

Licenciatura en Educación Primaria

Programa para la Transformación y el Fortalecimiento
Académicos de las Escuelas Normales

Ciencias Naturales y su enseñanza II

Materiales de apoyo para el maestro

SEP

México, agosto de 1999

CONTENIDO

	Pág.
Presentación	3
Materiales de apoyo para el maestro	
Bloque I	
Estrategias de Enseñanza:	
<i>La experimentación</i>	
¿Qué experimentos realizó Lavoisier?	7
Combustión y respiración procesos que relacionó Lavoisier	
<i>Horacio García</i>	
Formulación de hipótesis	12
Predicción	
Obtención de conclusiones	
Comunicación y evaluación de las Ciencias que se imparten	
<i>Wayne Harlen</i>	
Penicilina	37
<i>José Antonio Rojas</i>	
Prenderse el foco	50
<i>Roberto Sayavedra</i>	
Bloque II	
Estrategias de enseñanza:	
<i>La investigación</i>	
Las ciencias naturales	55
<i>Dorothy H. Cohen</i>	
¿Por qué investigar en el aula?	61
<i>J. Eduardo García y Francisco F. García</i>	
El desarrollo del proceso de investigación	67
Partir de problemas	
Contar con las concepciones de los alumnos	
Trabajar con nuevas informaciones	
Elaborar conclusiones	
<i>J. Eduardo García y Francisco F. García</i>	
Bloque III	
Contenidos de Ciencias Naturales de especial	
significado valoral y personal	
Reflexiones sobre el aprendizaje y la enseñanza	82
<i>David Werner y Bill Bower</i>	

Ciencias Naturales y su enseñanza II. Materiales de apoyo para el maestro

Presentación

Esta carpeta se ha preparado para apoyar el taller de actualización dirigido a los maestros que impartirán el curso **Ciencias Naturales y su enseñanza II**. Contiene algunos textos de la bibliografía básica que profesores y estudiantes leerán durante el quinto semestre.

Los maestros tienen, en ambos documentos, toda la bibliografía básica en su poder, sin embargo conviene que los alumnos lean y consulten directamente en los acervos de las escuelas normales las lecturas recomendadas en el programa. De esta manera, los futuros maestros desarrollarán hábitos para indagar y utilizar información, capacidad que ellos mismos tendrán que desarrollar en sus alumnos y, por otra parte, aprovecharán debidamente la rica variedad de libros con los que la Secretaría de Educación Pública ha dotado a las escuelas normales. La asistencia continua de los estudiantes a las bibliotecas permitirá que conozcan a fondo el acervo bibliográfico que sin duda será de gran utilidad a lo largo de su carrera.

Es importante reiterar que *la mayor parte de los textos de la bibliografía básica está a disposición de maestros y alumnos en los acervos de sus escuelas normales*, y los materiales que por diversas circunstancias son difíciles de adquirir, o no forman parte de esos acervos, se integrarán a los **Materiales de apoyo para el estudio** que la Secretaría de Educación Pública distribuirá gratuitamente a los estudiantes. Para evitar confusiones es necesario insistir en que los **Materiales de apoyo sólo contienen algunas lecturas de la bibliografía básica**, el resto tendrán que consultarlas los alumnos en la biblioteca de su propia escuela.

La bibliografía para abordar los temas del *curso no se agota con las recomendaciones hechas en el programa*, los profesores pueden enriquecerla con otros libros, artículos, relatos, materiales videograbados, en audiocinta o en CD-ROM que consideren adecuados para lograr los propósitos establecidos en los bloques temáticos.

La Secretaría de Educación Pública reitera la invitación a maestros y estudiantes para que envíen críticas y recomendaciones acerca de los materiales seleccionados. Sus aportaciones serán consideradas con atención para mejorar los recursos educativos en apoyo a la reforma curricular para la educación normal.

Secretaría de Educación Pública

Materiales de apoyo para el maestro

Bloque I

Estrategias de enseñanza: La experimentación

El investigador del fuego

Antoine L. Lavoisier

Horacio García

García, Horacio, "¿Qué experimentos realizó Lavoisier?" y "Combustión y respiración: procesos que relacionó Lavoisier", en *El investigador del fuego. Antoine L. Lavoisier*, México, Pangea/CNCA, 1994, pp. 29-34.



¿Qué experimentos realizó Lavoisier?

Empezó por "calcinar" estaño en un recipiente cerrado hasta transformarlo en "cal metálica" y, pesando cuidadosamente, demostró que el peso total del recipiente con su contenido no cambiaba a lo largo del proceso.

Razonando como lo haría un observador de la época pensaríamos que, de ser verdadera la existencia del flogisto, éste se habría desprendido del metal durante la calcinación, pero como el peso total del recipiente cerrado no se había modificado, dicho flogisto tenía que haberse quedado *dentro*, mezclado con el aire encerrado en el recipiente, llenándolo sobre la cal metálica.

Lavoisier pensó que de ser así, la presión interior, la del aire encerrado, *debería haber aumentado*. En esas condiciones, ¿qué ocurriría al destapar el recipiente? El investigador francés razonó que el aire encerrado tendría que *salir* violentamente y entonces se notaría la expulsión de la corriente de aire. Sin embargo, al abrir el recipiente, ocurrió exactamente lo contrario; en lugar de salir, *entró* violentamente el aire del exterior del recipiente.

La reflexión que se impuso a Lavoisier fue la siguiente:

la presión interior del aire, en lugar de aumentar durante la calcinación, *había disminuido*, y eso significaba que, en lugar de pasar el flogisto del metal al aire, *algo había sido retirado del aire* para incorporarse al metal, transformándolo en cal metálica, y que el vacío parcial creado se había llenado con aire del exterior que se había introducido violentamente al recipiente.

La conservación del peso total antes de abrir el recipiente quedaba explicada al considerar que cierto peso de una sustancia había simplemente cambiado de lugar, del aire al metal, para hacerlo cal. Después de destapar, al penetrar aire del exterior, el peso total del conjunto debería pesar más, como efectivamente verificó Lavoisier.

Avanzando en su investigación, ahora se propuso extraer de la cal metálica el componente extraído del aire exterior durante la calcinación.

Procedió a elevar la temperatura y la cal metálica se descompuso, formándose el metal original, mientras se liberaba un "aire" o gas, que Lavoisier aisló para estudiar sus propiedades. Éstas lo denunciaron; se trataba del ya conocido "aire desflogisticado", descubierto, pero no identificado como componente del aire, por Priestley, y llamado "aire de fuego" por Scheele.

En 1777, después de verificar todas sus ideas usando mercurio en lugar de estaño, Lavoisier estableció sin lugar a dudas que: *a)* el "aire desflogisticado" era un componente del aire natural, y que ésta en consecuencia no era una sustancia simple, sino una mezcla; *b)* que durante la combustión este "aire desflogisticado" se unía al metal o a las sustancias que se quemaban en él, y por eso el producto de aquella *pesaba más*; *c)* que el *peso ganado* por los metales al quemarse era igual al *peso perdido* por el aire natural en el que se quemaban.

Ahora Lavoisier llegó a otra importantísima conclusión que reforzaba, demostrándola, la opinión que el médico francés Jean Rey había externado con anterioridad, recogiendo a su vez los postulados de la teoría atómica de

Leucipo y Demócrito: en los fenómenos de transformación de la materia se hacía evidente que ésta podía cambiar de forma, pero no surgir de la nada o desaparecer en ella. La materia era eterna e indestructible.

Lavoisier, después de demostrar experimentalmente que esto ocurriría así, lo expresó en una ley, que fue llamada "de conservación de la materia": "Nada se crea, nada se destruye, todo se transforma."

Finalmente, el investigador francés llamó "oxígeno" al que hasta entonces se había llamado "aire desflogisticado".

En 1777 Scheele encontró que eran dos los componentes del aire, el oxígeno que permitía la combustión y el "azote" o "azoe", que era inerte.

Lavoisier, realizando el análisis, encontró que el 27% del aire natural era oxígeno y el 73% restante "azote" (nitrógeno), cifras que se afinaron posteriormente al perfeccionarse el método de análisis. "Oxígeno" es un nombre derivado del griego, que significa "generador de ácidos". Lavoisier lo propuso creyendo, equivocadamente por cierto, que se encontraba en todos los ácidos.

Combustión y respiración, procesos que relacionó Lavoisier

Podría llamar la atención que en el análisis del aire Lavoisier no encontrara el "aire fijo" o "gas silvestre", es decir el dióxido de carbono, pero no olvidemos que el porcentaje de esta sustancia en el aire es muy bajo y que estamos hablando del *primer análisis* del mismo.

Las inquietudes de Lavoisier lo llevaron a estudiar los posibles fenómenos que se presentaban en los seres vivos al respirar el indispensable aire. ¿Por qué era vital esta sustancia?, se preguntó.

En ese mismo año, 1777, envió un trabajo a la Real Academia Francesa de Ciencias, "Experimentos sobre la respiración de los animales", en el que se lee: "Como ya

hemos visto, el aire que ha servido para la calcinación de metales no es sino un residuo de aire atmosférico, cuya parte respirable se ha unido con el mercurio durante la calcinación; *y el aire que ha servido para la respiración es exactamente el mismo*, cuando se le priva del aire fijo: . . . para volver al estado de aire respirable ordinario el aire viciado por la respiración, hay que producir dos efectos: lo primero, quitarle el aire fijo que contiene; lo segundo, devolverle una cantidad de aire desflogisticado, o bien respirable, igual a la que ha perdido. Por consiguiente, *la respiración actúa en sentido inverso* al de estos efectos."

Más adelante, en el mismo escrito, redondea su pensamiento: ". . . llegué a dos conclusiones igualmente probables, entre las cuales no me es posible elegir, sin contar con más experiencia de la que ahora tengo. . . pues, habiendo mostrado en una memoria de 1775 que el aire desflogisticado puede convertirse enteramente en aire fijo, añadiéndole carbón de leña pulverizado; y habiendo probado en otras memorias que la tal conversión puede hacerse también por varios otros métodos, es *posible*, por ende, *que la respiración tenga la misma propiedad*, y que el aire desflogisticado que entra en los pulmones salga de ellos convertido en aire fijo. . . *¿No se seguirá pues, de todos estos hechos, que esta especie pura de aire tiene la propiedad de combinarse con la sangre y que esta combinación le da ésta su color rojo?* . . ."

Si bien Lavoisier inició sus investigaciones por su cuenta, no estuvo solo al final. Sus resultados fueron atrayendo la atención de otros franceses de talento, estudiosos de los fenómenos químicos, que terminaron por formar un grupo dirigido por él. Eso ocurrió con Guyton de Morveau, Claude Louis Berthollet, Antoine François Fourcroy, quienes no se limitaron a hacer suyas las tesis de Lavoisier, sino que aportaron las propias, sus descubrimientos y estudios y así, en equipo, revolucionaron la química.

Trabajando intensamente, organizaron la dispersa y extensa información de entonces, realizaron nuevas y pre-



Luis XVI fue capturado en Varennes tras huir de París en 1791.

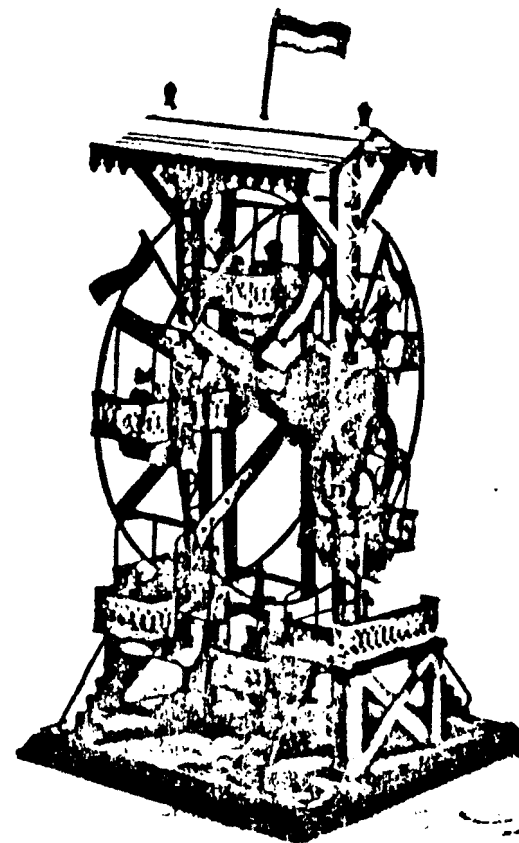
cisas experimentaciones y de sus manos surgió, ante la admiración de todos los filósofos de la naturaleza, un sistema completo de una nueva química.

Fruto importante de este trabajo de equipo fue la publicación, en 1787, de la obra *Método de nomenclatura química*, que iba a permitir entenderse entre sí, por medio de un lenguaje común, a todos los que estudiaban los fenómenos químicos.

Harlen, Wayne, "Formulación de hipótesis", "Predicción", "Obtención de conclusiones", "Comunicación" y "Evaluación de las Ciencias que se imparten", en *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 2ª ed. Madrid, Morata, 1998, pp. 75-78, 82-88 y 215-227

W. Harlen

Enseñanza y aprendizaje de las ciencias



Ministerio de Educación y Cultura



Ediciones Morata, S. L.

SEGUNDA EDICIÓN

Formulación de hipótesis

Es una lástima que muchos profesores y alumnos eviten esta palabra, probablemente porque suena "demasiado científica", o, quizá, en el caso de los niños, porque es difícil de escribir y pronunciar. Describe concisamente un importante proceso de la actividad científica de los niños que, de otro modo,

haría necesario utilizar una perífrasis como "sugerir explicaciones provisionales". El uso de la palabra "explicar" implica una certeza que raramente está justificada. Si queremos que los niños se percaten de que el conocimiento científico es provisional y siempre sujeto a la prueba en contra o al cambio a la luz de las pruebas posteriores es conveniente utilizar la palabra "hipótesis" con mayor frecuencia.

El proceso de formular hipótesis trata de explicar observaciones o relaciones, o de hacer predicciones en relación con un principio o concepto. A veces ese principio o concepto ha sido establecido a partir de la experiencia previa, en cuyo caso el proceso consiste únicamente en aplicar algo ya aprendido en una situación a otra nueva (si la situación es la misma que en el primer caso, se tratará de una repetición más que de una aplicación). En otros casos, el proceso puede aproximarse más a la gestación de un principio nuevo o a la comprobación de un presentimiento. La palabra "nuevo" debe matizarse, pues es nuevo para el sujeto concreto y no necesariamente nuevo en sentido absoluto. Sin embargo, la distinción entre gestación y aplicación es menos evidente de lo que parece. El proceso de aplicar un principio o concepto forma parte de su desarrollo en el niño (o en el adulto). Será mejor comprendido, y tendrá un sentido ligeramente diferente, al ser aplicado. Así, la aplicación forma parte de la gestación de un concepto. De forma semejante, una idea "nueva" rara vez surge de la nada; puede ser una conjetura acerca de la existencia de alguna relación, pero normalmente hay claves que relacionan las experiencias pasadas y las actuales que suscitan esa creatividad.

Para aplicar los conceptos o el conocimiento antecedente de una situación a otra, el niño ha de reconocer algunas semejanzas entre ambas situaciones o hechos. Las claves pueden resultar provechosas y llevar a explicaciones susceptibles de comprobación. Por ejemplo, en el Capítulo II la explicación dada por los niños de que la flotación de los bloques de madera de igual tamaño dependía de su masa fue comprobada "sopesando" los bloques en la mano y utilizando la balanza, pero la idea surgió antes de llevar a cabo pesada alguna, basándose posiblemente en las ideas y experiencia anteriores sobre los objetos flotantes.

A veces se utilizan claves menos aprovechables, detectándose pronto la futilidad de la "explicación". Tenemos un ejemplo en la explicación que dan las niñas de la adhesión mutua de los bloques mojados diciendo que "son magnéticos". No pasaría mucho tiempo hasta que alguien contradijera la explicación mediante cualquiera de las pruebas usuales de magnetismo. Sin embargo, las niñas aplicaron adecuadamente sus conocimientos antecedentes para explicar el fenómeno que vieron, aunque habrían necesitado mayor experiencia para distinguir las claves útiles de las falsas.

Como demuestran los ejemplos del Capítulo III, a menudo, los niños pequeños no ven la necesidad de explicaciones respecto a por qué ocurre algo, en términos de relaciones o mecanismos. Para ellos, basta con que exista la situación: "las plantas crecen mejor en la ventana", "oigo porque escucho con atención", "el camión se para cuando no puede moverse más". Cuando se produce algún razonamiento de causa a efecto, éste adopta distintas formas;

se verá más claro mediante un ejemplo. Un grupo de niños utilizaba una pista de coches de juguete con una sección en rampa y otra plana, midiendo la distancia máxima a la que llegaban los coches en la sección plana según fuesen lanzados desde un punto u otro de la sección inclinada. Una niña preguntó: "¿Qué hace que lleguen más lejos cuando salen de aquí?" Un niño dio la explicación siguiente: "porque arrancan desde una altura mayor". No parecía comprender que hacía falta investigar más. Otra niña dijo: "es la energía. Coge más energía". Da la sensación de que quedaba satisfecha al etiquetar el problema. Quizá se hiciese una idea de por qué la "energía" explicaba las observaciones, pero no fue capaz de transmitirla a los demás. Finalmente, la misma niña que había suscitado la pregunta dio la respuesta. "Ya lo sé", dijo, "mi mano le da más energía al llevarlo más arriba para que arranque desde allí". En este caso, el principio no fue enunciado, sino aplicado.

Estaremos de acuerdo en que la niña que simplemente enunció la palabra "energía" no era capaz de desarrollar su comprensión del concepto, mientras la niña que describió su forma de aplicación captó el significado y la utilidad del concepto de "energía". Resulta muy clara aquí la interacción entre conceptos y procesos; el desarrollo de la capacidad de emplear las ideas para la descripción de la aplicación de un principio general a un problema determinado, más allá de los niveles de identificación de circunstancias o de denominación de conceptos, facilita considerablemente la comprensión de los niños. En el Capítulo VII exponemos, algunas formas de dar oportunidades para este desarrollo y el papel que ocupa el profesor en este menester.

Predicción

La predicción desempeña un papel importante en el modelo de aprendizaje descrito en el Capítulo III, y aunque sólo sea por eso, es necesario aclarar su significado. Nuestro objetivo fundamental aquí consiste en distinguirlo del significado de la elaboración de hipótesis y de la adivinación.

A menudo, la predicción mantiene una relación muy íntima con la elaboración de hipótesis, pero no siempre es así. La predicción puede basarse en una hipótesis o en una pauta detectada en las observaciones. Cuando se basa en hipótesis, puede expresarse como si precediera a la hipótesis, aunque, desde el punto de vista lógico, se derive de ella. Por ejemplo, "esta taza será mejor que esa para conservar caliente el café porque es más gruesa" incluye la hipótesis de que las tazas gruesas conservan mejor el calor que las finas y, por tanto, la predicción de que será mejor se deriva de ella, aunque se formule antes.

Cuando la predicción se deduce del descubrimiento de una pauta de asociación de una variable con otra, es posible que no exista una hipótesis que explique la asociación. Por ejemplo, un niño descubre que un juguete mecánico avanza 1 m 20 cm cuando se gira 3 veces la llave, 1 m 50 cm cuando se gira 4 veces y 2 m 20 cm cuando se gira 6 veces. Esto podría ser el resultado de una investigación que llevara a la conclusión de que "cuantas más veces se gire la llave, más lejos llega el juguete". También podrá ser el fundamento de

una predicción acerca de la distancia que recorrería el juguete si se girara la llave 2, 5 ó 7 veces, que condujera a la comprobación posterior de la relación.

Ni las hipótesis ni las predicciones son adivinanzas. Como hemos visto, ambas tienen un fundamento racional en una idea o en observaciones y no así la adivinanza. Un buen ejemplo de adivinanza está constituido por las acciones de un profesor con un grupo de niños de reciente ingreso al abrir frutas de distintas clases para ver su interior. Había una fruta de cada clase y, antes de cortar la uva, pidió a los niños que "adivinaran" cuántas pepitas tendría en su interior. Sus respuestas eran adivinanzas aleatorias, porque, aunque hubieran utilizado sus conocimientos previos acerca de las uvas para decir un número de un orden adecuado, no había manera de estimar cuántas habría en una fruta concreta. No se trataba de predicciones, sino de simples adivinanzas, utilizándolas el profesor para dar mayor animación a la actividad.

Sin embargo, los niños pequeños suelen utilizar la palabra "adivinanza" para referirse a lo que creen que ocurrirá, aunque exista algún fundamento de experiencia para ello. Cuando se preguntó a un niño de 8 años cuántas bolas más harían falta para hundir su barca de plastilina, dijo que su idea de "otras dos" era una adivinanza. Sin embargo, al poner a prueba su afirmación, quedó claro que utilizaba sus observaciones del efecto de poner distintos números de bolas en la barca y que pensaba que "con tres más, se hundiría demasiado rápido pero una quizá no bastara, por lo que dire 'dos'". Por tanto, estaba razonando a partir de la experiencia y no adivinando. ¿Es posible que el hecho de que no estuviera seguro de si dos bolas fuesen suficientes le llevara a decir que estaba adivinando? Con frecuencia, los niños predicen lo que ya saben que es verdad y piensan que una predicción exija cierta seguridad respecto a lo que se manifieste. Hay que ayudarles a darse cuenta de que, aunque tanto la predicción como la adivinación son inseguras, la diferencia radica en que la predicción se basa en una razón. Las preguntas como: "¿por qué crees eso?", cuando se hace una predicción o adivinanza, facilita esa ayuda. Si hay alguna razón (que no tiene por qué ser "correcta", sino sólo coherente con la predicción), el reconocimiento de que se trata de una predicción y no una simple adivinanza ayudará a los niños a hacer la distinción sin intervención externa.

- Obtención de conclusiones

Lógicamente, esta destreza de procedimiento entra en acción cuando se han recogido los datos, aunque siempre se hacen ciertas previsiones antes de alcanzar el punto final. La extracción sistemática y minuciosa de conclusiones supone reunir diversos elementos de información u observaciones y deducir algo de ellos. Por ejemplo, si el nivel del agua en un recipiente que contiene una planta desciende con mayor rapidez que el de otro recipiente sin ninguna planta, ésta tendrá algo que ver con la desaparición del agua. Uniendo esto a otra observación posterior de que los tallos colocados en una solución teñida de rojo toman una coloración rojiza, es posible extraer la conclusión de que el agua que falta pasa a los tallos. No obstante, no es lo mismo esto que "concluir", a partir de estas pruebas, que el agua se introduce y asciende en todos los tallos y llega a todas las partes de las plantas. Han de evitarse las generalizaciones prematuras: "saltar" a las conclusiones no es lo mismo que extraer conclusiones.

Los niños saltan con demasiada facilidad a conclusiones basadas en pruebas limitadas. Por ejemplo, uno de los niños del Capítulo II (pág. 31) afirmaba sin ninguna duda: "toda la madera flota" (suponemos que nunca había probado con ébano ni con palo santo). Para ayudarles a ser más críticos con

respecto a la justificación de sus conclusiones, conviene distinguir entre las pruebas de las que se dispone y las inferencias que van más allá de ellas.

Con respecto a las conclusiones que no se apartan mucho de las pruebas, a menudo, suponen descubrir pautas regulares en los resultados: la medida en que los cambios ocurridos en una cosa se asocian con cambios en otra. Esto es fundamental para extraer conclusiones del tipo mencionado en la sección anterior, en el que cada vez cambia una variable. Para empezar, conviene promover la destreza de procedimiento de la búsqueda de pautas regulares en casos en los que exista una pauta evidente. La distancia que recorre un cochecito de juguete desde que se le hace descender por una rampa hasta que se detiene, lanzándolo desde distintas alturas, el tono que de una cuerda tensada cuando se varía su longitud, el tono de las notas emitidas por varias botellas cuando se golpean estando más o menos llenas de agua o la longitud de las sombras a distintas horas del día presentan pautas regulares evidentes. Hay que utilizar esas pautas para ayudar a los niños a hacer predicciones que puedan comprobar. ¿Qué longitud de cuerda hace falta para dar determinada nota? ¿A qué altura debe llegar la rampa para que el coche alcance una meta determinada? Las predicciones que se incluyen en el marco de la información original son interpolaciones; las que salen de ese marco son extrapolaciones. Cuando utilizan las pautas halladas, los niños se dan cuenta de la finalidad y del valor de descubrirlas. Por otra parte, también tendrán una forma de resumir de manera sistemática sus hallazgos más fiables que el simple salto a las conclusiones.

Por supuesto, no todas las pautas son regulares. Gran parte del trabajo de los científicos tiene que ver con el descubrimiento de tendencias o de relaciones en los números a partir de una aleatoriedad completa (p. ej., ¿el número de fallecimientos de personas a las que se ha suministrado cierto fármaco es mayor que el de quienes no lo han tomado?). No podemos pretender que los niños pequeños realicen pruebas precisas de tendencias, pero hay que hacerles ver que muchas pautas no son exactas por diversas razones. En este proceso de configuración de la destreza de procedimiento, lo importante es que no dejen de lado aquellos datos que no se ajusten a una pauta exacta. Pueden dudar de ella, repetir la medida, si es posible, pero, si sigue sin ajustarse, hay que aceptar la pauta como aproximación. Asimismo, hay que ayudarles a que se den cuenta de que, aunque todos sus datos se ajusten a una pauta, la relación en cuestión sigue siendo provisional, pues nunca pueden asegurar que, si descubrieran más información, parte de ella no se ajustase a la pauta.

El asegurarse de que se tengan en cuenta todos los datos en una pauta forma parte de la destreza de interpretación, que adquiere cada vez mayor importancia a medida que se encuentran datos más complejos. En los casos sencillos, es posible "salir del atolladero" tomando nota sólo de los casos extremos. Esto es lo que hicieron las niñas con los bloques de madera (véase pág. 36). Para ellas, "el más ligero flota mejor y el más oscuro no flota tan bien" era una pauta, aunque no habían comprobado si el color y la aptitud para flotar de las demás piezas de madera se ajustaban a ella. Si, en estos casos sencillos, se ayuda a los niños a comprobar que una pauta se ajusta a

toda la información, estarán en mejores condiciones para ocuparse más adelante de pautas más complejas.

El procedimiento de inferencia lleva la interpretación más allá de la simple búsqueda de pautas regulares en los números o en otros datos, indicando relaciones que explican la existencia de la pauta. La inferencia trasciende los datos de un modo diferente al de la predicción, porque no necesita más pruebas de este tipo para comprobarlas, sino información de un tipo diferente o una investigación distinta. La inferencia se parece más a una hipótesis, aunque se formula como un elemento de la conclusión y no como una idea que poner a prueba.

Veamos un caso sencillo: una niña hace rodar dos latas, una medio llena de arena y otra con un lastre pesado pegado en su interior. Descubre que una lata rueda de manera uniforme hasta que se detiene, mientras la otra se mueve a sacudidas y oscila antes de detenerse. Después de estar jugando un rato con ellas, será capaz de predecir algo en relación con el movimiento de las latas: dónde se detendrán y qué lado de la lata quedará hacia arriba al pararse. Esto puede comprobarse haciéndolas rodar de nuevo. Puede inferir también que una de ellas tiene masa sólida pegada en el interior y la otra no. Esta inferencia no se puede comprobar volviendo a hacerlas rodar; sólo puede verificarse haciendo otra cosa: mirando el interior.

La extracción de conclusiones es más que un simple "remate" de la actividad práctica. Debe considerarse como la parte más importante, que supone comparar las ideas iniciales con pruebas nuevas y decidir si las ideas se ajustan a los resultados o si hace falta probar otras ideas. Se sitúa en el núcleo central del aprendizaje activo, en el que la actividad mental y la práctica se unen, y debe dársele un tiempo suficiente en la planificación.

Comunicación

La comunicación constituye una extensión del pensamiento al exterior. Es valiosa para el proceso de recomposición del pensamiento, relacionando una idea con otra y rellenando así algunas lagunas en el entramado de ideas de un sujeto. A menudo la comunicación proporciona el acceso a informaciones o a ideas alternativas que ayudan a la comprensión, como ocurre en un diálogo, al escuchar a otros o al leer un libro. En otros momentos, el acto comunicativo ayuda a superar una dificultad de comprensión sin que aparentemente se haya producido ninguna aportación nueva en la comunicación. La clarificación que puede surgir al escribir es un ejemplo; otro, todavía más chocante, comúnmente experimentado por los profesores, es el del niño que se acerca a ellos con un problema y, mientras se lo explican, encuentra la solución sin otra ayuda que la atención receptiva que le prestan.

Así como el pensamiento es muy importante para el aprendizaje de las ciencias y la comunicación es esencial para el pensamiento, tanto como proceso como en cuanto medio dirigido a un fin, el desarrollo de la técnica de comunicación es muy importante para la educación científica. Lo mismo pue-

de decirse, por supuesto, en relación con la educación en cualquier área del **currículo**, pero nos ceñiremos aquí a la comunicación de interés para la ciencia. Incluye tanto la verbal, o sea, el lenguaje hablado y escrito, como la no verbal, mediante símbolos convencionales y modos de representación por dibujos y diagramas, tablas y gráficos. La comunicación tiene aspectos formales e informales, que han de ser considerados en relación con el desarrollo de las técnicas mencionadas.

El aspecto formal de la discusión está constituido por la que se desarrolla en la clase, implicando a los niños y al profesor. El objetivo es compartir ideas, estimular el interés, exponer posibles explicaciones, decidir cómo probarlas o comprobarlas de otras formas: a partir de libros, por ejemplo. Este intercambio precisa una estructura, sin la cual se convertirá en una charla de la que nada se sacará en limpio. En los coloquios sólo debe hablar una persona cada vez, escuchando los demás y teniendo presente el tema de que se trate. Al profesor le compete mantener esta estructura, pero sin tratar de dominar el contenido de la conversación. "Tener presente el tema" no debe convertirse en la excusa para censurar la discusión; si alguien hace un comentario no pertinente en el contexto del tema en cuestión, el profesor debe recordarlo para volver a él más tarde. El objetivo consiste en permitir que todo el que tenga algo que decir lo haga y en dar la oportunidad a cada uno para reordenar sus ideas, expresándolas o haciendo preguntas.

El diálogo informal es, por naturaleza, muy diferente. Se caracteriza por los intercambios que los niños hacen en grupos durante los recreos y fuera del colegio. Se interrumpen unos a otros, las frases suelen quedar inacabadas, discuten y contradicen los puntos de vista de los otros. En el contexto del trabajo de grupo en clase, los intercambios se hacen en un tono más pausado, bastante más formal, aunque todavía inestructurado. A través de estas discusiones, los niños aprenden que las ideas de los otros son diferentes de las suyas, tienen acceso a un conjunto de conceptos mucho más amplio y pueden poner de manifiesto las suyas en una etapa más temprana de su educación (acerca del valor de la discusión de grupo, véase el Capítulo IV, página 100). Las conversaciones de los niños registradas en el Capítulo II proporcionan algunos ejemplos: la diferencia de flotación de los bloques se explica en relación con el aire que contienen, con burbujas de aire, con su peso, con la madera de que están hechos, y todo en un grupo durante unos 30 segundos. Más tarde, se manifiestan varias razones alternativas para explicar la escora de un bloque, lo que lleva a comprobar algunas de ellas. No siempre la persona que lanza una idea la mantiene. Así, el diálogo provoca la aparición de ideas y la actividad de todos los miembros del grupo. Nuevamente, el papel del profesor consiste en asegurar que suceda esto. Cuando ocurre, el docente debe unirse al grupo como un igual para lanzar, sin imposiciones ni obstrucciones, ideas que quizá los alumnos no hayan considerado.

Los niños temen tener que hacer los registros del trabajo si ello implica realizar una labor pesada sin aparente sentido. Cuando el trabajo de ciencias se escribe sólo para el profesor (quien ya lo conoce de todas formas) difícilmente puede incluirse bajo el encabezamiento de "comunicación". El obje-

tivo del registro debe quedar muy claro para todos los implicados, de forma que lo tengan presente cuando lo ejecutan. Es más fácil comenzar recogiendo anotaciones informales, pues a menudo se olvida que los niños necesitan ayuda para hacer este trabajo de manera que puedan apreciar su valor a partir de la experiencia.

Las anotaciones informales son un conjunto de registros personales a base de notas y dibujos que sirven como prolongaciones de la memoria. Se escriben de modo muy personal, puesto que son para uso propio y no van dirigidas a ningún público. Si se permite y anima a los niños a tomarlas, comprobarán por sí mismos el valor de efectuar registros, lo que les conducirá a comprender el valor de confeccionar informes más serios. "Permitir" conservar notas personales significa exactamente eso, que son los niños y no el profesor quienes determinan lo que quieren anotar. El docente puede, no obstante, hacer sugerencias sobre lo que vendría bien anotar informalmente: observaciones y, sobre todo, medidas que pudiesen caer en seguida en el olvido. Las notas informales nunca deben ser "calificadas" por el profesor, pero es útil discutir las con el niño porque son una importante fuente de información sobre su progreso. Si el docente puede captar aspectos en los que ayudar al niño (quizá apuntando una palabra nueva), el cuaderno de notas se convertirá en un valioso medio de comunicación entre ambos, así como en un registro personal para el propio niño.

Los informes de trabajo pueden convertirse también en un medio genuino de comunicación entre profesor y alumno. Por ejemplo, el recuento de Andrea del lanzamiento de bolas de "plastilina" de diferentes pesos (Figura 15) parece algo ambiguo a la profesora. La pregunta: "¿Cómo te convenciste?" se anotó para recordarles a ambos que habían de aclarar esta cuestión.

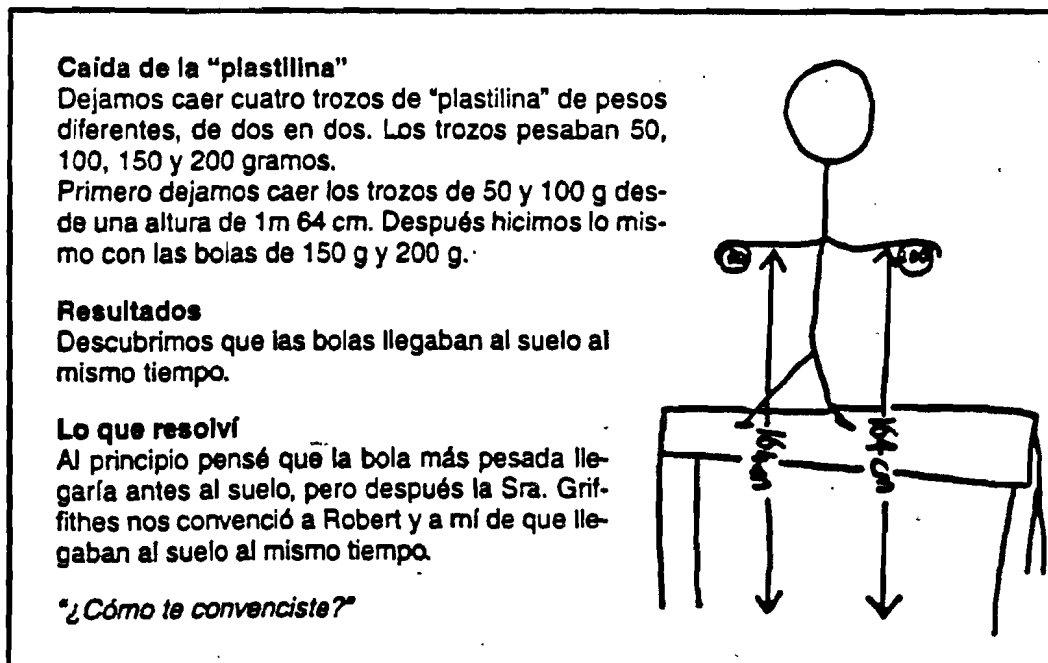


Figura 15.

En otras partes del trabajo de Andrea aparecen diversos ejemplos de respuesta por escrito a la pregunta de la profesora. Al final de la sección acerca del interruptor, de la Figura 16, la profesora escribió: "¿Conectado a qué?" Antes de escribir nada más en su cuaderno, Andrea respondió a la pregunta.

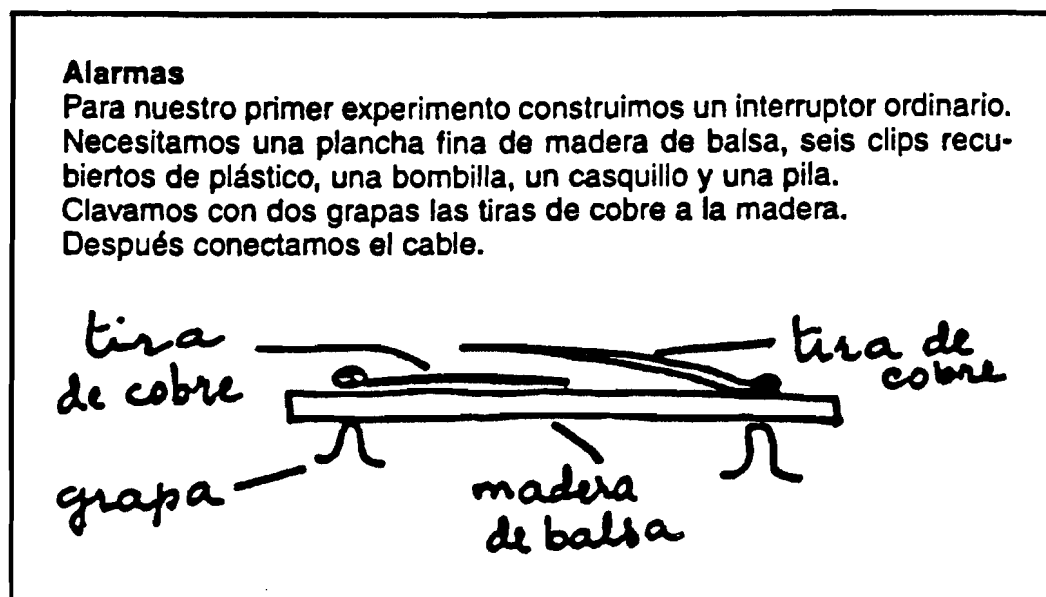


Figura 16.

Más tarde, Andrea probó diversos materiales en un circuito sencillo. La parte final de su informe se muestra en la Figura 17, incluyendo la pregunta de la profesora y la respuesta de Andrea.

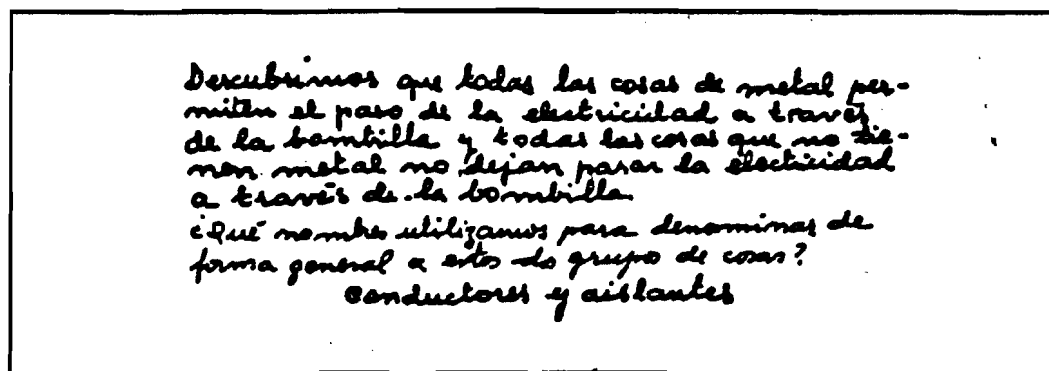


Figura 17.

A medida que aumenta la experiencia de los niños, éstos son capaces de recoger información más compleja y necesitan utilizar gráficos, tablas y otras convenciones que les ayuden a comunicarla. Estos elementos deben introducirse a medida que se presenten las ocasiones. Los diagramas de barras constituyen un método popular de registrar información dado que pueden

emplearse cuando se obtienen datos sencillos cuyo alcance y organización pueden anticiparse, formando un registro acumulativo (p. ej.: el número de niños de diferentes estaturas). Para datos más complejos es preciso recogerlos y tabularlos antes de decidir la representación gráfica más adecuada para poner de manifiesto las pautas, o si se necesita un gráfico o no. La tabulación es una técnica que no se enseña de forma generalizada, sorprendentemente, pues es de gran valor para que los niños organicen sus observaciones y las medidas que puedan obtener.

Otros métodos de disponer los descubrimientos y de presentarlos deben introducirse cuando puedan ser utilizados: levantar un plano de una zona con símbolos que muestren dónde se encuentran diversos tipos de fábricas y de edificios; dibujar una sección transversal; hacer un mapa meteorológico; construir un diagrama de flujos que muestre cambios secuenciales; mostrar orientaciones en un mapa. Todas ellas son actividades mediante las que los niños pueden introducirse en el empleo de diversas formas de representar y comunicar información. Al principio las emplearán únicamente cuando lo indique el profesor, pero los niños se irán acostumbrando poco a poco a utilizarlas por su cuenta como la forma más adecuada en cada caso concreto. Este cambio se verá apoyado mediante ejemplos, por la información expuesta de diversas maneras en la clase y al observar el uso adecuado que el profesor haga de las representaciones durante las exposiciones en clase.

Cuando los niños disponen de diversas formas de comunicación, los informes llegan a constituir más un reto que una rutina. El objetivo de la comunicación, sea un informe de los grupos o una exposición para la clase, una exhibición para una audiencia más amplia en la escuela, formará parte de la decisión para escoger las vías adecuadas de comunicación. Teniendo presente la audiencia a la que ésta se dirige y los medios disponibles (el conocimiento de las diferentes formas de presentar la información), los informes pueden tener valor tanto como procesos como en cuanto productos.

CAPÍTULO XI

Evaluación de las ciencias que se imparten

El hecho de situar este capítulo sobre la evaluación al final del libro no debe interpretarse como si indicara que la evaluación sea una actividad posterior a la enseñanza y el aprendizaje o cuya importancia sea menor que la de los temas de los capítulos precedentes. Nos ocupamos aquí de la evaluación formativa, en su función de ayuda a las decisiones como, por ejemplo, si ha de efectuarse algún cambio y, en caso afirmativo, cuál o cuáles. Mas en concreto, es una revisión de lo que se está haciendo, que permite comparar las intenciones con la práctica y señala aquellas áreas en las que el ajuste resulte insatisfactorio y haya que prestarles atención.

No tratamos de la evaluación destinada a comparar las escuelas entre sí ni a medir su eficacia. Hay importantes debates sobre estas formas de evaluación escolar, reforzados por la decisión política de publicar "clasificaciones de liga" de las escuelas, basadas en el rendimiento de sus alumnos, pero no entramos aquí en ellos (véase, por ejemplo, RIDDELL y BROWN, 1991).

No obstante, algunos problemas relacionados con el concepto de evaluación son comunes a todos los tipos de ejercicios de evaluación y nos referimos a ellos en la primera parte del capítulo. A continuación, otras dos secciones se ocupan de la evaluación de las ciencias que se imparten en la educación primaria, tanto en el nivel de la clase como en el de la escuela.

Conceptos y problemas de la evaluación

Significado

La evaluación es el proceso de obtención y utilización de la información que contribuya a tomar decisiones o hacer juicios. Esquemáticamente,

la INFORMACIÓN se juzga en relación con CRITERIOS → EVALUACIÓN

La distinción entre la información y los criterios utilizados para juzgarla es importante, aunque ambos estén conectados, como exponemos más adelante. El hecho de poner de manifiesto los criterios en los que se base el juicio distingue claramente la evaluación de la simple opinión, que no hace falta justificar. Sin embargo, la evaluación no es en absoluto el proceso independiente de los valores que algunos han supuesto y otros desearan que fuese. La selección de los criterios, el tipo de información y la forma en que ambos se relacionen influyen en el juicio que se realice. En realidad, podemos decir que la comprensión del carácter y las limitaciones de la evaluación son esenciales con respecto a su utilidad. Deben evitarse las premisas ingenuas sobre lo que pueda conseguir la evaluación o de la confianza que pueda depositarse en los resultados. Si se hace así, la evaluación tendrá un importante papel que desempeñar en las muchas decisiones que deben tomarse en la enseñanza.

Es más, la finalidad de la evaluación también influirá en ella y constituye uno de los aspectos generales que consideraremos con cierto detalle.

Objetivos

Como hemos dicho, la evaluación supone recoger cierta información pertinente para alguna decisión que haya que tomar y para juzgarla en relación con los criterios adecuados. La información que se recoja y los criterios que se utilicen dependerán, en parte, del objetivo de la evaluación. Por ejemplo, podemos evaluar una obra de teatro nueva si recogemos información yendo al teatro a verla, pidiendo opiniones a otros, leyendo recensiones, etc.; podremos juzgar esa información relacionándola con distintos conjuntos de criterios: ¿es adecuada para unos turistas después de un día repleto de visitas? ¿Puede interesar o asustar a los niños pequeños o a los ancianos? ¿Nos sentiríamos cómodos viéndola en compañía de algún pariente anciano, agradable pero con ideas muy estrictas? El hecho de conocer las decisiones que deban tomarse y los criterios que se utilicen influirá también en la información que se recabe y en la que demos sobre la obra. Por ejemplo, habría que prestar especial atención a los modismos y chistes que aparezcan en la obra con respecto a su adecuación para visitantes extranjeros o niños pequeños.

El conjunto de objetivos de la evaluación en la educación es extenso e, incluso si nos limitamos a la evaluación de una sola escuela, la lista seguirá siendo larga, incluyendo algunos objetivos que produzcan un efecto directo en la escuela y otros cuyas repercusiones directas sean menores. Por ejemplo, el trabajo que se desarrolle en una escuela podría evaluarse como una parte de una investigación más amplia sobre el uso de ciertos materiales curriculares o los efectos de un determinado tipo de organización de la clase. Los hallazgos se añadirían a la información disponible sobre los materiales o la organización, pero no tendrían necesariamente una influencia directa en la escuela. En cambio, en una escuela, puede realizarse una evaluación con el único objetivo de informar las decisiones que hayan de tomarse en ella, cuyos resultados no tengan por qué tener valor para otros no relacionados con ella.

Dada la dificultad de que quienes no estén dentro de la escuela conozcan los detalles necesarios para evaluar su rendimiento, los informes proporcionados por las mismas escuelas constituyen una fuente de información importante que utilizan los padres y el público en general para evaluarlas. En el Reino Unido, las escuelas tienen la obligación de emitir un informe anual dirigido a sus rectores o al consejo escolar y la publicación de los informes de los inspectores ha expuesto las escuelas al escrutinio público. Al mismo tiempo, la información así publicada es compleja y difícil de interpretar. Para evitar juicios inadecuados, conviene que quienes utilicen la información sobre las escuelas comprendan lo mejor posible el carácter poco preciso de la evaluación.

Criterios e indicadores

Los criterios que se utilicen para hacer juicios tienen que dejar muy clara la calidad o cantidad concreta que, para cada aspecto evaluado, se considere como actuación suficiente. En otras palabras, los indicadores —los aspectos o tipo de la actuación que se juzgue— han de exponerse con detalle. Por ejemplo, para evaluar en qué medida se facilitan unas experiencias de aprendizaje eficaces de ciencias en una clase, los indicadores deben contemplar aspectos de este tipo:

- uso de una serie de equipos y materiales;
- diálogo sobre ideas científicas clave;
- uso de técnicas de procedimiento;
- acceso a la información;
- etc.

No obstante, para hacer un juicio sobre una clase concreta, haría falta decidir cuáles deben ser los criterios de éxito en ella, es decir: ¿cómo y con qué frecuencia deben utilizarse los materiales?, ¿quién debe exponer cada idea y qué ideas deben presentarse?, etcétera. HARGREAVES y HOPKINS (1991, página 50) describen los criterios de éxito como “una forma de indicador de actuación producida en la escuela” que debe expresar del modo más preciso qué se quiere conseguir, en qué escala de tiempo y señalar el tipo de pruebas que haya que recoger para hacer juicios sobre el éxito.

Es probable que resulte más fácil ponerse de acuerdo en los aspectos o *indicadores* generales, que pudieran aplicarse en todas las clases y, en realidad, en casi todas las escuelas, que en los *criterios de éxito*, que varían según las clases y dependen más de posturas de valor. Por ejemplo, en el caso anterior, podría interpretarse el “uso de los materiales” como demostraciones del profesor y no como su utilización por los alumnos; el diálogo podría considerarse limitado a la interacción entre profesor y alumno y no entre alumnos. Exagerando sólo un poco, sería posible imaginar dos conjuntos de criterios de éxito para estos indicadores:

A	B
El maestro hace, con regularidad, demostraciones, utilizando los materiales y equipos.	Los alumnos utilizan los materiales y equipos por su cuenta.
Los alumnos comentan las ideas que presenta el maestro.	Los alumnos dialogan sobre sus propias ideas entre ellos y con el maestro.
Los alumnos observan y conservan anotaciones precisas.	Los alumnos plantean hipótesis, hacen predicciones, planean y realizan investigaciones y hacen anotaciones relativas a sus trabajos.
Los alumnos leen pasajes de los libros de clase, señalados por el maestro.	Los alumnos buscan información en los libros de referencia tanto de clase como de la biblioteca.

No es difícil ver que el juicio sobre una clase concreta sería muy diferente según se utilizara el conjunto de criterios A o B. En consecuencia, la selección de los criterios tiene una importancia considerable. Los criterios basados en valores opuestos no sólo conducen a juicios diferentes sobre la misma información, sino que la elección de los mismos influirá en la información que se recoja. Como es imposible recoger información sobre todo, la selección se hará en relación con lo que se considere o reconozca significativo y debe orientarse de acuerdo con ello. Este aspecto cambia a medida que aumenta nuestra comprensión de las escuelas y de la enseñanza. Por ejemplo, diversos estudios de investigación sobre la forma de adaptarse las escuelas a los cambios han puesto de manifiesto que aquellas que los afrontan con mayor eficacia suelen tener:

- buenos sistemas de información sobre los efectos de las acciones, de comunicación y de puesta en común entre todos los que participan de alguna manera en su actividad, dentro y fuera de la escuela: directores, profesores, padres, alumnos y público en general;
- trabajo cooperativo entre los profesores;
- participación de los alumnos en la evaluación de su propio trabajo;
- objetivos claros y tolerancia en relación con distintas formas de conseguirlos;
- la práctica de comprobar el cumplimiento de cada etapa antes de iniciar la siguiente.

Teniendo presentes los hallazgos citados, conviene incluir estos aspectos como criterios de éxito y obtener información sobre ellos al diseñar una evaluación con el fin de ayudar a una escuela a adaptarse al cambio.

Tipos de información

La información cuantitativa, expresada en números, describe la actuación, las condiciones o situaciones en términos de cuánto, con qué frecuencia, cuántos, etc. Puede parecer más definida, más formal, más objetiva que la información cualitativa, que transmite percepciones, impresiones y explicaciones. Por otra parte, a menudo, los datos cuantitativos simplifican en exceso las cuestiones complejas y pueden introducir a la fuerza la información en categorías escogidas aparentemente de forma arbitraria.

En la evaluación, hacen falta criterios de éxito para utilizar ambos tipos de información. Informar de que el x% del tiempo se utiliza en ciencias, por ejemplo, sólo es útil para la evaluación cuando se juzga en relación con un porcentaje de tiempo que se cree adecuado en un caso concreto. La cuestión es si la cantidad de tiempo es un indicador relevante para la evaluación o si es más importante saber cómo se usa el tiempo. En este caso, como en muchos otros similares, son deseables ambas informaciones. En general, hacen falta muchos tipos de información, tanto cuantitativos como cualitativos.

Una de las principales áreas de discusión con respecto a la información necesaria para la evaluación educativa, relacionada con la cuestión "cualitativa frente a cuantitativa", atañe a la relevancia de la información sobre el aprendizaje de los alumnos. Algunas de las evaluaciones realizadas, especialmente en los Estados Unidos, se basaban en una perspectiva de la educación que suponía que la única base racional para decidir acerca de la calidad de las experiencias de clase estaba constituida por los resultados del aprendizaje, o sea, por lo que los niños saben o no, por lo que pueden o no hacer:

No obstante, dado que los objetivos educativos consisten esencialmente en cambiar a los seres humanos, es decir, los objetivos tratan de producir ciertas transformaciones deseables en las pautas de conducta del estudiante, la evaluación es el proceso que ha de determinar el grado de cambio efectivamente operado en la conducta.

Esta concepción de la evaluación tiene dos importantes aspectos. En primer lugar, implica que la evaluación debe valorar la conducta de los estudiantes, ya que lo que pretende la educación es el cambio de estas conductas. En segundo lugar, implica que la evaluación debe llevar consigo más que una simple valoración en algún momento; pues para observar si se produce el cambio, es preciso hacer una valoración en un primer momento y otras valoraciones en otros posteriores con el fin de identificar los cambios que puedan ir produciéndose.

(TYLER, 1949; pág. 106.)

Así, TYLER defendía la aplicación de pruebas ("valorar la conducta de los estudiantes") antes y después de que los niños hubiesen experimentado determinadas actividades para observar si se producían modificaciones en su actuación. Había que decidir qué cambios debían establecerse y qué grado se consideraría aceptable. Si los cambios apreciados no llegasen al grado

previsto, habría que juzgar inadecuadas las actividades de aprendizaje llevadas a cabo.

En un primer momento, este planteamiento puede parecer un enfoque **razonable de la evaluación**; es atractivamente lógico (nosotros queremos **transformar las técnicas**, ideas y actitudes de los niños: todos ellos son aspectos **que influyen** en su comportamiento); asimismo, es netamente científico, utilizando la medida de una variable dependiente (conocimiento) para comprobar el efecto de una variable independiente (las experiencias de clase de los niños). Sin embargo, se ignora que la educación concierne a las personas, no a objetos que puedan ser tratados y comprobados en condiciones controladas en laboratorio. El aprendizaje no depende únicamente de las actividades que se propongan, sino de cómo interactúa el sujeto con ellas y cómo las entiende en relación con sus experiencias e ideas previas. Es más, algunos **de los cambios** que esperamos se produzcan podrán observarse a largo plazo, difíciles de valorar y cuantificar, de modo que no será fácil encontrar los "instrumentos" necesarios para medir la variable dependiente.

Otro conjunto de serias objeciones que puede oponerse al enfoque de TYLER sobre la evaluación corresponde a la otra cuestión que ha de considerarse en relación con la misma: "¿cómo será utilizada la información?" Aun suponiendo que dispusiéramos y utilizáramos las pruebas adecuadas y válidas, los resultados indicarían únicamente que se habían obtenido o no determinados resultados; esta información sería de poco valor en relación con el objetivo de mejorar las actividades de aprendizaje. TYLER presupone la correspondencia entre el "tratamiento" y los "resultados". La relación se establece a través de los objetivos de aprendizaje planteados como cambios de la conducta de los niños y utilizados para diseñar las actividades que han de evaluarse. En el contexto del desarrollo de los materiales del *currículum*, quizá pueda justificarse esa presunción, aunque muchos estarían en desacuerdo. No obstante, en el contexto de la evaluación del *currículum* existente, uno de los principales objetivos consiste en preguntarse si se proporcionan realmente las oportunidades necesarias para ciertos tipos de aprendizaje, y no suponer de antemano su existencia. De este modo, la evaluación ha de ser más diagnóstica de lo que sería posible si se basase simplemente en los resultados.

Argumentos como éstos (y la experiencia de aplicar el enfoque de la "medida de objetivos" y encontrarlo deficiente; véase, p. ej., HARLEN, 1975) han llevado a proponer una serie de enfoques alternativos de la evaluación. Para nuestro propósito, el más útil es el basado en la información acerca de los procesos de la clase, más que en los resultados, o productos. Planteándolo de otro modo, la evaluación consiste en investigar la medida en que la variable independiente (provisión de las pretendidas experiencias de aprendizaje) actúa, sin tener en cuenta su relación con la variable dependiente (resultados o cambios en la conducta de los niños). No se trata de negar el valor de descubrir los conocimientos y capacidades infantiles, sino de reconocer que no tiene sentido hacerlo hasta que no nos consideremos relativamente seguros de que estamos proporcionando las oportunidades de aprendizaje necesarias. Sería ridículo comprobar si los alumnos han aprendido a nadar independientemente de

si han tenido oportunidad de hacerlo. Podríamos estar de acuerdo con TYLER acerca de que el objetivo de la educación consiste en modificar la conducta de los niños, pero disentimos si esto significa que la información útil para evaluar la educación se desprenda únicamente de estos cambios conductuales.

Al mismo tiempo, hemos de reconocer que existen argumentos igualmente fuertes en contra de un enfoque de la evaluación que tenga en cuenta tan sólo los procesos, dejando de lado los productos. Por de pronto, la noción de "oportunidad de aprendizaje" implica la previa identificación del aprendizaje esperado, y sería ingenuo hacer tales juicios sin establecer que "la oportunidad de aprender X" puede llevar a "aprender X". Por tanto, en algún momento es preciso relacionar el proceso con el producto. Si ignoramos uno u otro, las suposiciones adoptadas no tendrán justificación.

Un segundo aspecto consiste en que no es fácil obtener la información sobre los procesos de clase, ni para el profesor ni para un extraño. El profesor es una figura central en las transacciones que se examinan y, por tanto, experimenta dificultades prácticas y psicológicas para la obtención de información no sesgada por su juicio subjetivo, que sería inútil y peligrosa, incluso. Un observador, que debe ser ajeno al clima de la clase, experimenta problemas diferentes, pero igualmente serios al tratar de obtener información no distorsionada por su presencia que proporcione una adecuada muestra de las diversas actividades que se desarrollan.

Un tercer aspecto, relacionado, consiste en la dificultad de decidir exactamente qué información sobre los procesos de clase es precisa y qué constituye una muestra adecuada de los hechos que han de ser evaluados. Hasta los trabajos relativos a la autoevaluación, iniciados a finales de los años setenta (p. ej., ILEA*, 1982), poco se había hecho para establecer una metodología encaminada a recoger información sobre los procesos de la escuela y de la clase. Sin embargo, desde entonces, se han realizado y publicado gran cantidad de trabajos, de manera que, en la actualidad, disponemos de orientaciones y ejemplos abundantes (HOPKINS, 1987; HARGREAVES y HOPKINS, 1991). Examinaremos a continuación algunos enfoques indicados para su utilización en el nivel del aula y en el de la escuela.

Evaluación en el aula

El objetivo que nos proponemos en esta sección es una evaluación que ayude al profesor a contestar, en relación con las ciencias, una pregunta de este tipo: ¿cómo pueden mejorarse las oportunidades de aprendizaje de los alumnos? Se pretende que el docente juzgue hasta qué punto está realizando adecuadamente su labor y qué mejoras pueda introducir y no tanto que otros puedan juzgar cómo desempeña su trabajo.

Conviene comenzar por los criterios relacionados con las oportunidades de aprendizaje y los procesos de enseñanza que se pretenden. La informa-

* ILEA: *Inner London Education Authority*. (N. del R.)

ción necesaria tiene que permitir la aplicación de estos criterios. Hemos señalado algunos criterios relativos al carácter de las actividades de ciencias de los alumnos (pág. 120), a los que pueden añadirse otros relacionados con la forma de participar los alumnos en las actividades y criterios más generales que reflejen el enfoque del aprendizaje, la evaluación, el registro y la planificación. La lista resultante que aparece seguidamente sólo pretende ser un ejemplo basado en los valores concretos que subyacen al enfoque del aprendizaje y la enseñanza que se utilizan en este libro.

Ejemplos de criterios

- Los alumnos manipulan materiales y realizan investigaciones de primera mano con regularidad (semanalmente).
- Comprenden lo que hacen, sin limitarse a seguir instrucciones ni lo que hagan otros.
- El encargo de actividades y el apoyo que se presta a los alumnos se ajustan a las necesidades de cada uno.
- Su trabajo les interesa y los estimula y creen que es importante.
- Dedican a la tarea gran parte del tiempo.
- Las actividades que desarrollan durante un período de tiempo les ofrecen oportunidad para desarrollar ideas científicas básicas sobre el mundo (como se indica en el Capítulo III).
- Las actividades están relacionadas con la experiencia cotidiana de los alumnos y les ayudan a entenderla.
- Las actividades aportan ocasión para utilizar y desarrollar técnicas de procedimiento y promueven las actitudes científicas (como se indica en el Capítulo IV).
- Los alumnos participan en la evaluación de su trabajo.
- Los registros muestran lo que consiguen los niños mediante sus actividades, así como lo que han realizado.
- La información sobre los alumnos se utiliza con fines diagnósticos para planificar otras experiencias de aprendizaje.

Ejemplos de métodos de obtención de información

Hay que establecer un compromiso entre el deseo de obtener toda la información posible sobre las experiencias de los alumnos y la cantidad de información que pueda manejarse con criterios realistas. Es necesario escoger una muestra; recoger diversos tipos de información durante una serie de períodos cortos es preferible a un registro extenso y quizá reiterativo de un tipo limitado de información. La selección de la muestra dependerá de si:

- nos interesamos especialmente por el conjunto de la clase, por algún grupo o por un niño;

- diversos grupos o sujetos trabajan en actividades semejantes o diferentes al mismo tiempo;
- las actividades de ciencias son discretas y están bien definidas o forman parte de un tema de trabajo integrado.

Las circunstancias propias de cada caso particular decidirán la muestra conveniente y útil de las actividades a considerar. Para esta muestra de actividades necesitaremos algún registro de lo que realizan los niños, de sus sentimientos en relación con lo que hacen, de lo que ejecuta el profesor, de lo que éste siente en relación con su labor, etc.

Los métodos que pueden utilizarse para obtener esta información son claramente más limitados si un profesor trata de evaluar sin ayuda los hechos que se desarrollan en su clase. En tal caso, los métodos utilizables son, entre otros, los siguientes:

Tomar notas durante las clases. Éstas tan sólo consistirán en breves anotaciones hechas en el momento, que serán desarrolladas inmediatamente después de la clase. Pueden incluir detalles puntuales, como lo que hace cada grupo observado, a cuántos niños se ha dirigido el profesor, durante cuánto tiempo, qué dificultades surgen, si las han superado satisfactoriamente, en qué medida se han cumplido las pretensiones del profesor en relación con la clase impartida.

Coleccionar las hojas de trabajo, los libros de texto u otros materiales escritos utilizados por los alumnos. Pueden ser analizados más tarde para determinar los tipos de actividad física o intelectual que los animan o admiten. Es importante anotar en el momento la forma en que los niños los utilizan, cómo siguieron o se apartaron de las actividades presentadas, etc.

Coleccionar las notas escritas, los dibujos u otros productos hechos por los niños. Esto proporciona un registro de lo que los niños hacen y puede indicar también si se ha dado alguna muestra de pensamiento productivo o, por el contrario, se ha pasado el tiempo copiando directamente de libros o fichas. Este tipo de análisis del trabajo de los niños es muy distinto de "calificarlo" y puede ser complementado mediante la discusión con los alumnos.

Discutir su trabajo con los alumnos. Puede emplearse un momento tranquilo tras una lección para hablar con dos o tres niños sobre lo que han estado haciendo, cuándo todavía tienen en la mano el equipo y las notas. El profesor debe intentar convertirse en entrevistador, para escuchar y animar a los niños a que hablen de su trabajo, lo que comprenden y lo que no comprenden de él, lo que encuentran interesante, lo que les resulta fácil, cómo llegaron a determinado resultado o solución. El profesor puede también tomar notas inmediatamente después o grabar la conversación. Este diálogo puede formar parte también de la revisión del trabajo individual de los alumnos en el contexto de la elaboración de registros de rendimiento (véase la pág. 193).

Grabación con magnetófono. El magnetófono es el instrumento más útil del equipo de un profesor que intente realizar una autoevaluación. Su uso debe ser cuidadosamente planificado, sin embargo, porque el exceso de grabación puede disuadir del empleo de la información grabada. Es preferible grabar dos o tres muestras de 5 minutos de conversación con un grupo que enfrentarse a una grabación de 60 minutos sin una base para seleccionar muestras. No obstante, cuando las conversaciones de los alumnos se desarrollan sin estar presente el profesor, sí conviene dejar cerca de ellos el magnetófono en posición de grabación. Los niños del grupo pronto dejarán de reparar en su presencia si la atención no decae por la continuadas conexiones y desconexiones. Para escuchar la cinta es preciso hacerlo en períodos no superiores a 5 minutos, prestándole máxima atención, dejando transcurrir entre los períodos de escucha unos 10 minutos.

Los métodos que acabamos de exponer son los principales a disposición del profesor que trabaja sin apoyo. Si puede recibir ayuda para recoger información, proporcionada por algún compañero u otra persona que se preste, pueden emplearse los mismos métodos con menor esfuerzo y añadir otros. A menudo, dos profesores de la misma escuela pueden ayudarse mutuamente. Esta situación recíproca tiene muchas ventajas: ambos conocen por experiencia los problemas que plantea ser observador y profesor, al mismo tiempo, e interpretarán la información en consecuencia. Sin embargo, es más importante aún que, cuando se comparten entre el observador y el profesor el objetivo, el proceso y los descubrimientos de las observaciones de clase, la ansiedad que generalmente acompaña al hecho de sentirse observado mientras se da clase se disipa.

Los principales métodos adicionales de obtención de información que pueden ser utilizados por un observador, pero no por el propio profesor, consisten en la observación sistemática y detallada de los alumnos y del docente. Pueden ir desde un simple registro de los movimientos del profesor o de algunos niños seleccionados (ante el plano de la clase) a un inventario de observación estructurada para registrar conductas o hechos previamente definidos.

Un ejemplo de esta evaluación cooperativa se realizó en el contexto de un curso de formación permanente del profesorado de ciencias de enseñanza primaria en el que los docentes fueron distribuidos en grupos de cuatro, todos de escuelas distintas. Cada semana se reunían en una escuela y observaban la clase del profesor de ese centro. La siguiente semana el grupo se desplazaba a la escuela de otro de los miembros, de forma que cada uno era observado por los demás. Los tres observadores tenían que realizar tareas bien definidas. Uno de ellos observaba un grupo de niños, utilizando el inventario de la Figura 33. Otro hacía un plano de la clase y registraba los movimientos del profesor y, al mismo tiempo, hacía evaluaciones periódicas de la proporción de niños que parecían estar trabajando con un objetivo definido, anotando las posibles razones de la actividad no referida a la tarea. El tercero observaba al profesor, registrando en un inventario de diseño similar al empleado para los grupos de niños, su conducta verbal y no verbal.

Clase: Tema:

N.º de grupo: Fecha:

	1- 2	3- 4	5- 6	7- 8	9- 10	11- 12	13- 14	15- 16	17- 18	19- 20	21- 22	23- 24	25- 26	27- 28	29- 30	31- 32	33- 34	35- 36	37- 38	39- 40	41- 42	43- 44	45- 46
Observación del grupo (grupo de trabajo)																							
En relación con la tarea																							
Hacer observaciones																							
Utilizar instrumentos de medida																							
Manejar otros materiales o equipo																							
Interpretar observaciones (descubrimiento de pautas)																							
Sugerir explicaciones (elaboración de hipótesis)																							
Plantear preguntas																							
Proponer investigaciones																							
Proponer procedimientos (control de variable, medida)																							
Registro																							
Lectura de la hoja de trabajo																							
En relación con el profesor																							
Preguntar sobre el tema																							
Pedir ayuda/preguntar sobre el procedimiento																							
Responder a las preguntas del profesor (hechos/llamada)																							
Responder a las preguntas del profesor (ideas)																							
Informar sobre/explicar acciones																							
Escuchar al profesor																							
En relación con los compañeros																							
Organizar la tarea (cooperativamente)																							
Organizar la tarea (razonamiento)																							
Hablar sobre el tema/tarea																							
Hablar sobre el registro/informe																							
Fuera del tema/hablar sobre la tarea																							
Escuchar/responder a las ideas de los otros																							
Trabajo Independiente																							
Cantidad de trabajo activo/hacia el objetivo																							
Otros (especificar)																							

Figura 33. Inventario para la observación de un grupo de niños ocupado en actividades de ciencias.

Los inventarios de observación requerían un registro sucesivo con intervalos de 2 minutos a lo largo de la clase. Si se observaba alguna de las conductas reseñadas durante el intervalo de 2 minutos correspondiente, se anotaba, con independencia de que ocurriera una o más veces. Al final de los 2 minutos, el observador pasaba a la siguiente columna. Se instruía a los observadores para que repasaran constantemente la lista con el fin de que recordaran las conductas a las que debían prestar atención y para añadir cualquiera que, sin estar reseñada, tuviese importancia. Los inventarios no se diseñaron con el fin de recoger todo lo que ocurriese, sino únicamente las conductas de interés para el propósito de la evaluación.

Análisis de la información; la aplicación de los criterios

La utilización de diversos métodos de entre los expuestos puede dar como resultado una masa de información variada y aparentemente dispar. Parte de ella tendrá que ser analizada antes de que sea utilizable para elaborar juicios de evaluación. La colección de hojas de trabajo y de registros de los alumnos proporciona información en bruto, lo mismo que las cintas magnetofónicas con las que se han registrado las conversaciones. Por el contrario, los inventarios de observación contienen información ya "filtrada", dado que los criterios se emplearon al decidir las conductas a observar y las que se deberían ignorar.

Para analizar la información en bruto hay que revisarla tratando de descubrir si los niños hicieron algunas de las cosas sugeridas por los criterios de la página 172. Al utilizar algunos elementos de esta lista, hará falta referirse a descripciones más detalladas, como las relativas a las destrezas de procedimiento y actitudes presentadas en el Capítulo IV, y los criterios para evaluar las destrezas de procedimiento que aparecen en la Tabla 4 de la pág. 172. Si se utilizan estos criterios más detallados, la información sobre las actividades de los niños en el período de tiempo seleccionado (un trimestre, quizá) puede examinarse de forma sistemática para ver hasta qué punto y de qué modo se han satisfecho los criterios, lo que puede hacerse tomando cada subdivisión de una actividad y toda la información relacionada con ella, incluyendo las intervenciones del profesor y la información relevante sobre la organización de la clase, señalando a continuación cada uno de los criterios cumplidos. El número de señales indicadoras del cumplimiento de los criterios proporciona una medida del grado de satisfacción de los mismos. La desventaja de este sistema está en la posibilidad de que se pase por alto la interacción de una actividad con la siguiente. El procedimiento alternativo, que evita este inconveniente, consiste en tomar cada uno de los criterios y revisar todas las actividades, anotando la frecuencia de cumplimiento del mismo.

Puede dar la sensación de que estos procedimientos sean toscos y subjetivos y, en efecto, así es, pero, en la práctica, no hace falta un refinamiento mayor en relación con la finalidad que se pretende. Suele ocurrir que, en las áreas en las que aparecen diferencias entre lo que nos gustaría que sucediese (representado por los criterios) y lo que en realidad sucede (manifestado por la información

recogida), éstas son grandes y evidentes. En este contexto, la evaluación no pretende proporcionar juicios precisos del grado de éxito, sino ayudar a quienes la realizan a conseguir que su trabajo sea más eficaz. Es probable que lo más valioso del proceso de obtención de información y de revisión sistemática de la misma sea el hecho de poner en evidencia los defectos e indicar formas de mejorar y no tanto el producto final. En realidad, el producto final es sólo el principio del ciclo siguiente, en el que habría que realizar una revisión sobre la marcha.

La evaluación es un aspecto esencial del enfoque científico de la enseñanza de las ciencias. No estaría mal que consideráramos todo nuestro trabajo docente y las actividades que proporcionamos a los niños como soluciones hipotéticas del perpetuo problema de la mejor forma de desarrollar sus destrezas de procedimiento, ideas y actitudes. Deberíamos poner a prueba constantemente estas hipótesis, buscando alternativas y probándolas. La evaluación es el medio de comprobar nuestras ideas sobre la enseñanza.

Rojas, José Antonio, "Penicilina", en *El sembrador de salud. Alexander Fleming*, México, Pangea/CNCA, 1994, pp. 69-90.



Penicilina

Discurso de Alexander Fleming al recibir el premio Nobel de medicina y fisiología, el 11 de diciembre de 1945.

Voy a hablarles acerca de los primeros días de la penicilina, ya que es la parte de su historia que motivó el que se me otorgara el premio Nobel. Frecuentemente me han preguntado por qué inventé el nombre "penicilina". Simplemente seguí el camino ortodoxo y acuñé la palabra que explicaba que la sustancia penicilina derivaba de un hongo del género *Penicillium*, tal como hace muchos años la palabra "digitalina" se inventó para una sustancia derivada de la planta *Digitalis*.

—Para los bacteriólogos de mi generación la inhibición de un microbio por otro era habitual. Todos pensábamos acerca de estas inhibi-

ciones y verdaderamente era excepcional que un bacteriólogo clínico observador pudiera pasar una semana sin ver, en el curso de su trabajo, ejemplos bien definidos de antagonismo bacteriano.

Pero probablemente los antagonismos bacterianos servían de bien conocidos obstáculos, más que de ayuda, para iniciar el estudio de los antibióticos como los conocemos en la actualidad.

Sin duda el más antiguo de los trabajos acerca de este antagonismo no influyó en los comienzos de la penicilina. Ésta surgió de un hecho afortunado que ocurrió cuando trabajaba en un problema bacteriológico puramente académico, que no tenía nada que ver con antagonismos, hongos, antisépticos o antibióticos.

En mi primera publicación podría haber concluido que, como resultado de un estudio serio de la literatura y de un pensamiento profundo, me propuse realizar estudio del problema de que los hongos producían sustancias antibacterianas muy valiosas. No hubiera sido cierto, y preferí decir la verdad: que el descubrimiento de la peni-

Fleming se refiere a uno de sus temas favoritos: que fue la casualidad o el azar lo que le permitió el descubrimiento de la penicilina.



La guerra puede ser un campo de pruebas terrible pero eficaz para la actividad científica. La segunda guerra mundial estimuló la producción industrial de la penicilina.

cilina comenzó a partir de una observación oportuna. Mi único mérito es que no desprecié la observación y que, como bacteriólogo, me aboqué a este asunto. Mi publicación de 1929 fue el punto de partida del trabajo de quienes desarrollaron la penicilina, especialmente en el campo clínico.

La penicilina no fue el primer antibiótico que descubrí. En 1922 describí la lisozima, una potente enzima antibacteriana poseedora de un efecto lítico [destructor] extraordinario sobre algunas bacterias. Una suspensión densa y lechosa de bacterias se aclaraba por entero en pocos segundos por una fracción de gota de lágrimas humanas o de clara de huevo. Si el material que contenía la lisozima se incorporaba en el agar llenando una fosa en la placa y luego se empujaban con un pincel diferentes microbios hasta la fosa, se observaba que el crecimiento de algunos de ellos cesaba a considerable distancia de la fosa.

Desafortunadamente, los microbios sobre los que más fuertemente actuaba la lisozima eran de los que no infectan al hombre. Conti-

Fleming no sólo hizo la observación, sino que tomó una muestra del hongo que invadió sus cultivos, la sembró para que se desarrollara y, mediante varios experimentos, puso en evidencia sus propiedades e intuyó su importancia en medicina.

nué trabajando sobre la lisozima. Después, su naturaleza química y su modo de acción fueron determinados por mis colaboradores en este premio Nobel, sir Howard Florey y el doctor Chain. A pesar de que la lisozima no tiene un lugar importante en la terapéutica, fue de gran ayuda para mí, puesto que la misma técnica que desarrollé para la lisozima la apliqué a la penicilina cuando ésta apareció en 1928.

* La penicilina se originó de la contaminación de un cultivo de estafilococos por un hongo. Era notable que a cierta distancia de la colonia del hongo las colonias del estafilococo se hacían translúcidas y evidentemente experimentaban lisis. Esta apariencia fue extraordinaria (véase la figura 1). Así que se aisló el hongo de un cultivo puro y se determinaron algunas de sus propiedades. Se halló que el hongo pertenecía al género *Penicillium*, y eventualmente se identificó como *Penicillium notatum*, miembro del grupo *Penicillium chrysogenum*, originalmente aislado por Westling.

Cuando tuve un cultivo puro del hongo lo sembré en otra placa de

cultivo, y después que hubo crecido a temperatura ambiente durante 4 o 5 días, pincelé diferentes microbios radialmente sobre la placa. Algunos de ellos crecieron hasta el hongo pero otros fueron inhibidos a una distancia de varios centímetros del mismo. Esto significaba que el hongo producía una sustancia antibacteriana que afectaba a algunos microbios pero no a otros (véase la figura 2)!

De la misma manera probé otros tipos de hongo, pero no producían la sustancia antibacteriana, lo que mostraba que el hongo que había yo aislado era verdaderamente excepcional.

Luego el hongo se cultivó en un medio líquido para saber si la sustancia antibacteriana aparecía en dicho medio. Después de varios días, el líquido en el que había crecido el hongo fue probado de la misma manera ya descrita para la lisozima: poniendo el líquido en un depósito de la placa de cultivo y luego pincelando diferentes microbios sobre la placa. El resultado, que se muestra en la figura 3, es muy similar al observado con la lisozima, pero con una muy impor-

Fue excepcional que el hongo contaminante fuera uno productor de antibiótico, excepcional que el antibiótico producido fuera la penicilina, excepcional que lo descubriera Fleming y excepcional que le tomara una muestra y la cultivara.

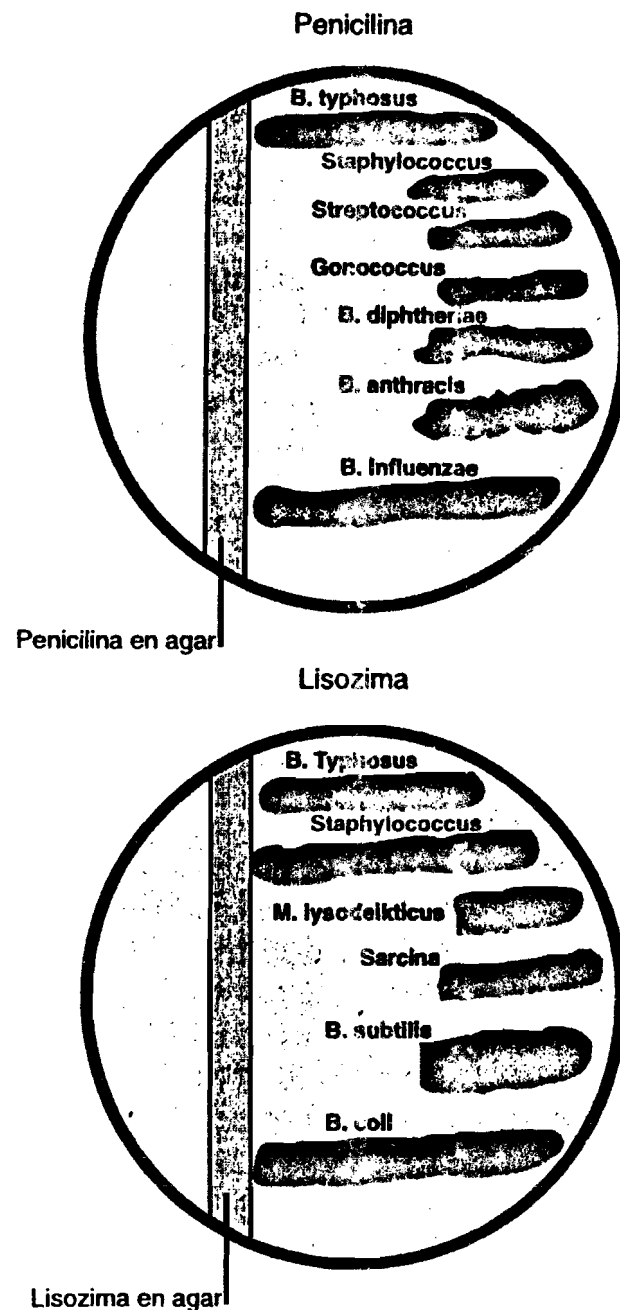


Figura 3. Inhibición de bacterias por la penicilina (arriba) y la lisozima (abajo).

tante diferencia, a saber, que los microbios que más poderosamente fueron inhibidos son los responsables de nuestras infecciones más comunes.

Ésta fue una diferencia de gran trascendencia.

Con este método, y con el de la dilución en serie, probé la sensibilidad de la mayoría de los microbios que habitualmente nos infectan, y encontré lo que ilustra la figura 2: que la mayoría de los agentes patógenos para el hombre fueron fuertemente inhibidos, mientras que muchos otros no lo fueron.

Esto nos condujo a nuestra primera aplicación práctica de la penicilina: la preparación de un medio de cultivo diferencial. Había una clara distinción entre los microbios sensibles y los que no lo eran, puesto que al agregar penicilina al medio de cultivo todos los microbios sensibles se inhibían, mientras que los resistentes crecían sin detenerse. Esto permitió el fácil aislamiento del bacilo de la tosferina y del de Pfeiffer de la influenza, que normalmente se encuentran en las vías respiratorias

Esta aplicación constituyó un método diagnóstico usado por Fleming para identificar el agente causante de algunas infecciones.

asociados con un gran número de cocos sensibles a la penicilina.

En aquellos primeros días también usé la penicilina para evidenciar los antagonismos bacterianos en forma dramática. Combiné ésta con el empleo de un método que desarrollé para el crecimiento de las bacterias cromogénicas. Si un disco de papel se coloca sobre una placa de agar en una caja de Petri, el material nutritivo se difunde en el papel y permite el crecimiento de las bacterias sembradas en la superficie. Si estas bacterias son cromogénicas, como *Staphylococcus aureus*, *B. prodigiosus* o *B. violaceus*, desarrollan maravillosamente sus colores sobre el disco de papel blanco.

La figura 4 muestra los resultados obtenidos con mezclas de *Staphylococcus aureus* y *B. violaceus* sembradas en un disco de papel en el que había crecido el *Penicillium notatum* durante cuatro días. El hongo había fabricado penicilina que se había difundido a una considerable distancia, inhibiendo al estafilococo. En el área de difusión de la penicilina el estafilococo había sido completamente inhibido y

el *B. violaceus*, insensible a la penicilina, crecía conforme el estafilococo se inhibía por esta última.

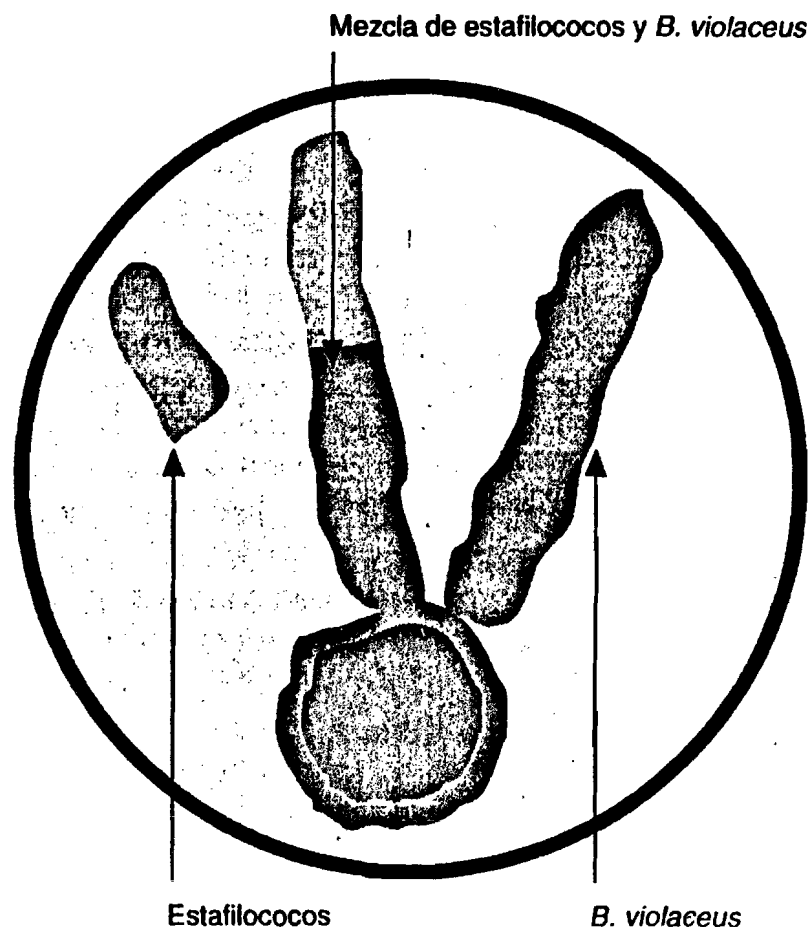


Figura 4. Efecto de la penicilina en una mezcla de *Staphylococcus aureus* y *B. violaceus*.

Cuadro I. Sensibilidad de las bacterias a la penicilina*

Sensibles	Insensibles
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Enterococcus</i>
<i>Staphylococcus epidermis</i>	Cocos Gram negativos no patógenos de la boca
<i>Streptococcus (haemolytic)</i>	<i>B. pyocyaneus</i>
<i>Streptococcus (viridans)</i>	<i>E. proteus</i>
<i>Pneumococcus</i>	<i>B. friedlanderi</i>
<i>Gonococcus</i>	<i>B. coli</i>
<i>Meningococcus</i>	<i>B. typhosus</i>
<i>M. catarrhalis</i>	<i>B. paratyphosus</i>
Grupo de la difteria	<i>B. dysenteriae</i>
<i>B. anthracis</i>	<i>Vibrio cholerae</i>
Micrococos del aire	<i>Pasteurella</i>
<i>Sarcina</i>	
<i>Actinomyces</i>	<i>Brucella abortus y</i> <i>melitensis</i>
<i>B. welchii</i>	<i>B. tuberculosis</i>
Vibrión séptico	
<i>B. oedamatiens</i>	
<i>B. tetani</i>	
<i>Spirochaetes</i>	

*Los que se encuentran debajo de la línea son un añadido a los de mi publicación de 1929.

Con el mismo método de cultivo en papel pude preparar excelentes especímenes de *Penicillium notatum* y de otros hongos en la siembra. El hongo crece sobre el disco de papel que se coloca en la superficie de un medio de cultivo apropiado. Cuando la colonia se ha desarrollado, el disco de papel se retira, se esteriliza con vapor de formalina y luego se monta.

Regresemos a las propiedades de la penicilina. Establecimos su especificidad. Encontramos que tenía tal potencia que el fluido del cultivo podía diluirse mil veces y todavía inhibía el crecimiento del estafilococo. En relación con esto, es bueno recordar que el fenol pierde su poder inhibitorio cuando se diluye más de trescientas veces. Así que a este respecto el líquido crudo en el que se había desarrollado el hongo era tres veces más potente que el fenol.

Enseguida expongo la acción de la penicilina sobre los microbios. Todos los experimentos que he citado mostraban que esta sustancia era bacteriostática, esto es, inhibía el crecimiento microbiano. Pero también mostré que era bacterici-

dio son suficientes. *Bactericida* quiere decir que afecta de tal manera a las bacterias que las mata. *Bacteriolítico*, que significa que las deshace, podría considerarse sinónimo de *bactericida*.

da, que realmente los mataba. Así, la primera observación de la penicilina mostró que inducía cambios líticos en las bacterias. Por lo tanto, era bacteriostática, bactericida y bacteriolítica, propiedades que han sido demostradas con la penicilina purificada.

La primera observación acerca de la penicilina, a la que ya me he referido, permitió apreciar que se difundía fácilmente en el agar. En esta característica difiere de los viejos antisépticos. Esto lo mostramos de manera notable en el siguiente experimento.

A una placa de cultivo de agar se le extraen unos discos con un barrenador. En el fondo de los agujeros formados se colocan discos de papel filtro empapados en antisépticos y luego se rellenan con agar fundido. La superficie se siembra con estafilococos. Durante la incubación, los estafilococos crecen sobre los viejos antisépticos, pero se inhiben a considerable distancia de la penicilina, demostrando que es la única de estas sustancias capaz de difundirse libremente (figura 5). Considero que esta difusibilidad es una propiedad importante

El fenol o ácido carbólico es el antiséptico que Lister introdujo en 1867 como desinfectante en cirugía. Actualmente sólo tiene interés histórico.

Bacteriostática es una sustancia que inhibe el crecimiento bacteriano mientras las concentraciones en el me-

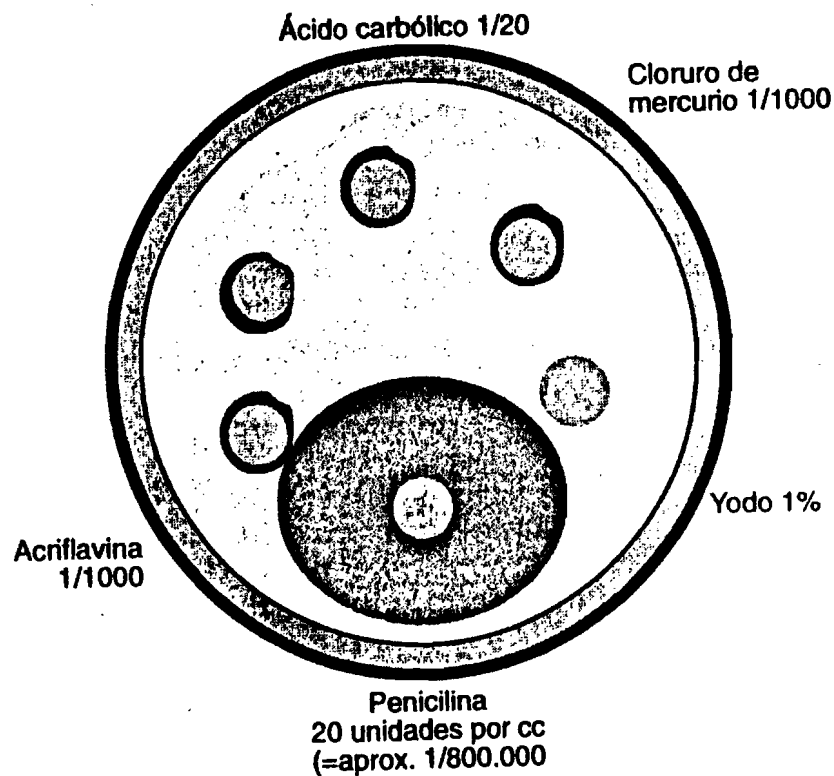


Figura 5. Comparación de la difusibilidad de la penicilina y otros antisépticos en una placa de cultivo inoculada con *Staphylococcus*.

para cualquier sustancia que se use como antiséptico.

Desde la guerra de 1914-1918 me han interesado los antisépticos, y en 1924 describí lo que pienso que es el mejor experimento que he realizado. Mostraba dramáticamente la actividad relativa de un compuesto químico sobre las bacterias y los leucocitos.

La sangre humana normal tiene un fuerte poder bactericida sobre los cocos comunes, estafilococos y estreptococos, poder que se pierde completamente si se pierden los leucocitos [glóbulos blancos] de la sangre. Si se infecta sangre desfibrinada con un pequeño número de estafilococos (digamos 4000 por ml) y se incuba en un tubo capilar, los cocos que sobreviven crecen en colonias que pueden enumerarse fácilmente. Sólo un 5 por ciento crece fuera. Sin embargo, si se agrega fenol a la concentración de 1 en 600, todos los cocos crecen libremente. Aquí, el fenol en una concentración que no interfiere con el crecimiento bacteriano ha destruido los leucocitos que constituyen una de nuestras más poderosas defensas contra la infección (figura 6).

He probado todas las sustancias que se han usado como agentes antibacterianos y se han comportado en la misma forma: en alguna concentración destruyen los leucocitos y dejan que las bacterias se desarrollen. Cuando probé la penicilina de esta manera sobre los estafilococos, la historia fue total-

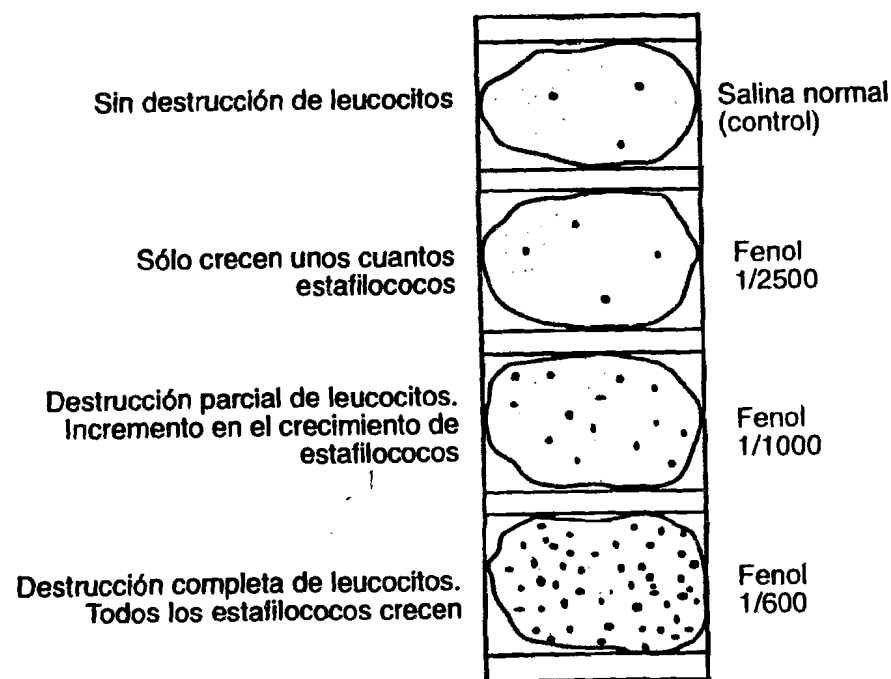


Figura 6. Experimento que ilustra que la toxicidad del fenol es mayor para los leucocitos que para las bacterias.

mente diferente. La penicilina inhibía completamente el crecimiento de los estafilococos en una dilución hasta de 1 en 1 000, pero no tenía mayores efectos tóxicos sobre los leucocitos, cuando se probaba en la sangre humana, que los del medio de cultivo original en el que había crecido el hongo. También la inyecté en animales y aparentemente no mostró toxicidad. Fue la primera sustancia que había

probado con mayor actividad antibacteriana que antileucocitaria. Y fue especialmente esto lo que me convenció de que algún día, cuando se concentrara y se lograra una mayor estabilidad, podría emplearse con éxito en el tratamiento de las infecciones.

De haber sido un médico clínico no hubiera dudado en emplearla terapéuticamente de modo mucho más extenso. Sucedió que cuando contaba con algo de penicilina activa tenía una gran dificultad en encontrar un paciente adecuado para probarla y, por su inestabilidad, no disponía de penicilina activa si se presentaba un caso apropiado. Algunas pocas tentativas dieron resultados favorables pero nada milagrosos, y estaba convencido de que antes de que pudiera emplearse extensamente tenía que ser concentrada y eliminada una porción del líquido crudo que se había obtenido.

Tratamos de concentrar la penicilina pero descubrimos, como otros, que se destruía fácilmente, y fallaron nuestros propósitos.

Éramos bacteriólogos, no químicos, y nuestros procedimientos re-

lativamente simples fueron infructuosos, lo cual no es sorprendente si se considera el problema que los químicos han tenido recientemente con la penicilina.

Sin embargo, conservé el cultivo del hongo y habitualmente utilizaba la penicilina para diferenciar cultivos.

En 1929 publiqué los resultados que he relatado brevemente; en ese artículo sugería que podría usarse para el tratamiento de infecciones producidas por microbios sensibles. Mencione la penicilina en uno o dos artículos hasta 1936, pero pocos prestaron atención a la misma. No fue sino diez años más tarde, cuando la introducción de la sulfonamida cambió completamente el pensamiento médico por lo que toca a la quimioterapia de las infecciones bacterianas, y después de que Dubos mostró que un agente antibacteriano potente, la gramicidina, era producida por ciertas bacterias, que mis copartícipes en este premio Nobel, el doctor Chain y sir Howard Florey, decidieron estudiarla. Obtuvieron una muestra de mi cepa de *Penicillium notatum* y concentraron



Alexander Fleming cerca del final de su vida. Seguía trabajando. . .

con éxito la penicilina, resultando un producto con una actividad que va más allá de lo que yo hubiera podido soñar en aquellos primeros días.

Sus resultados fueron publicados por primera vez en 1940, en medio de la guerra, cuando la situación económica era muy inestable, y la producción se hacía pese a todas las dificultades.

Este verano he tenido la oportunidad de ver en Estados Unidos algunos de los grandes laboratorios de penicilina que han sido contruidos a un costo enorme y en los que el hongo crece en grandes tanques aereados y agitados enérgicamente. Para mí es sobremanera interesante ver cómo una simple observación hecha en el laboratorio de bacteriología de un hospital de Londres condujo, con el paso del tiempo, a desarrollar una gran industria. Y cómo lo que algunos pensaron que era para mí un juguete llegaría a convertirse, mediante la purificación, en el más cercano ideal de una sustancia destinada a curar muchas de nuestras enfermedades infecciosas más comunes.

En la actualidad la medicina cuenta con varios tipos de penicilina, derivados de la descubierta por Fleming, que superan en muchos aspectos al producto original y tienen una amplia gama de aplicaciones contra las infecciones. También se han descubierto y sintetizado muchos otros productos antibacterianos útiles.

Estamos llegando al fin de la historia de la penicilina, pero tal vez estemos en el principio. Estamos en la edad de la química, y la penicilina puede ser modificada por los químicos de tal manera que se eliminen sus desventajas y surja un derivado más nuevo y mejor. Por consiguiente, el éxito fenomenal de la penicilina ha conducido a una investigación intensa de los productos antibacterianos producidos por hongos y por otros miembros del reino vegetal. Se han encontrado muchas sustancias, pero desafortunadamente la mayoría han sido tóxicas. No obstante, hay una, la estreptomycin, que ha sido descubierta por Waksman en Estados Unidos, cuyo uso terapéutico se ha ensayado. Hay muchas otras bajo investigación.

Pero quisiera hacer una llamada de advertencia. La penicilina no es tóxica, por lo que no hay que preocuparse si se administra una sobredosis. Pero hay que pensar que con una subdosis no es difícil provocar resistencia de los microbios a la penicilina por la exposición a concentraciones insuficientes de la misma para matarlos. Esto ha ocu-

rrido ocasionalmente en el organismo vivo.

Llegará el momento en que la penicilina pueda comprarse en las farmacias. El peligro es que el ignorante pueda prescribir dosis bajas de penicilina y exponer a los microbios a cantidades subletales que los hagan resistentes. He aquí una situación hipotética. El señor X tiene una irritación en la garganta. Compra penicilina y se la aplica, pero no en cantidades suficientes para matar los estreptococos, pero sí para que éstos desarrollen resistencia a la penicilina. Ahora contagia a la señora X. Ésta desarrolla una pulmonía y es tratada con penicilina. Como los estreptococos han desarrollado resistencia a la penicilina, el tratamiento fracasa. La señora X muere. ¿Quién es el responsable de su muerte? El señor X, que con un uso negligente de la penicilina cambió la naturaleza del microbio. Moraleja: Si se usa penicilina, úsese la suficiente.

Fleming ilustra el gran problema del fenómeno de la resistencia microbiana. Aún actualmente es un reto en la lucha contra las infecciones e incluso condiciona la necesidad de crear nuevos medicamentos contra las mismas.

El domador de la electricidad Thomas Alva Edison

Roberto Sayavedra

Sayavedra, Roberto, "Prenderse el foco", en *El domador de la electricidad. Thomas Alva Edison*, México, Pangea/CNCA, 1994, pp. 50-55.



Prenderse el foco

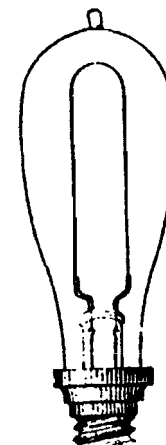
Edison comenzó sus experimentos, ayudado por el ingeniero Upton, con tiras de carbón o de metal encerradas dentro de un bulbo de vidrio. Hacía pasar corriente por ellas y al calentarse se generaba luz por incandescencia, pero tarde o temprano las tiras se quemaban. Lo que los había puesto en el camino correcto era haber escogido la luz incandescente. Ya la tenían dentro de un bulbo al vacío, pero el filamento se quemaba, tal como le había pasado a numerosos inventores durante más de cincuenta años. Lo primero que hizo Edison fue conectar un termostato que desconectaba el circuito cuando el filamento empezaba a fundirse. Hizo una demostración a la prensa el 5 de octubre de 1878, como un aviso de lo que estaba haciendo, aunque sabía que ésa no era la solución definitiva.

Siguieron semanas de cálculos, siempre orientados por Upton, sobre el consumo de corriente y las posibilidades de producirla. Por un lado estaban los resultados experimentales y por otro las opiniones de los científicos ingleses como Kelvin y John Tyndall, especialistas en problemas eléctricos. Ellos opinaban que la ley de Ohm era clara: si se quería tener una conexión en paralelo como la que proponía Edison, entonces la intensidad luminosa iba a disminuir cien veces, ya que iba a tener la corriente distribuida en diez lámparas, por lo que la Royal Society declaró: "La subdivisión de la luz eléctrica es un absoluto *ignis fatuus* [fuego fatuo]."

Edison creía que la solución estaba en una lámpara incandescente con una resistencia muy grande, aspecto que no consideraban los científicos ingleses. El trabajo de

Upton continuó durante los meses de noviembre y diciembre, y sus cálculos lo llevaron a algo realmente sorprendente: un sistema con una alta resistencia requeriría cien veces menos material de alambre conductor de cobre. Y como el cobre era un factor económico decisivo, fue un elemento importante para seguir por el camino que se había escogido. Ahora había que investigar en dos direcciones: por un lado un generador eficiente de alto voltaje y por el otro la lámpara incandescente de alta resistencia.

Para el diseño de la lámpara había que mejorar el vacío que se tenía en el bulbo y encontrar el material adecuado para el filamento, que debía ser delgado y tener mucha superficie para radiación. Así el filamento incandescente podía producir más luz. En enero de 1879 Thomas probó un filamento hecho de alambre de platino muy delgado dentro de un bulbo con el mejor de los vacíos alcanzados hasta entonces con una bomba de vacío ordinaria. La lámpara duró encendida casi dos horas. Entonces atacó dos problemas de manera simultánea: mejorar el vacío y seguir buscando el elemento incandescente. Mandó a Upton con Sprengel, académico del Colegio de Nueva Jersey (lo que es hoy la Universidad de Princeton), para conseguir una bomba de vacío que usaba mercurio para atrapar y expeler el aire. Cuando Upton regresó con la bomba, Edison los mantuvo a él y a otros hombres trabajando toda la noche. Intentaron otra vez con un filamento de carbón y después con otros metales: iridio, boro, cromo, molibdeno, osmio (el cual era un metal casi infundible). También lo intentó con nitrógeno dentro del bulbo. Encontró que si hacía el vacío con la bomba de Sprengel y al mismo tiempo calentaba el filamento, mejoraba el vacío dentro del bulbo, pues también se extraía el aire atrapado en los poros del



Modelo de la
lámpara
desarrollada por
Edison.

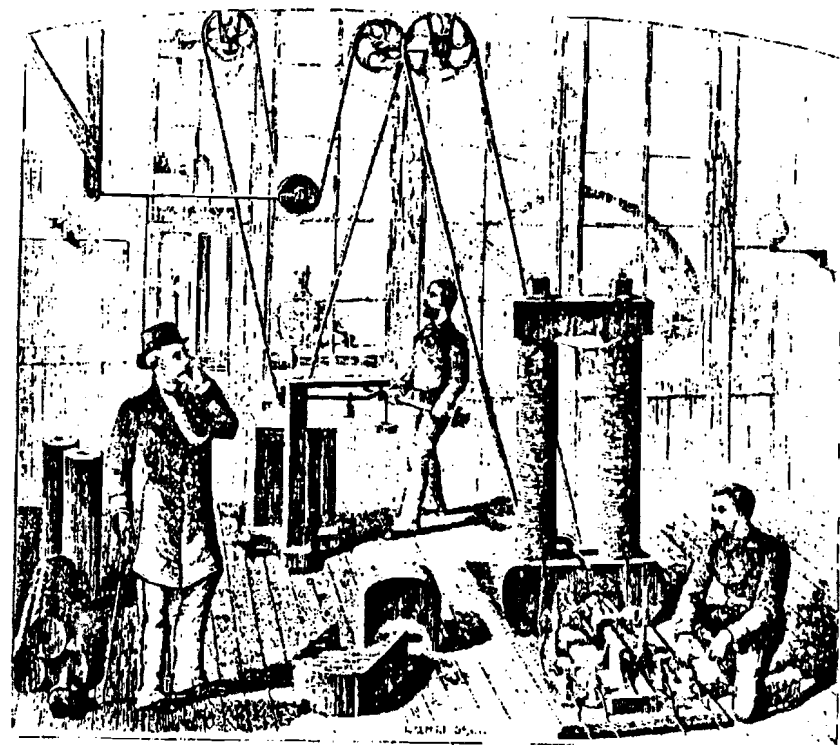
051

metal y aumentaba la temperatura del punto de fusión del filamento. Con esto mejoraron los resultados con el platino y hasta Edison creyó que "por fin vamos por el camino correcto", estimación cierta pues aún hoy en las fábricas de focos se calienta el filamento de éstos en el momento de hacer el vacío.

Desde abril hasta septiembre las cosas no cambiaron. Cuando se creía tener la solución y la presentaba a la prensa, el resultado era un fracaso. Sus amigos financieros empezaron a desilusionarse, porque además varios inventores seguían mostrando adelantos con otras formas de producir luz. Edison dividió a su personal en tres grupos: uno se abocaría al diseño del generador de alto voltaje y con corriente constante, indispensable para su sistema de alta resistencia; otro grupo se encargaría de mejorar el vacío de los bulbos, y el tercer grupo, que dirigiría él mismo, se encargaría de encontrar el filamento adecuado. Como ya dijimos, probó más de 1 600 materiales diferentes para usarlos como elemento incandescente.

En el periodo de abril a agosto de 1879, el grupo dedicado al diseño del generador obtuvo resultados inmejorables con uno al que bautizaron "Mary Ann la acinturada". Era un generador con un alto índice de eficiencia e iba contra la idea de que su resistencia interna sería igual a la del circuito que se le fuera a conectar. En cambio, Edison creía que la resistencia interna debía ser muy pequeña, sobre todo si se iba a producir corriente con alto voltaje. Este generador se describió en la revista de difusión científica y tecnológica *Scientific American* del 18 de octubre de 1879, en un artículo escrito por Upton.

Entre agosto y septiembre de 1879 Thomas volvió a experimentar con el filamento de carbón. Upton y Edison llegaron a la conclusión de que, para un circuito con un generador de 100 volts, la resistencia de cada lámpara debía estar alrededor de los 200 ohms; esto significaba que el filamento no podría ser más grueso de 1/25 de centímetro. Y en la técnica para carbonizar el hilo de algodón

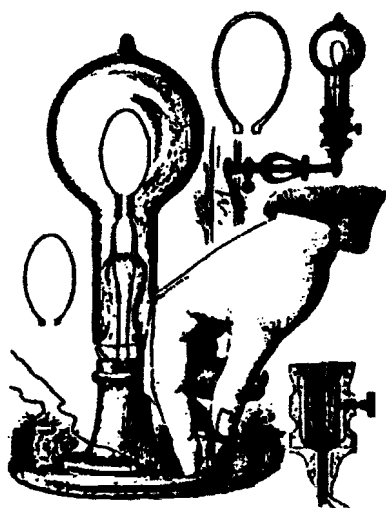


"Mary Ann la acinturada", el generador eléctrico que empleó Edison en la invención de la bombilla incandescente.

estaba el *quid* de la solución. Conforme Edison se iba acercando al éxito, trabajaba con más ahínco y le exigía a sus trabajadores que se esforzaran aún más que antes. Sus ayudantes se turnaban para ir a dormir, pero Al nunca estaba solo. Upton decía de Edison que "no podía entender las limitaciones de los otros hombres porque su propia fortaleza física y mental parecía estar fuera de todo límite".

De la noche del 20 al 21 de octubre de 1879, un año después de haber iniciado sus experimentos, Edison escribió: "Batchelor tomó con la mayor precaución el preciado carbón; yo iba detrás de él, como un guardia del valioso tesoro. Para nuestra consternación, justo en el momento de llegar al banco de trabajo para montarlo en el bulbo de

vidrio, el hilo de carbón se rompió. Regresamos al laboratorio principal a trabajar. Fue al final de la tarde cuando logramos producir otro carbón, pero un desarmador de relojero cayó sobre él, rompiéndolo. Volvimos a empezar y antes de que terminara la noche, otro carbón estaba completo y dentro de un bulbo. Se le hizo el vacío al bulbo, se le aplicó corriente, y lo que tuvimos a la vista era lo que tanto tiempo nuestros ojos habían deseado ver."

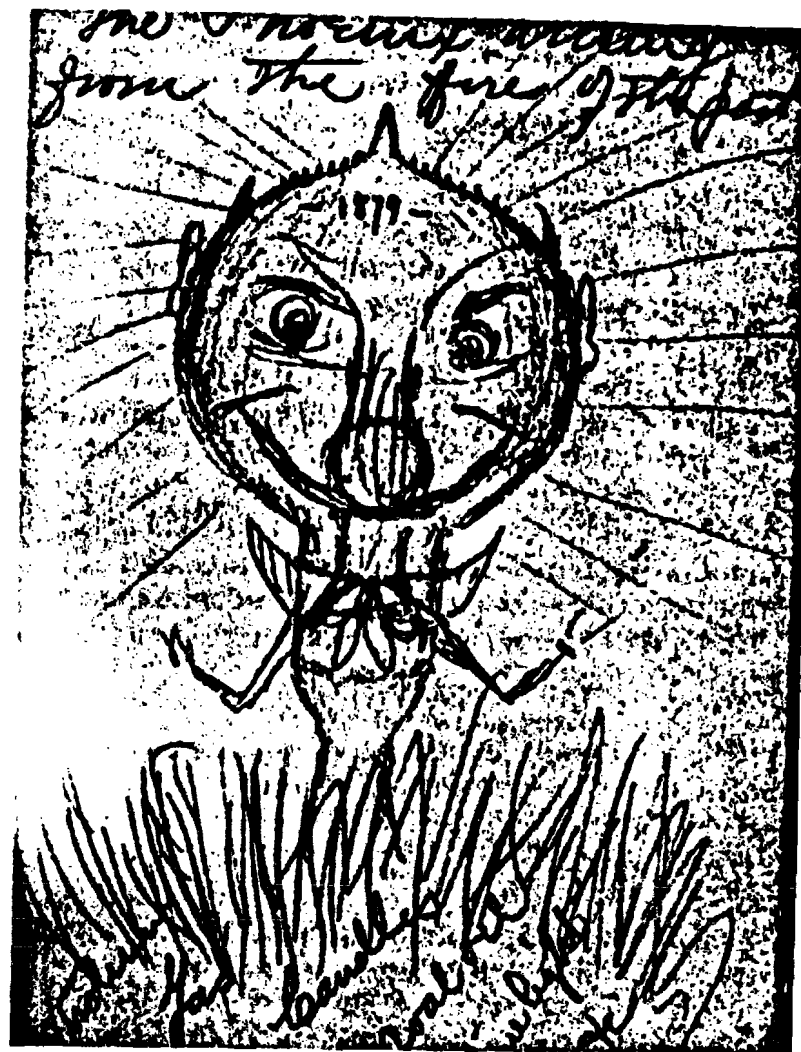


Otro modelo de lámpara incandescente.

Las anotaciones en el cuaderno de trabajo de Edison dicen: "Octubre 21-Núm. 9, filamento ordinario Cubierta Co. cordón No. 29, se puso a media candela y fue instalado sobre una batería de 18 celdas permanentemente a la 1:30 a. m. No. 9 continuó desde 1:30 a. m. hasta 3 p. m. -13 1/2- horas y fue elevado hasta la intensidad de 3 luces de gas durante una hora; entonces se rompió el vidrio y falló." Cuando esto sucedió todos saltaron de sus sillas y gritaron de gusto. Edison permaneció quieto, pensativo y dijo: "Si pudo arder durante ese número de horas yo sé cómo hacer que

arda durante cientos." Ése fue el comienzo de una serie de acontecimientos en torno a la invención del sistema de luz incandescente. Durante el mes de diciembre de ese año frente a Menlo Park desfiló una gran cantidad de pasajeros en el tren de Nueva York a Filadelfia, y quedaban atónitos cuando veían desde las ventanas del tren aquellas casas iluminadas como verdaderos arbolitos de navidad. En Wall Street hubo días en que se pedía hasta 3 500 dólares por cada acción de la Edison Electric Light Co. Hasta el 21 de octubre Thomas había gastado 42 mil dólares, y ahora

necesitaba otro tanto para electrificar Nueva York y, por qué no, todo Estados Unidos. El amigo que confió en él fue Grosvenor Lowrey. Upton y Edison tenían ya un nuevo tema para experimentar y discutir: la distribución de la energía eléctrica, ¿debía hacerse con corriente alterna o directa?



En el cuaderno de notas de Edison, junto a las anotaciones que consignaban los experimentos, había espacio para el humor.

Bloque II

Estrategias de enseñanza: La investigación

Cómo aprenden los niños

Dorothy H. Cohen

Biblioteca del Normalista

sep

Cohen, Dorothy H., "Las ciencias naturales", en *Cómo aprenden los niños*, 1a. ed., México, FCE/SEP (Biblioteca del Normalista), 1997, pp. 177-181.

LAS CIENCIAS NATURALES

Los conceptos básicos de las ciencias naturales son especialmente accesibles a los niños por la experiencia muy concreta que se aplica en los estudios sociales.

He aquí el informe sobre la manera en que una niña aprendió que pueden hacerse tintes a partir de fuentes naturales. Véase lo que se preocupó por los pasos específicos y prácticos que tenía que dar:

Cómo hacer tintes a base de arrayán

Primero, corto el arrayán en trocitos. Luego los dejo en agua durante un día y medio. Los hiervo y los dejo en el congelador durante un día. Luego la Sra. M. y yo los ponemos en una olla y hacemos hervir el tinte un poco más. Echamos un poco de tinte otra vez en una olla y pusimos un poco de lana con alumbre y lo hervimos. Una vez, puse cobre en el teñido. Y también le puse sosa.

Y he aquí las preguntas planteadas por una clase de segundo grado, que tenía una nueva víbora de jardín en un tanque. Véase cuán prácticas y objetivas son estas preguntas:

- ¿Cómo respira?
- ¿Cómo va al retrete?
- ¿Cómo se quita la piel?
- ¿De dónde saca su alimento?
- ¿Dónde vive?
- ¿Por qué se le llama víbora de jardín?
- ¿Cómo oyen las víboras?
- ¿Tienen dientes las víboras?
- ¿Cómo se mueve?
- ¿Cómo trepa?
- ¿Cómo tiene un bebé la víbora?
- ¿Cambian de color las víboras?

- ¿Cómo se casan las víboras?
- ¿Cómo se estiran?
- ¿Cómo besan las víboras?
- ¿Cómo comen las víboras?
- ¿Cómo se protegen?

El importante concepto de un ciclo vital fue estudiado por una clase urbana de primer año, cuya maestra estaba consciente de que los niños de seis y siete años son capaces de comprender qué es un ciclo vital, porque ya han pasado por preguntas preliminares acerca del nacimiento y la muerte, en una edad previa. Sin embargo, para que la enseñanza sea significativa, se debe ver todo un ciclo dentro de un plazo que los niños puedan abarcar, lo que no es posible que el niño vea en el ciclo vital humano. La maestra impulsó el estudio llevando al aula, en septiembre, algunas ramas con hojas que contenían huevos de mariposa monarca. La maestra sabía que podía confiarse en que se abrieran en un medio cerrado. Animó a los niños a que trataran de adivinar qué eran las minúsculas bolas blancas que había en las hojas. Sólo hubo que aguardar unos pocos días antes de que todos vieran aparecer uno o más minúsculos gusanos; las conjeturas fueron un desafío que no se volvió muy angustioso. Los niños adivinaron que las minúsculas bolas blancas podían ser huevos. Al aparecer los gusanitos, causaron una tempestad de preguntas y comentarios, que enviaron corriendo a los niños en busca de libros y fotos que la profesora había preparado con anticipación. Antes de que su interés se hubiese enfriado, los gusanos mudaron y empezaron a formarse las crisálidas. Mientras esperaban a que surgieran las mariposas, los niños no dejaron de hacer preguntas: ¿Qué comen las mariposas monarca? ¿De qué están hechas las crisálidas? ¿Qué ocurre dentro de las crisálidas? ¿Volarán las pequeñas mariposas en cuanto salgan? ¿Cuánto tiempo vivirán?

Los niños llevaron un registro de lo que observaban, al paso de los días, pero la búsqueda de información también continuó por medio de libros, discusiones, escritos y cálculos matemáticos. Con el tiempo, aprendieron a identificar y a comprender los hechos que habían observado como etapas del ciclo vital de una mariposa. Su propia historia, desarrollada por todo el gru-

po y registrada por la maestra, es más vívida de lo que pudiera ser ninguna descripción de alguien ajeno al grupo:

Éranse que se eran 13 huevos de gusano. Los tuvimos dos días. Por último, se abrieron. Rita los vio porque fuimos a casa al mediodía, pues era un día corto. Stevie se fue a casa a las 2, y Rita se quedó hasta las 3.

Rita dijo: "¿Puedo ver los huevos por última vez antes de irme a casa?"

Vio la cabeza de un minúsculo gusanito saliendo, con antenas en la cabeza.

El lunes los vimos todos los demás.

Cuando cumplieron 7 días cambiaron de color. Al principio eran blancos y negros; luego se volvieron amarillos.

Se hicieron más y más grandes, más grandes y más gordos. Comían mucho algodoncillo.

Pronto íbamos a tener 12 o 13 crisálidas.

Cuando salgan de sus crisálidas serán mariposas. Eso les llevará una semana.

Dimos algodoncillo a los gusanos durante tres semanas y cuatro días.

Nos preocupamos un poco después de dos semanas, porque no habían hecho sus crisálidas.

Los alimentamos y los alimentamos. Era difícil encontrar algodoncillo a causa del clima seco.

Por último, hoy, 14 de octubre, dos gusanos están haciendo sus crisálidas.

Nos pusimos felices porque finalmente teníamos 2 crisálidas. Luego, tuvimos una tercera.

Las crisálidas parecen cera verde. Parece que al tacto serían pegajosas. Eran bonitas. Las manchas doradas formaban un dibujo que brillaba.

Jeanie dice que cuando el gusano se colgó en forma de J, ella no pudo esperar más a ver las crisálidas.

Sólo tuvimos que esperar al día siguiente.

Observábamos las crisálidas cada día.

Del verde cambiaron al verde azulado.

De pronto, un día pudimos ver el ala de una mariposa a través de la crisálida.

Ese mismo día salió una mariposa.

Cuando fuimos al techo a las 10:15 había una crisálida negra. Cuando bajamos del techo, a las 11:15, teníamos una mariposa monarca.

Todos la rodeamos. Fuimos directo a la canasta. Ni siquiera nos lavamos las manos. Había una mariposa de colores anaranjado y negro. Los colores del *Halloween*.

Ahora, las crisálidas vacías parecían una bolsa de plástico.

No tenía aún bastante fuerza para hacer nada más que secarse las alas.

No pudimos sujetarla hasta que llegó la señorita Gray.

Ella nos dice todo acerca de los insectos, y nos muestra transparencias sobre insectos.

Vimos salir a la última mariposa. Primero sacó las patas traseras de la crisálida. Luego, la abertura se hizo mayor.

Al principio, parecía una abeja. Cuando la crisálida estaba rompiéndose, salió la mariposa. Tenía las alas plegadas, arrugadas. Luego, la mariposa empezó a secarse las alas y a revolotear.

Voló a una rama y aleteó. Era de colores negro, anaranjado y blanco. Era hermosa.

Al día siguiente la señorita Gray llegó y marcó con una banda dos de nuestras mariposas. Nos enseñó cómo alimentarlas después de ponerles una banda.

Teníamos un macho y dos hembras.

El viernes por la tarde, una de las mariposas que llevaban la banda voló por la ventana. Fue una suerte que fuera la marcada, y las otras dos murieron poco después. Voló cuando la estábamos alimentando. Tuvimos suerte de que los huevos empollaran.

Tuvimos suerte de que las mariposas salieran de las crisálidas.

Tuvimos verdadera suerte de que fuera la mariposa marcada la que volara por la ventana.

LA INTERACCIÓN DEL GRUPO

En los proyectos de trabajo descritos fue muy importante la forma en que los niños se relacionaron entre sí mientras intentaban comprender las relaciones que hay en el mundo exterior. Casi listos para la vida en grupo —en realidad, ya luchando con la interacción entre compañeros de grupo—, los niños de primer grado son capaces de auténtica camaradería y espíritu de grupo, pese a sus ansiosos comienzos.

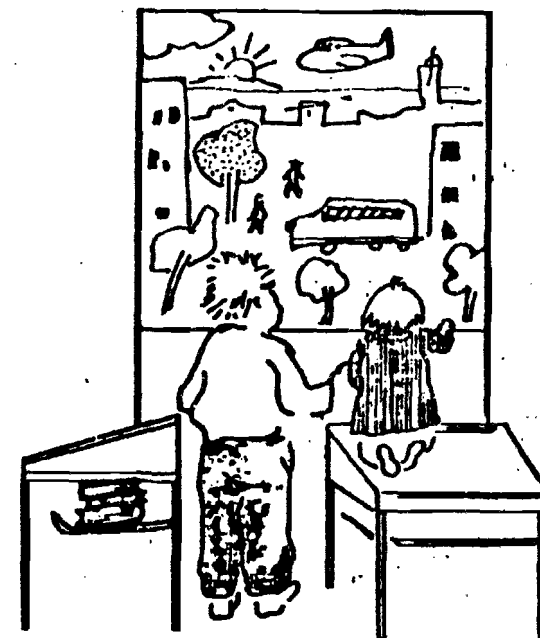
Entre ellos, los niños exploran a la vez los aspectos competitivos y cooperativos de toda relación. Apartando las implicaciones sociales o emotivas obvias de tal interacción, ésta es una con-

tribución potencial a la calidad de la vida intelectual, cuando es debidamente encauzada en torno de un contenido interesante. La inclinación hacia la vida de grupo, y activa característica de los niños de esta edad en conjunto, háce posible que hasta niños de primer grado aprendan a pensar y a planear colectivamente, aunque es necesaria la guía del adulto para el desarrollo de esta inclinación natural. Los niños, cada vez más sensibles a los modos del mundo adulto y volviéndose cada vez más capaces de ver las relaciones de las partes con el todo, pueden captar conceptos significativos y acumular muchos conocimientos específicos mientras satisfacen sus necesidades sociales y emocionales. Pero el programa escolar debe ser verdaderamente apropiado en contenido y estilo para esta etapa de desarrollo.

2

Aprender investigando

*Una propuesta metodológica
basada en la investigación*



**J. Eduardo García
Francisco F. García**

García, J. Eduardo y Francisco F. García, "¿Por qué investigar en el aula?", en *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*, 3ª ed., Sevilla, Díada editora (Investigación y Enseñanza, Serie práctica, núm. 2), 1995, pp. 10-18.

Colección:
Investigación y enseñanza



DÍADA
editora
061

2. ¿Por qué investigar en el aula ?

2.1. Una propuesta de actuación en el aula basada en el tratamiento de problemas

En nuestra actividad cotidiana nos enfrentamos tanto a situaciones conocidas, en las que actuamos de manera "automática", como a situaciones que, por su novedad, requieren una respuesta mucho más elaborada. Utilizaremos el término "problema" para designar a ese segundo tipo de situaciones en las que predomina la incertidumbre respecto a cómo debemos actuar, de forma que nos vemos obligados a utilizar un tratamiento distinto a la mera aplicación de un procedimiento rutinario.

Si admitimos que nuestras concepciones sobre la realidad evolucionan en la medida en que procesamos información nueva, resulta evidente que la resolución de problemas tiene gran importancia para el conocimiento y la intervención en esa realidad. En efecto, todo problema da lugar a la formación, a partir de las concepciones preexistentes, de nuevas concepciones más acordes con las circunstancias planteadas. En ese sentido, podríamos decir que aprendemos en cuanto que resolvemos los problemas que se originan en un entorno siempre diverso y cambiante.

Aun más, parece que el ser humano no sólo se adapta bien y aprende de la novedad, sino que además presenta una marcada tendencia a buscarla. La curiosidad, las conductas exploratorias, la indagación de lo desconocido, están presentes en la acción humana, conformando una actitud activa que nos sitúa continuamente ante situaciones-problema. Por ello, habría que considerar que no sólo es importante la resolución del problema sino también los aspectos relativos a la búsqueda y reconoci-

miento del mismo. Dado que el término "resolución" obvia esos aspectos y presupone que todo problema ha de tener forzosamente solución, preferimos unas denominaciones menos finalistas y más centradas en el proceso: tratar, enfrentar, trabajar con problemas. En definitiva, se trata de no primar el producto del proceso sino el proceso mismo, pues interesa más la dinamización de las ideas referidas a la temática del problema que el llegar a una determinada solución.

De hecho, el cuestionamiento de nuestras propias concepciones comienza cuando reconocemos una situación como problema. Así, hay muchas situaciones que, por su cotidianeidad, no ponen en juego nuestras ideas sobre la naturaleza de las cosas, y, sin embargo, a partir de ellas, podrían plantearse problemas. Es el caso, por ejemplo, del distinto comportamiento del azúcar y del aceite frente al agua. El simple hecho de preguntarnos: ¿por qué "desaparece" el azúcar y no el aceite? puede movilizar nuestras ideas respecto de conceptos como la naturaleza de la materia, la disolución de un compuesto químico, las propiedades físico-químicas de los objetos, los enlaces químicos, etc.

Vemos, por tanto, que el trabajo con problemas es un proceso complejo, que comprende distintos momentos: la exploración de nuestro entorno, el reconocimiento de una situación como problema, la formulación más precisa del mismo, la puesta en marcha de un conjunto de actividades para su resolución, la frecuente reestructuración de las concepciones implicadas, la posible consecución de una respuesta al problema, etc. Creemos que el término investigación es el más apropiado para designar al conjunto de esos procesos. Dado que ese término presenta muy diversos significados, conviene aclarar en qué sentido lo utilizamos. La investigación, como estrategia de formulación y tratamiento de problemas, sería pues, una estrategia de conocimiento y actuación en la realidad propia del comportamiento de nuestra especie, común al conjunto de la población humana y

2.2. Investigación y construcción del conocimiento

¿Cómo aprende el alumno? Hoy se admite, de forma generalizada, que el aprendizaje es un proceso constructivo, entendiendo por tal aquel proceso en el que se adquieren nuevos conocimientos mediante la interacción de las estructuras presentes en el individuo con la nueva información que le llega; de forma que los nuevos datos, en cuanto que se articulan con la información preexistente, adquieren un sentido y un significado para el sujeto que aprende. Así, el saber se construye a través de

CONOCIMIENTO COTIDIANO	CONOCIMIENTO CIENTÍFICO
Centrado en problemas relevantes para cada sujeto concreto (subjetividad, superficialidad, intereses personales). La función del saber es resolver los problemas cotidianos.	Centrado en la investigación sistemática y "distançada" de la realidad. La función básica es la descripción y explicación de esa realidad.
Actividad intelectual, común y cotidiana, poco organizada y asistemática. El saber está ligado a la acción.	Actividad organizada y sistemática. Saber organizado en cuerpos de conocimiento y más ligado a la reflexión.
Admite las contradicciones internas y la diversidad de opiniones sin más. Coherencia "psicológica" del saber.	Necesidad de superar las contradicciones y de llegar al "consenso" entre los científicos. Se busca una coherencia "lógica" del saber.
Conceptos ambiguos y poco definidos (se asumen unos conceptos prototípicos propios de cada sociedad concreta).	Conceptos más claramente definidos que responden al sentir de la comunidad de científicos.
No hay una comprobación sistemática de las creencias.	Se intenta que las creencias puedan ser verificables y verificadas.
Los métodos y estrategias responden a procesos cognitivos comunes a todos los individuos. Investigación entendida en sentido amplio.	Métodos y estrategias propias de cada comunidad de científicos. Investigación científica.

Figura. 2. Aproximación de las concepciones del alumno al saber científico: comparación del conocimiento cotidiano con el conocimiento científico

la reestructuración activa y continua de la Interpretación que se tiene del mundo. A este aprendizaje, opuesto al tradicional aprendizaje "memorístico", le llamamos *aprendizaje significativo* (3) (ver apartado 5).

Desde esa perspectiva, cualquier situación novedosa puede iniciar una reelaboración de las ideas del individuo y dar lugar a construcción de conocimiento. En efecto, cuando el alumno se enfrenta a un problema intenta afrontarlo con las concepciones que tiene en ese momento. Si esas concepciones no le sirven para interpretar la situación ni para elaborar estrategias de actuación se darán las condiciones idóneas para iniciar un proceso de reestructuración, en el que posiblemente cambien sus ideas respecto de la temática presente en el problema.

Por tanto, el tratamiento de problemas propicia el aprendizaje significativo en la medida en que:

- Facilita que se expliciten y pongan a prueba las concepciones del alumno implicadas en la situación-problema.
- Fuerza la interacción de esas concepciones con otras informaciones procedentes de su entorno físico y social.
- Posibilita el que, en esa interacción, se reestructuren las concepciones del alumno.
- Favorece la reflexión sobre el propio aprendizaje y la evaluación de las estrategias utilizadas y de los resultados obtenidos.

Es evidente que esas potencialidades pueden traducirse en unas ciertas pautas metodológicas y en una determinada forma de intervenir en clase, aspectos que desarrollaremos extensamente en el apartado 3.

Pero ¿es el aprendizaje un proceso puramente individual? Hasta ahora hemos hablado del aprendizaje como si fuera únicamente un proceso individual. Sin embargo, si asumimos que

es la interacción con otras informaciones la que permite la reestructuración de las concepciones del alumno, resulta indudable la importancia que tiene en el aprendizaje la comunicación social. Por ello, nos unimos a la opinión, mantenida por muchos psicólogos y didactas, de que se aprende en cuanto que se establece un *conocimiento compartido* (4), una comprensión conjunta de la temática trabajada y del contexto en que se elabora dicha temática. El núcleo básico del aprendizaje escolar se sitúa en el intercambio de información entre los individuos que conviven en el aula y en la construcción colectiva de los significados, de manera que es en la relación del alumno con el profesor o con sus compañeros donde se genera el aprendizaje.

Este postulado resulta coherente con los planteamientos de la *investigación en el aula*, pues toda investigación supone un trabajo en equipo, una búsqueda de nuevas aportaciones, un debate continuo de las hipótesis propuestas, etc. (ver también el apartado 5).

2.3. La investigación como principio didáctico

La introducción de la investigación del alumno en el medio escolar es coherente con toda una tradición pedagógica centrada en el papel activo del niño en su propio aprendizaje (Rousseau, Pestalozzi, Dewey, Claparède, Freinet...) y con aportaciones más recientes de las ciencias relacionadas con la educación. De ahí que entendamos que la investigación en el aula se refiere no sólo a unas estrategias concretas de enseñanza sino, sobre todo, a una cierta manera global de enfocar los procesos de enseñanza-aprendizaje caracterizada por:

- Reconocer la importancia de la actitud exploradora y curiosa, así como del componente espontáneo en el aprendizaje humano.

- Ser compatible y adecuada con una concepción constructivista de la adquisición del conocimiento.
- Incorporar las aportaciones psicopsicológicas relativas a la relevancia de la interacción social en el aprendizaje escolar y a la necesidad de facilitar los procesos comunicativos en el aula.
- Proporcionar un ámbito especialmente adecuado para el fomento de la autonomía y la creatividad.
- Propiciar el uso didáctico de las concepciones del alumno.
- Dar un nuevo contenido a las metodologías consideradas, hasta ahora, genéricamente, como "activas".
- Ser especialmente coherente con los postulados de la Educación Ambiental, dotando de mayores posibilidades didácticas a la "investigación del medio".

Vemos, por tanto, que la investigación en el aula afecta al conjunto de la intervención educativa, pudiéndose equiparar a uno de esos *principios didácticos* que, en la tradición pedagógica, sirven como resumen y síntesis de toda una concepción de la educación. Como tal principio, la investigación orientaría la toma de decisiones en el aula, proporcionando coherencia a la labor del enseñante. En la figura 3 concretamos el carácter organizador de la investigación respecto a otros principios didácticos y respecto a otros componentes curriculares.

En resumen, creemos que la investigación en el aula define tanto una metodología de trabajo (ver apartado 3) como un marco teórico (*modelo didáctico*) para la actuación que integra las aportaciones de la psicología constructivista con una concepción compleja de la realidad educativa (ver apartado 6).



Figura 3. La investigación como principio didáctico vertebrador de la acción educativa

2

Aprender investigando

*Una propuesta metodológica
basada en la investigación*



**J. Eduardo García
Francisco F. García**

García, J. Eduardo y Francisco F. García, "El desarrollo del proceso de investigación", "Partir de problemas", "Contar con las concepciones de los alumnos", "Trabajar con nuevas informaciones" y "Elaborar conclusiones", en *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*, 3ª ed., Sevilla, Díada editora (Investigación y Enseñanza, Serie práctica, núm. 2), 1995, pp. 28-53.

Colección:
Investigación y enseñanza

 **DÍADA**
editora

067

3.2. El desarrollo del proceso de investigación

Todo lo que un profesor programa para desarrollar posteriormente, a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje, y, por tanto, todo lo que "ocurre" en dicho proceso puede reducirse, en último término, a *actividades*. En este sentido se puede decir que la actividad, como materialización del diseño curricular, es la unidad de programación y que una metodología, en definitiva, se plasma en una determinada secuencia de actividades con una peculiar orientación.

Frecuentemente se identifica el término "actividades" con lo que hace el alumno (por lo general, además, con una connotación de actividad externa, manipulativa) y no con lo que hace el profesor, olvidándose que intervenciones características del profesor como introducir una temática, realizar una explicación, comentar un texto o recapitular conclusiones son tan actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje como la resolución por los alumnos de un cuestionario en grupo, las intervenciones individuales en un debate o la presentación de conclusiones de un trabajo realizado.

Cada actividad presenta una serie de características (5) y tiene, por tanto, sus objetivos, versa sobre determinados contenidos, contempla técnicas de trabajo concretas, se estructura y temporaliza de una forma determinada, etc. Pero, por encima de la perspectiva de cada actividad, es necesario, desde la metodología propuesta, contar con criterios (coherencia, flexibilidad, vinculación con los intereses de los alumnos, organización "en espiral" de los contenidos....) para realizar una selección adecuada de actividades y para establecer la oportuna secuenciación de la mismas.

En definitiva, la organización y secuenciación de actividades debe responder a un modelo no lineal sino interactivo, en co-

respondencia con las características del proceso de construcción del conocimiento. Y, precisamente, el interés fundamental del empleo de una metodología investigativa se halla en que proporciona un marco referencial para la organización y secuenciación de actividades que facilita y potencia los procesos de construcción de conocimientos en los alumnos. En consonancia con esos procesos podemos distinguir, en la aplicación de una metodología investigativa, tres momentos en cuanto a la programación de actividades:

- Actividades que se refieren a la búsqueda, reconocimiento, selección y formulación del problema.
- Actividades que posibilitan la "resolución" del problema mediante la interacción entre las concepciones del alumno, puestas de manifiesto por el problema, y la información nueva procedente de otras fuentes.
- Actividades que facilitan la recapitulación del trabajo realizado, la elaboración de conclusiones y la expresión de los resultados obtenidos.

Conforme a ese esquema general, analizaremos los diversos pasos o pautas que pueden contemplarse en el desarrollo de una metodología investigativa, no tratándose tanto de una secuencia de diferentes fases sino de la caracterización de los "momentos" que constituyen el proceso.

3.3. Partir de problemas

El punto de partida del proceso de enseñanza-aprendizaje ha de ser la asunción, por parte del alumno, de la temática a trabajar como auténtico "objeto de estudio", es decir, como algo que le interese realmente, que estimule en él actitudes de curiosidad (en un sentido amplio) y que tenga potencialidad para desencadenar un proceso que desemboque, en último término, en

la construcción de nuevos conocimientos. Una metodología de carácter investigativo tiene que contemplar, por tanto, como pauta inicial de la secuencia de actividades, el interesar al alumno en el objeto de estudio, es decir, en el problema. Plantear la secuencia de aprendizaje a partir de problemas tiene las siguientes ventajas:

- Es un mecanismo eficaz para interesar al alumno en la temática a trabajar dando sentido, desde el comienzo, a la secuencia de actividades.
- Posibilita la explicitación y el cuestionamiento de las concepciones de los alumnos acerca de la citada temática, iniciando, así, el proceso de reestructuración de esas concepciones.
- Evita partir de planteamientos academicistas, demasiado abstractos, generalmente, para los alumnos, propiciando la adecuación de las propuestas de estudio al nivel intelectual y a las características de los mismos.

Partir de problemas constituye, pues, un paso decisivo en la metodología. Pero *¿qué entendemos por "problema"*. En términos sencillos -y según se expuso más ampliamente en el apartado 2- podemos considerar como "problema" algo (un hecho, una situación, un planteamiento...) que no puede resolverse automáticamente mediante los mecanismos que normalmente utilizamos, sino que exige la movilización de diversos recursos intelectuales.

El problema no tiene por qué ser una pregunta explícitamente formulada (aunque, en último término, siempre sería reductible a alguna modalidad de pregunta) sino que puede ser una situación novedosa que estimula la curiosidad "científica", un conjunto de datos difíciles de casar con conclusiones anteriores y que, por ello, obliga a buscar mecanismos de reajuste o de compatibilización, o un simple acontecimiento con características ta-

les que presente dificultades para integrarse, por los mecanismos habituales, en la experiencia cotidiana de los alumnos. En la figura 7 se presentan distintas formas de plantear un problema.

1

Dos cuerpos que presentan distintas temperaturas se ponen en contacto. ¿Qué ocurrirá con sus temperaturas?

2

Las plantas verdes realizan la fotosíntesis durante el día y respiran solamente por la noche.

☐ VERDADERO
 ☐ FALSO

3

Un alumno curioso realizó la siguiente experiencia. A comienzos de curso sembró una semilla en una maceta. El peso de la semilla era de 5 gr. y de 3,452 kgr. el de la tierra de la maceta. Observó y midió la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta a lo largo de todo el curso. Con una tapa impidió todo traspase de materiales entre el exterior y la planta, excepto agua que añadía periódicamente (30 litros en total). Obtuvo los siguientes pesos finales:

Peso de la planta viva 1,635 kgr.
 Peso de la planta seca 0,563 kgr.
 Peso de la tierra 3,351 kgr.

Partiendo de esos datos. ¿Cómo podrías explicar el crecimiento de la planta?

4

CLINTON CALIFICA EL ACTO EN LA CASA BLANCA DE MOMENTO HISTÓRICO

Un apretón de manos entre Rabin y Arafat abre la esperanza de paz en Palestina

Simón Peres y Mahmud Abbas firman el acuerdo para la autonomía de la franja de Gaza y Jericó

El primer ministro israelí, Yitzhak Rabin, y el líder de la Organización para la Liberación de Palestina (OLP), Yasser Arafat, se estrecharon la mano en la Casa Blanca el viernes 13 de septiembre de 1993, tras la firma del acuerdo de paz. El momento fue capturado por los medios de comunicación y se convirtió en un símbolo de la esperanza de paz en el Medio Oriente.

Figura 7. A través de distintos casos se ejemplifican diversas formas de presentación de un problema. El problema 1 se plantea como una pregunta abierta, el 2 como un enunciado que exige una respuesta cerrada, el 3 parte de unos datos empíricos y se apoya en un gráfico, el 4 parte de una noticia que supone un fuerte contraste con el conocimiento anterior.

El problema tampoco debe proponerse sólo como una situación inicial, sino que debe considerarse a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, de forma que las características de dificultad, inadecuación a las ideas anteriores, estímulo de la curiosidad, etc., inherentes al problema, han de mantenerse -y aun reforzarse- a lo largo del trabajo posterior. En este sentido, se puede decir que el problema es "un proceso", que se va desarrollando, reformulando y diversificando (dando lugar a nuevos problemas posibles) de forma paralela al propio proceso de aplicación de la metodología. ¿Es necesario traer a colación, una vez más, la afirmación de que un problema bien planteado -lo que suele ocurrir más bien al final del proceso- es ya "una solución?"

En relación con esto hay que precisar que partir de un problema no implica, automáticamente, elaborar al final la solución correcta del mismo. En primer lugar, habría que establecer que no siempre existe una única y correcta solución para el problema, pero, en cualquier caso, tiene mayor interés didáctico -y ésa es una de las claves de esta metodología- "trabajar" con el problema antes que buscar la "solución" como si de un acertijo o rompecabezas se tratase. Trabajar con problemas es, pues, un proceso intelectual complejo, que ofrece multitud de posibilidades de aprendizaje y de encadenamiento de nuevas cuestiones, de forma que, en torno al eje que constituye el tratamiento del problema, se articulan nuevos problemas y nuevas temáticas que puedan guiar el proceso de aprendizaje del alumno. La figura 8 ejemplifica un caso concreto de "ramificación" de un problema.

¿Quién plantea el problema? Lo fundamental es que el problema sea asumido como tal por los alumnos y, en ese sentido, resulta realmente secundario el hecho de que también el planteamiento, o la formulación, proceda de los propios alumnos. Ello dependerá del nivel de enseñanza, de las características de la materia y de otras circunstancias.

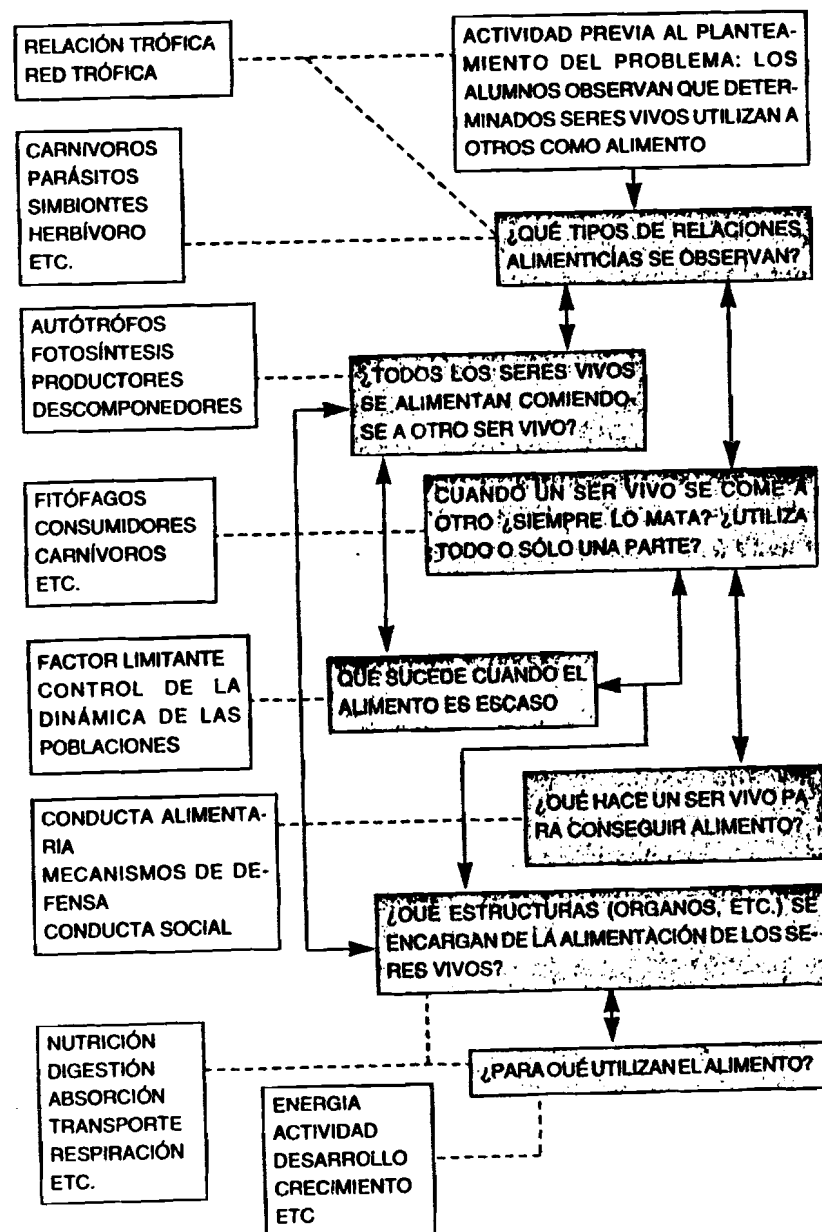


Figura 8. Diferentes problemas articulados en torno a la idea de la relación alimenticia. Se indican también algunos conceptos relacionados.

De hecho, los problemas pueden ser planteados por el profesor o por los alumnos (individualmente o en grupos), o bien surgir de una investigación anterior. En cualquier caso, algún tipo de actividad inicial, introductoria o desencadenante (y, siempre, motivadora) puede facilitar el abordaje de la temática de estudio y ofrecer una situación propicia para el planteamiento de problemas, especialmente por parte de los alumnos (al respecto, remitimos a los dos casos prácticos del apartado 4).

Así, determinadas actividades de exploración del entorno (por ejemplo, una salida al campo o un paseo por la ciudad), determinados centros de interés (el huerto escolar, el mantenimiento de animales vivos en el aula, la elaboración de un periódico escolar, la construcción de un juguete, etc.) y, en general, todas aquellas actividades que, sin tener unos objetivos educativos estrictamente especificados, sirven para detectar y ampliar el campo de intereses de los alumnos constituyen una fuente fecunda de problemas a investigar. En la figura 9 esquematizamos los diferentes aspectos relacionados con el planteamiento del problema.

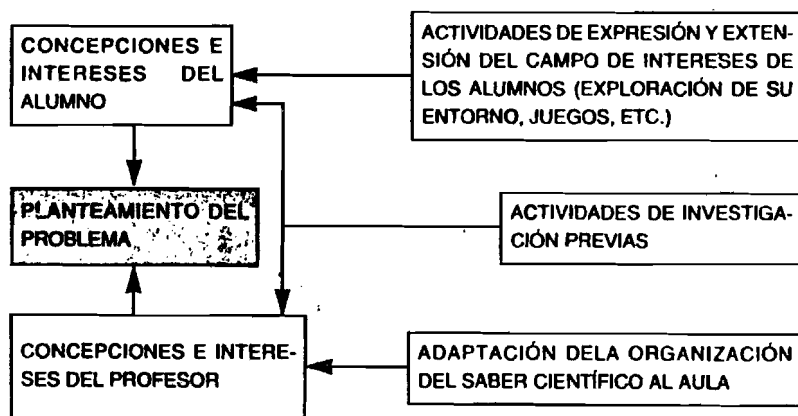


Figura 9. Aspectos relacionados con el planteamiento del problema.

No hay que perder de vista, por otra parte, que el que algo sea o no "problema" es una cuestión relativa, ya que determinadas situaciones novedosas, informaciones sorprendentes o planteamientos supuestamente motivadores llegarán a ser asumidos como "cuestión problemática" por un colectivo determinado (en este caso, el grupo de alumnos) en función de las concepciones predominantes en dicho grupo, del contexto en que se plantea el supuesto problema y de la motivación existente. Incluso un problema correctamente formulado, y muy interesante en determinado contexto, puede no constituir una situación-problema para otro grupo, bien porque resulta algo excesivamente familiar o porque no hay ningún tipo de motivación o porque el planteamiento no propicia la curiosidad investigativa.

Así, por ejemplo, preguntarse por el carácter y la distribución de las funciones de una ciudad puede resultar, en principio (sin el apoyo de alguna actividad de aproximación o conexión), alejado de los intereses y concepciones de alumnos del medio rural, o bien plantearse qué pasa con el dinero que uno entrega al tendero al comprar un producto pudiera ser irrelevante para alumnos adolescentes, mientras que quizás despertaría la curiosidad en alumnos del ciclo inicial o medio.

¿Debe el profesor contribuir a centrar el problema? El profesor puede proponer o sugerir problemas y cuestiones para estudiar y, en cualquier caso, debe centrar el problema seleccionado (en caso de que ello no haya ocurrido) y contribuir a una formulación que facilite el trabajo con el mismo. Al centrar el problema el profesor garantiza la conexión con los supuestos básicos de la programación prevista para el nivel y materia de que se trate, en tanto que, propiciando una formulación adecuada, siente unas bases de partida más firmes para avanzar por el camino de la construcción de conocimientos. Ello, no obstante, sin perder de vista que el problema, de hecho, suele reformularse a lo largo del proceso de investigación (ver los comentarios relativos a un ejemplo concreto en el apartado 4.1.).

No hay que olvidar, a este respecto, que reconocer, plantear, formular problemas son destrezas que el alumno puede no poseer e incluso tardar en conseguir. En efecto, el alumno en su existencia cotidiana se enfrenta continuamente a "situaciones problemáticas" relacionadas con asuntos diversos y desarrolla estrategias propias para resolverlas -de hecho, así aprende-; pero no está acostumbrado a realizar lo mismo en el ámbito escolar, en el que suele reaccionar adoptando actitudes relativamente pasivas, en el convencimiento no sólo de que el profesor es la fuente de los conocimientos (entendidos como "soluciones" dadas, no como problemas para solucionar) sino de que mantener ese tipo de actitud le garantizará el éxito escolar (aprobar, en definitiva).

Por todo ello, habría que considerar como una meta a conseguir progresivamente el que el alumno sepa reconocer problemas, seleccionarlos, plantearlos y formularlos. Para facilitar ese aprendizaje habrá que ofrecerle ejemplos, pero, sobre todo, favorecer el que se ejerciten estas destrezas y propiciar la interacción entre lo que el alumno vaya consiguiendo por sí mismo y las orientaciones que el profesor le pueda proporcionar al respecto.

Como hemos, reiteradamente, manifestado, para que un problema sea asumido como tal por los alumnos tiene que hallarse relacionado, de alguna forma, con los intereses de dichos alumnos. *¿Cómo garantizar la conexión entre los problemas planteados y los intereses de los alumnos?* Esta cuestión nos remite al tema general (clave, por otra parte) de la motivación. Ante todo, habría que delimitar qué entendemos por "intereses" de los alumnos. Desde luego no son intereses las curiosidades puntuales, circunstanciales, que frecuentemente manifiestan los alumnos de forma espontánea o respondiendo, no muy reflexivamente, a la pregunta: ¿qué temas os gustaría estudiar? La experiencia demuestra que, por lo general, los alumnos responden condicionados, quizás no conscientemente, por determinados estímulos que les influyen fuertemente a través de los mecanis-

mos sociales que sirven de cauce a la información (televisión, mensajes transmitidos por el medio familiar o por la pandilla, etc.) y que determinan la aparición de temas como la droga, la delincuencia, el paro, las relaciones sexuales...

Y no es que estos temas no respondan a sus intereses, sino que existen multitud de otros temas (a veces incluso relacionados con los citados) que conectarían potencialmente con los intereses de los alumnos si se trabajara, desde el punto de vista didáctico, la ampliación del campo de motivación. Muchos temas aportados por las materias escolares seguramente llegarían a interesar a los alumnos si se abordaran con planteamientos estimulantes. Incluso temáticas convencionalmente consideradas como poco motivadoras o alejadas de los intereses de los alumnos podrían ser asumidas como problemas a través de determinadas estrategias, como, por ejemplo, mediante su integración en un proceso de trabajo sobre temáticas más amplias, para las que los alumnos sí pueden estar más motivados. Por otra parte, paradójicamente, esas temáticas que los alumnos suelen citar como centros de su interés casi nunca llegan a ser estudiadas en profundidad y de forma sistemática, quizás por pertenecer a ámbitos experienciales (relacionados con la educación para la salud, la educación para la convivencia, la educación sexual, la educación ambiental, etc.) y no integrarse fácilmente en los campos de las disciplinas escolares.

En definitiva, al plantear y seleccionar los problemas debe establecerse una interacción entre las propuestas estimulantes y sugestivas que pueda hacer el profesor y los intereses potenciales, latentes, de los alumnos, conectando esas propuestas con las inquietudes de éstos y tendiendo a la ampliación progresiva del primitivo campo de motivación del alumnado. En cualquier caso, trabajos sistemáticos de indagación acerca de los intereses de los alumnos ayudarían a los profesores a centrar el planteamiento de los problemas y a contextualizar más adecuadamente sus propuestas de enseñanza.

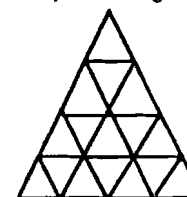
Es evidente que el profesor cuenta, como marco de referencia, con una programación determinada, pero en ella deben tener cabida diversidad de posibles problemas, que permitan trabajar las temáticas básicas contempladas en la programación. Ello nos lleva a una nueva cuestión.

¿Qué tipos de problemas seleccionar? Para responder a esta pregunta habría que tener en cuenta variables como el nivel de enseñanza, la materia, la programación prevista, etc. Efectivamente, puede haber problemas más generales o más concretos, de orden similar o jerarquizados, centrados en una única cuestión o ramificados, problemas abiertos que admiten diversidad de soluciones o problemas cerrados, con una única solución, problemas con relativamente pocas variables (frecuentes, por ejemplo, en el campo de la Física, de las Matemáticas o de la Lengua) y problemas complejos, con gran cantidad de variables, más frecuentes en Ciencias Naturales o en Ciencias Sociales. En la figura 10 se muestran diferentes tipos de problemas.

Los problemas no tienen por qué plantearse en el ámbito estricto de cada área, sino que pueden tener un planteamiento globalizador (el estudio de la contaminación por ejemplo) o bien referirse a procedimientos (cómo representar algo a escala, clasificar un conjunto de objetos...) o a actitudes (posicionamiento ante una situación conflictiva en la clase, valoración de determinados hechos sociales...). Además de las distinciones hechas, conviene tener en cuenta una división básica: hay problemas que son más propiamente de investigación y otros que más bien son de aplicación; los primeros obligan a poner en marcha un auténtico proceso, secuenciado, de búsqueda de respuestas; los segundos comportan más bien la aplicación, a una situación nueva, de conocimientos o procedimientos ya asumidos. Aunque este segundo tipo de problemas también se puede utilizar en la metodología investigativa, es el primer tipo el que responde más ajustadamente a la caracterización de lo que es un problema (o situación problemática) realizada al comienzo de este apartado.

MATEMÁTICAS

1. En tres bandejas colocamos semillas para que germinen. En la 1ª colocamos 30 y germinan 18; en la 2ª colocamos 53 y germinan 27; en la 3ª colocamos 40 y germinan 22. ¿En cuál de las bandejas ha tenido más éxito la germinación?
2. Esta es la red de tráfico de un barrio. Pero están sin indicar los sentidos de tráfico permitidos y los no autorizados. Hazlo de manera que se cumplan las siguientes condiciones:



- a) Todo vértice debe ser accesible desde cualquier otro.
- b) La longitud total de tramos con doble sentido ha de ser la menor posible.

SOCIALES

3. ¿A qué se deben las subidas periódicas de los precios de la gasolina?
4. ¿Qué le "ocurre" al "trigo" desde que se cosecha hasta que llega a tus manos en forma de pan? ¿Cómo se desarrolla ese proceso de transformación?
5. ¿Qué tiene que "pasar" (qué pasos se dan) en este país (o en tu pueblo o ciudad) para que se cambie una ley o para que se ponga en práctica un nuevo impuesto?
6. ¿Cómo solucionarías el conflicto provocado por la contaminación de la ría de Huelva?

NATURALEZA

7. A medida que subimos por la ladera de una montaña nos vamos encontrando distintos tipos de vegetación. Comenta ese hecho.
8. En un trabajo de clase un niño escribe lo siguiente: "El bebé está en una bolsa dentro de la barriga de la madre y empieza a crecer cuando el espermatozoides del padre entra en la bolsa y le da vida". ¿Estás de acuerdo con ese niño?
9. ¿De qué dependerá la altura que alcanza una pelota cuando la lanzamos hacia arriba?

EXPRESIÓN

10. ¿Qué diferencias existen entre la manera de hablar de los andaluces y la manera de hablar de los madrileños? ¿A qué crees que se deben esas diferencias?
11. Formas parte de un jurado que va a seleccionar el mejor cartel para las jornadas culturales de tu centro. ¿A qué aspectos le darías mayor importancia a la hora de puntuar cada obra? ¿Por qué?

Figura 10. Diversos ejemplos de problemas relativos a distintas áreas del saber.

Como norma general, se puede decir que no es conveniente plantearse, a la vez, muchos problemas y/o muy diversos, pues ello dispersaría la línea de investigación elegida y dificultaría el proceso de construcción de conocimientos.

En último término la selección del número y tipo de problemas ha de realizarse en un nivel de concreción de la programación al que nos referimos posteriormente mediante ejemplos concretos.

Concluamos destacando la idea de que vale la pena dedicar tiempo y energías, desde la perspectiva de esta metodología, a plantear y seleccionar problemas, pues ello será un firme apoyo para el desarrollo posterior de la secuencia de actividades y garantizará, en gran parte, la consecución de los objetivos buscados a través de la aplicación de la metodología investigativa. En el apartado 4 se ejemplifica, en dos casos prácticos, el planteamiento y el trabajo con problemas.

3.4. Contar con las concepciones de los alumnos

Si se toma como referencia una concepción constructivista del aprendizaje hay que admitir que éste se produce por interacción entre el conocimiento de que dispone el alumno y las nuevas informaciones que le llegan (según se expuso más ampliamente en el apartado 2). Ello obliga a considerar las concepciones de los alumnos no como "conocimiento erróneo" (por el hecho de que no se ajuste a lo que se considera correcto, desde el punto de vista científico) sino como bases o puntos de engarce sobre los que se irán construyendo los nuevos conocimientos.

Pero ¿tienen realmente los alumnos concepciones propias acerca de las materias escolares? Se suele admitir la existencia

de concepciones en los alumnos acerca de asuntos con los que están más familiarizados, pero hay quienes se resisten a aceptar que esos alumnos tengan concepciones más o menos elaboradas sobre contenidos académicos, como, por ejemplo, sobre Matemáticas, Historia, Idiomas, Ciencias Naturales...

Y, sin embargo, si se indaga un poco, se llega a la conclusión de dicha existencia. Así, por ejemplo, los alumnos tienen determinadas concepciones globales del espacio, mapas mentales de las partes de una ciudad, interpretaciones personales de lo que es una escala y su aplicación a la realidad..., lo cual influye de forma directa en aprendizajes de tipo geográfico, matemático..., e indirectamente en muchos otros aprendizajes.

También tienen los alumnos sus concepciones acerca de cómo funciona una sociedad (actual o histórica) y sobre por qué cambian las sociedades. Así, por ejemplo, suelen creer que un sistema político es sustituido por otro cuando los gobernados están hartos y no pueden soportar el sistema primero o que la Historia cambia decisivamente gracias a la intervención de los grandes hombres (sean políticos, artistas o inventores...).

En el campo de las Ciencias de la Naturaleza son bien conocidas muchas de las concepciones que presentan los alumnos. Así, para ciertos alumnos se identifica la vida con movimiento o con actividad, para algunos la naturaleza es algo que no cambia con el tiempo, para otros sólo hay relaciones de causa-efecto y son incapaces de ver interacciones, etc. (6).

Los alumnos suelen tener también concepciones referidas a las Matemáticas, el Lenguaje, etc. Es frecuente una concepción instrumentalista típica de las Matemáticas (que también suele darse en materias como Física y Química), consistente en aplicar, mecánicamente, determinadas fórmulas o algoritmos sin analizar previamente las variables del problema propuesto y sus posibles caminos de solución.

En Lengua, los alumnos suelen sobrevalorar la lengua escrita respecto de la hablada; acostumbran, asimismo, a identificar como lo "correcto" la norma que perciben, a través de los medios de comunicación o en la escuela, sin considerar en su adecuado contexto el habla local o regional, o, también, a concebir la lengua como algo estático. En cuanto a los idiomas extranjeros es característica la tendencia a "traducir" desde la propia lengua en vez de "construir" en términos del idioma en cuestión.

Algo similar podemos decir en cuanto a las concepciones dogmáticas acerca de los cánones estéticos o en cuanto a la asunción acrítica de las pautas morales establecidas en una sociedad.

En cualquier caso, como las concepciones de los alumnos, correspondientes a los diversos campos del conocimiento, se hallan interconectadas entre sí y jerarquizadas, constituyendo estructuras generales, las concepciones referidas a un determinado nivel y sobre un cierto aspecto repercuten en el conjunto del "edificio cognitivo" del individuo, lo que obliga aún más a tener en cuenta dichas concepciones.

Las concepciones que tienen los alumnos acerca de los diversos aspectos de las materias académicas difieren, pues, significativamente, de los contenidos de los programas escolares, con el agravante de que, además, suelen estar muy arraigadas en el individuo y ser muy resistentes al cambio (7). Esto no debe extrañarnos si se tiene en cuenta que los alumnos están integrados en un contexto que les obliga a dar respuestas y soluciones a multitud de problemas o cuestiones sobre los más diversos asuntos, por ejemplo, cómo se reproducen los animales (y las personas), por qué unas personas mandan y otras no, por qué sale y se pone el sol, por qué hace a veces frío y a veces calor, qué cosas son bonitas y cuáles feas (y a qué se debe el que se las considere así), cómo es posible que les parezcan mal a los padres cosas que les parecen bien a los amigos, por qué

hay que hablar "correctamente" en la escuela si en el ámbito de la pandilla uno se entiende con otro lenguaje (aunque sea considerado "incorrecto" por los profesores), etc. etc... Esas respuestas que los alumnos van dando a situaciones como las citadas van consolidando, poco a poco, concepciones sobre el mundo, formas (o esquemas) de proceder ante las situaciones, actitudes y valores determinados..., que son puestas en juego en el contexto escolar.

Y, sin embargo, lo más frecuente es que esto no sea tenido en cuenta a la hora de plantear y desarrollar el proceso de enseñanza, en la mayoría de los casos, por no prestarle suficiente atención, en otros, por no saber cómo enfrentarse al asunto.

En efecto, *¿qué hacer con las concepciones de los alumnos?* Ante todo, es necesario ayudar al alumno a explicitarlas, lo que permitirá, al mismo tiempo, que el profesor las vaya conociendo y obtenga una visión general de las más frecuentes y de las que más puedan incidir en el proceso de aprendizaje. La explicitación de las concepciones tiene grandes ventajas, no sólo para el profesor, como informaciones fundamentales para planificar estrategias de enseñanza, sino también para el alumno, que, al tener conciencia de sus propias concepciones, se pone en disposición de reflexionar sobre ellas y enfrentarlas con nuevas informaciones, lo que provocará su posible reestructuración y la construcción de nuevos conocimientos.

Pero *¿cómo hacer que el alumno explicita sus ideas previas?*, *¿cuándo es el momento más oportuno?* Es deseable que el profesor vaya indagando las concepciones a través del desarrollo normal de las actividades de enseñanza, mediante el análisis continuo de la producción de los alumnos y la observación en el aula; pero puede tener gran utilidad prever algunas actividades específicas de exploración, sobre todo al comienzo de una unidad o de un conjunto de unidades conectadas entre sí. Así, por ejemplo, se puede pasar algún tipo de encuesta o cuestio-

nario preparado al efecto, poner al alumno ante una situación novedosa dada y pedirle una solución o una aplicación (o simplemente su opinión) justificando lo que haga, pedir determinados dibujos, croquis o similares, tener una conversación preparada o entrevista (bien individualmente bien con pequeños grupos), etc. (7). Al respecto pueden verse los ejemplos planteados en el apartado 4.

La indagación individual de las concepciones puede ser complementada con la indagación en pequeño o gran grupo, mediante algunas de las técnicas citadas, sobre todo la entrevista o la "enseñanza socrática", basada en el diálogo profesor-alumnos que va estimulando el descubrimiento y la explicación.

En resumen, habría que combinar la aplicación de estrategias que faciliten la explicitación a lo largo de toda la secuencia de actividades con la contemplación de momentos especialmente adecuados para dicha explicitación, como pueden ser los de las actividades de presentación, iniciación o toma de contacto con una temática, así como también en los momentos en que se plantean hipótesis sobre los problemas que se van a trabajar.

Tras la explicitación de las concepciones se inicia la contrastación -que se desarrollará a lo largo de toda la secuencia de actividades- de las concepciones previas con las nuevas informaciones que se van generando, en un proceso continuado de reajuste cognitivo, que es, en definitiva, el proceso de construcción del conocimiento.

Un momento adecuado para establecer la conexión entre la explicitación de concepciones y el inicio de la contrastación es el del establecimiento de posibles hipótesis. Efectivamente, cuando se han planteado los problemas sobre los que se va a trabajar es normal que surjan, de forma espontánea -y el profesor debe propiciar su canalización-, intentos de dar respuestas a dichos problemas. Podemos decir que esos intentos son las hipótesis, es decir, las respuestas que, a modo de conjeturas, tienen los

alumnos al principio de la investigación, y que, por ello, suelen estar fundamentadas en sus concepciones anteriores sobre el tema.

¿Qué interés tiene establecer hipótesis? No se trata exactamente de emular las fases de una metodología experimental, sino más bien de que, ya que espontánea y casi automáticamente suelen surgir "respuestas" a las cuestiones planteadas, se propicie su expresión, lo que, además de facilitar la explicitación de las concepciones, serviría, asimismo, para establecer caminos por los que dirigir y canalizar el proceso de búsqueda de respuestas.

Se haga o no de manera formal y explícita, el establecimiento de hipótesis, o de "líneas de búsqueda", ayuda, pues, a situar y a dotar de sentido al cúmulo de actividades posteriores (trabajo con documentos, aportaciones del profesor, salidas de observación, experimentaciones concretas, etc.), frente a una enseñanza de tipo espontaneísta o activista, en la que el alumno no ve sentido a las actividades que se le proponen ya que no comprende a qué van dirigidas.

Como en el momento del planteamiento de problemas también nos podemos preguntar aquí: *¿quién formula o establece las hipótesis?* El que lo haga, individualmente, el alumno, tendrá la ventaja de facilitar la explicitación de las concepciones, tarea en la que el profesor debe aportar su ayuda. Pero también se puede hacer en pequeño grupo o partir de hipótesis ofrecidas por el profesor. Se trataría, en todo caso, de propiciar la interacción entre las hipótesis individuales, las de pequeños grupos y las que, en último término, pueda ofrecer el profesor.

En efecto, no siendo posible, en el desarrollo de la clase, tener en cuenta, puntualmente, todas las hipótesis individuales, se debe propiciar la interacción entre hipótesis -el trabajo en pequeño grupo es un primer paso útil-, tendente a concretar algunas que puedan servir de referencia real para el proceso de tra-

bajo. El profesor puede, en cualquier caso, elaborar modelos (tipos más frecuentes y relevantes) de hipótesis a partir de las expresadas por los alumnos (o bien, simplemente, a partir de las concepciones indagadas). Una vez que se establecen, por el mecanismo oportuno, algunas pocas hipótesis, cada alumno debe asumir alguna de las ofrecidas, que, a partir de ese momento, le sirve de guía en su proceso de trabajo. Es fundamental que esa hipótesis sea comprendida y asumida personalmente por el alumno; de lo contrario, se iniciaría un proceso de investigación ficticio.

A partir de aquí lo que habría que garantizar, desde la metodología, es someter a cuestionamiento estas "respuestas de partida", a lo largo de las actividades posteriores, mediante estrategias adecuadas. No se trata, insistimos, de validar, de forma convencional, las hipótesis, sino de propiciar la confrontación entre respuestas iniciales y nuevas informaciones, en orden a la elaboración de conclusiones finales, en definitiva, de nuevos conocimientos. Como ejemplificación de lo expuesto pueden verse los casos prácticos propuestos en el apartado 4.

3.5. Trabajar con nuevas informaciones

Definidas unas líneas de actuación que canalicen la construcción de respuestas a los problemas planteados, se inicia una fase de trabajo, larga, en la que interactúan gran diversidad de informaciones (contenidos, en definitiva) puestas en juego en el proceso de aprendizaje.

Se va desarrollando así el complejo proceso de reestructuración de conocimientos, que es, a la vez, el proceso de aprendizaje y el proceso de aplicación de la metodología (ver figura 11).

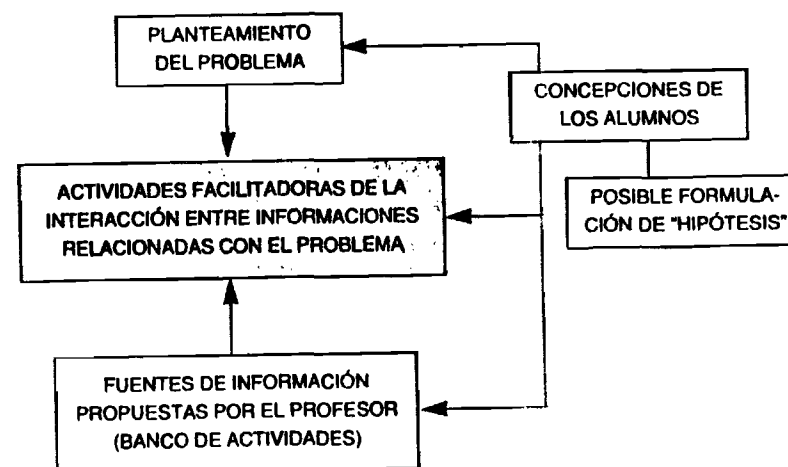


Figura 11. En el momento de la interacción, una vez explicitadas las ideas de los alumnos, comienza un intercambio de puntos de vista y una búsqueda de informaciones que posibilitan la reestructuración de esas ideas.

Estas informaciones proceden de fuentes muy diversas. En primer lugar, juegan un importante papel (como hemos venido destacando) las informaciones constituidas por los aprendizajes anteriores de los alumnos, base sobre la que se consolidarán los nuevos conocimientos. Así, por ejemplo, las ideas del alumno sobre su propio cuerpo (constitución, funcionamiento...), sobre la ciudad en que vive (partes, funcionamiento, problemas, valoraciones...), sobre la evolución de la sociedad (quiénes gobiernan y quiénes son gobernados, qué grupos sociales son importantes y por qué...), sobre la forma de "leer" y valorar una obra artística, sobre la aplicación, por costumbre, de determinadas estrategias matemáticas para resolver problemas reales, etc.

Otra fuente fundamental de informaciones es la propia realidad siconatural en que se desenvuelve el alumno. Así, el contacto directo con el medio constituye una valiosa fuente de información potencialmente significativa para el alumno, por la cantidad de experiencias que le ha proporcionado y proporciona en orden a la construcción de multitud de conocimientos que

luego van a estar implicados en los procesos de aprendizaje escolares. Además, el medio, especialmente el entorno próximo al alumno es un campo de obtención de nuevas informaciones para los propios procesos de aprendizajes escolares, pues ofrece multitud de posibilidades para el planteamiento de investigaciones -y, en cualquier caso, para la toma de datos- sobre aspectos como, por ejemplo, la construcción de edificios, el abastecimiento de las personas que viven en la ciudad, el destino y repercusiones de los residuos de la industria, los equipamientos del barrio, los recursos artísticos próximos, las tradiciones históricas y las costumbres populares, las transacciones comerciales (y, en general, las relaciones económicas), los inventos y progresos tecnológicos integrados en nuestra vida cotidiana, la actividad de las máquinas que utilizamos, los fenómenos meteorológicos que se suceden a lo largo del año, la diversidad de seres vivos que nos rodean, el comportamiento de los mismos, los procesos de nuestro propio organismo, las peculiaridades del habla local, etc.

El profesor es otra fuente de aportación de informaciones en diversos momentos del proceso (como veremos más detenidamente en el apartado 5). No sólo explica, sino que introduce temáticas, recapitula conclusiones, aporta instrucciones para la actividades, etc. Pero no hay que olvidar que los alumnos, en forma de aportaciones individuales, trabajo en pequeño grupo, puestas en común, etc., aportan también interesantes informaciones con las que hay que contar.

Los libros de texto o de consulta, materiales diversos del tipo de los compendios documentales, el archivo de clase, los recursos audiovisuales, etc., constituyen, a su vez, un grupo de fuentes de información muy ricas y diversificadas, a las que hay que sacar partido, ajustando su utilización al tipo de metodología empleada y organizándolas, previamente, por ejemplo, en forma de biblioteca y archivo de clase.

Tampoco hay que olvidar que los propios métodos de trabajo utilizados y los recursos y técnicas empleados constituyen contenidos del proceso de enseñanza-aprendizaje, sobre todo, por cuanto inciden, especialmente, en el aprendizaje de procedimientos y en el de actitudes y valores (habría que repetir, con MacLuhan, que "el medio es el mensaje").

Tener en cuenta que todas estas fuentes de informaciones son contenidos (al menos potenciales) que se utilizan en los aprendizajes escolares implica la adopción de una perspectiva diferente de la tradicional (que suele contemplar solamente el libro de texto, las explicaciones del profesor...) a la hora de diseñar y aplicar una metodología.

Por la extensión de esta fase y por la abundancia de informaciones que en ella se manejan, resulta indispensable establecer una clara secuenciación de las actividades, necesidad avalada también por el hecho de que la mayoría de los problemas con los que se suele trabajar admiten diversas estrategias para su resolución, en función de su complejidad y de otros factores.

Ello implicaría, si no exactamente un diseño experimental de la investigación (esto sería opinable y dependería, en todo caso, del contexto y de la materia de que se trate), sí, al menos, un inventario de los recursos a utilizar y el establecimiento de determinados criterios para la organización de las actividades previstas. La participación de los alumnos en la preparación de los recursos a utilizar y en la selección de los métodos y técnicas a emplear, así como en el diseño concreto de las actividades, es importante, no sólo porque los vincula al propio proceso metodológico que seguirá la clase como colectivo, sino porque así están aprendiendo también unos métodos y técnicas determinados.

La decisión sobre los recursos a utilizar debe ajustarse a la metodología seguida, al tipo de contenidos con los que se vaya a trabajar y, en último término, a los objetivos propuestos, frente a la práctica habitual de usar determinados recursos porque

son los que están disponibles (en el Centro o en el aula), sin ninguna otra reflexión, por preferencias personales del profesor o por otros motivos azarosos.

Aunque a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje el alumno está construyendo-reconstruyendo conceptos, asimilando destrezas, aprendiendo técnicas, consolidando actitudes, asumiendo valores, etc., sin embargo, esta etapa es, evidentemente, el momento de aportación de la mayor parte de los contenidos relativos al problema trabajado, lo que se plasma en forma de "nuevos" conceptos, procedimientos, actitudes, etc. Dicha aportación de conocimientos se realiza a través de las diversas fuentes de información utilizadas y se materializa en las actividades secuenciadas a las que se ha hecho referencia.

A este respecto, hay que plantearse *¿qué es lo que ocurre cuando interaccionan las nuevas informaciones con las informaciones previas de que disponía el alumno y sobre las cuales se va construyendo el nuevo conocimiento?* El resultado de este proceso de interacción, es decir, en definitiva, el resultado del aprendizaje, no siempre es la "sustitución" de las concepciones anteriores por nuevos modelos (si así fuera, no nos estaríamos planteando, quizás, la necesidad de una metodología determinada: cualquiera sería útil), antes bien, frecuentemente, las concepciones previas (fuertemente arraigadas y resistentes al cambio) pueden producir un bloqueo o, al menos, dificultar notablemente la asimilación real del nuevo conocimiento (7).

Ante esto *¿qué estrategia adoptar para la introducción de los nuevos conceptos, procedimientos, etc.?* Convendría adoptar una estrategia, progresiva y adecuadamente secuenciada, de aportación de nuevos conocimientos, siguiendo el modelo en espiral citado en el apartado 3.1: En efecto, no es conveniente introducir los conceptos en su máximo nivel de complejidad, sino que, desde el punto de vista didáctico, caben formulaciones intermedias entre la formulación considerada científicamente correcta (y deseable, en último término) y la formulación que posee

el alumno, en forma de concepción propia. Estas formulaciones intermedias pueden ir aproximando al alumno a construcciones conceptuales cada vez más complejas y correctas, al "pasar" en sucesivas ocasiones por un "lugar" parecido pero con una mayor profundización y complejidad (ver al respecto las figuras 5 y 6).

Una estrategia de estas características se basa en el supuesto de que el "error" (la concepción errónea, desde un punto de vista científico o académico) no es un perjuicio para el aprendizaje (ni debe, por tanto, ser sancionado como tal), sino un punto de partida y de apoyo sucesivo para la progresiva construcción conceptual. Conviene, en este sentido, tener suficientemente definida la trama conceptual de la materia, así como la de procedimientos, actitudes, etc., a fin de seguir las vías más adecuadas para favorecer los procesos de aprendizaje del alumno (ver apartado 3.1.). En el apartado 4 ejemplificaremos dos formas de plantear este momento del proceso investigativo.

3.6. Elaborar conclusiones

El momento de obtención de conclusiones llega como resultado o culminación "natural" del proceso investigativo seguido por el alumno. La obtención de conclusiones guarda una estrecha correlación con la construcción del conocimiento en dicho alumno: sería como la manifestación externa de la actividad interna de reestructuración de las concepciones. Desde esa perspectiva las conclusiones se van obteniendo, en un proceso continuado, al mismo tiempo que se van construyendo los conocimientos, en la interacción conocimientos anteriores-nuevas informaciones (ver figura 12).

Pero recapitular al final propicia la reestructuración de los conocimientos y, en definitiva, la clarificación conceptual. Plantear, pues, específicamente la tarea (que debería ser personal) de sintetizar los resultados de lo trabajado contribuye a fijar lo aprendido.

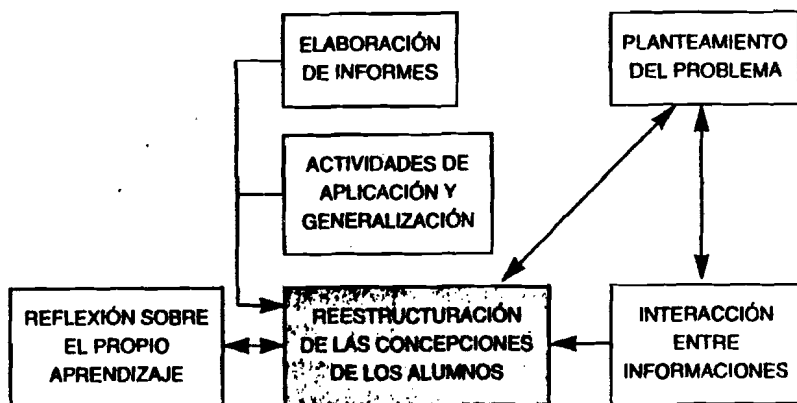


Figura 12. Aspectos relacionados con la reestructuración de las concepciones de los alumnos.

Más aun, la posibilidad de expresarlo obliga a la citada clarificación. Preparar, por ejemplo, en pequeño grupo una puesta en común de lo trabajado tiene la doble ventaja de favorecer la construcción de conocimientos en los participantes del grupo y de enriquecer los aprendizajes del conjunto de la clase mediante la comunicación en gran grupo y el debate general (ver al respecto lo referente a la interacción social en el aula, apartado 5).

En todo caso, la forma más adecuada para consolidar la asimilación de conceptos, procedimientos, actitudes, etc. aprendidos es proporcionar al alumno la posibilidad de poner en práctica sus nuevos aprendizajes, de forma que pueda comprobar por su propia experiencia, el interés y la utilidad de esos aprendizajes en la acción; ello ayudará a fijar los conocimientos asimilados y fomentará la confianza del alumno en sus propias capacidades.

No se trataría tanto de contemplar una "fase" específica de aplicación de lo aprendido cuanto de establecer estrategias que lleven a la realización de aplicaciones a lo largo de toda la secuencia de actividades, así como de prever, sistemáticamente,

en unidades posteriores, la puesta en juego de los aprendizajes realizados anteriormente. De esta forma, además, al tiempo que el alumno va diferenciando el nuevo aprendizaje del contexto concreto en que lo asimiló, al aplicarlo a otros contextos o situaciones, va enriqueciendo también progresivamente sus construcciones cognitivas en la línea del progreso en espiral al que nos hemos referido reiteradamente.

Resultan útiles, a este respecto, los denominados "problemas de aplicación" (ya mencionados en el apartado 3.3), pues permiten realizar, de una forma rápida, aplicaciones de los contenidos adquiridos a nuevas situaciones, sin necesidad de diseñar investigaciones propiamente dichas sobre nuevos problemas.

En relación con la aplicación hay que tener en cuenta que entre las actividades "finales" del proceso investigativo resulta útil incluir algunas (pueden ser las propias actividades de evaluación, en las que participen los alumnos) que favorezcan la reflexión sobre lo aprendido, tomando conciencia del camino de aprendizaje recorrido y de cómo ha sido realizado, desde la perspectiva de la funcionalidad de los nuevos aprendizajes para resolver "situaciones" que al principio del proceso hubieran resultado prácticamente irresolubles a dichos alumnos.

Es dentro de ese planteamiento como el alumno puede realizar una reflexión sobre su propio proceso de aprendizaje (meta-aprendizaje), analizando la forma en que han cambiado sus concepciones, valorando la eficacia de las distintas estrategias utilizadas en la "resolución" de los problemas, etc., de forma que se vaya desarrollando su propia capacidad de "aprender a aprender".

En concreto, como ejemplos de actividades que pueden favorecer la obtención de conclusiones, la aplicación y la reflexión sobre lo aprendido remitimos, una vez más, a los casos presentados en el apartado 4.

Bloque III

**Contenidos de Ciencias
Naturales de especial
significado valoral y personal**

Aprendiendo a Promover la Salud

David Werner y Bill Bower



Werner, David y Bill Bower, "Reflexiones sobre el aprendizaje y la enseñanza", en *Aprendiendo a promover la salud. Un libro de métodos materiales e ideas para instructores que trabajan en la comunidad*, México, Fundación Hesperian/Centro de Estudios Educativos/SEP (Libros DEL RINCÓN), 1994, pp. 3-7.

Reflexiones sobre el Aprendizaje y la Enseñanza

La tarea más importante de un promotor de salud es la de enseñar, la de animar a compartir conocimientos, habilidades, experiencias e ideas. Las actividades del promotor como "educador" pueden tener un efecto de mucho mayor alcance que todas sus actividades preventivas y curativas.

Pero la educación en la salud puede tener un efecto ya sea benéfico o perjudicial sobre el bienestar de la gente, dependiendo de cómo se realice y quién la lleve a cabo. Puede aumentar la habilidad y confianza de la gente para resolver sus propios problemas. O, de alguna manera, puede hacer exactamente lo contrario.

Tomemos en cuenta, por ejemplo, a una trabajadora de salud que reúne a un grupo de madres y les da una "charla de salud" como ésta:



¿Qué efecto tiene este tipo de enseñanza sobre la gente?

Usted puede discutir esta cuestión con sus compañeros instructores o con los promotores a los que está entrenando. O los trabajadores de salud pueden discutirla con la gente de sus pueblos. Usted (o el grupo de instructores o alumnos) quizá contestaría así:



— ¡Es el mismo cuento que todo mundo ha oído mil veces! ¿Pero de qué sirve?



— ¡Entra por un oído y sale por el otro!

— Las madres nomás escuchan. No participan.



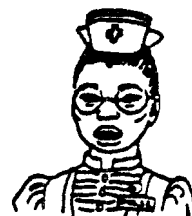
Cuanto más explore su grupo este ejemplo de "educación para la salud", más clara se hará la situación. Anime al grupo a fijarse en cómo este tipo de enseñanza afecta la manera en que la gente se ve a sí misma, y cómo percibe sus habilidades y sus necesidades. Quizás algunas personas dirán que:

—Ese tipo de enseñanza hace que las madres se sientan avergonzadas e inútiles, como si su propio descuido y torpeza tuvieran la culpa de las enfermedades de sus hijos.



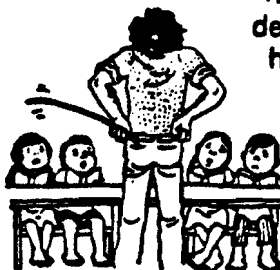
— ¡La trabajadora de salud actúa como si fuera Dios Todopoderoso! ¡Cree que lo sabe todo y que las madres no saben nada!

—Su uniforme la separa de las madres y la hace verse superior. Le da autoridad externa. Esto puede ganarle respeto, pero debilita la confianza de la gente en su propia habilidad para actuar en el mejoramiento de su salud.



— Yo no creo que sus consejos sobre la salud sean realistas. ¡No para los pobres de nuestra comunidad! Es fácil decir que hirvamos el agua antes de tomarla. Pero, ¿qué comen los hijos si una madre gasta su poco dinero para comprar leña? Además donde vivimos la tierra se está volviendo desierto porque están cortando tantos árboles. Para nosotros, este "mensaje de salud" no tendría sentido.*

—Este es el modo en que a casi todos nosotros nos enseñaron en la escuela. El maestro es el patrón. Se considera que los alumnos "no saben nada". Se espera que sólo repitan como pericos lo que se les dice. Pero, ¿no es esto sólo otro modo de hacer que los pobres sigan estando oprimidos?



— ¡Estoy de acuerdo! Este tipo de "educación en la salud" puede hacer que las madres hiervan el agua, que se laven las manos y que usen las letrinas. Pero a la larga puede hacer más para impedir que para promover los cambios que necesitamos para lograr mejoras permanentes en nuestra salud.

Los instructores, los promotores de salud o los campesinos que discutan esta cuestión pueden llegar a respuestas parecidas o muy distintas a éstas. Sus respuestas dependerán, en parte, de la situación local. Pero en parte dependerán también del cuidado con que el grupo *mire, piense y analice* los puntos a discusión.

*Para más discusión sobre la importancia de hervir el agua, ver pág. 293.

Ahora considere otro ejemplo. Aquí una promotora de salud se reúne con un grupo de madres para discutir sus problemas. Ella empieza haciendo preguntas como éstas:



¿Qué efecto tiene este tipo de enseñanza sobre la gente? Al discutir esta cuestión con su grupo, usted puede encontrar respuestas como éstas:

- Todas participan. Logra que el grupo piense y hable de sus propios problemas.
- La promotora no les dice las respuestas. Todas buscan las respuestas juntas.
- La promotora de salud se viste como las otras madres y se pone a su nivel. Ella es su amiga, no su "ama". Eso hace que todas se sientan iguales.



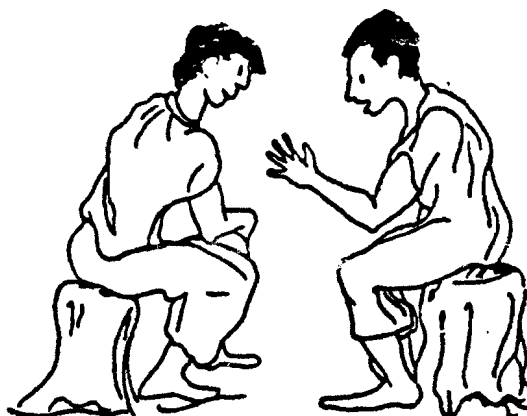
— ¡Claro que este tipo de enseñanza no es como el que recibimos en la escuela! Deja que la gente sienta que sus ideas valen algo. Ayuda a la gente a entender más a fondo sus problemas ya trabajar para resolverlos por sí misma.

— Apuesto a que las madres van a querer seguir trabajando y aprendiendo juntas, porque se les respeta como personas comprensivas y competentes. ¡Así es divertido el aprendizaje!

Cuando usted discuta este ejemplo de enseñanza con sus compañeros instructores, promotores de salud o campesinos, las respuestas pueden ser muy distintas a las que se muestran aquí o las de usted mismo. Pero si el grupo discute los puntos a fondo, relacionándolos con sus propias inquietudes y experiencias, hará muchas observaciones valiosas. Todos ustedes aprenderán unos de otros.

La *manera* en que se enseña algo es tan importante como *lo que* se enseña.

Y lo más importante de la manera en que se enseña es *la atención, el respeto, y el interés mutuo* que se dedica a esto como si fueran amigos.



Aristóteles, "El Padre de la Ciencia", sabiamente dijo. . .

**¿CÓMO PUEDO ENSEÑAR
SI NO ES A UN AMIGO?**

EDUCACION EN LA SALUD QUE SIRVE A LA GENTE MAS NECESITADA

Generalmente, una persona enseña de la manera en que se le enseñó a menos que algo alarmante o efectivo ocurra para cambiar su manera de ver y hacer las cosas. Esto también es cierto en el caso de los promotores. Y también se aplica a los que somos instructores de promotores. La mayoría enseñamos como nos enseñaron en la escuela.

Por desgracia, los propósitos y métodos de las escuelas no siempre benefician a las personas más necesitadas. Como veremos, las escuelas tienden a premiar a los estudiantes más fuertes y a dejar atrás a los débiles.

Pero la intención del aprendizaje "centrado en la gente" es justamente la contraria: ayudar a los más débiles a hacerse fuertes e independientes.

**La educación en la salud de la comunidad es apropiada
en tanto que ayuda a los pobres y a los débiles a
ganar más control sobre su salud y su vida.**

Para hacerse educadores efectivos de la comunidad, los promotores necesitan desarrollar enfoques muy distintos a los que la mayoría hemos experimentado en la escuela.

Para que esto suceda, es preciso que los promotores estudiantes examinen críticamente distintas maneras de enseñar durante su entrenamiento. Necesitan desarrollar y practicar métodos de enseñanza que puedan ayudar al pueblo a ganar la conciencia y valor necesarios para mejorar su situación.

En este capítulo, examinamos el papel educativo tanto de los promotores como de sus maestros, y después consideramos algunas maneras de ayudar a los promotores a explorar distintos enfoques para enseñar y aprender con la gente.