



INFORME

Proyectos de Ciencia Integrada

1

INTRODUCCION A METODOS Y OBJETIVOS DE LA CIENCIA INTEGRADA

Por Julio CASADO LINAREJOS (*)

El informe que presentamos pretende dar una sucinta visión del significado de la Ciencia Integrada: métodos y objetivos, así como dar noticia de los proyectos más conocidos a nivel mundial incluyendo el estudio más detallado de tres de ellos que se están realizando en España:

- Un proyecto de Ciencia Integrada para Bachillerato (proyecto CIB) del I.E.P.S. de Madrid.
- Un proyecto de experimentación en el área de Ciencias de la Naturaleza (Proyecto P.E.A.C.) realizado por el I.N.C.I.E., en el que han participado en las fases de experimentación los I.C.E.S. de Bilbao, Murcia y Santiago de Compostela.
- Un proyecto de Ciencia Integrada y experimental para 2.^a etapa de E.G.B. del I.C.E. de la Universidad Politécnica de Barcelona.

La Dirección de REVISTA DE BACHILLERATO ha tomado la iniciativa, oportuna a mi modo de ver, de informar sistemáticamente a sus lectores sobre diferentes proyectos educativos concebidos y desarrollados en distintos medios y situaciones. Con tal motivo me brinda las páginas de su publicación pidiéndome que, de una manera breve, redacte unas líneas introductorias a una información que, sobre *Ciencia Integrada*, va a ofrecer la Revista.

Consciente de que lo que se me pide es sencillamente eso, una introducción a tal temática, tan interesante como compleja y pródiga en matices, voy a tratar de ceñirme lo mejor posible a las dos preguntas que se me han formulado:

1. *¿Qué es la Ciencia integrada?*
2. *¿Cuál fue su origen y qué objetivos persigue?*

¿Qué es la Ciencia integrada?

Puede decirse que fue en la Conferencia de Varna (Bulgaria), celebrada en 1968 por el *International Council of Scientific Unions*, donde surgió el término *Ciencia integrada*. Sobre la base de lo que allí se propuso cabría decir que ésta se ve configurada por los métodos relativos a la didáctica y quehacer científico en los que:

- a) Conceptos y principios expresan la básica unidad del pensamiento científico.
- b) Se pone especial énfasis en evitar la aparición prematura de hiatos insalvables entre las diversas parcelas del conocimiento científico.
- c) Se incorpora el estudio científico del medio ambiente y los perfiles tecnológicos del vivir cotidiano del hombre de nuestros días.

Conviene advertir de entrada que en torno a esta problemática aparecen por doquier y con frecuencia crecientes términos, a veces ambiguos para referirse a diversas vías de enseñanza de las ciencias, que no se circunscriben a una sola disciplina, como la Física o la Biología. Así, se habla de «enseñanza interdisciplinar», «integrada», «pluridisciplinar». Ciertamente que un análisis riguroso, de tipo etimológico o epistemológico, pondría de manifiesto diferencias más o menos perfiladas, latentes bajo tales denominaciones (1-7). Sin embargo,

(*) Catedrático de Química y Física, Vicerrector de la Universidad de Santiago.

(1) I.C.S.U., Conferencia internacional sobre: «Educations of teachers for integrated Science», 3-13 de abril de 1973. Universidad de Maryland.

(2) Gómez Miranda, M. J.: «La interdisciplinariedad en el Bachillerato». *Rev. Española de Pedagogía*, 140, 85-102, 1978.

(3) a) «Bachillerato y Ciencia integrada», I. Proyecto C.I.B., II. Física y Química, Narcea, Madrid, 1979.

b) «La enseñanza de las Ciencias y sus relaciones interdisciplinarias en la 2.^a etapa de E.G.B.». Estudios y experiencias educativas. Serie E.G.B., núm. 1, Madrid, 1977.

(4) O.C.E.D.: «L'interdisciplinarité, problèmes d'enseignement et de recherche dans les Universités», Paris, 1972.

(5) Marin, R.: «Interdisciplinaridad y enseñanza en equipo», Paraninfo, Madrid, 1979. Véase también París, C., «Hacia una epistemología de la interdisciplinaridad», en «La educación hoy», 1 (3), 117-128, 1973.

(6) Casado, J.: «Hacia una praxis de la educación interdisciplinar», «Revista de Bachillerato», núm. 1, pp. 4-12, 1977.

(7) Rada, E.: «Sobre el concepto de interdisciplinaridad», *ibid.*, núm. 4, pp. 25-33, 1977.

vistos con criterios prácticos, y de acuerdo con Frey (8), consideraremos a esos tres términos como sinónimos, aunque quizá fuera oportuno apuntar que, bajo los conceptos de «enseñanza integrada» o «enseñanza pluridisciplinar», caben mejor las tendencias que tratan de armonizar conocimientos con cierto grado de afinidad (Física, Química y Biología, por ej.), mientras que, al hablar de «integración interdisciplinar», queremos referirnos a la «interacción» existente entre varias disciplinas, interacción que puede ir desde una simple comunicación de ideas hasta una integración mutua de conceptos, epistemología, terminología, metodología y procedimiento, bordeando incluso los límites de la «transdisciplinaridad» (vide infra).

En un grupo internacional de trabajo que se reunió bajo los auspicios del Consejo de Europa en la Universidad británica de Exeter (cfr. 8) y del que tuve la oportunidad de formar parte, uno de los aspectos abordados fue precisamente el de la definición y concepto de *Ciencia integrada*. Las ideas dimanadas de la Conferencia de Varna fueron consideradas un tanto vagas por algunos delegados nacionales, redactándose el siguiente texto, parcialmente inspirado en las conclusiones del Seminario de Granna (9):

«La enseñanza de las Ciencias debe asegurar al alumno un aprendizaje que contribuya a una mejor comprensión del hombre, de su medio físico y biológico y de su recíproca influencia, y que lo comprometa a asumir responsabilidades frente a sus semejantes y al medio que con ellos comparte.

La enseñanza tradicional de las ciencias como disciplinas diferenciadas, despreciando sus implicaciones en relación con la sociedad en que se vive, corre el riesgo de excluir algunos aspectos importantes de aquel objetivo. Pretendemos, por consiguiente, que los conceptos y principios fundamentales de la Ciencia y su impacto sobre el individuo y la sociedad constituyan un nuevo tejido que evite la desintegración en diferentes compartimentos, ayudando así a los alumnos a comprender el mundo en que viven. Esto es lo que llamamos *visión integrada de la Ciencia*».

Otros documentos (10-12) han propuesto fórmulas de integración basadas en factores tales como: contenido, métodos de enseñanza, procedimiento, estructura de la documentación disponible y organización general del sistema escolar.

¿Cuál ha sido el origen de esa tendencia en busca de una visión integrada de la Ciencia?

A la hora de reflexionar sobre tal cuestión, habría que pensar con Berger (cfr. 4) que, en lo que se refiere a la génesis, o conjunto de circunstancias sociales o académicas que han provocado la aparición del «pensamiento integrado», pueden ser destacadas las siguientes:

- a) El propio desarrollo de la Ciencia, que con frecuencia sigue cauces contradictorios: Por una parte, la creciente especialización del trabajo científico y tecnológico de nuestro tiempo ha ido parcelando el campo del saber en auténticos minifundios, con múltiples dueños de saberes más y más estrechamente limitados de modo que, al mismo tiempo que

aumenta cada vez más el número de científicos (personas que investigan aspectos concretos de un problema), disminuye el de sabios (considerando como tales a los que tienen una visión integrada e integradora de una rama del saber). Recordaremos a este respecto, la certeza y amarga caricatura del trabajo especializado al límite que nos ofreció el genio de Chaplin en: *Tiempos modernos*.

Algunos efectos importantes de tal situación se proyectan consecuentemente sobre el mundo de la enseñanza. Al reflexionar sobre ello, me pregunto si no se encontrará ahí una de las razones de que —por no poner sino un par de ejemplos entre otros muchos— en una encuesta realizada recientemente (13) entre universitarios de un país tan aceleradamente tecnificado como Israel, al preguntarles por los perfiles de lo que ellos considerarían un buen profesor universitario, la respuesta que figura en primer lugar (18,7 % de las contestaciones) es: *La interesante presentación de la materia y, en último término (0,2 %), La capacidad para investigar*. ¿Será por eso, sigo preguntándome, por lo que otra encuesta, esta vez entre jóvenes españoles (14) revela que, a nivel de C.O.U., un 50 por 100 de los consultados se encuentran satisfechos con la competencia científica de su profesorado y sólo un 34 por 100 con la competencia pedagógica del mismo? (índices que, en lo referente a la Enseñanza Superior, son del 35 % y 20 %, respectivamente). Ahora bien, ese mismo cauce que lleva al hombre de ciencia de nuestro tiempo a una especialización creciente, con frecuencia —y como consecuencia de la naturaleza misma de las cosas— se cruza con otras vías seguidas por otros hombres que cultivan otras disciplinas. Y es así como surge, de forma natural, la idea de *Ciencia integrada*, en cada una de esas encrucijadas científicas que compatibilizan la idea de especialización con la de integración.

Tenemos así ante nosotros dos de los posibles caminos de acercamiento integrador que más frecuentemente se proponen (cfr. 6):

Acercamiento por situación. Ejemplo: Los avances extraordinarios de determinados campos de la

(8) Frey, M. K.: «L'enseignement intégré des Sciences de la Nature dans la République Fédérale d'Allemagne». Conferencia pronunciada en la Universidad de Exeter (G.B.), 8-14 de septiembre de 1974.

(9) Consejo de Europa. Doc. CCC/EGT (74), 27.

(10) Richmond, P. E.: «Approaches to Integrated Science Teaching», *School Science Review*, pp. 591-5, marzo de 1974.

(11) U.N.E.S.C.O.: «Nuevas tendencias en la integración de la enseñanza de las ciencias». Vol. 2, 1975.

(12) Häussler, P.: «Der Aufbau von integrierten naturwissenschaftlichen Curricula: vergleichende Darstellung von Projekten», en Frey, K. y Blänsdorf, K., «Integriertes Curriculum Naturwissenschaft der Sekundarstufe, I: Projekte und Innovationsstrategien», Beltz Verlag, Weinheim, 1974.

(13) Miron, M. y Segal, E.: «The Good University Teacher as Perceived by the Students», en *Higher Education*, 7 (1), 27-34, 1978.

(14) Ministerio de Cultura: «Cuadernos de documentación», Inst. de la Juventud, 1, Madrid, 1978.

Ciencia Médica como consecuencia de los viajes del hombre al espacio.

Búsqueda de elementos comunes, es decir, búsqueda de estructuras, elaboración de modelos, etcétera, una de cuyas consecuencias ha sido la creciente matematización del lenguaje científico.

Esta creciente integración puede conducir a un auténtico acercamiento hipostático de naturaleza «transdisciplinar» (recordemos que, de acuerdo con Piaget, a la etapa de relaciones interdisciplinares puede sucederle un estadio superior, transdisciplinar, que guardaría relación no sólo con las reciprocidades entre áreas de investigación especializadas, sino que llegaría a situar esas relaciones dentro de un sistema total sin fronteras perfiladas entre tales disciplinas. Se trataría, en definitiva, de una teoría general de sistemas o estructuras que buscarían la descripción integral del mundo físico en que vivimos, prescindiendo de las divisiones introducidas arbitrariamente en la Ciencia por el hombre (15).

b) Un segundo factor conducente a la germinación primero, y desarrollo después, del pensamiento interdisciplinar lo constituye la propia «demanda» de la comunidad científico-educativa. Los resultados de las dos encuestas que acabamos de reseñar pueden ayudarnos a reflexionar sobre esto.

Tal demanda, es a veces, consecuencia directa de esa intersección de caminos científicos que ha dado lugar al nacimiento de «disciplinas interdisciplinares», como la Química física, Psicosociología, etc. (Véase una interesante crítica sobre algunos de estos aspectos en Palmade, «Interdisciplinarité et idéologies» (16)).

En otras ocasiones esa demanda encuentra su base en razones socioeconómicas —como en la situación de crisis que actualmente padece el mundo occidental—. Estudiantes y profesores de numerosos países intuyen los peligros de una hipertrofiada y prematura especialización, hasta el extremo de que en determinados medios (ingleses, por ej.) se ha hablado con gran pragmatismo de la conveniencia de insistir en la formación de sólidos «generalistas» que, al concluir sus estudios de grado, estén capacitados para adaptarse al puesto de trabajo que la sociedad pueda brindarles, tanto en el ámbito de las tareas docentes como en el de la tecnología, o en el campo de la investigación fundamental, por no citar sino algunas «salidas» significativas. La idea misma de los «cursos sandwich» (17), desarrollada asimismo en Gran Bretaña, puede tener algo que ver con estos puntos de vista.

Proyecciones de esa demanda pueden ser detectadas, afirma Berger (cfr. 4) —de hecho no es infrecuente observarlas en el mundo universitario— en el modo de pensar de algunos jóvenes graduados, e incluso entre los profesores más jóvenes quienes sienten la necesidad de tomar contacto con «lo otro», a expensas incluso de retrasar su propio trabajo de investigación. De estas tendencias pueden surgir tensiones entre unos puntos de vista, eurobinados, en posiciones más tradicionales, y otros más abiertos que nos traen a la memoria una parábola de Chuang-Tse, donde se ponen en boca de la divinidad palabras que ya glosé en estas mismas pági-

nas (18), pero que no resisto la tentación de repetir ahora: «¿Cómo podré hablar del mar con la rana, si no ha salido de su charca? ¿Cómo podré hablar del hielo con el pájaro del estío, si está retenido en su estación? ¿Cómo podrá hablar de la vida con el sabio, si es prisionero de su doctrina?».

Tanto a través del concepto mismo de *Ciencia integrada* como de los comentarios subsiguientes que acabamos de hacer, se traslucen, más o menos perfilados, algunos de los objetivos a alcanzar mediante esta vía de acercamiento al conocimiento científico. Podrían resumirse muy brevemente en tres *desideratas*:

1. Búsqueda de una mejor y más profunda comprensión (¿hay palabra más abiertamente integradora que ésta?) del universo en que vivimos, tras el denominador común de las disciplinas, es decir las leyes estructurales de la vida. La evolución de las ciencias físico-químicas es un buen ejemplo de esa búsqueda.
2. Adecuación de las actividades docentes y de investigación a las necesidades profesionales, respondiendo a la demanda social en aspectos tan significativos como:
 - Formar profesionales competentes.
 - Formar cuadros mejor adaptados al mundo científico y social de nuestro tiempo.
 - Resaltar el carácter humanista que debe inspirar al mundo de la Ciencia y la Educación.
 - Buscar una enseñanza viva y adaptada a un medio tan rápidamente cambiante como el de nuestro tiempo.
 - Reestructurar los dominios del conocimiento, orientándolos hacia la búsqueda de soluciones a problemas que diariamente se le plantean tanto al docente como al investigador.
3. Acercamiento de los alumnos al mundo que los rodea poniéndolos en contacto con los fundamentos de la ciencia y su lenguaje a través de su más inmediato entorno: El medio ambiente y su conservación, ciencias marinas o agropecuarias, exploración y estudio del espacio exterior, etc. Aunque una consideración superficial de este objetivo podría llevar a pensar casi exclusivamente en términos de didáctica, hay multitud de proyectos desarrollados en diversos países que ponen claramente de manifiesto cómo esas vías integradoras, adecuadamente programadas, pueden conducir a resultados tangibles de índole eminentemente práctica. Recordemos, por ejemplo, los estudios realizados en Canadá

(15) Soler, E.: «Interdisciplinaridad en el proceso educativo», en «Documentación: sistema educativo de U.U. LL.», Madrid, junio de 1977. Véase también: «Hacia una mayor integración de las disciplinas», en «Padres y maestros», 49, 1976.

(16) Palmade, G.: «Interdisciplinarité et idéologies», Edidios Anthropos, París; versión española, «Interdisciplinariedad e ideologías», Narcea, Madrid, 1979.

(17) Walker, G. R., «Chemistry-with-education», Educ. in Chem., 10 (4), 135-7, 1973.

(18) Casado, J., «La educación interdisciplinar en el área de las Ciencias», «Revista de Bachillerato, núm. 9», pp. 26-32, 1979.

(Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia), en un Instituto Oceanográfico donde una cuarentena de estudiantes avanzados reciben enseñanza integrada en el dominio de la Matemática, Física, Química, Biología y Geología con objetivos muy claros, provenientes de la demanda social: formación de expertos en oceanografía, que puedan ejercer su trabajo tanto en universidades como en laboratorios provinciales o regionales, con aprovechamiento máximo, y de forma racional, de potencialidades científicas y humanas de personas que, con mentalidad armónicamente interdisciplinar, las proyecten en algo tan inmediatamente «útil» —y urgente en nuestros días— como es el mejor conocimiento y aprovechamiento de los recursos marinos.

Al acercarnos al final de estas líneas conviene advertir que, como en toda metodología innovadora —sobre todo en el área educativa—, las vías de acercamiento interdisciplinar al mundo de la Ciencia han de ser recorridas con extraordinaria prudencia, especialmente a medida que se progresa en la escala de currículos y programas. Así, fue reconocido en la reunión de Exeter (loc. cit.), donde se puso de manifiesto la extraordinaria importancia del trabajo en equipo por parte de los profesores implicados en un proyecto de este tipo, ya que, así como en los niveles más elementales la enseñanza de las Ciencias puede correr a cargo de una sola persona, la imprescindible y deseable especialización de contenidos exige más adelante la intervención de un grupo de profesores. En tal sentido, la idea inspiradora de los Seminarios Didácticos, adecuadamente desarrollada, podría ser de extraordinaria importancia en nuestros centros de Bachillerato.

Un claro ejemplo de los resultados alcanzables mediante un adecuado trabajo en equipo lo tenemos en el Proyecto I.A.C. (*Interdisciplinary Approach to Chemistry*), desarrollado por un grupo de profesores dirigidos por la Dra. Marjorie H. Gardner, Directora de la Science Education Resources Improvement División de la N.S.F., y por el Dr. Henry Heikkinen, quienes me explicaban el verano pasado, en el campus Universitario de Maryland donde nació el Proyecto, la génesis del mismo hasta verlo cristalizado en siete módulos que, a mi modo de ver, constituyen un excelente ejemplo de cómo es posible armonizar nivel de contenidos y búsqueda de unidad interdisciplinar a través de temática tan sencilla como: polímeros, pinturas, productos farmacéuticos, contaminación, etc. El propio título de los módulos ya es expresivo: *Reactions and Reason* (módulo introductorio), *Diversity and Periodicity* (módulo de Química inorgánica), *Form and Function* (módulo de Química orgánica), *Molecules in Living Systems* (módulo de Bioquímica), *The Heart of Matter* (módulo de Química nuclear), *The Delicate Balance* (módulo de Química medioambiental), *Communities of Molecules* (módulo de Química física), elaborados por diversos especialistas y con sus respectivas Guías para el Profesor (19).

Aunque a otro nivel, un ejemplo de fructífera colaboración entre profesores con objetivos integradores lo tenemos entre nosotros en el Proyecto P.E.A.C. (Proyecto experimental área Ciencias de la Naturaleza) en el que trabajan especialistas del I.N.C.I.E. y de los Institutos de Ciencias de la Educación de las Universidades de Bilbao, Murcia y Santiago. Núcleos integradores de tal Proyecto

son: *Las fuerzas de la Naturaleza, La materia, La energía y sus cambios, Interacción energía-materia, La diversidad de los seres vivos, El cuerpo humano, El medio ambiente*. En algunos aspectos el Proyecto P.E.A.C. guarda ciertas concomitancias con el A.S.E.P. (*Australian Science Education Project*) desarrollado desde 1969 y que contiene núcleos de integración tales como: *Energía y cambio, Energía solar, La piel y la ropa*, etc. (20).

Desde una perspectiva diferente, la evolución integradora de la ciencia de nuestro tiempo se refleja en una excelente publicación que la *American Chemical Society* editó en 1976, con motivo de su centenario y cuyo espíritu inspirador puede escuchar en la sede de esa Sociedad Química, en Washington. En este volumen, prologado por el Nobel de Química Seaborg, se nos ofrece una visión interdisciplinar de lo que la Química es (*Chemistry is the science and technology of taking things apart and putting things together*). En ella se nos dice que el actual interés por la Química arranca de nuestras necesidades e interés, de nuestros dolores e impulsos, inclinaciones y deseos. La Historia de la Química es la de los esfuerzos del hombre por satisfacer sus necesidades, desarrollar sus intereses, curar sus enfermedades y dolores y alcanzar el bienestar en un mundo que pueda comprender... A lo largo de siete capítulos va facilitando una visión integradora de lo que la Química significa en el mundo de la salud, la agricultura, la energía, la Biología o la Medicina, etc. Creo que sobre la base de esta publicación (21) podrían nacer multitud de seminarios con nuestros alumnos de Enseñanza Media. Y es que, me parece, sin necesidad de un Programa concebido estrictamente con la idea de desarrollar un *curriculum* interdisciplinar (cosa no siempre posible, ni siquiera conveniente, sobre todo cuando la necesaria especialización de contenidos deba irse manifestando con perfiles más definidos), se puede perfectamente explicar la Ciencia de nuestro tiempo con mentalidad integradora. Ciertamente que no es fácil y que requiere un gran trabajo por parte del profesor, que ha de mantenerse en permanente esfuerzo de autoformación y reflexión. Pero realmente merece la pena porque, al fin, y por decirlo con palabras de Michaud (22), la interdisciplinariedad no se aprende ni se enseña, se vive.

(19) I.A.C.: «Interdisciplinary approaches to chemistry» Herper & Row Publ., Nueva York, 1978.

(20) Véase también: «Los temas de Física en la 2.^a Etapa de E.G.B.», M. L. Casalderrey, I.C.E. de la Universidad de Santiago, 1978-80.

(21) American Chemical Society, John H. Woodburn, «Taking Things Apart & Putting Things Together», Washington, 1976.

(22) Michaud, G., «Conclusiones generales», en O.C.D.E. C.E.R.I., «Interdisciplinariedad», Asoc. Nacional de Univ. e Inst. de Enseñanza Superior, Méjico, 1975.

(*) *Nota de la Redacción.* Otros dos equipos que trabajan en Proyectos de Ciencia Integrada y que presentamos también en este informe son: el I.E.P.S., y el I.C.E. de la Universidad Politécnica de Barcelona.

El I.E.P.S. ha elaborado un proyecto de Ciencia Integrada para Bachillerato (C.I.B.) que se redactó en el seno de un Seminario Didáctico que acogía a cincuenta profesores de diversas provincias españolas.

El I.C.E. de la Universidad Politécnica de Barcelona ha desarrollado un proyecto de Ciencia Integrada y experimental para la 2.^a etapa de E.G.B., algunos de cuyos temas pueden desarrollarse en Bachillerato.