

La oceanografía en los estudios de Ingeniería^(*)

(2.^a parte)

Por JOSE JAVIER DIEZ GONZALEZ
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Catedrático U.P.M.

Como continuación al artículo titulado «La Oceanografía en los estudios de ingeniería» se presenta a continuación un análisis del método científico en el desarrollo del conocimiento, que es conceptualmente válido para cualquier materia objeto de la ciencia.

Sobre el objeto del conocimiento

Los hechos, los observables, ciertamente se presentan como objetos exteriores a nuestra aprehensión y, como tales, podríamos decir que definitivos y concretos en su realidad. Pero no ocurre lo mismo con la observación de los mismos que, por el contrario, se ve modificada y evoluciona con el desarrollo del conocimiento, en particular y actualmente con el del científico y técnico, y con la evolución de las ideas dominantes en una sociedad; además, la variedad misma de los observables está en incremento, tanto por descubrimiento de nuevas relaciones y focos de interés, cuanto por la participación activa del hombre en la configuración de nuevos hechos, debido a su capacidad inventiva y a su ingenio: inventiva e ingenio que le permiten no sólo reproducir sino «producir» nuevos observables.

Y ese desarrollo se debe en última instancia a la aparición de la experimentación científica y, por tanto, de la propia ciencia; porque no puede hablarse de ciencia mientras la experimentación es puramente empírica; es precisa la elaboración previa, mediante la abstracción de un modelo explicativo de los hechos conocidos, de los observados, que pueda conducir a la búsqueda de nuevos observables. «Esta experimentación de algo previsto por teoría (la labor experimental guiada por hipótesis de trabajo) es lo que distingue la investigación científica del empirismo (guiado por el mero tanteo directo de la acción)... La ciencia experimental impone (así) al hombre la coherencia de la realidad que hace que los procesos reales sean inteligibles y que el hombre pueda conducirlos

guiado por la razón. Pues bien, la densificación y la práctica sistemática de la experimentación es lo que ha conducido al hombre ante niveles de la realidad distintos que el propiamente animal originario, con el que la enfrentan sus órganos de los sentidos... La enorme hazaña de la ciencia experimental ha sido adueñarse para el hombre de esos otros niveles... De la especulación el hombre se ha podido elevar a la teoría científica.» (F. Cordon. *Función de la ciencia en la Sociedad*).

Pero acerquémonos al mecanismo por el que se produce dicho desarrollo científico y técnico. Como se sabe, no de cualquier sistema de conocimientos se puede decir que constituye una ciencia. Es preciso que estos conocimientos se estructuren en forma adecuada, tal y como se detallará más adelante; por el momento, lo que interesa resaltar es que estos conocimientos deben estructurarse unitariamente y de forma que permitan desarrollar la técnica adecuada para implementar una prospección permanente, ya que si lo que se conoce no permite conocer más, no es ciencia. Pero, en consecuencia, el número de datos para el conocimiento crece así de forma acelerada, hasta el punto en que comienzan a no ser aprehensibles como un todo. Es entonces necesaria una reestructuración que permita una nueva totalización. Y estas dos formas de progreso constituyen la sístole y la diástole del desarrollo científico. En un momento dado del mismo, los conocimientos actuales permiten una fase sistólica, analítica, que va poniendo nuevos datos y elementos a disposición del juicio humano. Ello ocasiona un progresivo pasmo del mismo que culmina en la fase diastólica, sintética, productora de un nuevo nivel de conocimientos, de una nueva teoría o modelo, de un nuevo punto de partida. Son las dos fases de un pro-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de noviembre de 1989.

ceso que permite avanzar tanto en extensión como en profundidad. Pero puede llegar un momento en que el individuo sea incapaz de avanzar homogéneamente en todos los límites del conocimiento. Aparece así la primera necesidad de especialización que conduce a la escisión de una ciencia en varias. Este fenómeno está en íntima relación con otro, cual es el de la división del trabajo. No es este el momento adecuado para enjuiciar ambos y analizar su influencia en el desarrollo de una sociedad concreta y en el de la formación en la misma de unas clases sociales también concretas. Me interesa sin embargo puntualizar que, si bien es evidente la necesidad de fraccionar las fronteras del conocimiento en las fases de análisis, no creo que hubiera sido necesario extenderla a las de síntesis. A este respecto es posible que la ciencia haya servido con frecuencia a un tipo de sociedad concreta y que no haya sabido estar por encima de los intereses dominantes en la misma.

Si en un momento puede comenzar a hablar de conocimiento científico, es después del extraordinario avance cultural helénico. Los conocimientos de la época estaban todavía, sin embargo, muy impregnados del elemento trascendente, lo que supone siempre un freno al desarrollo de lo específicamente científico. Por ello tuvo un mucho mayor desarrollo el grupo de conocimientos englobables en la Metafísica, que el que se integraba en la Física, entendida entonces tal como hoy podríamos entender una cierta ciencia de lo observable, principalmente referido éste a la naturaleza. Aquella Física se ocupaba realmente de algo más de lo que hoy lo hace; en su ámbito se hallaban las especulaciones matemáticas y los datos naturalistas. Y en el intento específicamente científico de unificar todos aquellos conocimientos se desarrolla una de las teorías más fructíferas de toda la Historia de la ciencia: la teoría atomística de Demócrito.

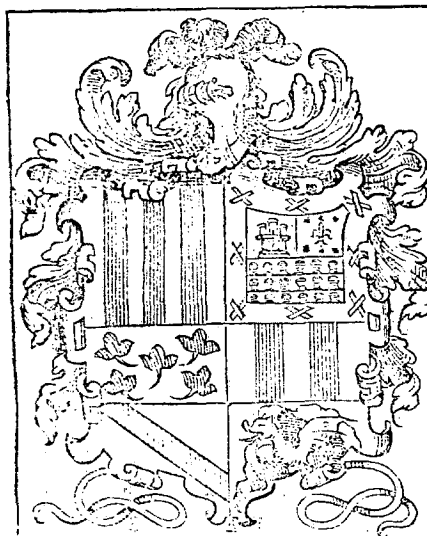
Pero no quiere ser esto un tratado pormenorizado sobre el desarrollo de la ciencia en general, por lo que se va a progresar en este discurso, no deteniéndose a considerar más que las notas que puedan realmente trascender los datos históricos concretos.

Pronto se manifestó la exigencia de separar

LOS SEIS LIBROS

PRIMEROS DE LA GEOMETRIA DE EVCLIDES.

Traduzidos en lengua Española por Rodrigo Camorano Astrólogo y Mathematico, y Cathedrático de Cosmographia por su Magestad en la casa de la Contratación de Sevilla
Dirigidos al Jllustre señor Luciano de Negró,
Canonigo de la sancta yglesia de Sevilla.



Con licencia del Consejo Real.
En Sevilla en casa de Alfonso de la Barrera.
1576.

El rastado en

el conocimiento científico preponderantemente especulativo del preponderantemente derivado de la observación. Y así se desglosan las Matemáticas como ciencia independiente. Se verá, más adelante, la importancia que los modelos tienen en el desarrollo científico. Y es evidente la extraordinaria utilidad que el aparato matemático tiene en la elaboración de los modelos. Por ello hay que sospechar que esta separación de las Matemáticas hubo de suponer un importante retraso en el desarrollo de las demás ciencias. Poco a poco fueron produciéndose nuevas ramificaciones, pero a ritmo creciente. Hasta Comptes, sólo se enumeran las Matemáticas, Astronomía, Física, Química, Biología y Sociología. De entonces acá el número de nuevas ciencias de ha multiplicado a un ritmo impulsado por la celeridad de nuevos descubrimientos favorecidos por la especialización

y división del trabajo. Pero precisamente ahora, en plena explosión de nuevas ciencias, es cuando se es más consciente de la necesidad de una síntesis entre ellas.

Particularmente creo que la especialización no ha sido en sí misma la circunstancia más favorecedora de este extraordinario desarrollo, si bien puede aparecer como tal, y que con una mayor unificación del conocimiento este desarrollo hubiera sido mayor. Pero este análisis nos llevaría a considerar de lleno otros aspectos de la Historia de la Humanidad como el de las relaciones de poder en los que no ha lugar entrar ahora, aun cuando también tienen interés por otras razones y, fundamentalmente, porque a su evolución están ligadas las de las conquistas territorial de los mares y del espacio, así como la de su conocimiento.

En el momento actual el panorama presenta una gran variedad de «ciencias», más o menos segregadas, individualizadas y autónomas y otra, mayor aún, de disciplinas académicas más o menos científicas, cuyos objetos de conocimiento se solapan entre sí de tal forma que cualquier partición en «áreas de conocimiento» no puede ser sino imperfecta. Lo que, por el momento, podemos suponer admitido con generalidad suficiente es que cualquier área de conocimiento que se delimite, como cualquier disciplina académica universitaria que, dentro o fuera de aquélla, se pretenda desarrollar, han de incorporar una fundamentación científica suficientemente rigurosa.

Por otra parte, elementos tan constitutivos de una disciplina universitaria como su «objeto» son sus medios y sus fines. Los medios, en alguna medida y desde nuestra óptica particular, configuran un aspecto esencial de lo que denominamos método del conocimiento, por lo que no vamos a insistir en ellos de momento. Pero los fines sí cabe tomarlos aquí en consideración. Y junto a unos fines de carácter particular, propios de la rama del saber concreta que nos ocupa dentro del contexto, un poco más general, de la profesión para cuyas enseñanzas se aplica, existen unos fines generales, primarios, a los que aquellos están subordinados y que corresponden a los fines generales de la Universidad y de la Sociedad en que

aquella se ha de englobar, con la que se ha de identificar y a la que ha de dar movilidad evolutiva. Cualquier ciencia, cualquier disciplina académica admite una aproximación conceptual objetiva y libre de sesgos, pero es seguro que tal aproximación conceptual no nos daría una información suficiente. El qué, aislado de su para qué, puede ser de utilidad especulativa, pero no es ésta la perseguida cuando se pretende determinar el objeto de conocimiento de una disciplina universitaria concreta. Sin embargo, creo que es de una gran dificultad intrínseca encerrar en unos límites — anchos o estrechos — fijos, «definidos», al conjunto de objetos propios del estudio por una disciplina, de las relaciones entre los mismos y de los puntos de vista con que se abordan. Hablo de dificultad intrínseca porque las razones de la misma no solamente son objetivas sino que se deben a la propia naturaleza cambiante de las perspectivas del análisis disciplinado.

Sobre el método del conocimiento

Por método se entiende, en general, una forma concreta de abordar un trabajo, y metodología sería, pues, el estudio ordenado y crítico de los diferentes métodos en función de su objeto de aplicación, de su carácter científico y de su adecuación para la consecución de los fines. Cuando el objeto es el actual de una disciplina universitaria está fuera de duda que su método de estudio y de enseñanza ha de reunir dos condiciones básicas: Ser científico y ser pedagógico. La decantación que ha conducido al desarrollo de los métodos científicos de investigación y estudio es quizás uno de los mayores logros de la Humanidad por el esfuerzo de abstracción que ha supuesto.

La crítica actual al método científico, derivada de una explosión anárquica de conocimientos tradicionalmente excluidos por ese método en base a su insuficiente verificabilidad, aunque en cierta medida comprensible desde una perspectiva cordial de la intercomunicación humana, no puede ser tenida en consideración académica en razón de su falta de rigor y coherencia y, sobre todo, a causa de su carencia de alternativas con capacidad operativa en la carrera tec-

nológica y del descubrimiento de los hechos observables.

Por su parte, los métodos pedagógicos han producido recientemente y están produciendo una verdadera revolución tecnológica en la transmisión de los saberes y de las técnicas. El abuso en la sofisticación de estos métodos conduce sin embargo, en ocasiones a lamentables fracasos individuales, por falta de capacidad de adecuación, o incluso, colectivos por carencia de una mínima y necesaria sincronía.

Ciertamente que el carácter científico es fundamental en la búsqueda y adquisición de unos conocimientos, mientras que el pedagógico lo es en la transmisión de los ya adquiridos. Pero en la enseñanza de una disciplina universitaria concurren los dos aspectos, máxime si esta disciplina es de especialidad y en cierta medida pluridisciplinar, como el caso que nos ocupa. Por una parte, el personal docente lo ha de ser con un criterio pedagógico que permita adecuar dos elementos contradictorios casi irreductibles: la gran extensión de la doctrina a transmitir y la limitación temporal impuesta por el curso académico, compartido además con otras — muchas en las carreras tecnológicas— disciplinas. En este caso esta necesidad reductora se hace casi paradigmática por encontrarnos con un contenido científico de extensión casi ilimitada y en que convergen muy varias disciplinas científicas, hoy ya muy bien estructuradas e individualizadas (Meteorología, Química, Hidrodinámica, Biología, Geología y Geomorfología...) por una parte, y un campo de aplicación tecnológica relativamente vario y disperso. Y porque la extensión de la asignatura ha quedado reducida en el plan de estudios a un cuatrimestre dentro de un curso académico.

Por otra parte, el nivel intelectual y el bagaje de conocimientos supuestos previos del alumnado, así como los niveles científicos y tecnológicos que se les va a demandar dentro de la sociedad, exigen que estos conocimientos transmitidos lo sean con un rigor científico total, de modo que el investigador y/o el profesional resultantes, tengan la capacidad crítica que les va a ser exigida, cualquiera que sea su posterior campo de actividad.

Independientemente, el objetivo de un depar-

Ptolemaeus Aegyptius



tamento universitario no es sólo la docencia, sino también la investigación y la formación de investigadores. También desde este aspecto el método ha de ser pedagógico, pero aquí, el objeto mismo de la transmisión es, además, el método científico, junto con las técnicas de investigación.

«Al avance científico se oponen tanto el desechar un pensamiento verdadero por su enunciación errónea como el aceptar un pensamiento erróneo inducido por hechos verdaderos erróneamente interpretados. El talento y la educación mental del científico (dice Cordon), ha de manifestarse sobre todo en la capacidad para descubrir lo verdadero bajo argumentaciones viciadas con limitaciones de época, y para resistirse ante un pensamiento falso basado en hechos verdaderos; a lo que le ayuda mucho un continuo estudio atento del desarrollo histórico de la ciencia.»

El método científico

Una disciplina universitaria no puede carecer ni en su exposición ni en sus técnicas de investigación, de un método estrictamente científico. No basta con enseñar «cosas», saberes, técnicas, ni con buscar datos o hacer ensayos. Todo ello necesita de un punto de partida y unos objetivos, de contrastabilidad y verificabilidad, de un análisis riguroso y de una síntesis, y las opiniones sobre la científicidad de un método y los resultados exigibles para la misma son múltiples y prácticamente concordantes. Sería de erudición impropia del momento rea-

lizar aquí un estado del arte exhaustivo sobre el tema. En mi opinión, un método no ha alcanzado el carácter científico más que cuando se le puedan atribuir las siguientes características:

1. Permite y realiza el análisis y la síntesis. Análisis de los datos conocidos y de los que es posible conocer, de forma que se puedan desmenuzar en sus partes simples hasta el punto en que su conocimiento sea completo sobre la esencia de cada parte y su conexión con los demás o, al menos, hasta la posibilidad de interpretación de su esencia mediante el recurso a modelos válidos. Síntesis para abstraerse de los resultados del análisis en la elaboración de un modelo general interpretativo del conjunto de resultados obtenidos del análisis.

2. Emplear modelos verificables. La esencia de las cosas y de los fenómenos es algo que se nos escapa en sus últimas instancias. Mediante el análisis se obtienen nuevos datos que pueden llegar a poner en evidencia la debilidad interpretativa de los modelos hasta entonces en vigor. El método científico se ve así obligado a sustituir la esencia de las cosas y de los fenómenos por su interpretación operativa.

La esencia no es operativa para el hombre pero sí su interpretación mediante el modelo creado por él. Pero estos modelos han de admitir su contrastabilidad y su verificabilidad. Un modelo es verificable cuando puede ser cuestionable arbitrariamente y contrastable con la realidad misma a la que interprete. Es lógico que durante el tiempo de validez de un modelo su verificabilidad sea completa pero, por razón misma de las cosas, ha de admitir la posibilidad de que la interpretación que hace de la realidad pueda no coincidir con la realidad misma. Y no por ello el modelo pierde su validez; la conservará en tanto no se encuentre un modelo nuevo que cubra esa falta de coincidencia. Por su misma esencia, el modelo procede de una abstracción de la realidad, de modo que no pueda coincidir con ella, siendo por tanto, débil e insuficiente (si coincidiese con la realidad, el modelo sería la realidad misma y nos hallaríamos frente a la propia esencia del fenómeno analizado). Son estas «debilidad e insuficiencia» asumidos los que hacen al modelo metodológicamente científico.

3. Permitir estructuración de los conocimientos. Los modelos generados con metodología científica han de permitir una ordenación de los conocimientos en forma coherente de modo que, de una forma lógica y deductiva, se puedan estructurar a partir de unas premisas o postulados básicos que constituyen la esencia del o de los propios modelos que como fruto estricto del intelecto pueden ser plenamente aprehensibles por el mismo, a diferencia de los hechos en sí.

4. Permitir el progreso en los conocimientos. La estructura obtenida con metodología científica mediante la aplicación del modelo a la realidad ha de colocarnos ante la posibilidad de abordar el estudio de nuevos fenómenos desconocidos y por tanto no estructurados, de interpretar nuevos datos cuando estos se obtengan de modo que completen la estructura original, y de poner de manifiesto los puntos abiertos y lagunas de la estructura lograda, con el fin de facilitar los objetos y procedimientos de nuevas investigaciones.

El instrumento fundamental del método científico es, por tanto, el modelo o conjunto de modelos interpretativos de que hace recurso para explicar los fenómenos objeto del estudio.

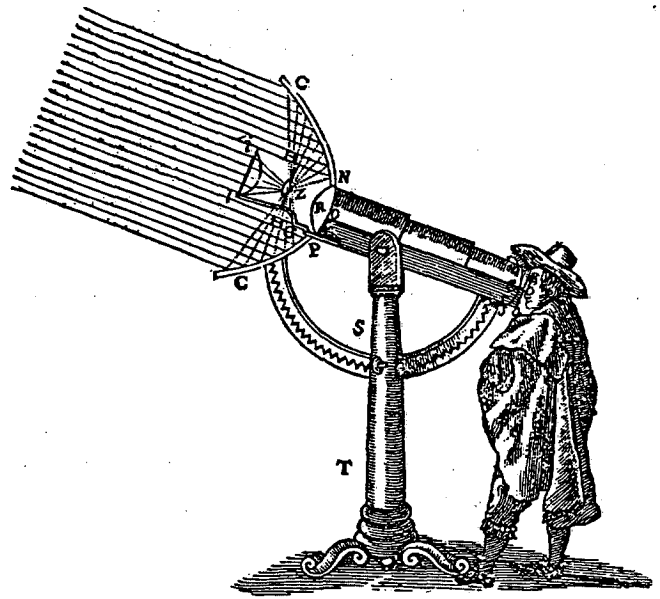
Desde un punto de vista docente es fundamental, para un buen entendimiento y utilización del método científico, que el alumno comprenda bien el alcance, las limitaciones, los fines y la utilidad del modelo o modelos propuestos.

Un modelo no es más que una aproximación metodológica a la realidad de un fenómeno. Desde un punto de vista fenomenológico, el objeto de estudio, dato o conjunto de datos, experiencias, procesos, etc., contienen una serie de notas consustanciales y elementos constituyentes y presentan un conjunto de relaciones reales que de hecho configuran su esencia. Estas notas, elementos y relaciones, son y serán probablemente incognoscibles en su totalidad y, en cualquier caso, su determinación, bien por medio y a través de los sentidos humanos, o de los instrumentos de medida fabricados por el hombre, aún siendo objetiva — que no siempre lo puede ser — es en cualquier caso, réplica convenida de la realidad más que la realidad misma; son manifestaciones, obje-

tivables o no, de las notas, elementos y relaciones más que ellos mismos, de donde nace el primer alejamiento del propio objeto. Estas determinaciones constituyen ya en sí mismas un modelo interpretativo, que, aunque tanto más perfecto cuanto más objetivo, es un simple modelo al fin y al cabo.

La obtención de los primeros datos es, pues, fruto de un esfuerzo de abstracción, nota fundamental y exclusiva de los seres inteligentes. Esta abstracción permite la definición de conceptos y su manipulación en orden a la consecución de relaciones lógicas entre ellos. El fruto de este trabajo será la elaboración de un modelo más general de comportamiento que englobe y explique todos los datos conocidos previamente a la elaboración del mismo. Hay que insistir en que así se explican los fenómenos, se interpretan, incluso se predicen otros nuevos no observados hasta entonces, o se aborda la explicación de alguno conocido pero no puesto aún en relación con los iniciales. Según su calidad, el modelo inducirá tantas más nuevas relaciones y predicciones. Son éstas las que inicialmente permitirán contrastarlo y verificarlo. Pero también permitirá mejorar los modelos más elementales que se habían utilizado en la objetivación de los datos de observación, lo que constituirá una nueva fuente de contrastaciones. Finalmente, y aquí está lo más trascendente del modelo, inducirá la experimentación, esto es, la producción artificial de nuevos objetos de observación, que también constituirán elementos de contraste y verificación. El modelo deja de ser adecuado cuando fracasa en alguna verificación; sin embargo, ello no impide que el modelo sea operativo, nadie puede dudar de la operatividad de la mecánica newtoniana, aun cuando no explique determinados fenómenos que necesitan del empleo de la mecánica cuántica. Así, en general, no debemos decir que los modelos sean incorrectos sino solamente que han quedado estrechos o, a lo más, obsoletos.

Por su propia naturaleza, el modelo no es la realidad, y ello, a priori; no es consecuente, por tanto, reprochárselo a posteriori. La obsolescencia de un determinado modelo se pone de manifiesto por el descubrimiento de nuevos hechos científicos que ensanchan el dominio de aplicación de la ciencia en cuestión, por el des-



cubrimiento de conexiones entre campos explicados por modelos distintos o por la mejora de la tecnología de obtención de datos que permite profundizar en el campo estudiado. En todos los casos la solución será la propuesta de un modelo que englobará como particulares a los anteriormente vigentes. En el filum evolutivo de los modelos es apreciable una tendencia generalizada hacia la unicidad. Hoy está casi aceptada la convicción de que, ya que la realidad es una en evolución, ha de ser posible el recurso a un modelo único para su explicación; sólo las limitaciones en nuestros conocimientos nos obligan a parcelarlos en cuerpos de doctrinas aparentemente independientes; pero basta una simple mirada reposada para darse cuenta de que esto no es más que un truco metodológico para adaptarse a las limitaciones humanas y permitir la especialización del trabajo. El binomio análisis-síntesis no es de aplicación sólo a cada ciencia, sino al conjunto del conocimiento humano. Y si cada día se proponen nuevos cuerpos de doctrina, nuevas ciencias y nuevas técnicas en una infatigable potenciación del análisis de la realidad, los modelos se hacen simultáneamente más generales, se interconectan, y pueden ser de aplicación a varias ciencias distintas, en una continua búsqueda de la síntesis general. En este sentido se hallan las nuevas formas de abordar estudios otrora tan «filosóficos y literarios» como la lingüística, la semántica, la psicología,

etc., donde el recurso a la matemática moderna era impensable hace sólo medio siglo. El estructuralismo es algo más que un movimiento filosófico; es, ante todo, una escuela metodológica que intenta una síntesis general en la aproximación a la realidad. Y conoceremos próximamente unos progresos en el campo de la síntesis del conocimiento que nos sorprenderán, sin duda alguna. Todas las épocas de crisis en la historia humana corresponden a insuficiencias de los modelos parciales. Está la crisis del conocimiento en la base de aquéllas y no es casualidad que Erasmo y Copérnico fuesen contemporáneos, como el que lo fueran Darwin y Marx y Heidegger y Einstein.

Es preciso que estas breves nociones sobre el empleo de los modelos teóricos y su naturaleza aproximativa a la realidad estén perfectamente digeridas por los estudiantes universitarios, y cuanto antes mejor. Mi experiencia docente me ha demostrado que de aquí nace una de las mayores dificultades intrínsecas para el aprendizaje y enseñanza de los saberes, que la Universidad ha de transmitir. Por otra parte, esto tiene especial trascendencia en el ejercicio de las profesiones técnicas. En el desarrollo de cualquier proyecto intervienen como puntos fundamentales una serie de cálculos, justificativos del dimensionamiento de determinados elementos constitutivos de la obra objeto del proyecto. El desarrollo de estos cálculos se realiza siguiendo un modelo de comportamiento teórico solamente aproximativo a la realidad, cuyo grado de finura o aproximación depende fundamentalmente de la naturaleza del problema y nivel relativo de conocimientos sobre el mismo. El proyectista debe haber asumido y estar convencido de esta realidad y saber que existe el recurso, en muchas ocasiones, al contraste de la solución ofrecida mediante el ensayo de otros modelos, más aproximativos aunque empíricos, conocidos como modelos a escala reducida, de aplicación general en ingeniería. Los principios teóricos que justifican esta técnica de contraste corresponden a un modelo científico de gran generalidad y validez objetiva, lo que permite emplearlos como método de experimentación, además de como elemento de contraste de los cálculos teóricos. En nuestra disciplina este punto es de gran importancia.

Pero como dice Cordon en su «Pensamiento general y pensamiento científico», la diferencia entre el empirismo precientífico y la ciencia experimental está precisamente, en el continuo esfuerzo de vaivén entre los descubrimientos concretos logrados por una experimentación conducida por hipótesis, y el desarrollo del pensamiento científico en teorías capaces de interpretar lo aparentemente múltiple e inconexo, por lo que negarse a elevar a pensamiento teórico los datos concretos, esto es, mantenerse pegado a una experimentación rutinaria, es oscurantista.

Nos hemos referido más arriba a la crisis de los modelos, tanto a nivel particular como general, y a cómo vivimos una etapa crítica de éstos. En mi opinión hay algo en común que está fallando en todos los modelos y es su base determinista. En una ojeada a la historia de la ciencia y la tecnología en la que no voy a entrar, se pone de manifiesto un lugar común a todos los modelos, tanto en su pluralidad conceptual simultánea como en su pluralidad evolutiva: la aproximación a la realidad se produce según formulaciones exactas, fijas y permanentes; dados unos puntos de partida, el punto final de un proceso, espacial o temporal, es único, determinado. De ahí que denominemos deterministas a tales modelos. Se olvidó sin embargo que, por la propia naturaleza de la realidad misma, polifacética y multivariante, y de los modelos interpretativos, siempre muy esquemáticos y simplificadores, la permanencia de los puntos finales o conclusiones manifestada por éstos, tenía que entrar en contradicción con la realidad, donde operan gran cantidad de variables o causas no consideradas en los modelos. Los resultados «reales» no corresponden, pues, a una variable fija, sino afectada de una cierta distribución de probabilidad, a una variable aleatoria. No es fácil concebir la profundidad de la transformación mental necesaria para llegar a esta conclusión. Es necesario, como conceptos previos, haber asumido perfectamente dos hechos: el relativismo de las ideas y el resultado de la observación de los hechos, que no de la verdad ni de los hechos mismos, por una parte, y la limitación humana en el análisis de las relaciones causa consecuencia, por la otra.

Es quizás en las ciencias físico-químicas donde antes se han impuesto estos dos hechos, fundamentalmente a partir del enorme progreso en el conocimiento producido durante el siglo XVIII, si bien todavía se necesitó la increíble profundización realizada a lo largo del XIX.

Ello permitió el desarrollo de dos modelos, estructural uno, fenomenológico otro que, hasta hoy, representan la cumbre metodológica de la humanidad. Se trata de la mecánica cuantico-ondulatoria, aplicable a las microestructuras, y de la teoría de la relatividad, aplicable a las macroestructuras, y ambas corrigiendo las desviaciones de la mecánica clásica. Lo verdaderamente extraordinario de estos modelos no puede hallarse en su capacidad para dar razón de fenómenos previamente conocidos y mal explicados, sino en su capacidad prospectiva. Asistimos precisamente en estas décadas a un enorme esfuerzo de síntesis para la unificación de estos tres modelos, precisamente a base de recoger en un ejemplar intento conciliador los criterios probabilistas y los deterministas, si bien entendidos estos últimos de una forma radicalmente diferente a como los entendió el primer empirismo o empirismo precientífico. Pues bien, se observa un enorme tirón de estas ciencias, metodológicamente avanzadas, de otras cuyos progresos han sido espectaculares desde entonces, y concretamente de todas las que se centran en el estudio de nuestro planeta.

Sin embargo, aún hoy, en que asistimos a una verdadera explosión de modelos probabi-

listicos y estocásticos, éstos no son, ni con mucho, universalmente asumidos —ni aceptados— por una mentalidad determinista por siglos. Porque estamos habituados a definiciones fijas, consideramos que las causas lo son también; la propia variabilidad de cada causa, sin embargo, da origen a que se deban introducir análisis espectrales que completan y dan sentido físico al modelo estocástico. Todo ello está suponiendo una revolución semejante a lo que supuso el paso de los modelos empíricos —podríamos decir precientíficos— a los modelos deterministas mismos, deductivos.

Pero no todos los objetivos de una técnica o de una ciencia pueden ser hoy abordados a igual altura. Se puede realizar un planteamiento general al máximo nivel y tener que recurrir a modelos parciales menos desarrollados para el estudio de determinados problemas concretos. Es esta una de las dos razones por las cuales es hoy manifiesta, incluso en mentes aventajadas, una cierta recuperación de los modelos deterministas. La otra es la hipótesis científica, metodológicamente aceptable, de que el mundo objetivable se «mueve» determinista dentro de su trayectoria existencial, esto es, obedece a acciones predeterminadas. Esta posición científica no puede considerarse, sin embargo, contradictoria con la defensa de los modelos probabilistas, que tratan de cubrir la deficiencia de información y sustituir los órdenes sucesivos de aproximación, sino, por el contrario, complementadora. ■

