

LA BÚSQUEDA DE LA UNIDAD

(La estructura de todas las cosas)

CIENCIAS DE LA NATURALEZA, 13-14

L I B R O D E L P R O F E S O R

J. Martínez Torregrosa, M. Alonso Sánchez, F. Carbonell Gisbert,
J. Carrascosa Alís, J. L. Domenech Blanco, A. Domenech Pastor,
L. Osuna García, F. Sendra Bañuls, R. Verdú Carbonell

1993

**Editorial
GUACLARA**

ISBN: 84-8018-040-4

Año 1993

Seleccionar qué contenidos vamos a estudiar durante el curso no es nada fácil: los campos de estudio de la Física y la Química son amplios y variados, y, durante siglos, la aportación colectiva de los hombres y mujeres de ciencia ha dado lugar a una enorme cantidad de conocimientos.

Tu profesor o profesora, al igual que los autores de este proyecto, creemos sin embargo que aprender «de verdad» requiere tiempo y que, por tanto, es mejor tratar unos pocos temas en profundidad que muchos de un modo rápido y superficial que, en general, dan lugar a aprendizajes que se olvidan rápidamente. Por otro lado, es, probablemente, la única manera de que los objetivos que se han acordado en el primer capítulo puedan conseguirse adecuadamente.

Deben ser temas, además, que os permitan apreciar —entre muchas otras cosas— aspectos esenciales de la forma en que se producen los conocimientos científicos, avanzar en vuestra comprensión de la Naturaleza y, especialmente, que despierten y aumenten vuestro interés por la Ciencia.

Si el desarrollo del curso debe suponer, por tanto, un salto en vuestra manera de pensar, de modo que os acerquéis a la forma en que se producen los conocimientos científicos, una reflexión sobre las diferencias entre dicha forma de actuar y la cotidiana, puede servirnos para elegir mejor qué vamos a estudiar.

- A.1** Intentar encontrar diferencias importantes entre la forma en que se producen y aceptan como válidas las ideas en la Ciencia y en la vida cotidiana.

Los alumnos pueden referirse a algunos aspectos que se han tratado en el tema anterior: no es habitual, en absoluto, que en la vida cotidiana las ideas se consideren como hipótesis, como tentativas, que deban ser contrastadas mediante procesos como los vistos allí (diseño, experimentación, análisis de resultados...). Debemos incitarles a que comparen con las formas habituales de producir y aceptar ideas, haciéndoles que piensen, por ejemplo, en una conversación en un grupo de personas. Cuando se aporta una idea, lo importante es que sea —rápidamente— entendida/aceptada por los otros. La necesidad de acotar y precisar el problema, el considerar las ideas como tentativas que han de ser sometidas a contrastación, buscar que las ideas no sean de validez limitada sino universal..., perjudicaría la funcionalidad del lenguaje en la mayor parte de las situaciones de comunicación habituales.

Aunque para los alumnos baste, en este momento, con apreciar que existen claras diferencias, nosotros, como profesores, debemos ser conscientes y asumir la importancia e influencia que tienen las formas espontáneas de razonamiento para el aprendizaje, ya que el problema de la enseñanza de las ciencias no es cómo transmitir las concepciones científicas, sino cómo hacer que las personas vean más fructíferas, atractivas y funcionales las ideas científicas que las espontáneas. Nuestro problema es cómo conseguir, en definitiva, que las ideas científicas pasen a formar parte de la manera de pensar de las personas.

Sin embargo, el hecho de que todo conocimiento es construido por la persona cuando interacciona con el medio y trata de comprenderlo, y de que el significado que se obtiene de una situación depende de las ideas y experiencia previas de cada individuo, parece no haber sido tenido en cuenta en la enseñanza durante muchos años.

La concepción sobre la inteligencia humana y su funcionamiento que de un modo implícito o explícito ha sustentado en buena medida la práctica educativa, se ha basado en la creencia de que es posible transmitir significados ya elaborados, de que aprender era sinónimo de fijar un conocimiento exterior con significado unívoco en sí mismo, independientemente del sujeto que aprende.

Las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años sobre el aprendizaje de las ciencias han mostrado, sin embargo, que la mayor parte de los conceptos fundamentales no son aprendidos significativamente por los alumnos (no pasan a formar parte de su modo de pensar), a pesar de varios cursos de instrucción.

Se ha comprobado, además, que todas las personas poseen ideas espontáneas, no escolares, que usan para interpretar situaciones, comunicarse con otros, razonar..., y que dichas ideas son más utilizadas que las científicas cuando los estudiantes se enfrentan a

situaciones cotidianas o novedosas en las que cabía esperar que pusieran en práctica las concepciones enseñadas en las clases de ciencias.

Estas ideas intuitivas generadas a partir de la interacción espontánea con el medio afectan a aspectos tan relevantes desde el punto de vista científico como fuerza, energía, formación del relieve, cambio químico..., y su resistencia a ser sustituidas por las ideas científicas ha puesto en evidencia la fragilidad de una enseñanza basada en la pretensión de «fijar un conocimiento dado desde fuera».

El problema de la enseñanza de las ciencias no es, pues, cómo transmitir las concepciones científicas, sino cómo hacer que las personas vean más fructíferas, atractivas y funcionales las ideas científicas que las espontáneas. Cómo conseguir, en definitiva, que las ideas científicas pasen a formar parte de la manera de pensar de las personas.

Avanzar en este propósito, requiere reflexionar sobre posibles causas de la existencia, persistencia y utilidad de las ideas espontáneas y sobre aquéllas que las separa de las científicas. En este sentido, es necesario tener en cuenta que, tanto para las personas en general como para los científicos en particular, el modo en que se desarrolla la comprensión —el modo en que se producen y aceptan conocimientos— depende tanto de las ideas ya existentes como de los procesos y criterios mediante los cuales dichas ideas son probadas y aceptadas en nuevas situaciones, y que los que se utilizan en el contexto cotidiano son muy distintos de los que se ponen en juego en el ámbito científico.

Así, el conocimiento cotidiano está condicionado por unas «reglas», una epistemología espontánea, que es efectiva para el desarrollo social de las personas, y que de un modo inconsciente —lo que la hace arraigada y difícil de modificar— es ampliamente compartida y aceptada.

Una de las características más sobresalientes de este razonamiento espontáneo es que está «dirigido por la percepción», es decir, se basa en los rasgos más evidentes, más claramente observables, de las situaciones. Las múltiples y reiteradas experiencias sensoriales que tienen las personas en su vida diaria (empujar un objeto, lanzar una piedra, dar cuerda a un juguete, ver que los combustibles se gastan...) hacen que lleguen a integrarse en un sistema de expectativas útiles para la acción y para la predicción de hechos futuros en el mismo contexto. Debe señalarse, además, que la tendencia de las personas a un verificacionismo sesgado, es decir, a prestar una atención preferente a aquéllas que apoyan las ideas propias iniciales y a ignorar otros aspectos que podrían contradecirlas, refuerza continuamente la utilidad de las ideas espontáneas, que suelen ser generalizadas y utilizadas automáticamente en contextos variados sin una mínima reflexión sobre la validez de las mismas.

Esta «validez» no es medida por las personas en términos de criterios científicos:

pesan mucho más factores socio/afectivos. Pensemos que a lo largo de la vida, dedicamos gran parte del tiempo a dialogar, a interactuar con otros. En estas interacciones lo que se pretende es que nuestras ideas sean rápidamente entendidas/aceptadas. Así, es más importante, sin duda, que una idea sea compartida que otras características como que sea lógica, universal o coherente. Una comunicación social efectiva se ve favorecida por un lenguaje cuyos términos sean ambiguos y poco precisos: podemos decir que una persona ha salido «muy rápida», «con mucha fuerza», «con mucha energía», «con mucho empuje»..., y ser entendidos perfectamente.

Por tanto, criterios tales como «naturalidad», «implicación afectiva en el fenómeno», «validez local e inmediata», son habitualmente utilizados, y compartidos, en la producción y aceptación del conocimiento cotidiano, sin importar que desde el punto de vista científico existan inconsistencias graves: los alumnos pueden afirmar sin problemas que «los gases no pesan, menos el butano», que en un ecosistema hay animales «buenos y malos», o considerar que el movimiento de caída de un cuerpo es más «sencillo y natural» que el de un ciclista moviéndose a velocidad constante por una carretera horizontal.

No se trata aquí, no obstante, de hacer un desarrollo exhaustivo de las características de la epistemología espontánea, sino de advertir que las personas tienen «buenas razones» para pensar como piensan y que dichos criterios espontáneos de aceptación y producción de conocimientos están muy alejados de los científicos. Un aprendizaje significativo de los conocimientos científicos, implica, pues, el desarrollo simultáneo de unos criterios distintos de los espontáneos.

Efectivamente, el propio devenir científico ha dado lugar a modos de producción de conocimientos que se separan rotundamente de las formas connaturales de pensamiento. La introducción de una forma de pensar basada en poner en cuestión lo obvio, en problematizar las situaciones e imaginar posibles soluciones a modo de tentativas, de hipótesis, cuya validez es necesario contrastar, genera la necesidad de establecer criterios explícitos para la aceptación de las mismas. Esta metodología reúne formas de pensamiento y acción a la vez creativas (problematización de situaciones, planteamientos cualitativos, formulación de hipótesis, diseño de estrategias de contrastación...) y rigurosas (precisión y control de condiciones, realización de experiencias, análisis de resultados...), junto con criterios de validez tales como coherencia (las nuevas concepciones no deben entrar en contradicción con otras ideas aceptadas), universalidad (el menor número de ideas debe servir para explicar el mayor número de situaciones), capacidad explicativa/predictiva (las nuevas concepciones deben explicar fenómenos que otras no podían y servir para hacer predicciones acerca de nuevos fenómenos o problemas...), etc.

Es, pues, necesario tener presente que conseguir el aprendizaje de las concepciones

científicas, lograr que los estudiantes se apropien de las mismas y pasen a formar parte de su modo de pensar, supone un profundo cambio en la epistemología del «sentido común» que requiere que los alumnos y alumnas tengan oportunidades reiteradas de poner en práctica procedimientos y criterios de prueba y aceptación de conocimientos característicos de una actividad investigadora. La generación de situaciones problemáticas -evitando la transmisión de conocimientos ya elaborados-, la implicación de los alumnos y del profesorado en la búsqueda de soluciones y la consideración de las distintas aportaciones como tentativas, a modo de hipótesis, para avanzar en su solución, puede suministrar ocasiones privilegiadas para hacer explícitos los criterios de validez de ideas y razonamientos y contribuir, así, a ampliar, modificar o abandonar los mismos de un modo no arbitrario.

Esta orientación de la enseñanza como tratamiento de situaciones problemáticas, no sólo facilita el aprendizaje en aquellas áreas o temas en que existen ideas espontáneas bien conocidas y arraigadas, sino también en aquéllos campos del conocimiento científico en los que, por su propia naturaleza, pudieran no existir ideas espontáneas alternativas a las científicas. Qué duda cabe que si, como decía Bachelard, «todo conocimiento es la respuesta a una cuestión», plantear claramente los problemas que dieron origen a los conocimientos que se desea que los alumnos aprendan, proponer y analizar colectivamente posibles vías de solución, seleccionar unas u otras..., dará lugar a una estructuración, a un hilo conductor para el desarrollo de los temas en la clase, que favorecerá un aprendizaje no arbitrario ni memorístico de los contenidos tratados.

Por supuesto, se trata de una tarea a desarrollar a lo largo de toda la etapa, y, más aún, a lo largo de toda la formación científica escolar que tenga el alumno, no obstante, el tratamiento dado a los temas que se van a desarrollar en este curso ha de suponer un inicio en este sentido.

Además de las diferencias citadas —la mayor parte de las cuales se han visto en el tema anterior— es necesario añadir otras muy importantes. El objeto de estudio y la intención con que se hace dicho estudio es, también, fundamental y marca diferencia no ya entre pensamiento cotidiano y científico, sino, incluso, entre las distintas ciencias, como la Física y la Biología. Pensad, por ejemplo, que no es lo mismo estudiar la «vida de los reptiles» que el «magnetismo» (los imanes); ni analizar las nubes y tormentas con el fin de planificar las cosechas o la actividad humana, que con la intención de explicar cómo se produce la lluvia para poder provocarla cuando se desee.

Y aunque probablemente os hayáis referido a que las ideas, en la Ciencia, son invenciones, hipótesis que surgen del intento de resolver problemas y que han de ser contrastadas cuidadosamente, su aceptación por la comunidad científica sólo se produce cuando no entran en contradicción con otros conocimientos existentes (si lo hacen, queda un problema pendiente). Es decir, no se acepta una idea aunque pueda explicar un problema muy concreto y puntual si es contradictoria con otras ideas que explicaban otros problemas. Es lo que los científicos llaman «búsqueda de coherencia global».

Por otro lado, un criterio muy importante en la Ciencia, es la sencillez: cuanto menor sea el número de ideas que se necesitan para explicar un mayor número de problemas o fenómenos distintos, mejor. Se considera un gran avance cuando se construye una idea que puede explicar lo que antes era explicado por varias. Esta búsqueda de sencillez, de concepciones unitarias sobre la Naturaleza, es una característica del trabajo de los físicos y químicos a lo largo de la Historia de la Ciencia.

Ya podéis imaginar, no obstante, lo difícil que es avanzar en este sentido. Lo que aparece como evidente ante nuestros ojos no es precisamente la unidad de la Naturaleza, sino ¡todo lo contrario!: vemos personas, rocas, imanes, árboles, coches, edificios, el mar, el Sol, la Luna, animales variados, objetos de plástico, hierro, aluminio, ..., ¿puede alguien pensar que todas estas cosas y seres tengan algo en común?, ¿que existan ideas que sean aplicables a toda la inmensa variedad que forma la Naturaleza?

A.2 ¿Qué primeras ideas se os ocurren al respecto?

Si centramos nuestro interés en cómo están formados los materiales «por dentro» (lo que llamaremos «estructura»), lo que nos indica el «sentido común» es que no tiene nada que ver un sólido con un líquido o con un gas, o un metal (como el cobre, hierro, plata, oro, ...) con un trozo de roca, ... Sin embargo, ya en tiempos tan remotos como en el año 400 a. de C. había pensadores como Demócrito que ponían en cuestión lo obvio, lo evidente. Así, Demócrito no sólo se fijó en la enorme variedad de materiales, sino también en que había cambios o transformaciones de unos materiales en otros (p.e. al calentar trozos de una roca azul se obtiene cobre, al quemar madera o papel se transforman en cenizas y humo, al

calentar el hielo se transforma en agua y al enfriarse ésta se convierte en hielo, ...), lo que para él significaba que —a pesar de la apariencia debía existir una estructura común a todas las cosas.

Pero para que esta idea pasara de ser una intuición o creencia a ser una teoría científica aceptada tuvieron que pasar más de 2200 años: fue necesario derribar muchas «barreras» para llegar a establecer una estructura de los materiales que explicara su enorme variedad y los cambios de unos en otros, y que es la base de gran parte de los logros de la Física y la Química en el S. XX.

Como veis no es extraño que Einstein calificara a la Física como «una aventura del pensamiento». Y nuestra propuesta es que nos acerquemos a esa aventura, a esa búsqueda de una explicación coherente (sin contradicciones) y unitaria de la Naturaleza.

Vamos a enfrentarnos, pues, a ese dilema diversidad/unidad, abordando un problema eterno de la Ciencia: ¿todas las cosas que vemos a nuestro alrededor —de una enorme variedad de propiedades y comportamiento— son intrínsecamente distintas o, por el contrario, existe algo común a todas ellas, que pueda explicar esta variedad desde la unidad/sencillez?

La solución a esta gran pregunta, requiere, no obstante, plantear preguntas más concretas que sean fácilmente abordables y que permitan, por tanto, avanzar.

Así, no parece lógico tratar de encontrar una estructura común a todos los materiales (sólidos, líquidos y gases de todo tipo) si antes no se han encontrado propiedades comunes a todos ellos. Por tanto una cuestión previa es:

—¿existen algunas propiedades que sean comunes a todos los materiales independientemente de que se trate de sólidos, líquidos o gases de cualquier tipo?

Si encontráramos propiedades generales comunes a todos los materiales, tendría sentido entonces ir más allá y preguntarse:

—¿todos los materiales —nosotros mismos, también— están formados de un modo esencialmente distinto unos de otros y eso explica sus distintas propiedades, o por debajo de la evidente diversidad existe una estructura común a todos ellos?



Y, en caso de que existiera dicha estructura común, ¿cómo se explican entonces la diversidad de sustancias y los cambios o transformaciones que ocurren en la Naturaleza?, es decir:

—¿es posible encontrar una estructura común a todas las sustancias y que al mismo tiempo pueda explicar su enorme variedad y los cambios o transformaciones que ocurren a nuestro alrededor (cambios de estado, desaparición y aparición de sustancias —lo que sucede cuando se quema un papel, se fríe un huevo o se echa zinc en ácido clorhídrico—, ...)?

A.3 Puesto que a lo largo del curso haremos numerosas referencias al texto anterior, conviene que lo leas detenidamente y expreses con tus propias palabras a cuál o cuáles problemas vamos a intentar dar solución.

COMENTARIOS A.2 Y A.3

La imagen de la realidad que los alumnos puedan tener en este momento va a resultar necesariamente confusa: la diversidad de lo existente y los constantes cambios observados

y vividos traducen una impresión de desorden que se pondrá de manifiesto en la puesta en común de las aportaciones de los distintos grupos. Algunas intervenciones pueden referirse a que «todo está formado por átomos o partículas...», se trata, sin duda, de un mero enunciado que suele tambalearse en cuanto se indaga sobre el por qué de esta creencia. Como ya se ha indicado en los comentarios a la A.1, un aprendizaje sólido de los conceptos científicos supone profundizar en las causas por las que una idea es aceptada, es decir, es mejor que otras.

Con estas actividades se busca, no obstante —al igual que con todo este capítulo—, que aparezca con claridad la problemática que va a abordarse y el hilo conductor para el desarrollo del curso, con la intención, sobre todo, de que éste resulte claro para los alumnos y que estos puedan adquirir una concepción preliminar de la tarea a realizar que dé sentido e interés a su trabajo (Gil, Carrascosa, Furió, Mtnez. Torregrosa, 1991).

Estas preguntas constituyen el hilo conductor del curso —que por ello se llama «**La búsqueda de la unidad en la Naturaleza**»— ya que los distintos temas son problemas que plantearemos para avanzar en una posible solución a las mismas. Estos temas son:

4. LA BÚSQUEDA DE PROPIEDADES COMUNES EN UN MUNDO DIVERSO: PROPIEDADES GENERALES DE LA MATERIA. (¿Existen propiedades comunes a todos los materiales?)

5. ESTRUCTURA CORPUSCULAR DE LA MATERIA. (¿Es posible una estructura común que explique el comportamiento de los materiales?)

6. OTRA PROPIEDAD GENERAL DE LA MATERIA: LA CARGA ELÉCTRICA. *(Si hay una estructura común ¿por qué existen gases, líquidos, sólidos, ...?)*

7. LA ESTRUCTURA DE LAS SUSTANCIAS Y LA PRODUCCIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS. (¿Se puede explicar que existan tantas sustancias diferentes, y que unas sustancias se transformen en otras distintas?)

A lo largo del tratamiento de estos temas surgirán, sin duda, problemas que no podremos resolver definitivamente. Es decir, quedarán problemas abiertos. Ello no será indicador de un esfuerzo inútil o erróneo, por el contrario —como muestra la Historia de la Ciencia— plantear problemas es un primer y gran paso hacia su solución.

Cuando llegemos a esas preguntas sin respuesta disponible, a esos problemas abiertos, habrá que resaltarlos adecuadamente, puesto que en este curso o en otros posteriores tendrán que ser estudiados en esa marcha hacia una concepción unitaria y coherente de la Naturaleza.

Os proponemos, pues, que os impliquéis en una tarea abierta y creativa en la que, en unas ocasiones, el camino será claro, y en otras, en cambio, será costoso avanzar. Se tratará, sin embargo, en todos los casos de un trabajo apasionante, de una «aventura del pensamiento» cuya influencia en la evolución de la Humanidad no dejaremos de resaltar.

4

LA BÚSQUEDA DE PROPIEDADES COMUNES EN UN MUNDO DIVERSO: PROPIEDADES GENERALES DE LA MATERIA

Puesto que nos vamos a enfrentar al dilema diversidad/unidad, es decir, a cuestionar si todas las cosas que nos rodean —y nosotros mismos— son intrínsecamente distintas o, por el contrario, existe algo común que pueda explicar la enorme complejidad que podemos observar, una posible forma de comenzar puede ser la búsqueda de propiedades comunes a *todos* los materiales.



Así pues, la cuestión que vamos a abordar, es: ¿tendrán todos los materiales que nos rodean algunas propiedades que sean comunes y que, por tanto, permitan avanzar hacia la unidad de la Naturaleza?