

EL MODELO POPPERIANO DEL APRENDIZAJE

Juan ESTRADA SEGURA

En este artículo me propongo establecer un modelo para la enseñanza/aprendizaje inspirado inmediatamente en las ideas de Karl R. Popper sobre el avance del conocimiento humano. Para ello, en primer lugar, expongo las ideas de Popper al respecto, de un modo sucinto, -ya que las considero conocidas para gran parte de los posibles lectores-. Después trazaré el esquema del modelo¹ que propongo para, finalmente, exponer algunos ejemplos prácticos de su aplicación.

1. La búsqueda de leyes naturales ha sido considerada como la tarea fundamental de la ciencia, al menos desde los tiempos de Newton. Pero el primero en describir sistemáticamente cómo debía proceder el científico fue Francis Bacon (1620,1949). En síntesis, el método consiste en basar enunciados en una serie acumulada de observaciones de un tipo determinado. Se conoce como «inducción». Se le consideró como el distintivo de la ciencia; es decir, que su uso fue considerado como el criterio de demarcación entre lo que es y lo que no es ciencia.

Sin embargo Hume (1977) formuló algunas preguntas embarazosas al respecto. Mostró que de ninguna cantidad de enunciados de observación particulares, por grande que fuera, se podía inferir lógicamente, sin restricciones, un enunciado general. Si yo observo que el acontecimiento A es acompañado por el acontecimiento B en una ocasión, no se sigue lógicamente de esto que vaya a ser acompañado por el mismo en otra ocasión. Si esto ocurre lo bastante a menudo, dijo Hume, puedo llegar a esperar que el siguiente acontecimiento de tipo A sea seguido por otro de tipo B, pero éste es un hecho *psicológico*, y no lógico. Ocurre, en definitiva, que el conjunto de nuestra ciencia presupone la regularidad de la naturaleza, pero no hay manera de confirmar esta suposición. Esto significa que las leyes no tienen un fundamento racional seguro ni en la lógica ni en la experiencia.

El problema de la inducción, que ha sido llamado el problema de Hume, ha provocado la perplejidad de los filósofos desde entonces hasta nuestros días. La solución de Popper comienza señalando una simetría lógica entre la *verificación* y la *falsación* (Popper, 1957). Para expresarlo en términos de la lógica de enunciados: aunque ningún número de enunciados de observación referidos a cisnes blancos nos autoriza a derivar lógicamente el enunciado «Todos los cisnes son blancos», basta un solo enunciado de observación, referido a una sola observación de un cisne negro, para que podamos

¹ Para una aproximación a la noción y a la teoría de los modelos puede verse Seoane (1979), Shaefer y Novak (1975), Calle (1977), Singh (1976), Phillips (1977).

derivar lógicamente el enunciado «No todos los cisnes son blancos». En lenguaje formalizado: el razonamiento del esquema

1. $p \rightarrow q$
2. p
3. $\vdash q \vee \bar{q}$

no es conclusivo. Si lo es, por el contrario, el siguiente:

1. $p \rightarrow q$
2. \bar{q}
3. $\vdash \bar{p}$ MT, 1,2

Así pues, en este importante sentido, las generalizaciones empíricas resultan ser, aunque no verificables, falsables. La lógica es extremadamente sencilla: si se ha observado un cisne negro, *no puede* ser que todos los cisnes sean blancos. Una ley científica es rotundamente falsable, aunque no sea rotundamente verificable.

Por ello en ningún momento podemos probar que lo que conocemos es verdadero, ya que siempre es posible que se descubra su falsedad. Sin duda es un hecho elemental de la historia intelectual de la humanidad que lo que ha sido conocido en un momento dado ha resultado finalmente no ser el caso. De modo que es un profundo error intentar hacer lo que los filósofos y científicos han intentado hacer casi siempre, a saber, probar la verdad de una teoría. Lo que podemos hacer, en cambio, es justificar nuestra preferencia por una u otra teoría. La noción popular de que las ciencias son conjuntos de hechos establecidos es completamente errónea. Nada en la ciencia está permanentemente establecido, nada es inalterable.

La posición gnoseológica de Popper es, pues, absolutamente antidogmática. Nuestro interés en la búsqueda del conocimiento es acercarnos más y más a la verdad; podemos saber incluso si hemos avanzado hacia ella; pero nunca sabemos si hemos alcanzado nuestra meta (Popper, 1967). Una de sus citas favoritas es la de Jenófanes, que dice:

«Los dioses no nos revelaron todas las cosas desde el principio del tiempo, a través de la búsqueda, podemos aprender y conocer las cosas mejor. Pero por lo que se refiere a la verdad segura, ningún hombre la ha conocido ni la conocerá, ni sobre los dioses ni sobre todas las cosas de las que yo hablo. Pues, ni aunque por casualidad llegara a pronunciar la verdad final, se enteraría él mismo: pues todo es una red de conjeturas entretejidas» (Diels, 21B).

Popper se dio cuenta de que nada podría probar una teoría, de que ninguna teoría podría ser considerada la verdad definitiva con seguridad. Lo más que podemos decir es que todas las observaciones, hasta ahora, la apoyan, que facilita más y más precisas predicciones que cualquier otra alternativa conocida. Con todo, siempre puede ser reemplazada por una teoría mejor. El intento de comprender el mundo es una tarea abierta.

2. El método², o camino en nuestro acercamiento progresivo hacia la verdad de la realidad, según la concepción prepopperiana, constaba de los siguientes pasos: 1, obser-

² Como es notorio, el filósofo del *método* por antonomasia es Descartes (1596-1650). Sus obras básicas a este respecto son: «Discurso del método» (1637) y «Reglas para la dirección de la mente» (1628). Una

vación y experimentación; 2, generalización inductiva; 3, hipótesis; 4, intento de verificación de la hipótesis; 5, prueba o refutación; 6, conocimiento. Popper reemplazó esta concepción por la siguiente: 1, problema (normalmente la insuficiencia de una teoría ya existente o el incumplimiento de las expectativas); 2, la propuesta de una solución, o, en otras palabras, una nueva teoría; 3, deducción de proposiciones contrastables a partir de la nueva teoría; 4, contrastaciones, es decir, intentos de refutación, principalmente a través de la observación y la experimentación (sin que se excluyan otros medios); 5, establecimiento de preferencias entre las teorías en competencia.

Ahora bien, ¿de dónde surgió la teoría o expectativa del estadio 1, cuyo fracaso originó nuestro problema?. La respuesta es por lo general breve: del estadio 5 de un proceso anterior.

Esquematizando y simplificando un poco, el modelo subyacente en todo desarrollo continuo de conocimiento es el siguiente:

$$P_1 \rightarrow SP \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

donde P1 es el problema inicial, SP la solución provisional propuesta, EE el proceso de eliminación de errores aplicado a la solución provisional, y P2 la situación resultante, con nuevos problemas. Se trata de un proceso de retroalimentación no cíclico, puesto que P2 siempre es diferente de P1. Tampoco es dialéctico (ni en sentido hegeliano ni en sentido marxista), ya que considera a la contradicción (que hay que distinguir de la crítica) como algo que no puede ser acomodado o aceptado en ningún nivel.

Si intentamos extraer los esquemas anteriores podríamos llegar a la siguiente formulación: nuestro conocimiento avanza mediante *conjeturas y refutaciones* (Popper, 1967).

3. Con lo expuesto hasta aquí puede entenderse la anterior afirmación. Nuestro conocimiento avanza, no por la acumulación de experiencias confirmatorias de un determinado aserto, sino por medio de la formulación de audaces e imaginativas *conjeturas* que sean susceptibles de ser sometidas a tenaces esfuerzos de *refutación*. En la medida en que no sea refutada (hasta el momento) una conjetura, se mantiene válida.

Consideremos el siguiente ejemplo. Afiramos, como se nos enseña en la escuela, que «el agua hierve 100° centígrados». Podríamos estar tentados a afirmar la verdad absoluta y ahistórica de este enunciado. Precisamente se establece el punto 100 en la escala termométrica en la temperatura a que el agua hierve. Tendríamos una especie de tautología: «el agua hierve a 100° centígrados» y «100° centígrados es la temperatura a que hierve el agua».

Convirtamos ahora aquella afirmación en una *conjetura* y, en consecuencia, tratemos de *refutarla*. Pronto descubriremos que el agua no hierve a 100° centígrados en vasijas cerradas. Ante la nueva conjetura: «El agua hierve a 100° centígrados en las vasijas abiertas» intentemos de nuevo su refutación. A poca imaginación que despleguemos ensayaríamos a hervirla a mayor altura, por lo que habríamos de establecer una segunda corrección. Llegaríamos, pues, a afirmar que: «El agua hierve a 100° centígrados en vasijas abiertas y a la presión atmosférica del nivel del mar». Y podríamos comenzar un nuevo intento sistemático para refutar nuestra tercera afirmación, y así sucesivamente. Reparemos en que nuestras hipótesis son cada vez más ricas en contenido informativo. Esta es, en resumen, la concepción del desarrollo del conocimiento de Popper (Magee, 74:31).

4. Llegados a este punto, nos planteamos la siguiente cuestión: Si éste es el procedimiento de avance que tiene el conocimiento humano (más adelante veremos sus limitaciones), ¿por qué no extenderlo a la escuela?. Si se afirma que la enseñanza debe serlo para la vida, si se trata de preparar al alumno para que se inserta sin mayores traumas en el río de la sociedad y de la historia, ¿acaso no será el mejor procedimiento el ir entrenándolo, desde la institución escolar, en los modos *reales* de adiestrarse en el conocimiento de lo que hemos llamado la «verdad de la realidad»?.

Aquí y ahora de lo que se trata de combatir y de desterrar es el saber dogmático y recitativo. La auténtica *bête noire* es la transmisión acrítica de los conocimientos. Nada hay que esté más reñido con la naturaleza crítica y evolutiva del conocimiento humano.

A este respecto, la filosofía de Popper no puede ser menos dogmática de lo que es, puesto que pone por encima de todo el atrevimiento de la imaginación.

El criticismo racionalista popperiano va unido inextricablemente a la consideración de la comprensión y del aprendizaje como un proceso esencialmente activo³. Desde la perspectiva del sujeto, el aprendizaje crítico es activo, y el dogmático es pasivo. Por eso afirma Popper que

«La comprensión es un proceso activo y no de mera contemplación de una cosa, esperando la iluminación. Podría decirse que el *proceso de comprensión* y el proceso de producción actual de descubrimiento de objetos del Mundo 3 (Para Popper el Mundo 3 es el mundo de los productos de la mente humana. Una visión sinóptica de las principales cuestiones implicadas en el asunto puede verse en Popper, 80; I, cap P2 y III, *passim*) son muy similares. Ambos son procesos de *construcción y comprobación*» (Popper, 80:519).

5. El esquema popperiano del conocimiento no solamente no rechaza el saber legado por la tradición, sino que lo necesita esencialmente. Ciertamente es que la tradición, considerada acríticamente, es en absoluto rechazable. La humanidad fenecería intelectual, e incluso físicamente, si nos limitásemos a asimilar, considerar y transmitir los mismos contenidos de conocimiento. El hombre necesita criticar la cultura recibida para depurarla, incrementarla, perfeccionarla... Ahora bien, en todo lo que somos y hacemos heredamos la totalidad del pasado, y por más que queramos independizarnos de él, esto es completamente imposible. Esto da a la tradición una importancia ineludible. Es nuestro obligado punto de partida, aunque sea tan sólo para reaccionar contra él⁴.

En el esquema conjeturas-refutaciones, el saber «establecido» es necesario: a) para el planteamiento correcto de la conjetura; y b) para proveer de instrumentos adecuados para poder llevar a cabo la refutación. Así, ¿cómo podríamos resolver un problema sin que esté planteado correctamente?. De ninguna manera. Y el planteamiento no puede ser correcto si no tenemos información de elementos pertinentes del asunto (al menos, de las principales). Los intentos de solución requieren, por otra parte, el manejo de los medios adecuados y el primero es el conocimiento de lo relevante para el asunto de que se trate.

exposición global y adecuada de la presencia de la preocupación metodológica en el pensamiento moderno puede verse en Rábade (1981).

³ A propósito de la enseñanza activa, puede verse, entre otros, Sanjuan Najera, 1979; Menz, 1967; Moore, 1982; Kopp, 1967.

⁴ Esto es lo que, con frase lapidaria, ha expresado Hegel: «Todo individuo es hijo de su pueblo, en un estadio determinado del desarrollo de este pueblo. Nadie puede saltar por encima del espíritu de su pueblo (*Volkgeist*), como no puede saltar por encima de la tierra» (1974, 90).

Ante el acto educativo no es, pues, contradictorio reivindicar la actitud esencialmente crítica contenida en el esquema popperiano «conjeturas-refutaciones» y, al mismo tiempo, la necesidad de usar profusamente la máxima información científica posible⁵.

Una segunda virtualidad del esquema popperiano en su aplicación a la enseñanza es la creencia de que todas las estructuras, sean intelectuales, artísticas, sociales, administrativas o de cualquier otra especie, sólo pueden ser modificadas (y creadas) por etapas, a través de un proceso de retroalimentación crítico, constituido por reajustes sucesivos.

Una consecuencia de ocuparse siempre de problemas que realmente son problemas –de problemas que uno *tiene* de hecho– es, por lo que respecta a uno mismo, la entrega total al propio trabajo; y, por lo que respecta al trabajo, la «autenticidad» del mismo, en el sentido que dan al término los existencialistas. No se trata sólo de interés intelectual, sino que supone una participación emocional, la solución de una sentida necesidad humana.

La importancia de la «vivencialidad» de las cuestiones en el proceso del aprendizaje por parte del discente es subrayada por Popper en el siguiente texto:

«Creo que es tremendamente importante que, durante toda nuestra vida, evitemos convertirnos en receptores meramente pasivos de información. Eso era esencialmente cierto cuando los niños tenían que sentarse en un banco fijo, con el fin de evitar que el niño se moviese, para que no molestase a otros niños y, sobre todo, al maestro... No niego que la televisión tenga su parte buena, si se usa con comedimiento, pero *una persona joven que se está desarrollando debería ser estimulada para que se plantease problemas y tratase de resolverlos*. Además *sólo deberíamos ayudarles a resolver sus problemas si necesitan ayuda. No deberíamos inculcarles ni deberíamos embutirles respuestas cuando no se planteen preguntas, cuando los problemas no vienen de dentro*» (Popper, 80:488) (Subrayado mío).

Son ideas muy semejantes a las que antes había expresado Bergson:

«En toda materia, letras o ciencias, nuestra enseñanza ha quedado como demasiado verbal. Si se trata de la ciencia, se exponen sobre todo los resultados cuando lo mejor sería iniciar en los métodos. Deberíamos, en verdad, practicarlos, invitando a observar, a experimentar, a *reinventar*... Porque el niño es investigador e inventor, siempre al acecho de la novedad, impaciente de la regla, en fin, más cerca de la naturaleza que el hombre ya hecho. Pero éste es esencialmente un ser social y es él quien enseña: necesariamente hace pasar a primera línea todo el conjunto de resultados adquiridos de que se compone el Patrimonio Social y del que está legítimamente orgulloso. Sin embargo, por enciclopédico que sea el programa, lo que el alumno podrá asimilar de ciencia hecha se reducirá a poca cosa y esto frecuentemente será estudiado sin gusto y se olvidará pronto. Nadie pone en duda que no sea hermoso cada uno de los resultados adquiridos por la humanidad; pero se trata del saber adulto; y el adulto lo encontrará cuando tenga necesidad de él con sólo *aprender a buscarlo*... el niño deberá primeramente *reinventar*,

⁵ A este respecto recuerdo una anécdota reveladora. Poco antes del examen decía un alumno a su profesor, compañero mío, que él no necesitaba estudiar para prepararlo, pues, siendo la materia Filosofía, y tratándose ésta de una actitud reflexiva ante la realidad (Kant *dixit*), más que de un corpus de saber sistematizado, lo único que tenía que hacer en el acto del examen era escribir las reflexiones que se le ocurriesen a su propia minerva en el momento, abandonando la farragosa y fatigante monserga de la preparación del susodicho examen. ¡Hasta tal punto se desenfoca en la percepción de la realidad!

o, en otros términos, *apropiarse hasta cierto punto de la inspiración del autor... No se conoce ni se comprende más que lo que se puede de algún modo reinventar*» (Bergson, 63:1007-9) (Subrayado mío).

Algunas décadas después, el mismo Popper dirá algo sustancialmente idéntico. La identidad llega a ser literal. Véase:

«Si queremos comprender una teoría, entonces pienso que la simple contemplación de la misma no nos conduce a nada, por lo que a este respecto la teoría platónica de las ideas y de nuestra manera de captarlas resulta insatisfactoria y ha de ser revisada. Lo que sugiero es que podemos captar una teoría tan sólo si tratamos de *reinventarla* o reconstruirla, así como ensayando con la imaginación todas las consecuencias de la teoría que nos parezcan interesantes e importantes» (Popper, 80:519) (Subrayado mío).

Lo que, de consuno, afirman tanto Popper como Bergson es algo tan elemental –pero, desgraciadamente, no muy tenido en cuenta– como que antes de dirigir la atención a la búsqueda de posibles *soluciones*, uno debe aprender a trabajar dura y largamente en la formulación de *problemas*. Y que el grado de éxito en la búsqueda de aquéllas depende a menudo del grado de éxito en la formulación de éstos.

Con palabras del propio Popper:

«Creo que, en el aprendizaje, las hipótesis tienen una función primaria, que la *construcción* viene antes de la *comprobación*. Los sentidos tienen dos funciones, primero, nos incitan a *construir* nuestras hipótesis y, segunda, nos ayudan a *comprobarlas*, asistiéndonos en el proceso de *refutación* o selección» (Popper, 80:482) (Subrayado mío).

Lo que acabamos de afirmar es válido para cualquier materia. Sin embargo nunca se insistirá lo suficiente en su importancia para la enseñanza de la Filosofía y de su Historia. Si se estudia la obra de un filósofo, la primera pregunta que uno se hace es. «¿Qué problema está tratando de resolver?». Esto, como digo, puede parecer obvio, pero sé por experiencia que a la mayoría de los estudiantes de filosofía no se les enseña a hacer, y tampoco deciden por su cuenta hacer, tal pregunta. Más bien se preguntan: «¿Qué quiere decir?». En consecuencia, por lo general, tienen la sensación de comprender lo que se dice sin saber por qué se dice (cosa que sólo podrían hacer teniendo en cuenta la situación problemática originaria) (Miguel de Unamuno y los filósofos de corte «existencial», en general, han insistido repetidamente en esto)⁶.

⁶ El libro de texto, en los niveles primario y secundario, puede ser un buen auxiliar del profesor y, sobre todo, del alumno. Su presencia es –me atrevo a decir– casi imprescindible. Sin embargo, su ubicación incorrecta en el desarrollo del acto educativo es un peligro real. Una falta de reflexión sobre su papel puede llevar a una distorsión en la práctica docente. Dicho brevemente y en corto: el libro de texto es básicamente un prontuario de soluciones a los problemas reales de la ciencia, una recopilación breve, clara y asequible de las *respuestas* a las *preguntas* que se han ido planteando los científicos, en cuanto tales, a lo largo de la historia. El error a que apuntábamos puede estar en quedarse complacidamente en las *respuestas* (libro de texto), sin reparar en que éstas sólo cobran sentido en función de las *preguntas* a que tratan de responder. Y no basta con creer que los problemas ya están expuestos en el mismo libro de texto, no. La exposición de los asuntos que allí se hace, efectivamente, es una exposición «teorizada», «intelectualizada», y no real y vivida, como son, de hecho, las grandes cuestiones. Considerar que la enseñanza consiste fundamentalmente en explicar el libro de texto es «tomar el rábano por las hojas». Esos problemas reales tiene que transmitirlos vivencialmente el profesor a sus alumnos mediante el acto creador de la docencia. Este, que

El modelo popperiano del aprendizaje es racional, no dogmático, activo, atiende a los problemas vividos por el sujeto y, por ello, lo implica existencialmente. Sin querer erigirlo en paradigma absoluto del aprendizaje –cosa que traicionaría el espíritu del sistema de Popper– pienso que sería útil seguir sus pautas en las escuelas.

6. Dicho lo que antecede, procede, para rematar, establecer las líneas generales de lo que, en la práctica, puede desarrollarse como un esquema popperiano de la adquisición de conocimientos.

Recordemos para ello, en principio, las ideas en que puede resumirse el pensamiento de Popper:

1. El discente sólo entenderá de verdad una idea si ésta trata de dar respuesta a un problema previamente vivenciado por él.
2. La actividad fundamental del docente consiste en estimular (motivar) al discente para que se plantee problemas y trate de resolverlos.
3. Sólo debe prestar ayuda al discente en el caso de que la necesite.

Ahora bien, la actividad adecuada ante un problema es emitir una propuesta de solución(*conjetura*) y ensayar para establecer si ésta es la adecuada (*refutación*). Se trata, pues, de *conjeturas* y *refutaciones*.

Si esto es así, la enseñanza consistirá esencialmente en la inducción en el alumno del hábito de, ante cualquier situación real (no formal), emitir una razonable conjetura y someterla a la(s) correspondiente(s) refutación(es).

En el terreno concreto de la práctica docente, propongo el siguiente esquema secuencial:

- 1º El profesor conjetura; el profesor refuta.
- 2º El profesor conjetura; el alumno refuta.
- 3º El alumno conjetura; el profesor refuta.
- 4º El alumno conjetura; el alumno refuta.

Los trabajos de Bandura y Walters (1977) han puesto de manifiesto el valor de la imitación en el proceso de aprendizaje. Por ello me parece conveniente que se empiece por el estadio en que es el mismo profesor el que establece la conjetura y el que la refuta.

Por otra parte, resulta obvio que el resultado que queremos obtener al final del proceso es que sea el propio alumno el que lance audaces e imaginativas conjeturas y el que, también, las someta a las más implacables refutaciones. En la vida extraescolar se encontrará él solo ante los problemas. Si la enseñanza se quiere para la vida, se han de diseñar en el aula las condiciones más similares a las del transcurrir cotidiano. Esto es similar al proceso de la maduración de la facultad locomotora en el niño: al principio la asistencia por parte del adulto ha de ser total. Poco a poco se le va retirando ésta, hasta que el infante puede valerse por sí mismo. Claro está que como todo proceso es gradual, conviene pasar por etapas intermedias. Yo coloco dos: en la 2ª el profesor conjetura y el alumno refuta, y en la 3ª ocurre lo inverso. Conviene seguir este orden (y no el contrario) porque, al refutar el alumno las conjeturas del maestro, se logra un doble efecto: a) romper la tensión dogmática de la primera fase (el profesor conjetura y refuta), y b) dar confianza al alumno viendo que se le confía – ¡nada menos!– que la refutación de las conjeturas del profesor. Confiado y asentado en sí mismo el alumno ya no se sentirá minusvalorado porque el profesor refute sus conjeturas (3ª fase).

7. De todo lo anterior se desprende que el esquema popperiano de avance del conocimiento y el esquema escolar que propongo es inaplicable a las matemáticas y la lógica. La razón es clara: el modo de conocer tentativo, progresivo, por conjeturas es aplicable en las ciencias llamadas *factuales*, materiales (no formales); no lo es a las ciencias formales. El conocimiento de ésta es por lo que podríamos llamar «intuición intelectual» (insight). Su aprendizaje no es progresivo: o todo o nada. Cuando entendemos realmente un teorema, por ejemplo, ya no podemos progresar en su intelección, que agota así todo su objeto (Nickerson, et al., 1987)⁷.

8. Finalmente vamos a considerar una serie corta de ejemplos. Todos ellos están tomados de los saberes ya normalmente constituídos y están en un segmento medio-bajo en la escala de la especialización: en su selección he procurado que sean asequibles al lector con formación media.

Ejemplo nº 1. *Naturaleza y origen del sistema solar.*

a) Hechos de explicar:

- a.1. El sol representa el 99,8% de la masa total del sistema solar.
- a.2. Los planetas giran todos en el mismo sentido y prácticamente en el mismo plano.
- a.3. La rotación de los planetas sobre su eje se produce en la misma dirección que su movimiento de traslación (salvo Urano).
- a.4. Los planetas están situados a distancias relativamente determinadas (regla de Bode) y forman dos grupos claros: los pequeños planetas internos y los grandes externos, con la excepción de Plutón.

b) *Conjetura*: Hipótesis de Laplace: la condensación de una nebulosa habría dado lugar al sistema solar.

c) *Refutaciones*:

- c.1. La teoría de Jeans-Jeffreys, enunciada primeramente por Chamberlain y Moulton, supone que el Sol ha sido desprovisto de una pequeña parte de su envoltura por la atracción de una estrella fugaz o próxima y mucho más voluminosa. La masa de gas, arrancada demasiado tarde para poder aglutinarse a la estrella que se aleja a gran velocidad y demasiado alargada para ser enteramente absorbida por el Sol, se condensa por puntos.
- c.2. La hipótesis de Urey puede resumirse así: el Sol ha nacido de un glóbulo, por condensación de materiales primeramente a muy baja temperatura y que calentándose se contraen hasta una temperatura tal que las reacciones termonucleares pueden cebarse en el centro. Una pequeña parte ha escapado a la condensación y el conjunto tiene la forma de un disco aplanado de dimensiones iguales a las del Sistema Solar actual. La rotación del disco origina la reunión del polvo en masas, tanto más voluminosas cuanto más lejos se hallen del exterior del disco: de aquí la diferencia entre pequeños y grandes planetas. De este modo los planetas se habrían formado en frío; el núcleo caliente se forma posteriormente por choques y radioactividad (Bellair-Pomerol, 68:7-9).

(OBSERVACION. El profesor puede invitar a los alumnos a que sigan aportando nuevas hipótesis sobre la cuestión, es decir, a que sigan refutando la conjetura de Laplace. Este es un tema de interés casi general y ello asegura gran número de intervenciones).

para mí es el acto esencial de la docencia, es único, inefable y genuinamente artístico: en él se establece una auténtica com-pasión intelectual e incluso emotiva (personal) entre maestro y alumno. Lo que es una aberración, insisto, es lo que me decía un profesor de bachillerato -profesionalmente considerado como serio, cumplidor y competente-: «mire usted, mi principal y casi única obligación como profesor es hacer que mis alumnos se aprendan el libro de texto».

⁷ Posiblemente no estarían de acuerdo con lo que hemos afirmado la corriente de la filosofía de las matemáticas conocida como «intuicionismo». En este sentido escribe Heyting (1930, 3): «Un aserto matemático afirma el hecho de que se ha efectuado una cierta construcción». Es decir que «en el estudio de las construcciones mentales matemáticas 'existir' debe ser sinónimo de 'ser construido' (*ibidem*)».

Sin embargo nosotros creemos, siguiendo a Husserl (1969, 1986), que esa posición supone una recaída en el psicologismo y que, como tal, expone a las ciencias formales (matemáticas, lógica) a una crisis en su apodicticidad.

Ejemplo nº 2. *Modelos atómicos.*

a) Hechos a explicar:

- a.1. La ley periódica del químico ruso Mendelejev y del alemán Meyer que hacía pensar en algo común a todos los átomos.
- a.2. Los fenómenos de electrolisis estudiados por el físico y químico Faraday, permitieron al físico inglés Stonney dar el nombre de electrón a la partícula de carga eléctrica negativa que se arranca de los átomos.
- a.3. El fenómeno *fotoeléctrico* confirmaba la existencia de los electrones, así como el *efecto termoiónico* o efecto Edison.
- a.4. Los fenómenos radioactivos descubiertos por Becquerel y los esposos Curie no dejaban lugar a dudas de que la electricidad es constituyente de la materia.

b) *Conjetura.* Modelo atómico de Rutherford: el átomo está constituido por un núcleo central en el que reside la casi totalidad de la masa del átomo y toda su carga positiva, rodeado de los electrones necesarios para neutralizar su carga situados a distancias relativamente grandes del núcleo (Babor- Ibarz, 70:170).

c) *Refutaciones*

- c.1. El físico danés Niels Bohr modificó el anterior modelo aplicando la teoría cuántica de Max Plank. Formuló las siguientes hipótesis:
 - 1º Cualquiera que sea la órbita de un electrón éste no emite energía radiante.
 - 2º Únicamente son posibles órbitas electrónicas para las cuales el momento angular de electrón es múltiplo entero de $h/2\pi$ siendo h la constante de Plank, de valor $6,629 \cdot 10^{-27}$ ergs.seg.).
 - 3º La energía liberada al caer un electrón de una órbita superior activada a otra más cercana al núcleo de menor o nula actividad, se emite en forma de onda electromagnética elemental, el fotón.
- c.2. Se debe a Sommerfeld la extensión de la teoría de Bohr en órbitas elípticas. Para aquél, tanto el electrón como el núcleo giran alrededor del centro de gravedad del sistema.
- c.3. La teoría de Bohr-Sommerfeld, al no poder explicar muchas propiedades de los átomos, ha sido sustituida de acuerdo con la mecánica cuántica: la mecánica de matices de Werner Heisenberg y la mecánica ondulatoria de Erwin Schrödinger, que propusieron en 1925 puntos de partida diferentes llegando a los mismos resultados, aun siendo el tratamiento matemático diferente.

Ejemplo nº 3. *La libertad*

a) Hechos a explicar:

- a.1. El sentimiento de autodeterminación.
- a.2. La exigencia de responsabilidad en el ámbito jurídico.
- a.3. La dimensión moral del hombre.

b) *Conjetura.*

- b.1. La libertad de la voluntad (Tomás de Aquino, *Summa Theologica*, I, 82,2).
- b.2. El hombre es libertad (J.P. Sartre: *El existencialismo es un humanismo, passim*).

c) *Refutación:* los distintos determinismos (fisiológico, psicológico, sociológico, teológico...).

Ejemplo nº 4. *La naturaleza del signo lingüístico*

b) *Conjetura.* Ferdinand Saussure afirma, en su *Cours de linguistique Générale*, que la naturaleza del signo lingüístico es arbitraria. Llama signo «al total resultante de la asociación de un significante (= imagen acústica) y un significado (= concepto). Así, la idea de 'soeur' no está vinculada por ninguna relación anterior a la sucesión de los sonidos s-ö-r que le sirve de significante». Entonces, «el nexo que une el significante al significado es arbitrario». Por «arbitrario» se entiende «inmotivado».

c) *Refutación.* Saussure declara que «el signo lingüístico no une una cosa y un nombre, sino un concepto y una imagen acústica». Y acto seguido añade que la naturaleza del signo es arbitraria porque no tiene con el significado «nexo ninguno natural en la realidad». Es en este término, en la cosa misma, en la realidad, donde radica el fallo de la teoría saussureana, ya que la lengua es forma, no sustancia. Por lo tanto, afirma Benveniste, hay que «dejar la sustancia» fuera de la comprensión del signo. Así, el nexo que hay entre significante y significado no es arbitra-

rio, sino necesario, ya que ambos han sido impresos en nuestro espíritu de forma inseparable. Nuestro espíritu no contiene formas vacías ni conceptos innominados (Benveniste, 1971).

9. En fin, las ideas de Popper constituyen una rara y deslumbrante síntesis entre la afirmación de la verdad objetiva y absoluta, por una parte, y la concepción evolutiva de nuestro conocimiento de ella, por otra. Por eso constituyen, a mi entender, el paradigma básico de toda acción encaminada a la enseñanza/aprendizaje. Sin verdad no hay enseñanza. Siempre que se enseñan, se transmite la verdad bajo alguno de sus aspectos. El escepticismo radical es intransmisible, su conducta coherente es el silencio. Por otra parte, ¿de qué otro modo podrá enseñarse que no sea el tentativo, el evolutivo, el gradual?

Terminamos con las palabras que el propio Popper ha pronunciado recientemente (Popper, 1988):

«Esta teoría (la de la verdad objetiva) es el gran baluarte contra el relativismo y las modas. Y nos permite hablar de la falsedad y su erradicación; del hecho de que no somos infalibles; de que podemos *aprender de nuestros errores*, de nuestros fallos; y de la Ciencia como búsqueda de la verdad» (Subrayado del autor).

BIBLIOGRAFIA

- BABOR, J.A. y J.I. IBARZ. *Química General Moderna*. Marín, Barcelona, 1970.
- BACON, F.: *Novum Organum*. Trad. Esp.: Buenos Aires, 1949.
- BANDURA, A. y R.H. WALTERS: *Social Learning and Personality Development*. Holt Reinhart and Winstor, 1963 (trad. española: *Aprendizaje social y desarrollo de la personalidad*. Alianza, Madrid, 1977).
- BELLAIR, P. y Chy. POMEROL: *Tratado de Geología*. Vicens-Vives, Barcelona, 1968.
- BENVENISTE, E.: «Naturaleza del signo lingüístico», en *Problemas de lingüística general I. Siglo XXI*. México, 1971, págs. 49-55.
- BERGSON, H.: *Materia y Memoria*, en «Obras escogidas». Aguilar, Madrid, 1963 (Trad. de J.A. Míguez).
- CALLE GUGLIERI, J.A.: *Sistema nervioso y sistema de información. Neurocibernética del cerebro*. Pirámide, Madrid, 1977.
- DESCARTES, R.: *Oeuvres de Descartes*. Ed. de Ch. Adam y P. Tannery. Reed. de Librairie Philosophique J. Vrin, París, 1964-1974.
- HEGEL, G.W.F.: *Lecciones sobre la filosofía de la historia universal*. Trad. de José Gaos. Rev. de Occidente, Madrid, 1974.
- HENZ, H.: *Lehrbuch der systematischen Pädagogik*. Verlag Herder KG, Friburgo de Brisgovia, 1964 (Trad. esp. de I. Antich. Herder, Barcelona, 1967).
- HEYTING, A.: «Die formale Regeln der intuitionistischen Logik». En *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Phy-Math. Klasse*, 1930, págs. 42-56.
- HUME, D.: *A Treatise of Human Nature*. Libros I y II (Trad. Esp. de F. Duque -2 vols.-. Ed. Nacional, Madrid, 1977).
- HUSSERL, E.: *La filosofía como ciencia estricta*. Nova, Buenos Aires, 1969.
- HUSSERL, E.: *Meditaciones cartesianas*. Tecnos, Madrid, 1968.
- KNOPP, F.: *Didaktik in Keitgedanken*. Ludwig Auer Cassianeum, Donaurovört (trad. esp. MEC. Madrid; 1967).
- MAGEE, B.: *Popper*. Grijalbo, Barcelona, 1974.
- MIRALES CONESA et al.: *Química*. ECIR. Valencia, 1982.
- MOORE, T.W.: *Educational Theory: An Introduction*. Routledge and Kegan Paul. Londres. 1974 (Versión española de M.A. Quintanilla, Alianza, Madrid, 1983).
- NIKERSON, R.S. et al.: *Enseñar a pensar*. Paidós-MEC, Madrid, 1987.

- PHILLIPS, John L.Jr.: *The origin of Intellect Piaget's Theory*. Freeman, San Francisco, 1975.
- POPPER, K.R.: *Conjetures and Refutations*. Routledge and Kegan Paul, Londres. 1963 (Trad. esp. de N. Míguez, *El desarrollo del conocimiento: Conjeturas y refutaciones*. Buenos Aires, Paidós, 1967).
- POPPER, K.R.: *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*. Clarendon Press, Oxford, 1972. (Trad. esp. de C. Solís, *Conocimiento objetivo*. Madrid, Tecnos, 1974).
- POPPER, K.R.: *The self and it's Brain*. Springer- Verlag, N.Y., 1977 (Trad. esp. de C. Solís, *El yo y su cerebro*, Labor, Barcelona, 1980).
- POPPER, K.R.: «Un mundo de propensiones», ponencia presentada en el Congreso Mundial de Filosofía de Brighton -24 agosto 1988-, EL PAIS, 13-IX-88.
- RABADE, S.: *Método y pensamiento en la modernidad*. Narcea, Madrid, 1981.
- SANJUAN NAJERA, M.: *Pedagogía Fundamental*. Librería General. Zaragoza, 1979.
- SEOANE, Julio: «Inteligencia artificial y procesamiento de la información». En *Boletín de la Fundación Juan March*, 85, Madrid, 1979, págs. 3-21.
- SHAEFER, H. y P. NOVAK: «Antropología y biofísica». En *Nueva Antropología I*. Gadamer y Bagler, 1975, págs. 19- 54.
- SINGH, Jaghit: *Teoría de la información, del lenguaje y de la cibernética*. Alianza, Madrid, 1976.