación o sentido»** (conjunto de propiedades y relaciones subsumidas por el constructo), una **«referencia o denotación»** (conjunto de objetos-materiales o conceptuales a los que se atribuye, existan o no verdaderamente, los predicados contenidos en la intensión) y **«extensión»** que es el conjunto o dominio de aplicabilidad de objetos, verdaderamente existentes, que poseen la intensión del constructo.

Un ejemplo clásico, debido a Frege, es el de los dos constructos: «estrella de la mañana» y «estrella de la tarde». ¿En qué aspectos se identifican y en cuál se diferencian?. Habida cuenta los conocimientos astronómicos sobre Venus (distancia al sol, velocidad en su órbita, posiciones relativas respecto de la tierra y el sol...) se sabe que este planeta solamente es visible al amanecer y al atardecer. Es por ello por lo que ambos constructos son un mismo nombre, se refieren a un mismo objeto, aunque se lo menciona con distintos sentidos. Obsérvese que sólo en el «contexto astronómico» (conjunto de f.b.f. presupuestos y consecuencias de estos constructos) se podrían identificar dos astros, uno que sólo se hacen visibles por la mañana y otro que sólo lo es por la tarde. Idéntico análisis, en el contexto literario, nos conduciría a que son una misma persona «El manco de Lepanto» y «El autor de Don Quijote», expresiones de diferente sentido e igual referencia.

Obsérvese que la **referencia** puede ser diferente de la **extensión** o dominio de validez. Ej. «Figura geométrica plana circular de cuatro lados», la referencia es una figura plana y la extensión es nula (los puntos de cuatro segmentos no pueden equidistar de un punto central).

Evidentemente, la determinación de quién se está hablando (referencia) y qué se está diciendo (sentido) de quien se habla, exige el conocimiento en y desde el que se definen los predicados y nombres incluidos en lo que se dice. Esto es, el conocimiento del contexto teórico correspondiente al lenguaje al que pertenece la expresión semantizada. El conocimiento ordinario es un contexto no sistematizado (sus infinitas oraciones no están ordenadas por nexos lógicos) y es muy difícil determinar los implicantes e implicados de un constructo. Sin embargo, el c.c. está constituido por teorías en las que conceptos y proposiciones están ordenados por relaciones de deducibilidad, de aquí que sea fácil determinar los presupuestos y consecuencias de un constructo en un contexto científico, y a partir de ellos inferir su sentido, referencia y extensión y, consiguientemente, su «significado».

En resumen, el significado,  $S_A(c)$ , del constructo  $c$  en contexto  $A$  está dado por el «par ordenado»: sentido,  $s_A(c)$ , de  $c$  en  $A$  y referencia,  $R_A(c)$ , de  $c$  en  $A$

$$S_A(c) = \langle s_A(c), R_A(c) \rangle$$

El sentido  $s_A(c)$  del constructo  $c$  en el contexto (cuerpo de conocimientos)  $A$  está constituido por la unión,  $U$ , de los presupuestos de  $c$  en  $A$  ( $x \in A: x \vdash c$ , conjunto de los constructos  $x$  que pertenecen al contexto  $A$  e implican a  $c$ ) y de

los supuestos de  $c$  en  $A$  ( $x \in A: c \vdash x$ , conjunto de los constructos  $x$  que pertenecen al contexto  $A$  y están implicados por  $c$ )

$$s_A(c) = (x \in A: x \vdash c) \cup (x \in A: c \vdash x)$$

La referencia  $R_A(c)$  de  $c$  en  $A$ , es el conjunto de objetos (materiales o abstractos, existentes o no) a los que se atribuye el mencionado sentido,  $s_A(c)$ .

En cada ciencia se determinan con ayuda de la investigación teórica específica y la lógica y/o la matemática el sentido  $s_A(c)$  y la referencia  $R_A(c)$  de cada uno de sus constructos, con el trabajo experimental su extensión, si la tiene.

En síntesis, el significado de un «objeto lingüístico» del l.c. (término o enunciado) se identifica con el constructo (concepto o proposición, f.b.f.) que designa. La significación de los constructos es contextual, está dada por la red de conexiones lógicas y/o matemáticas (estructurales o cuantitativas) que interrelacionan los conceptos y proposiciones de las teorías y, consecuentemente, la significación de términos y enunciados del l.c. también es contextual, propio de cada lenguaje regional, excepción hecha de los sincategoremáticos gramaticales, lógicos y matemáticos de significado universal o de la parte de l.n. independiente del contexto científico.

Para estudiar someramente los procesos concretos de semantización de los términos y enunciados que componen el contexto específico de una ciencia, es conveniente un análisis genérico y simplificado de dichos objetos lingüísticos. Adoptando como criterio de clasificación su función semántica o su status epistemológico, se distinguen:

#### 1. Según su función semántica.

1.1. Términos **nominativos, nombres o sujetos**, que designan objetos científicos, reales o conceptuales y se generan: mediante un «neologismo», ej. Electrón, cromosoma, anión,... o unas «siglas», ADN (ácido desoxiribonucleico) DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), LASER (light amplification by stimulated emission or radiation). Mediante un término tomado del l.n. (y reinterpretado en el contexto específico) ej. trabajo (producto de la fuerza aplicada por la longitud del desplazamiento que causó su aplicación: los estribos de un puente hacen fuerza al mantenerle en equilibrio, pero no «trabajan»). Obsérvese la diferencia entre el significado de este término en el contexto del l.n. (trabajo intelectual, lo trabajoso que me fue acceder,...) y el correspondiente a su homónimo en el contexto de la mecánica.

1.2. Términos **predicativos** que designan propiedades, relaciones, operaciones o procesos. Los términos predicativos, en su gran mayoría se toman del l.n. y cambian de significado, se reinterpretan al insertarse en el contexto. Es sabido que el

colectivo de las propiedades y relaciones relativas a un determinado universo de objetos suele ser mucho más numeroso que el conjunto de los objetos. En el contexto del c.c. existen propiedades, relaciones y operaciones de significado insospechado, y a veces inimaginable fuera de este contexto, situados en y desde el ámbito del conocimiento ordinario. Las características lógicas, físicas,... de los predicados del c.c. tienen ciertas analogías accidentales con los significados de términos homónimos del l.n. pero en esencia son muy distintas. Ello es fuente de equívocos y confusiones para el profano, que no se atiene al significado propio de cada predicado en su contexto específico en el que se atribuye. Pensemos que el cambio de significado de unos términos tomados del l.n. y reinterpretados en contextos científicos: **la propiedad** «simetría», en lógica, geometría, análisis matemático,... o de **las relaciones** de «igualdad», «equivalencia», «congruencia», «ecuación» y «similitud», distintas cuando pertenecen a los contextos matemático, lógico o conjuntista, y prácticamente indiferenciadas en el lenguaje natural.

## 2. Según sus status o jerarquía epistemológica.

2.1. Términos «**observables o empíricos**». Su función básica es describir la realidad, denotan directamente hechos de experiencia, observaciones directas o mediante instrumentos (tales como marcaciones de índices y escalas, cambios de coloración de reactivos, trazas sobre fotografías,...) que denotan hechos sensibles, intersubjetivos y repetibles (en iguales circunstancias). Términos que «describen» realidades empíricas directamente observables, y que dan lugar a «**proposiciones observacionales, empíricas o de protocolo**», ej. «A las 12 h. del 30-V-84, la foto-célula solar instalada en la esquina NE del suelo de la terraza del laboratorio midió una intensidad de radiación de  $0,8 \text{ mw/mm}^2$ ».

2.2. Términos «**teoréticos**» que designan conceptos referentes a cosas y hechos no observables: **ontológicos** (azar, evolución, inteligible, posibilidad de conocimiento...) **variables intermedias** (conceptos que median entre conceptos observacionales: centro de gravedad, aprendizaje, entropía,...) **construcciones hipotéticas** que denotan entidades reales, no observables por pertenecer al «micronivel» (partículas elementales, moléculas, genes,...) o al «meganivel» (sociedad, galaxias, o estrellas en formación, agujeros negros,...), niveles de realidad cuantitativamente muy pequeños o muy grandes respecto a nuestro macronivel. Las proposiciones que incluyen términos teoréticos, se denominan «proposiciones teoréticas». Su función es fundamentalmente inferencial y explicativa; de ellas se deducen las explicaciones y predicciones. Utilizándolas como premisas, se concluye en proposiciones empíricas (que contienen términos observacionales) y que al ser confrontadas con la descripción protocolaria de la realidad empírica confirman o niegan (falsación) la veracidad del modelo construido por la teoría. Afirmando o

negando la existencia real de sus correspondientes primitivos: «**construcciones hipotéticas**», «**axiomas**» y convenciones.

En general, como ya indicamos, la significación de un término en un contexto científico puede dilucidarse de dos formas:

a) Relacionándolo con otros objetos lingüísticos: por **definición**, estableciendo una relación signo-signos:

dieléctrico =  $\epsilon_f$  (no conductor de la electricidad)

b) Relacionándolo con objetos extra-lingüísticos: por **referición**, estableciendo una relación signo-experiencia.

Dada la importancia práctica que las refericiones tienen para las ciencias factuales, conviene detenernos en su estudio.

Distinguimos tres clases de refericiones: ostensivas, coordinativas y operacionales.

**Referición ostensiva.** Es el más elemental puente semántico establecido entre un signo y la realidad que simboliza. Tiene lugar cuando mostramos, o hacemos sentir, un objeto o cualidad sensibles y simultáneamente lo hacemos corresponder oral o gráficamente el término, sujeto o predicado, que respectivamente lo denota. Evidentemente, no es posible por este método semantizar conceptos abstractos, ni propiedades o relaciones que sean no empíricas.

**Referición coordinativa.** Vincula un signo a un determinado objeto material o una propiedad física de un sistema material concreto. Más que una interpretación científica de un signo es una convención de interés práctico. Ejs. «Un metro es la distancia entre dos trazos de una barra de Pt-Ir, de sección en X, que se conserva en Sevres», «Un voltio es la tensión en bornes de determinada pila patrón».

**Referición Operativa.** También llamada «definición» operativa. «Vinculan el significado de un término a la operación que permite su materialización empírica y/o los resultados de su medida.

Concretándose al contexto de la física-química, fundamento de las ciencias de la naturaleza, la tesis «operacionalista», sentada en forma explícita por el premio nobel P.W. Bridman en 1927, ya sustentada por otros pensadores del siglo XIX, dice: «el significado de un término físico consiste en la clase de equivalencia de las operaciones, y más concretamente de operaciones de medida, que se realizan para verificar si son verdaderas o falsas las proposiciones en las que aparece dicho término». Ej. las operaciones y marcaciones (datos cuantitativos) que se realizan y obtienen por los instrumentos: clepsidra, relojes solar o de péndulo,

cronómetros de cuarzo o atómico...., se consideran miembros de una clase de equivalencia, su característica común de cronometrar la duración de un fenómeno, operaciones y resultados dan significado al término «tiempo». La filosofía operacionalista alcanzó una considerable extensión; a ella se adhirieron científicos tan relevantes como Einstein, Heisenberg... En la aceptación de esta doctrina vieron un medio de liberarse de concepciones metafísicas y abstractas como criterios para elucidar conceptos físicos y semantizar sus correspondientes términos, creían haber encontrado un método circunscrito al ámbito experimental, riguroso y cuantitativo que vincula todo concepto físico a la realidad empírica mediante uno de estos dos procedimientos:

a) **Directamente, mediante un conjunto específico de operaciones básicas de medida equivalentes.**

b) **Mediatamente, por un conjunto de nexos lógico y/o matemáticos que le conecte con conceptos de la clase a).**

**Sin restar importancia al conocimiento de los procesos e instrumentos de medida, de tanto interés en la praxis de la física, es inadmisibles la confusión entre «significado y contrastabilidad» y ello por varias razones. Citemos dos:**

1º. Los datos no son neutros, se obtienen en y dentro de teorías, que fundamentan: la construcción de instrumentos, el diseño de técnicas y la interpretación y valoración de resultados. Todo ello invalida epistemológicamente la doctrina operacionalista.

2º. La existencia de varios niveles cuantitativos de realidad, mega-nivel y micro-nivel, muy grande y muy pequeño respectivamente en comparación con nuestro macro-nivel, y la existencia de realidades insospechadas e inobservables, en estos niveles y aun en el nuestro, ha exigido la invención de objetos, propiedades y relaciones, el enunciado de construcciones hipotéticas, que explican y predicen los hechos asequibles a nuestra experiencia.

En resumen, podemos afirmar que el análisis empírico y conceptual de la realidad asequible a la experiencia, la inventiva y la racionalidad de la especie humana, son la base para elucidar e inventar conceptos y semantizar sus correspondientes términos. En síntesis, en la semantización de un término perteneciente al i.c. intervienen:

1º. El conocimiento contextual dentro del cual se formula; la teoría a la que pertenece, indicará su sentido o connotación y referencia.

2º. La lógica y/o la matemática que nos mostrarán su estructura formal,

3º. Las técnicas experimentales, sus posibilidades de contrastación y de medida, esto es, su definición operacional, nos mostrará su extensión real si la hay.

## VII. EL COMPROMISO ÓPTICO DEL LENGUAJE CIENTÍFICO

En la antigüedad, durante las etapas iniciales del desarrollo cultural de la humanidad, profetas, místicos y pseudo-científicos imaginaron personajes míticos, sucesos fabulosos con los que tejieron relatos cosmogónicos y teogonías, modelos de ficción con los que intentaron explicar y dar significado a la vida del hombre y a los hechos de la naturaleza. Aun hoy, los escritores creativos enfocan subjetivamente la realidad e imaginan personas y acontecimientos que representan la visión personal de su mundo. ¿Cuál es el compromiso óptico de estas creaciones?, ¿Cuál es la probabilidad de que estos modelos representen verdaderamente un ámbito de la realidad y podamos descubrir objetos reales proyección de su imagen contenida en el modelo? Evidentemente, tanto el compromiso óptico como la probabilidad son «nulos». Estos modelos ficticios no se han diseñado partiendo de un análisis objetivo y racional de la realidad; las suposiciones que contienen no han sido confirmadas mediante deducción de consecuencias, explicaciones y previsiones, contrastables. El lenguaje en el que se han formulado es impreciso, equívoco e inadecuado para descripciones objetivas e inferencias, no es un l.c.

¿Ocurre lo mismo con las previsiones de los modelos científicos? ¿Cuál es el compromiso óptico de los términos y proposiciones admisibles, y aún no interpretadas, que se formulan en el lenguaje regional de una teoría confirmada?, ¿Cuál es la probabilidad de encontrar objetos reales, inicialmente ignorados pero previsibles, correlatos de algunas de las fórmulas válidas de este l.c.? Nuestra respuesta es «positiva», **algunas** de las f.b.f. en el l.c. de una teoría, inicialmente no interpretadas, pueden designar entes físicos que hemos de descubrir. Razonemos nuestra respuesta:

En primer lugar anotemos una cuestión en la que generalmente todos están de acuerdo: «el estudio de la estructura de planos, fórmulas, cálculos y sus resultados,... y las operaciones realizadas sobre ellos, el estudio de un sistema de signos correspondiente a un l.c. regional, en muchas ocasiones, es para el científico una fuente de invención y de descubrimiento.

En segundo lugar recordemos lo que nos dice la historia de la ciencia al respecto. Su respuesta es inequívocamente positiva: «efectivamente, algunas de las infinitas fórmulas admisibles, no interpretadas, del lenguaje regional de una teoría pueden denotar entes reales, inicialmente imprevistos al diseñar el modelo, que pueden descubrirse experimentalmente con posterioridad. Veamos, como ejemplo, dos casos espectaculares, de excepcional importancia científica y técnica: la previsión de la existencia de las **ondas electromagnéticas** (descubrimiento de la corriente de desplazamiento) y de la **antimateria**, ambas previstas estudian-

do la estructura del lenguaje regional formalizado de las ciencias físicas:

— En 1870 Clerk Maxwell estudiando la formulación de las leyes del electromagnetismo, tal y como se conocían en su época, encontró que su estructura era asimétrica respecto de los términos correspondientes a los campos eléctrico y magnético. Para corregir esta anomalía introdujo una f.b.f., velocidad de cambio del campo eléctrico (análoga a la ya conocida correspondiente al campo magnético), que denominó corriente de desplazamiento. Adicionando la corriente de desplazamiento en la igualdad en la que faltaba, se conseguía una perfecta simetría de comportamiento físico de ambos campos en el vacío, de tal forma que se deducía la posibilidad de existencia de las ondas electromagnéticas (de radio-televisión, luminosas, rayos X,...). Veinte años más tarde E. Hertz descubrió los artefactos experimentales para producir ondas electromagnéticas que, perfeccionados, son el soporte de la telecomunicación actual.

— Dirac, en 1930 estudiando los resultados numéricos positivo y «negativo» (este último insospechado en su época) para la energía de un electrón, que se deducían de transformaciones sintácticas (cálculos) en el l.f. en el que había expresado las propiedades relativistas de un electrón, se vio obligado a predecir la existencia de una partícula antisimétrica, «antielectrón», respecto del electrón normal que interviene en los procesos usuales de la electricidad. El antielectrón, denotado de la f.b.f. correspondiente a la energía negativa, fue hallado un año más tarde y posteriormente se generalizó este resultado para la totalidad de las partículas elementales. Se había descubierto la «**antimateria**».

Finalicemos nuestro estudio acerca del l.c. reflexionando sobre un interrogante siempre presente y nunca definitivamente resuelto.

¿Cuál es el fundamento de la concordancia de ciertos niveles de la realidad y los razonamientos lógico-matemático-sintácticos formulados en un l.f. adecuado?, ¿Por qué las conclusiones de los razonamientos humanos pueden concordar con resultados obtenidos de la experiencia? Para Kant, la posibilidad del c.c. se basaba en «una capacidad inmanente e innata» de la especie humana para ordenar y sistematizar el caos de sensaciones suministrado por los sentidos. En los éxitos de la aritmética, geometría euclídea y mecánica newtoniana, en las explicaciones del c.c. de su época, encontraba Kant la prueba más concluyente de la posibilidad racional de la ciencia. Desde posiciones neo-kantianas. E. Cassirer ha insistido en que el hombre, el «animal symbolicum», poseía una cualidad innata para la **simbolización y creación de realidad**; esto es, el cerebro humano, basándose en facultades innatas e inmanentes, puede «a priori», antes de toda experiencia personal, conocer determinadas estructuras de la Naturaleza (**causalidad**,

acción recíproca,...) y enmarcando conceptualmente en ellas los datos empíricos elabora las leyes naturales.

Ciertamente, que los resultados de las mecánicas cuántica y relativista y el descubrimiento de la posibilidad de otras geometrías distintas de la euclídea, parecen probar que esa armonía entre pensamiento y experiencia se rompe cuando se refiere a otros niveles cuantitativos de la realidad, mega o micro niveles, distintos del usual, y es obligada una revisión crítica de nuestras creencias acerca de la estructura del espacio-tiempo, del determinismo y de la causalidad.

Desechando una «armonía preestablecida» de origen divino, reñida con el proceso paulatino de racionalización que sugiere la Ciencia y que tampoco explica el porqué de la limitación de nuestra razón innata a la estructura de los niveles micro y macro, lo más plausible es que nuestras formas de pensamiento se han conformado con nuestra realidad «próxima», debido a la evolución filogenética que ha ido configurando el pensamiento y las estructuras internas del lenguaje (en el sentido de Chomsky) de manera que nuestra forma de pensar y de expresión implican conductas y resultados válidos para enfrentarnos con la realidad empírica de nuestro entorno.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLSTON, W.P. «Filosofía del lenguaje», Alianza Ed. Madrid, 1980.
- BAR-HILLEL, Y. «El lenguaje-El pensamiento científico». Tecnos-UNESCO, Madrid, 1983.
- BUNGE, M. «La Investigación científica», Ariel, Barcelona, 1983. «Lingüística y Filosofía», Ariel, Barcelona, 1983. «Metateoría-El pensamiento Científico», Tecnos-UNESCO, Madrid, 1983. «Teoría y realidad», Ariel, Barcelona, 1983.
- CRIADO, A. «Fundamentos de Mecánica», Publicaciones Universidad de Sevilla, Sevilla, 1979.
- ECO, U. «Signo», Ed. Labor, Barcelona, 1973.
- POPPER, K.R. «El desarrollo del conocimiento científico». Paidós, Buenos Aires, 1979.
- QUINTANILLA, M.A. «Fundamentos de lógica y teoría de la ciencia». Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca, 1981.
- TONDÍ. L. «Los signos - El pensamiento científico», Tecnos-UNESCO, Madrid, 1983.
- WIENER, N. «Cibernética y sociedad», Ed. Sudamericana, Buenos Aires, 1958.