

UNAM
BIBLIOTECA CENTRAL
PROV. ADBMA
FACT. 7577
FECHA 8-08-03
PRECIO 262.67
F2 _____

PROYECTO
EDITORIAL

síntesis educación

COMITÉ CIENTÍFICO

Director
Joaquín Gairín Sallán

Áreas de publicación

Didáctica y organización escolar

Coordinador
Joaquín Gairín Sallán

Métodos de investigación y diagnóstico en educación

Coordinador
Jesús M. Jornet Meliá

Teoría e historia de la educación

Coordinadores
Salomó Marqués Sureda
Conrad Vilanou Torrano

Didáctica de la lengua y la literatura

Coordinadores
Artur Noguero Rodríguez
Luci Nussbaum Capdevila

Didáctica de las ciencias experimentales

Coordinadora
Neus Sanmartí Puig

Didáctica de las ciencias sociales

Coordinadores
Ernesto Gómez Rodríguez
Joan Pagés Blanch

Didáctica de la matemática

Coordinador
Luis Rico Romero

DCE
Didáctica de
las Ciencias
Experimentales

Neus Sanmartí

✓ **didáctica de las ciencias
en la educación secundaria
obligatoria**


SÍNTESIS
EDUCACIÓN

9

Actividades para la enseñanza de las Ciencias

Para enseñar Ciencias el profesorado puede diseñar una gran variedad de actividades e instrumentos didácticos y utilizar muchos recursos, disponibles cada vez en mayor número.

La diversificación del quehacer en el aula contribuye a la motivación de los estudiantes y favorece que cada uno de ellos encuentre sus propios caminos o vías para aprender. Hay estudiantes que prefieren realizar actividades en las que se tenga que discutir y expresar opiniones, mientras que otros se "pierden" en ellas. En cambio, los primeros se aburren y "desconectan" ante lecciones magistrales. Algunos son muy autónomos y creativos en la realización de experimentos, mientras que otros son muy dependientes y les cuesta imaginar. Unos disfrutan ante una explicación del profesorado llena de ejemplos, historias y anécdotas, pero otros prefieren que se diga sólo lo que es sustancial, y de forma ordenada.

Aunque, generalmente, los malos resultados no suelen atribuirse a una mala selección y planificación de las actividades, conviene recordar que es a través de ellas como los alumnos aprenden. Es cierto que cada estudiante tiene unos condicionamientos personales y familiares, pero el reto del profesorado es promover el aprendizaje de todos los alumnos a partir de dichos condicionamientos. El principal medio de que dispone para ello es la planificación de procesos de aprendizaje que incluyan las actividades más idóneas para dar respuesta a las necesidades, intereses, aptitudes y actitudes de todos los alumnos.

Ello exige que todo enseñante haya adoptado una actitud investigadora que le lleve a innovar constantemente, a revisar los medios utilizados para enseñar y a buscar otros nuevos. Tal cosa no es fácil porque implica estar aprendiendo continuamente y las primeras veces que se aplica una nueva actividad se experimentan sentimientos de inseguridad e incertidumbre. Pero, al mismo tiempo, esta posibilidad es lo que hace que la profesión de enseñar sea tan creativa e interesante.

En este capítulo se profundizará en las características y posibilidades de los tres tipos de actividades más utilizadas en las clases de Ciencias como son:

- Los trabajos prácticos.
- Las explicaciones de profesores y alumnos.
- La resolución de problemas y ejercicios.

También se analizará el interés de otros tipos de actividades como son:

- Los juegos y dramatizaciones.

9.1. Necesidad de diversificar las actividades

En la planificación de las clases, el profesorado tiene que encontrar un delicado punto de equilibrio entre la aplicación de actividades cuyas reglas de funcionamiento los estudiantes conozcan bien, y actividades innovadoras que rompan con lo esperado y promuevan el cambio en las rutinas.

Cada actividad tiene procedimientos asociados y normas que, en parte, dependen de cada profesor o profesora. Algunos estudiantes *intuyen* estas normas, aunque no se expliciten, y las aprenden rápidamente, mientras que otros (la mayoría) necesitan un mayor grado de explicitación y más tiempo y estímulos externos para incorporarlas. Una vez interiorizados los *planes de acción*, es decir, transformados en rutinas, son útiles para aprender. En efecto, economizan esfuerzos de profesores y alumnos porque no hay que decir cada vez cómo se ha de hacer algo, ni pensar conscientemente en las reglas necesarias para aplicar la actividad.

Por ejemplo, hay un plan de acción del trabajo en el laboratorio, que incluye las normas asociadas al traslado de lugar, al uso de la libreta para tomar notas, a la manipulación de los instrumentos y material, a la organización en el espacio del aula-laboratorio y del pequeño grupo, a las reglas de lo que se puede o no hacer, al uso del guión de prácticas... De la misma forma, hay un plan de acción para resolver problemas, para "tomar apuntes" cuando el profesor explica, etc.

Cuando se propone la realización de un nuevo tipo de actividad, se debe invertir tiempo en el aprendizaje del plan de acción correspondiente y es por este motivo por el que muchas veces se considera demasiado costoso. Por ejemplo, si se quiere llevar a cabo un juego de rol, la primera vez implica aprender muchos procedimientos y normas. Como, generalmente, hay pocos planes de acción comunes a los distintos profesores de una etapa educativa —cada uno tiene sus propias reglas sobre cómo trabajar en el laboratorio, resolver problemas, participar en clase, realizar un mapa conceptual...—, en el marco de una sola asignatura no hay el tiempo necesario para construir muchos planes distintos, y al final resulta una monotonía en las actividades.

Por otro lado, las ventajas de las rutinas también se convierten en obstáculos para el aprendizaje, porque dificultan los procesos metacognitivos favorecedores de la toma de conciencia sobre el sentido de lo que se está haciendo. Por ejemplo, aunque para resolver problemas numéricos se diga que es necesario revisar los resultados, generalmente *esto* no se hace porque precisamente requiere reflexionar metacognitivamente. Como hay otros elementos del plan de acción que ya "funcionan" —por ejemplo, se han utilizado todos los datos disponibles y se obtiene un número—, se omite el más costoso. En cambio, la revisión es el momento más importante, porque es cuando se regula la actividad.

Incluso instrumentos con una función claramente metacognitiva, como pueden ser los mapas conceptuales o las bases de orientación, pueden transformarse en acciones rutinarias, poco útiles para el aprendizaje. Para evitarlo, el profesorado tiene la posibilidad de introducir cambios, que pueden ser pequeñas variaciones en la forma habitual de realizar la actividad o, más en profundidad, que conduzcan a continuar aprendiendo a aprender.

La necesidad de diversificar las actividades y la forma de aplicarlas se justifica en otras razones:

- Los caminos por los que se aprende son azarosos, no se pueden prefiar. No hay una actividad que conduzca de forma segura a un aprendizaje, porque éste es un proceso en el que intervienen un gran número de variables. Utilizar actividades diversas implica dar mayores oportunidades para la construcción de conocimientos.
- Los alumnos son distintos, tienen diversas motivaciones, intereses, aptitudes y estilos de aprendizaje. Si una U. D. incluye una diversidad de actividades se facilita que más alumnos encuentren aquella que les ayuda a aprender.

El profesorado tiende a plantear actividades que en sus días escolares le fueron más útiles, pero con ello sólo facilita el aprendizaje de los alumnos cuyos estilos de aprendizaje sean similares al suyo. En el momento de seleccionar y diseñar tareas es importante tener como referente a alumnos concretos y diversos del grupo-clase —Juan, Elena, Laura...— y, pensando en ellos, tomar las decisiones. No existe una actividad idónea para el aprendizaje de todos, pero el conjunto de todas ellas puede dar respuesta a las necesidades de la mayoría.

- En general, la diversidad promueve la motivación, despierta el interés. Ante una nueva propuesta se está inicialmente más predisposto a escuchar, a probar.

Sin embargo, muchas veces los estudiantes adolescentes se muestran reticentes a hacer algo distinto y parece que rechazan la innovación. No hay que olvidar que saben muy bien que se les plantea modificar rutinas y es normal que se opongan este esfuerzo adicional. Pero también se puede comprobar que a menudo es sólo una manifestación propia de la adolescencia, etapa en la que se tiende a no aceptar propuestas provenientes de los adultos.

Que los alumnos se comprometan en la nueva tarea dependerá en buena parte de la capacidad de estímulo y convencimiento del profesorado. Éste ha de creer en su interés didáctico y no renunciar ante las primeras manifestaciones del alumnado. Generalmente, se comprueba que el rechazo inicial es superficial y que en la práctica les gusta la diferencia (cuadro 9.1).

Cuadro 9.1. Extracto de páginas del diario de un alumno de 2.º de ESO.

16-11-98. Hoy el profe nos ha enseñado a hacer mapas conceptuales. Hemos hecho frases que hemos puesto en el mapa.

Creo que no me gustará hacerlos. Lo encuentro difícil y una tontería.

18-11-98. Hoy hemos comentado los mapas conceptuales que hicimos el otro día. No me esperaba que fueran tan diferentes. El mío estaba bastante bien, pero me salió demasiado vertical y puse que las bacterias se desplazan gracias a flagelos y en realidad se pueden desplazar también de otras maneras.

[...]

14-12-98. Ya soy un experto en hacer mapas conceptuales. Hoy el profe ha cogido el mío y lo ha comentado a toda la clase porque ha dicho que estaba bien y que había puesto conexiones entre conceptos del mismo nivel.

- La innovación, el cambio en las rutinas, es también un factor importante que favorece la obtención de placer en el ejercicio de la profesión y su mejora. Inventar y adaptar promueve el desarrollo de la creatividad y pone a prueba la propia capacidad para dar respuesta a los problemas que van surgiendo. Se ha de continuar aprendiendo constantemente.

Por un lado, es necesario profundizar en los contenidos aprendidos en la licenciatura, ya que generalmente se tienen pocos conocimientos de la Química cotidiana o de la Física de la Biología e, incluso, dificultades para identificar los modelos fundamentales de cada disciplina.

Paralelamente, los conocimientos iniciales en Didáctica de las Ciencias son muy pocos y se desconocen sus fundamentos filosóficos, psicológicos, sociológicos, lingüísticos... También evolucionan constantemente las tecnologías y los recursos, y no hay que olvidar que es necesario profundizar en el arte de la comunicación y de la expresión oral y corporal. Crear nuevas e interesantes actividades para enseñar implica, pues, abrirse a muchos campos del conocimiento humano.

En el diseño de una unidad didáctica se pueden planificar *actividades*, idear o aplicar *instrumentos didácticos* y utilizar nuevos *recursos* aunque la diferencia entre estos conceptos muchas veces es sólo de matiz. Por *actividad* se entiende un quehacer que reúne

un conjunto de tareas. Hablamos de actividades experimentales, de resolución de problemas, de evaluación... Muchas veces, en la realización de la actividad, alguna de las tareas incluye el uso de *instrumentos didácticos*, como el mapa conceptual, el resumen, el diario de clase, las bases de orientación, la V de Gowin..., y para llevarla a cabo se necesitan *recursos* concretos: el laboratorio, guiones de prácticas, ordenador, maquetas, vídeos, libros, carteles, transparencia, juegos, visitas a museos...

Escoger un criterio para clasificar las actividades no es fácil, ya que cada una puede tener muchas finalidades y, generalmente, hay tareas comunes a varias de ellas.

a) Actividades y recursos orientados a percibir hechos directamente y construirlos.

– Trabajos prácticos:

- De observación y análisis de objetos, organismos o fenómenos.
- De demostración, deducción y/o comprobación de regularidades o leyes.
- De investigación, más o menos abiertos.

– Actividades fuera del aula (con las finalidades anteriores):

- Las salidas al campo, a escuelas de Naturaleza o centros de Educación Ambiental...
- Las visitas a servicios municipales u otros (depuradoras, tratamiento de residuos, red de transportes públicos...).
- Las visitas a industrias y talleres.
- Las visitas a museos y exposiciones.
- El uso del entorno escolar: el edificio, los patios, las calles, los parques...

b) Actividades y recursos orientados a percibir hechos indirectamente y construirlos.

- Observación de pósters, fotografías, grabados, diapositivas....
- Visionado de vídeos, películas, programas de TV...
- Lectura de artículos de la prensa, de textos...
- Recogida de datos orales, entrevistas, exposiciones de profesionales, de alumnos...
- Análisis de casos, de biografías.

Internet es una fuente importante de recursos en este ámbito.

c) Actividades orientadas a construir el conocimiento de forma materializada.

- Realización o uso de maquetas o modelos manipulables.
- Juegos de simulación, de rol u otros.
- Dramatizaciones, expresión corporal de ideas.
- Realización de murales, cómics u otros tipos de representaciones gráficas.
- Realización de montajes y exposiciones.

d) Actividades orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y fuentes de información.

- Exposiciones magistrales y/o interactivas del profesorado, de personas expertas, de alumnos del propio curso u otros, utilizando una variedad de recursos posibles: pizarra, transparencias, pósters, PowerPoint...
- Lectura de documentos, provenientes de artículos, de libros de texto, de consulta o enciclopedias, de Internet...
- Visionado de vídeos y otras fuentes audiovisuales.
- Actividades de análisis, discusión y reelaboración, realizadas en pequeños grupos o por parejas.
- Actividades de evaluación mutua entre el alumnado o de coevaluación entre éste y el profesorado.
- Ejercicios de "lluvia de ideas", conversaciones colectivas, coloquios, etc.
- Puestas en común en gran grupo para analizar colectivamente formas de percibir, de razonar, de hablar, de conceptualizar y de valorar.

e) Actividades orientadas a construir el conocimiento reflexionando individualmente.

- Resolución individual de problemas y ejercicios. Respuesta a cuestionarios.
- Elaboración de resúmenes, definiciones, diarios de clase, informes de laboratorio...
- Elaboración de esquemas, mapas conceptuales, de V de Gowin, bases de orientación...
- Realización de ejercicios de autoevaluación.

9.2. Trabajos prácticos

Por *trabajos prácticos* se entiende cualquier actividad que comporte la manipulación de materiales, objetos u organismos con la finalidad de observar y analizar fenó-

menos. Desde este punto de vista, un trabajo práctico se puede realizar en el laboratorio, pero también en el aula o en el campo.

Los trabajos prácticos o "experiencias" como son llamadas habitualmente, son el tipo de actividades que caracterizan más la enseñanza de las Ciencias, diferenciándola de otras disciplinas. Sin embargo, diversos estudios demuestran que en España sólo un tercio de los profesores de Secundaria planifica la realización de algún trabajo práctico y aun, en la mayoría de los casos, éstos tienen sólo una función de comprobación de la información introducida a través de explicaciones magistrales.

Cabría preguntarse por qué. Se aducen principalmente razones de dos tipos:

- Un trabajo experimental es complejo de gestionar. Se necesita un tiempo de preparación, no siempre es fácil disponer de todos los materiales y utensilios necesarios. Muchas veces los alumnos se han de trasladar, se requiere una organización del grupo distinta, se generan muchas preguntas y no es fácil atender a todas ellas, etc. El coste en tiempo y esfuerzo es, pues, alto.
- Se opina que la función de las actividades en el aprendizaje de conceptos no es esencial, mientras sí se considera importante explicar ordenadamente los contenidos, o dar respuesta a ejercicios y problemas. Se argumenta que los alumnos no obtienen mejores resultados en los exámenes por el hecho de realizar experimentos y que, en cambio, ocupan mucho tiempo.
- El principal valor que se da a los trabajos prácticos es que aumenta la motivación del alumnado, aunque se cree que esta finalidad también se puede conseguir con otros medios menos costosos. También es imprescindible en el aprendizaje de técnicas y procesos propios de la experimentación científica, pero normalmente estos contenidos no son objetos de enseñanza y mucho menos se evalúan.

Todas estas percepciones y prácticas deberían analizarse críticamente. Por un lado, no es cierto que, sin realizar trabajos experimentales, los resultados de los aprendizajes sean buenos. Sólo es necesario analizar el nivel de cultura científica de la población que ha cursado estudios de Ciencias hasta los 16 años. Por otro, conviene plantearse si lo que se evalúa en los exámenes tradicionales permite poner de manifiesto aprendizajes significativos.

Aun así, es cierto que la mayoría de las "prácticas" que se hacen son poco eficaces para aprender, por lo que será importante profundizar en:

- a) ¿Cuál es la finalidad de los trabajos prácticos en el aprendizaje de las Ciencias?
- b) ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta en su diseño y aplicación?
- c) ¿Qué tipologías se pueden definir y cuál es su posible funcionalidad?
- d) ¿Qué tipo de organización puede ser más idónea?

A) ¿Cuál es la finalidad de los trabajos prácticos?

La actividad científica escolar se basa en plantear preguntas relevantes sobre los hechos de la vida cotidiana que puedan dar lugar a la construcción de modelos explicativos coherentes con los de la ciencia. Se podría decir que, mediante esta actividad, los hechos de la vida cotidiana se transforman en *hechos científicos escolares*. Por ejemplo, todos los alumnos y alumnas saben que tienen cierto parecido con alguno de sus parientes, pero sólo cuando este hecho conocido es analizado más sistemáticamente —diferenciando caracteres, analizando cuáles se repiten y cuáles no, en qué proporción, etc.— se transforma en un hecho científico escolar.

De la misma forma, aunque todo el mundo sabe y dice que los objetos de hierro se oxidan, “ver” la oxidación del hierro como un cambio químico requiere, en primer lugar, “mirar” el fenómeno con otros ojos —¿La herrumbre es atraída por un imán? ¿Pesa más o menos que el metal original? ¿Puede volver fácilmente al estado inicial?...—. Este cambio del punto de vista perceptivo no es algo banal. Implica orientar la mirada a través de preguntas que no son las habituales en el contexto cotidiano.

Para el profesorado, generalmente estas preguntas no representan ningún cambio de percepción ya que “ve” óxido de hierro, un compuesto con propiedades distintas a las de los elementos que lo forman y que pesa más que el hierro puro. Pero aunque hable de ello a sus alumnos, éstos continuarán “viendo” el orín como un tipo de hierro, muy poco denso (que pesa poco) porque el aire se ha “mezclado” con él. Es decir, los hechos de los que se habla en clase tienen poco que ver con los construidos cotidianamente y no se pueden establecer relaciones significativas.

En un examen realizado al poco tiempo de la explicación dada por el profesorado, los estudiantes pueden responder con las palabras que se espera que escriban, pero al poco tiempo se olvidan de ellas porque no se ha construido un conocimiento significativo que relacione el modelo teórico introducido con la forma de percibir los hechos que explica.

Es necesario pues distinguir entre la observación entendida como una captación de datos sensoriales y la que se entiende como la percepción de objetos, situaciones, relaciones, estado de las cosas, etc. Una cosa es identificar la dureza, el brillo, el color, la textura, la forma, etc., y otra es percibir palos. Observar un palo implica reconocer que el objeto que estamos observando pertenece al modelo *palo*, aunque, por ejemplo, lo veamos quebrado cuando está introducido en un arroyo.

En consecuencia, no se puede esperar del alumnado novel que *observe* una célula en el microscopio y reconozca sus partes, porque tan sólo verá manchas, formas geométricas, etc. Para *ver* el núcleo, las membranas, y distinguir entre células de vegetales y células de origen animal, es necesaria una representación de estos conceptos. La observación puede permitirle relacionar esta representación con las

formas que ve, compararlas con las que ven otros compañeros y con las que destacan los expertos a través de textos escritos o el enseñante. Este contraste entre formas de ver y de representarse es lo que permite la evolución del modelo *célula* en el alumnado.

Los instrumentos también son necesarios para construir *hechos científicos*. Un osciloscopio permite “ver” ondas, la balanza posibilita conceptualizar la masa como cantidad de materia y el dinamómetro al peso como una fuerza. Es más, su uso permite empezar a reconocer que *masa* y *peso* son magnitudes distintas, sencillamente porque se necesitan instrumentos distintos para medirlas. El aprendizaje de una determinada técnica no tiene, pues, una finalidad en sí misma —saber pesar con una balanza, filtrar o manejar un osciloscopio—, sino la construcción de los conceptos asociados.

Precisamente, uno de los factores que han dado lugar al avance de la ciencia es la invención y uso de nuevos instrumentos que han ampliado el campo de la percepción humana. Sin microscopio seguramente no existiría el concepto de *célula*. En cambio, en la escuela a veces se piensa que es posible aprender prescindiendo de la observación y del conocimiento del instrumento que ha contribuido a la génesis de un nuevo modelo o teoría.

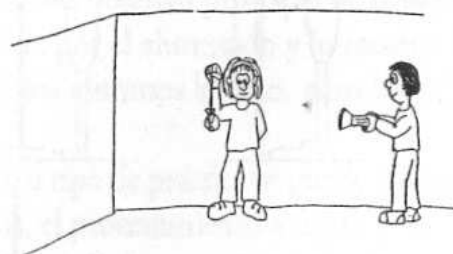
Como ya se ha indicado, también desde la Psicología se reconoce la importancia de la actividad manipulativa en la formación de los conceptos, y de la necesidad de la llamada *etapa de la formación de la acción en su forma material o materializada* para llegar a construir mentalmente una idea. Es decir, es necesario representarse el fenómeno y el modelo explicativo a partir de la manipulación, y, haciéndolo, se va construyendo el modelo. Es decir, la “práctica” de alguna forma debería preceder a la introducción del modelo teórico o, mejor, una y otro deberían interrelacionarse fuertemente.

En el cuadro 9.2 se reproduce la planificación de un proceso de enseñanza orientado a la construcción del modelo propio de la óptica geométrica para interpretar fenómenos luminosos. Habitualmente, este modelo se “enseña” suponiendo que los alumnos y alumnas ya conocen el fenómeno y dibujando en la pizarra esquemas con líneas que representan rayos de luz que no tienen demasiado sentido para los que aprenden. En la propuesta, en cambio, los estudiantes empiezan observando el fenómeno y luego utilizan cuerdas para *materializar* los rayos de luz. El paso al esquema dibujado en el papel es una etapa posterior.

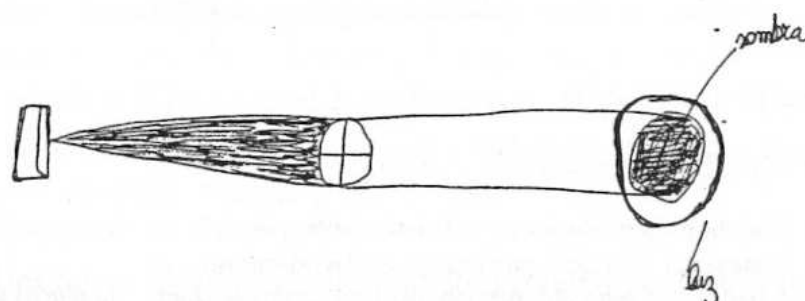
Otro interés de las prácticas se basa en que son una fuente de conflictos cognitivos. A través de ellas se pueden identificar evidencias que contradigan las percepciones iniciales. Pero conviene recordar que en la mayoría de ocasiones no es el experimento el que origina el conflicto, sino la discusión que tiene lugar al analizar lo observado y contrastar las distintas percepciones. Por ello, la utilidad de las actividades experimentales para aprender depende en buena parte del tiempo que se dedique a hablar sobre ellas (cuadro 9.3).

Cuadro 9.2. Formación inicial de un modelo.

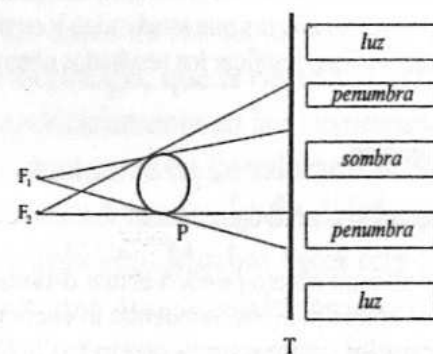
Sombras y penumbras



El proceso de modelización de fenómenos luminosos (óptica geométrica) empezó observando y experimentando con sombras. Los alumnos representaron sobre el papel su primer "modelo" del fenómeno.



El siguiente paso consistió en representar de nuevo el fenómeno con cuerdas, pero sobre una cartulina. Finalmente, los alumnos dibujaron el modelo geométrico utilizando regla y lápiz. Este trabajo se realizó conjuntamente entre la clase de Ciencias y la de Matemáticas, con lo que se dispuso de más tiempo para la enseñanza.



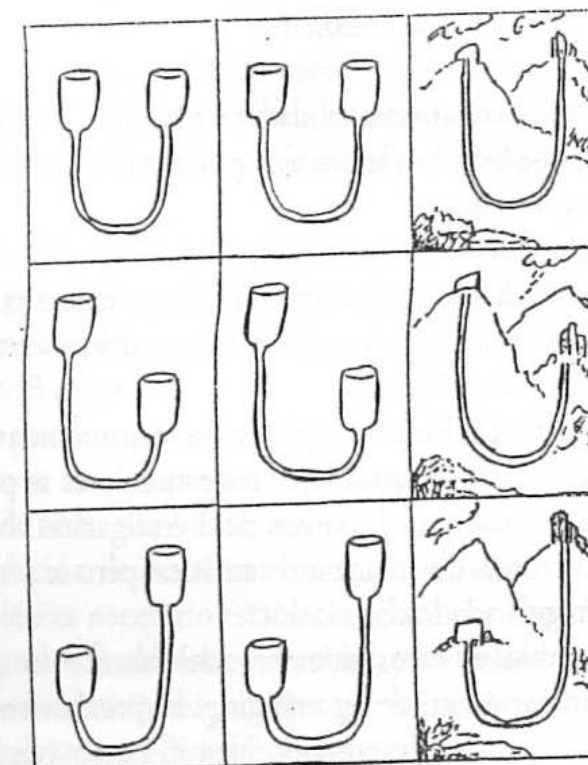
Este aprendizaje lo aplicaron posteriormente para explicar los eclipses y otros fenómenos.

Fuente: J. Jorba y N. Sanmartí (1991): *La Llum i les ombres*. Material didáctico no publicado.

Cuadro 9.3. La observación no es por sí misma fuente de conflictos cognitivos.

¿A qué altura llegará el líquido?

La práctica tiene como finalidad constatar el principio de los "vasos comunicantes". Los alumnos dibujan primero sus previsiones suponiendo que los dos tubos están a la misma o a distinta altura. Posteriormente, se realiza la experimentación para todo el grupo-clase y tienen que comparar sus predicciones con la observación de lo que sucede.



En la realización de esta práctica con estudiantes de 1.º de ESO se comprobó que muchos de ellos creían inicialmente que el nivel del agua sería distinto a ambos lados del tubo.

Contra lo que se había supuesto, realizar la experiencia no siempre dio lugar a un conflicto cognitivo. Así:

- Algunos alumnos no reconocían que su dibujo inicial era distinto de lo que observaban. Continuaban "viendo" que los niveles no eran iguales. Sólo admitían que la diferencia era menor de la que ellos habían dibujado.
- Otros hicieron "trampa", es decir, cambiaron sus dibujos iniciales. Consideraban que había sido un "despiste" al dibujar y no que tuvieran una concepción distinta. No hubo posibilidad de discutir.
- Por contra, otros habían dibujado los niveles de ambos tubos iguales, pero la altura era distinta a la observada y consideraron que su dibujo inicial era incorrecto. La profesora tuvo muchas dificultades para convencerlos de que desde el punto de vista de la idea que se estaba discutiendo, su previsión era correcta.

La posible finalidad de prácticas como comprobación de la teoría que se haya introducido con anterioridad no tiene, pues, mucho interés. Habitualmente, los alumnos sólo confirman sus concepciones alternativas. Mucho más importante es la función de representarse inicialmente un hecho al que, poco a poco, la teoría que se irá construyendo conjuntamente en el aula dará sentido, o bien, la de dar pie a poder contrastar las distintas percepciones y sus explicaciones.

B) ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta en el diseño y aplicación de los trabajos prácticos?

Toda actividad tiene unas finalidades y objetivos, en función de los cuales se planifica una forma de llevarla a la práctica y de regular las percepciones y las ideas manifestadas por el alumnado.

- Los *objetivos didácticos* de las actividades prácticas pueden ser variados, dependiendo fundamentalmente del momento del proceso de aprendizaje en el que se proponga su realización.

Si es una actividad de exploración, normalmente la actividad se planifica de forma abierta, buscando que los estudiantes se planteen preguntas y posibles interpretaciones e hipótesis de investigación. No son necesarios guiones que orienten una observación sistemática, pero se puede perseguir que se identifiquen regularidades.

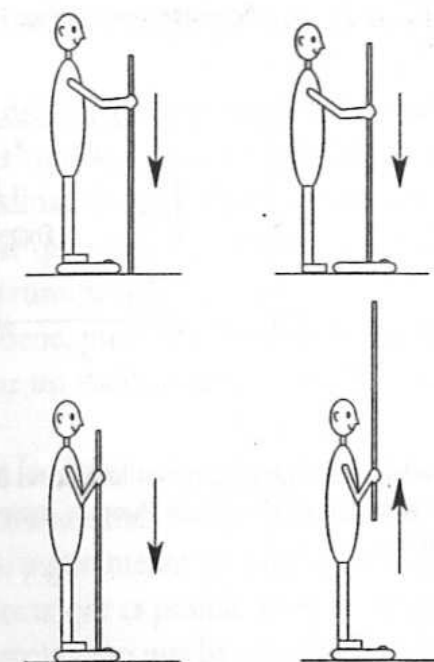
En cambio, en otros momentos del proceso de aprendizaje, la observación y la manipulación puede ser más dirigida, promoviendo que los alumnos perciban unos determinados aspectos, identifiquen y combinen variables, deduzcan leyes... En estos casos, los guiones de prácticas serán mucho más orientados y sistemáticos.

Si con la actividad práctica se pretende que los estudiantes transfieran conocimientos aprendidos en relación con otros ejemplos o situaciones experimentales, la actividad puede planificarse como una investigación, en la que las propias alumnas y alumnos tengan que plantear el problema y diseñar todo el proceso experimental.

Una misma experiencia puede, por tanto, tener objetivos didácticos distintos y, en función de ellos, ser planificada y aplicada de forma muy diversa (cuadro 9.4).

- El *diseño y planificación* debe responder a los objetivos didácticos y de aprendizaje. Habitualmente, se concreta en un guión, que se da por escrito a los alumnos. En él se indica:

Cuadro 9.4. Una misma experiencia, pero tres actividades prácticas distintas.



Versión 1: Exploración

- ¿Qué "balanza" marcará un peso mayor?
- Discutir en pequeño grupo cuál será vuestra previsión, razonando por qué.
- Comprobar si vuestras previsiones son las adecuadas.
- A partir de vuestra observación, plantear alguna pregunta a la que os gustaría aprender a dar respuesta.

Versión 2: Análisis sistemático

- ¿Qué fuerzas interactúan? ¿Cómo se "combinan" entre ellas?
- Realizar la experiencia que muestra el dibujo y comprobar qué indica la balanza en cada caso.
- Analizar en cada caso las fuerzas que interactúan y componerlas.
- En función de este análisis, justificar los resultados obtenidos en cada una de las situaciones.

Versión 3: Investigación

- Búsqueda de solución a un enigma.

Sabemos que sobre un objeto pueden actuar distintas fuerzas y hemos aprendido a componerlas. Con estos conocimientos, encuentra (o encontrad, si la actividad se realiza en grupo) una explicación a los distintos pesos que indica la "balanza".

Al final, elabora un informe (escrito, un mural, prepara una exposición para el resto de la clase...) sobre tu respuesta al enigma.

Fuente: Paolo Guidoni (adaptación de Jordi Martínez), en: *Enseñar Ciencia*. Barcelona. Paidós, 1990: 43.

- Un título que ha de ser sugerente y ha de intentar comunicar alguno de los objetivos y anticipar la acción. Se ha de tener en cuenta que si hay alguna parte del guión de prácticas que los alumnos lean, es el título, por lo que su redacción tiene mucha importancia.
- Una concreción del objetivo principal de la práctica redactada de forma que sea comprendida por el alumnado y lo motive. Como veremos, no se ha de confiar en que los alumnos lo lean, pero los referentes escritos siempre son importantes.
- Dependiendo del tipo de práctica se puede incluir información sobre los materiales necesarios, el procedimiento a seguir y las condiciones de seguridad exigibles. Es mucho mejor acompañar esta información con esquemas y dibujos.
- Habitualmente, también se incluyen orientaciones sobre la forma de recoger los datos y de tratarlos: tablas, esquemas, gráficos...
- Finalmente, se debe concretar lo que se espera que elaboren los alumnos al final del proceso. No es recomendable incluir un gran número de preguntas que puedan responder con un "sí" o un "no", o con frases muy cortas. Es mucho mejor que tengan que elaborar textos, en los que interrelacionen aspectos observados, justifiquen lo observado o argumenten divergencias. También es útil promover la confección de "V de Gowin", instrumento que favorece el establecimiento de relaciones entre los hechos observados y sus interpretaciones teóricas (véase la figura 10.4).

Una buena planificación de la práctica conlleva también tener en cuenta el factor tiempo, por lo que se tiene que probar previamente y adaptarla al tiempo disponible. Por ejemplo, si se quisiera analizar algunas de las sustancias disueltas en el agua de mar, es mejor concentrar previamente la disolución, reduciendo su volumen a la mitad o mejor a una cuarta parte. En caso contrario, los estudiantes se pueden pasar toda la hora de clase evaporando agua.

Actualmente, también se dispone de sensores que permiten la recogida y transformación de los datos de forma informática. Ello puede facilitar, si los alumnos conocen la tecnología, que el tiempo de trabajo en el aula o en el laboratorio se emplee mayoritariamente en la interpretación y discusión de los resultados. En todo caso, siempre se ha de valorar si la complejidad del instrumento o del procedimiento es adecuada a las finalidades previstas, y si los estudiantes saben interpretarlo y aplicarlo. Muchas veces será necesario dedicar tiempo a su aprendizaje, tiempo que nunca puede considerarse como perdido.

Por último, también es muy importante prever la organización del grupo y su distribución en el espacio. Generalmente, los trabajos prácticos se realizan en pequeños equipos, por lo que será necesario planificar cómo se formarán y cómo se repartirán las tareas entre cada uno de los componentes.

Es necesario que en cada grupo haya, como mínimo, un estudiante que se responsabilice de coordinar la ejecución del trabajo y controlar el tiempo, otro de los materiales e instrumentos (que puede colaborar con el profesorado en la preparación previa, distribución y recogida) y otro que tome nota adecuadamente de todas las observaciones y datos. En función del tamaño del grupo estas responsabilidades se pueden subdividir o compartir, y han de variar periódicamente. La distribución la hará cada grupo, pero se habrá de vigilar que no se apliquen estereotipos de género como que las chicas sean las secretarias o las encargadas de la limpieza de los utensilios y que los chicos sean los que manipulen los instrumentos.

- En la *aplicación* de una actividad práctica es muy importante la acción del profesorado orientada a la *regulación* de las percepciones, prácticas y concepciones de los alumnos y alumnas. Aspectos a tener en cuenta son:

- Al inicio se debe plantear la pregunta o problema que orientará el trabajo a realizar, o promover que los alumnos planteen las suyas. En esta fase previa, será importante comunicar y compartir con los alumnos *qué se va a hacer, el porqué y el cómo*.

No se puede esperar que los alumnos lean el guión y lo comprendan, por lo que se tendrá que preparar alguna acción para que los alumnos se apropien de todo ello (véase, por ejemplo, el cuadro 7.8), así como favorecer la regulación de sus representaciones iniciales.

También es necesario establecer relaciones entre lo que se va a hacer u observar y otros fenómenos conocidos, y recordar contenidos –conceptuales y procedimentales– que se supone que se han aprendido. Para que las manipulaciones sirvan para aprender es necesario conectar lo que se hace con conocimientos anteriores. El profesorado tiene muy claros estos referentes, pero la mayoría de los estudiantes no sabe cuáles son los que debe activar en su memoria para que la experimentación tenga sentido (cuadro 9.5).

Cuadro 9.5. Revisión de los conocimientos previos.

Una experiencia que se puede realizar para empezar a construir el concepto de equilibrio térmico es la que muestra la figura del cuadro 5.7. Pero, para que los estudiantes puedan elaborar alguna explicación coherente desde el punto de vista científico, han de interrelacionar conocimientos aprendidos en momentos distintos, como son los relacionados con el funcionamiento de los sentidos y del termómetro, y otros que pueden provenir del conocimiento cotidiano como que, cuando se ponen en contacto dos cuerpos, su temperatura tiende a igualarse, o que el "calor" es un concepto distinto del de temperatura. Por ello, antes de realizar la manipulación será importante recordar lo aprendido y discutir posibles concepciones previas a partir de actividades como las del ejemplo.

(.../...)

¿Qué sé, qué pienso?

Indica qué grado de conocimiento crees tener sobre las siguientes cuestiones según la escala:

1. No lo sé.
2. Sé alguna cosa.
3. Lo sé bien.
4. Sería capaz de explicarlo a algún compañero o compañera.

Contenido	Grado de conocimiento
¿Qué sentido nos permite notar que algo está frío o caliente? ¿Cómo funciona este sentido? ¿Cuál es la temperatura normal de nuestro cuerpo y la del ambiente en un día como hoy? ¿Qué sucede cuando se ponen en contacto dos cuerpos que están a distinta temperatura? ¿Cómo es que el termómetro nos sirve para medir la temperatura? ¿El termómetro nos sirve también para medir la cantidad de "calor" de un cuerpo?	

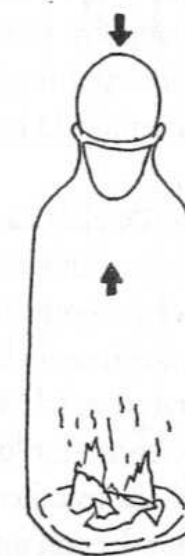
Se puede recoger el grado de conocimiento de la clase y pedir a los que se han puesto una valoración más alta que la compartan con el resto del grupo. La discusión, en la que pueden intervenir todos –incluido el profesor–, tiene como finalidad que el conocimiento inicial sea lo más común posible.

- Compara tus opiniones con las de tus compañeros y compañeras. Revisa los aspectos que no acabas de comprender bien porque te serán necesarios para poder explicar bien el experimento que haremos.

- Otra condición importante para el buen funcionamiento de un trabajo práctico es *anticipar* en lo posible todos los problemas que puedan interferir en la actividad, especialmente los derivados de un mal comportamiento de los alumnos. Es necesario preverlos y hablar de ellos con todo el grupo. Consecuentemente, la segunda vez que se hace un experimento acostumbra a "funcionar" mejor que la primera ya que, con la experiencia adquirida, el profesorado puede anticipar reacciones difícilmente previsibles la primera vez (cuadro 9.6). También han de estar claras (por ejemplo, escritas en un mural) las normas de actuación, resultado de un pacto al que se ha de llegar previa argumentación y justificación (no imposición) (véanse los cuadros 12.2 y 12.3).

Cuadro 9.6. Anticipar problemas es evitarlos.

Un huevo dentro de una botella



En una clase, al realizar esta experiencia los alumnos (14 años) relacionaron el fenómeno observado con la penetración de un pene en una vagina. Consecuentemente, la actividad se descontroló y fue imposible discutir sobre el fenómeno observado.

Al año siguiente la profesora, en vez de desanimarse y considerar que la práctica no se podía realizar con aquel tipo de alumnos, habló con ellos de lo que era posible que algunos imaginaran. Les dijo que el tema de la reproducción humana sería objeto de estudio más adelante y que sería un buen momento para hablar de este tipo de temas, pero argumentó que en aquél, la finalidad era discutir la observación desde el punto de vista de la Física. Nunca más tuvo problemas de comportamiento en su realización.

Los y las estudiantes adolescentes pueden tener reacciones que un profesor no pueda prever si es la primera vez que promueve la realización de la actividad. Pero con la ayuda de un compañero más experto o a base de experiencia, se pueden anticipar muchos de los comportamientos no deseables. No se trata tanto de anunciar sanciones como de hablar abiertamente del problema y prever otros momentos para discutir intereses del alumnado.

- Aunque se hayan dado bien las instrucciones y estén escritas en el guión correspondiente, a lo largo de la realización de la actividad manipulativa surgen problemas de todo tipo: de manipulación de los instrumentos, de recogida y transformación de los datos, de interpretación, etc. Normalmente, la regulación se hace grupo por grupo, pero a veces es necesario intercalar momentos de comentarios en gran grupo, especialmente cuando el problema es general.

En otros casos, si el profesor no puede atender todas las demandas directamente, puede en cambio promover la cooperación y el intercam-

bio entre los grupos. Cuando uno ha encontrado una solución la puede explicar a otro.

Es importante asegurarse de que las responsabilidades de los componentes de cada grupo funcionen, ya que entonces el profesor se puede dedicar a los problemas importantes y no se encontrará desbordado por las pequeñas incidencias.

- La actividad práctica no acaba con la manipulación sino en la reelaboración de los resultados, su análisis, discusión y síntesis.

Lo que se ha hecho y pensado se ha de poder comunicar y regular. Puede hacerse a través de una puesta en común en el marco del grupo-clase en la que se comparten resultados e interpretaciones. Pero también se pueden realizar actividades de coevaluación, en las que los estudiantes se ayudan a mejorar sus producciones, o de autoevaluación.

En todos los casos, más que valorar respuestas concretas, es importante discutir los criterios que permiten decidir si algo se hizo bien o si una interpretación es la adecuada (véase, por ejemplo, el cuadro 7.7). La pregunta crucial a plantear por parte del profesorado es: ¿cómo podemos saber si la experiencia estuvo bien realizada o si la interpretación es la idónea?

Los *informes de prácticas* son instrumentos que ayudan a que los estudiantes organicen todos sus referentes y reflexionen sobre el trabajo realizado. Son especialmente indicados en la realización de investigaciones o de experimentos con cierto grado de complejidad. Pero será importante pactar con los alumnos sus características y los criterios de evaluación.

Para ello, puede ser muy útil proporcionar a los alumnos ejemplos de buenos informes escritos por otros estudiantes en cursos anteriores. A partir de su análisis es posible que identifiquen los aspectos que se han de tener en cuenta al confeccionarlos y cómo pueden reconocer si los están realizando adecuadamente. Con estas reflexiones, realizadas primero individualmente y posteriormente coevaluadas hasta llegar a compartir criterios, los estudiantes son capaces de confeccionar pautas para la autoevaluación de dicho tipo de textos, del tipo del ejemplo reproducido en el cuadro 9.7.

En todo trabajo experimental son muy importantes los procedimientos relacionados con la organización y transformación de los datos, especialmente la confección de tablas y de gráficos. Muchas veces se supone que los estudiantes ya son expertos en su manejo y no se enseñan. Pero conviene tener en cuenta que no todos tienen por qué ser capaces de utilizarlos adecuadamente (véase el cuadro 9.14), y sin ellos difícilmente se pueden identificar regularidades, plantearse preguntas significativas o imaginar explicaciones.

Cuadro 9.7. Criterios para la redacción de un informe de laboratorio.

REDACCIÓN DE UN INFORME DE UNA EXPERIENCIA DE LABORATORIO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVA	
Acciones que debo hacer	Estará bien hecho si...
1. Escoger un título para el informe	1.1. está de acuerdo con la experiencia 1.2. resume el objetivo principal 1.3. es sugerente
2. Identificar el principal objetivo	2.1. está de acuerdo con las finalidades del trabajo realizado 2.2. empieza con un verbo
3. Plantear la hipótesis	3.1. se indican las variables dependiente e independiente 3.2. se indican las variables que se controlan 3.3. se redactan utilizando la forma: "Si entonces"
4. Indicar los materiales e instrumentos utilizados en la experimentación	4.1. se anotan todos 4.2. son nombrados correctamente
5. Describir el procedimiento seguido	5.1. está de acuerdo con la hipótesis 5.2. se describen los diferentes pasos en párrafos separados 5.3. los párrafos son cortos, precisos y concisos 5.3 se acompaña de esquemas
6. Transcribir las observaciones y los datos	6.1. son sistemáticos en relación a la variable independiente 6.2. se utilizan tablas y cuadros 6.3. se visualizan fácilmente 6.4. incluyen observaciones sobre aspectos divergentes u otros
7. Transformar los datos	7.1. si permiten visualizar y llegar a conclusiones en relación a la hipótesis planteada 7.2. si se utilizan gráficos o esquemas
8. Redactar las conclusiones	8.1. responde a la hipótesis 8.2. se relaciona con aspectos teóricos que 'expliquen' los resultados obtenidos 8.3. se diferencian las interpretaciones personales de las que son aceptadas científicamente 8.4. en la redacción se utilizan los términos científicos adecuados y sin errores 8.5. si las frases están bien construidas (atención a los conectores)
9. Revisar el texto elaborado	9.1. se comprueba que una persona que no ha hecho el experimento puede repetirlo 9.2. la presentación permite leer fácilmente el texto 9.3. la puntuación y la ortografía son correctas

C) Algunas tipologías de trabajos prácticos

Las prácticas pueden ser de muchos tipos y se pueden clasificar en función de distintos criterios. Ya se ha indicado que su formulación depende del momento del proceso de aprendizaje en que se plantee su realización. Otras variables a tener en cuenta son:

- El tipo de pregunta o problema planteado.
- El grado de apertura.

c.1) Trabajos prácticos y tipos de preguntas

Es importante que cualquier trabajo práctico parta del planteamiento de una pregunta o problema, que es necesario que el alumnado se represente bien. La pregunta es lo que da significatividad a la experimentación:

No sólo se requiere que los resultados experimentales sean adecuados en el sentido de ser registros precisos de sucesos experimentales, sino que, además, deben ser apropiados o significativos. Deben arrojar luz sobre alguna cuestión significativa planteada a la naturaleza. (Alan Chalmers, en: *La ciencia y cómo se elabora*, Madrid. Siglo XXI, 1992: 80).

Para que la observación científica sirva de algo ha de ser a favor o en contra de alguna tesis: la razón de ser del observar no reside meramente en recoger y acumular observaciones, sino en buscar y sacar a la luz cierto orden existente en los hechos; y de ahí que lo "observable" siga en su desplazamiento a los intereses y finalidades de la indagación (Marx W. Wartofsky, en: *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid. Alianza, recogiendo ideas expresadas por C. Darwin, 1976: 163).

Cada tipo de pregunta tiene finalidades de aprendizaje distintas y conlleva que los alumnos tengan que aplicar diferentes estrategias de razonamiento para poder responder. No es lo mismo pensar inductivamente que deductivamente. Por ejemplo, se puede distinguir entre:

- Trabajos prácticos orientados al aprendizaje de un procedimiento o técnica: ¿Cómo se utiliza tal instrumento? ¿Cómo calcular la densidad de un objeto? ¿Cuál será el contenido en sal de una mezcla?...
- Trabajos prácticos orientados a la observación sistemática de objetos, organismos o fenómenos: ¿En qué se parecen y se diferencian...? ¿Cómo es y cómo funciona?...

- Trabajos prácticos de tipo inductivo en los que se pide al estudiante que detecte regularidades o infiera algún tipo de relación entre variables. Por ejemplo: ¿Hay alguna relación entre la presión y el volumen de un gas?, o ¿entre el alargamiento de un muelle y la fuerza ejercida? ¿Se conserva la masa, en un cambio químico?
- Trabajos prácticos de tipo deductivo en los que se pide que los estudiantes utilicen razonamientos deductivos para relacionar ideas generales o teorías con el fenómeno observado. Ejemplos de preguntas serían: ¿Cómo podemos explicar lo que sucede al calentar un Erlenmeyer tapado con un globo? ¿Cómo saber si una determinada parte de una planta es un fruto?
- Trabajos prácticos hipotético-deductivos en los que los estudiantes han de identificar y combinar variables para comprobar hipótesis. Por ejemplo: ¿De qué depende la resistencia de un cable eléctrico? ¿Qué papel de cocina absorbe más agua? ¿Cuáles con las mejores condiciones para el crecimiento de una planta? (cuadro 9.8).

Cuadro 9.8. Diseño de una investigación.

¿Qué es lo que favorece el crecimiento de una planta?			
Problema	Imaginar que visitamos dos huertos. En el huerto A vemos unas plantas muy desarrolladas. En el huerto B observamos la misma especie de planta pero poco desarrollada. Esta observación nos hace plantear el problema: ¿Qué es lo que favorece el crecimiento de una planta? ¿De qué depende su desarrollo?		
¿Qué variables relacionas con el problema?	1. especie de la planta; 2. temperatura ambiente; 3. abono; 4. agua; 5. tipo de suelo; 6. edad de la planta; 7. luz.		
¿Cuál es la variable dependiente?	El crecimiento.		
¿Qué variable independiente escogerías?	El abono.		
Si	Hipótesis	entonces	Deducción
	Formulación	Acción (v.i.)	Resultados (v.d.)
	El abono favorece el crecimiento de las plantas.	Abonaré las plantas cada 5 días durante dos meses.	Las plantas crecerán más.

(.../...)

Diseño de la investigación

Condiciones	¿Qué variables fijarás? ¿Cómo las definirás o medirás?	1. La especie: <i>Lens culinaris</i> . 2. La temperatura: ambiente. 3. El agua: la misma calidad y cantidad. 4. La edad: la misma en todas las plantas. Empezaré desde la semilla. 5. El tipo de suelo: tierra para plantas de exterior. 6. Luz: la misma orientación.
Acción	¿Cómo medirás o definirás la variable independiente (v.i.)? ¿Qué valores o tratamiento investigarás?	El abono será especial para plantas de exterior. Abonaré las plantas con el mismo tipo de abono y con la misma cantidad: 2cc cada 5 días.
Resultados	¿Cómo medirás o definirás la variable dependiente?	Cada 2 días mediré en cm. Desde la base del tallo a la punta. Confeccionaré una tabla con los datos.
Control	¿Es del tipo comparativo? ¿Cómo influye la v.i.? ¿Es del tipo "Con... o sin..."? ¿Influye o no la v.i.?	No. Sí, es del tipo con o sin abono
Réplicas	¿Qué número de réplicas propones?	10 plantas (5 con abono y 5 sin abono)
Material	¿Qué material necesitarás para realizar tu investigación?	10 macetas. Tierra para plantas de exterior (para las 10 macetas). Abono. 10 semillas de <i>Lens culinaris</i> (lentejas).

Fuente: Equipo Ciencias, 12-16 del ICE de la UAB, 1995.

c.2) Dependencia del grado de apertura

Al mismo tiempo una práctica puede diseñarse teniendo en cuenta distintos grados de apertura. M. Herron propuso en 1971 una clasificación distinguiendo entre cuatro niveles de apertura o indagación:

- Nivel *cero*, en el que se da al alumnado la pregunta formulada, el método que debe seguir y también los resultados que obtendrán.
- Nivel *uno*, en el que se dan todos los apartados menos los resultados.
- Nivel *dos*, en el que se da sólo la pregunta.
- Nivel *tres*, en el que se indica al alumnado un fenómeno o una situación y a partir de ella debe formularse la pregunta, proponer un método de análisis y recoger los resultados y deducir conclusiones.

Las prácticas de nivel 0 no tienen ningún interés, ya que no hay una pregunta a responder. Los estudiantes se limitan a manipular sin realizar ninguna actividad intelectual. El cambio de nivel, además de un cambio en el guión del trabajo a realizar (cuadro 9.9), comporta un cambio en sus objetivos didácticos.

Cuadro 9.9. Guiones de nivel 0 y 2 correspondientes a una actividad práctica similar.

Guión de observación: las raíces

1. Toma granos de trigo, judías, maíz, habas y humedécelos para hacerlos germinar.
 - a) Pon semillas sobre una tela metálica que se sostenga en la superficie del agua con cuatro corchos.
 - b) Coloca las otras semillas dentro de un bote con serrín o arena húmeda.

Dibuja los dos sistemas cada 2 o 3 días (la germinación sobre el agua te permitirá observar el crecimiento de las raíces y de su ramificación, y la que se produce en el serrín, su penetración).
2. Pon un trozo de mármol pulido dentro de una caja, tápalo con musgo, granos de trigo, y otra vez musgo. Mantenlo húmedo. Cuando las semillas hayan germinado y las plantas se hayan formado levántalo y observa la superficie del mármol. Dibuja las señales que las pequeñas raíces seguramente habrán dejado debido a los ácidos que segregan.

¿Todas las raíces son iguales? ¿Todas crecen en la misma dirección?
¿Cómo es posible que algunas plantas crezcan en zonas muy rocosas?
3. Dispones de semillas de trigo, judías, maíz y habas. Diseña un experimento que te permita comparar las raíces de estas plantas.

Describe las similitudes y diferencias entre ellas.
4. Investiga la dirección en la que crecen las raíces cuando se inclina la vasija que contiene las semillas cuya germinación ya se ha iniciado.
5. Investiga si cuando unas semillas de trigo germinan sobre un mármol pulido se observa algún cambio en el mármol.

¿Cómo explicas los resultados obtenidos?
Escribe la respuesta a las preguntas iniciales.

A lo largo de un curso será importante que los estudiantes lleven a cabo trabajos prácticos de los niveles 1 al 3, ya que a través de ellas los estudiantes podrán desarrollar distintas capacidades. Generalmente, las de nivel 3 requieren más tiempo, por lo que sólo se podrán realizar algunas. Para evaluar el nivel de las prácticas propuestas y el tipo de procedimientos que se pide que los estudiantes pongan en práctica es útil el guión que se muestra en el cuadro 9.10.

Cuadro 9.10. Cuestionario para la evaluación de las prácticas de laboratorio.

Inventario de procedimientos que en el guión de prácticas, explícitamente, se pide que realicen los alumnos

1. Planificación y diseño. El alumno:

- 1.1. Formula una pregunta o define un problema que se tiene que investigar.
- 1.2. Predice resultados experimentales.
- 1.3. Formula hipótesis que se tienen que comprobar en esta investigación.
- 1.4. Diseña el método de observación.
- 1.5. Diseña un experimento.
 - 1.5.1. Encuentra la variable dependiente.
 - 1.5.2. Encuentra la variable independiente.
 - 1.5.3. Diseña el control.
 - 1.5.4. Hace encajar el diseño experimental con la hipótesis que tiene que comprobar.
 - 1.5.5. Hace un diseño completo (incluyendo repeticiones del experimento, por ejemplo).

2. Realización. El alumno:

- 2.1. Hace observaciones y mediciones.
 - 2.1.1. Hace observaciones cualitativas.
 - 2.1.2. Hace observaciones cuantitativas.
- 2.2. Utiliza aparatos, aplica técnicas.
- 2.3. Consigna resultados, describe las observaciones.
- 2.4. Realiza cálculos numéricos.
- 2.5. Explica procedimientos.
- 2.6. Coopera con otros estudiantes.

3. Análisis e interpretación. El alumno:

- 3.1. Organiza y estructura los datos.
 - 3.1.1. Presenta los datos en tablas o diagramas.
 - 3.1.2. Dibuja gráficos con los datos.
- 3.2. Deduce interrelaciones, extrae conclusiones.
 - 3.2.1. Deduce relaciones cualitativas
 - 3.2.2. Deduce relaciones cuantitativas.
- 3.3. Analiza el grado de exactitud y precisión de los resultados experimentales.
- 3.4. Define o examina las limitaciones y/o los supuestos inherentes al experimento.
- 3.5. Formula generalizaciones o propone modelos.
- 3.6. Explica interrelaciones.
- 3.7. Formula nuevas preguntas

4. Aplicación. El alumno:

- 4.1. Formula hipótesis o predicciones basadas en los resultados de esta investigación
- 4.2. Aplica las técnicas experimentales a un problema nuevo.
- 4.3. Aplica los resultados experimentales a un nuevo contexto.

Fuente: Tamir, P. y Lunetta, J. (1978): "An analysis of laboratory activities in the BSCS". *American Biology Teacher*, 40: 426-428.

D) Tipos de organización del trabajo experimental

En el laboratorio o en el aula se pueden plantear formas organizativas diversas en función tanto del tipo de trabajo práctico como del material disponible, del espacio y del tiempo. Algunas posibles organizaciones son:

- La misma práctica es realizada en pequeños grupos (que es recomendable que no estén formados por más de cuatro alumnos). La ventaja es que el guión es común, así como buena parte de los problemas que surgen.
- Toda la clase responde al mismo problema, pero cada grupo investiga un aspecto diferente. Por ejemplo, las condiciones de crecimiento de semillas, microorganismos o plantas, o el efecto de una atmósfera ácida sobre distintos materiales. También puede ser que cada grupo realice una medida y posteriormente se pongan en común los resultados, analizando el papel del error en la experimentación o identificando alguna regularidad como, por ejemplo, la densidad como propiedad característica que relaciona masa y volumen de una sustancia. En este tipo de prácticas es muy importante la comunicación de los resultados entre grupos.
- *Rueda de experimentos* en la que cada grupo realiza un experimento distinto y van pasando de una práctica a la siguiente. La ventaja es que no se necesita mucho material. Es útil, por ejemplo, para el aprendizaje de técnicas concretas (métodos de separación de sustancias), la observación de preparaciones microscópicas diversas, la identificación de propiedades de los materiales (conductividad eléctrica o calorífica, dilatación, dureza...).

En este tipo de organización es importante que el tiempo necesario para la realización de cada trabajo práctico sea similar, y que los materiales y aparatos necesarios estén ya preparados con anterioridad.

- *Demostraciones* en las que el profesor (generalmente con ayuda de algunos alumnos que intervienen puntualmente) realiza el trabajo práctico para todo el grupo.
- *Trabajo individual*, necesario cuando se trata de aprender algún procedimiento o técnica específicos como, por ejemplo, enfocar un microscopio, utilizar una balanza o preparar un disolución. Como es difícil disponer del material necesario, se pueden organizar equipos de forma que el profesor enseña su uso a unos alumnos y éstos a otros, en cadena. El último lo explica de nuevo al profesor. Se puede combinar esta organización con la de la *rueda de experimentos* o, sencillamente, prever actividades distintas para los alumnos que han de esperar su turno.

La estructura del laboratorio también puede ser distinta. La organización clásica, con mesas fijas, no es la más recomendable porque no favorece la interacción ni

entre los miembros de un grupo, ni de todo el grupo-clase. Un ejemplo interesante es el expuesto en la figura 9.1:

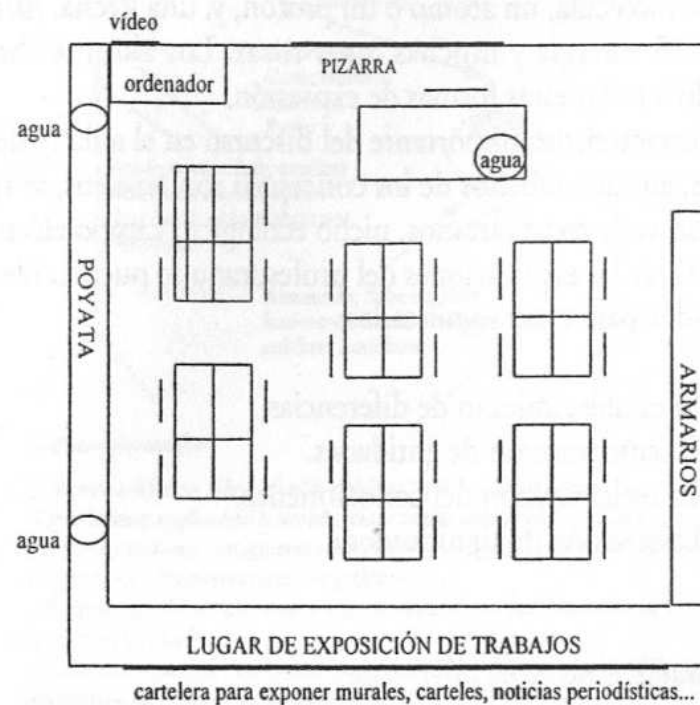


Figura 9.1. Modelo de estructura de laboratorio.

9.3. La actividad de "explicar"

Explicar algo es haber llegado a entenderlo de tal manera que sea uno capaz de hacer que otro lo entienda. Wartofsky, M. W. (1976): *Introducción a la filosofía de la Ciencia*. Madrid. Alianza, p. 315.

El profesorado acostumbra a pensar que su explicación es la actividad más importante para promover el aprendizaje de sus alumnos. También los alumnos aprecian una buena "explicación". Pero se sabe mucho menos sobre el acto y la manera de explicar en clase que sobre las ideas científicas que se desea comunicar.

De hecho, bajo el concepto de *explicar* se engloban acciones del profesorado con finalidades muy distintas, ya sea dar a conocer el procedimiento que se ha de seguir para hacer algo (cómo medir el volumen de los líquidos) o resolver un problema, describir fenómenos o teorías (la composición del agua del mar, la teoría cinético-molecular de la materia), argumentar la idoneidad de un modelo o de un valor (por qué nos imaginamos la materia formada por átomos), justificar teóricamente un hecho (por qué mientras el agua hierve la temperatura no varía), etc. A través de

ellas se ejerce la función de mediador cultural, es decir, se promueve que un conocimiento propio de los expertos pueda ser comprendido (reconstruido) por los que aprenden.

Sin embargo, esta reconstrucción no tiene lugar de forma significativa si a su vez el alumno no ejerce también la actividad de explicar, es decir, si no comunica su forma de entender, ya sea a los compañeros, al profesorado, a los familiares o a los amigos. De hecho, en algunos casos las explicaciones de alumnos y las de su profesor o profesora se interrelacionan tanto que es difícil decir dónde empiezan unas u otras.

Generalmente, un profesor es consciente de que entiende algo precisamente cuando lo explica a sus alumnos, ya que tiene que organizar un discurso coherente y con sentido. De la misma forma, un alumno empieza a comprender cuando tiene que explicar algo, ya sea oralmente o por escrito. Comunicarse con alguien exige un esfuerzo de adaptación y de autorregulación de las formas de expresarse. Las interacciones que tienen lugar, aunque sean sólo miradas o gestos, favorecen esta regulación, con lo que mientras una persona está hablando o escribiendo va tomando conciencia de que cada vez comprende mejor la idea a expresar.

En este apartado, analizaremos características de:

- Las explicaciones del profesorado, recogiendo ideas expresadas por Ogborn *et al.* (1998).
- Las explicaciones del alumnado a partir de Izquierdo y Sanmartí (1999).

A) Las explicaciones del profesorado

Las explicaciones que se dan en la clase de ciencias pueden asimilarse a historias, en las que hay siempre:

- Unos *protagonistas* que tienen sus propias capacidades y gracias a los cuales "algo" puede suceder.
- Estos protagonistas conectan una serie de hechos.
- Tales hechos tienen unas consecuencias que son debidas a la naturaleza de los protagonistas y a la de los hechos.

Por ejemplo, para explicar por qué no varía la temperatura del agua mientras hierve necesitaremos unos protagonistas, que pueden variar según el nivel de la explicación: las partículas que se mueven, se pueden unir o separar, se distribuyen en el espacio de una forma determinada..., la energía, que también "tiene" unas propiedades, la presión atmosférica... Estos protagonistas se relacionan con hechos, tales como que, según la temperatura, tenemos agua en estado líquido o en estado gaseo-

so, que mientras el agua hierve se observan burbujas en todo el líquido, que la temperatura del agua al hervir a la presión atmosférica normal es de 100 °C, etc. Estos hechos tienen una consecuencia: la temperatura del agua no varía mientras hierve, que se puede relacionar con los protagonistas y con los otros hechos destacados.

La historia final ha de *tener sentido*, ha de ser coherente y, al mismo tiempo, ha de estar conectada con el mundo real. Numerosos estudios muestran que muchos de los problemas de comprensión de los que escuchan o leen algo se deben al hecho de que no se conecta el texto con un objeto o una situación conocida o a que se establecen conexiones no deseadas. Por ejemplo, se ha comprobado que el profesor puede hablar de la dilución del ácido clorhídrico concentrado, pero, si los estudiantes no lo han observado y manipulado, no se lo imaginan fácilmente. Aunque a un profesor experto le parezca imposible, se imaginan poco el fenómeno de la dilución y, mucho menos, que la cantidad de soluto no varíe.

Para entender la situación en la que se encuentra un alumno cuando escucha a un profesor o lee un texto sobre algo desconocido es interesante intentar reescribir el texto cambiando las nuevas palabras por otras sin sentido (cuadro 9.11).

Cuadro 9.11. Reescritura de un apartado de un libro de texto cambiando las palabras-clave.

¿Cómo se unen los lacus?

Ya sabes que los lacumoles de los materiales están unidos en los sólidos y en los líquidos y que es necesario dar energía para separarlos. Los lacumoles están formados por lacus unidos fuertemente y también se necesita energía para separarlos.

También sabes que todos los materiales están formados por lacumoles; algunos están formados por cumos y otros por grandes estructuras de muchos lacus unidos fuertemente entre ellos; pero en todos los casos se necesita energía para deshacer la estructura, es decir, para romper los enlaces.

Asimismo, sabes que las cargas eléctricas positivas y negativas se atraen; cuando están juntas, es necesario dar energía para separarlas. Si relacionas todas estas afirmaciones podrás comprender cómo se produce la unión entre lacus, es decir, el enlace.

Dos o más lacus quedan unidos cuando los lacus de cada uno de ellos son atraídos a la vez por dos o más cumos. Como resultado de esta atracción, las cargas positivas, los cumos, y las cargas negativas, los lacus, se acercan, la energía disminuye y los lacus quedan unidos: para separarlos se necesita energía. La energía necesaria para separar dos lacus es la energía de enlace.

Muchas veces las historias se expresan matemáticamente, gráficamente o a través de esquemas y dibujos. El profesor de Ciencias utiliza mucho en sus explicaciones representaciones y gestos en los que hay muchos implícitos. La relación entre un

esquema dibujado en la pizarra y su significado no siempre es evidente, como por ejemplo, al dibujar un tubo para hablar del "tubo digestivo". Otras veces puede utilizarse un mismo signo para representar ideas distintas: un círculo pequeño puede representar una molécula, un átomo o un protón, y, una flecha, fuerzas, cambios de estado, flujos de energía y muchas otras cosas. Los alumnos han de aprender a dar significado a todas estas formas de expresión.

Otra característica importante del discurso en el aula (y del de los libros de texto) es que, aunque muchos de los conceptos son teóricos, se habla de ellos como si se pudieran ver y tocar: átomos, nicho ecológico, campo eléctrico...

Al analizar las explicaciones del profesorado se pueden identificar cuatro procesos utilizados para crear significados:

- a.1) El establecimiento de diferencias.
- a.2) La construcción de entidades.
- a.3) La reelaboración del conocimiento.
- a.4) La creación de significados.

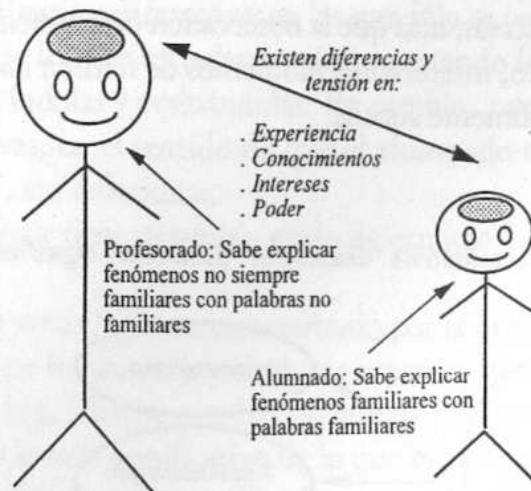
a.1) El establecimiento de diferencias

En una explicación se busca, en primer lugar, crear diferencias entre lo que el alumnado conoce y lo que necesita conocer para tener éxito en su aprendizaje. Si al estudiante le parece que lo que se va a explicar ya lo sabe, no estará activo intelectualmente y "desconectará".

Utilizando medios muy diversos el profesor pretende comunicar de qué se va a hablar y por qué. Hemos visto la importancia de compartir objetivos en el aula, ya que es necesario conectar lo nuevo con algo conocido que habrá que reestructurar. Pero no se trata tanto de nombrarlos como de provocar que el alumnado se los represente contrastando lo que ya sabe y lo que se espera que sepa, planteando las diferencias entre el conocimiento histórico o cotidiano y el actual, anunciando su utilidad, sorprendiendo con algún experimento, etc. (figura 9.2).

Lo más importante es poner de manifiesto las diferencias entre lo que el alumno piensa que sabe y lo que necesitará para elaborar su propia respuesta. Pero estas diferencias tampoco pueden ser tan grandes que desanimen a escuchar y a participar activamente en el diálogo que se pueda generar. Toda diferencia genera tensiones: el que enseña sabe más, tiene más experiencia y conoce reacciones de los que aprenden, su interés es que los alumnos aprendan mientras que la mayoría de ellos sólo quieren aprobar y, lo que es muy importante, el profesor tiene más poder. Estas tensiones son el punto de partida para aprender, siempre que no provoquen que la comunicación se rompa.

'Explicar' comporta poner en evidencia diferencias y reducirlas



Algunas estrategias:

- . Poner en evidencia diferencias de opinión: "qué pensamos sobre..."
- . Crear interés: explicando historias, relacionando mundo real-científico...
- . Crear expectativas: "imaginemos que...", "cómo explicar esta observación sorprendente", "cómo resolver este problema"...
- . Clarificar objetivos: "qué vamos a hacer ahora", "por qué lo estudiamos", "cuál es su utilidad"...
- . Promover que se tome conciencia del aprendizaje: "estamos progresando conjuntamente", "ahora somos capaces de..."

Figura 9.2. Esquema sobre el establecimiento de diferencias.

a.2) La construcción de entidades

Al explicar, se han de introducir protagonistas que normalmente no son conocidos por los alumnos, ya sean ideas, ya sean hechos o relaciones entre ellos. Son *entidades* o "trozos de significado" con los que habrá que pensar para poder explicar algo, pero no son "cosas" para pensar sobre ellas. Esta diferencia es importante, ya que muchas veces se cree que lo importante de una explicación es la entidad introducida, cuando en realidad ésta tiene sentido si es útil para comprender. Por ejemplo, no es importante saber sobre el átomo si no se sabe utilizar para explicar fenómenos.

Las relaciones entre estas entidades y los hechos no son evidentes. El alumno observa que el "gas" se quema, pero el profesor habla de combustión, de oxígeno, dióxido de carbono y agua, de cambio químico, energía, moléculas, enlaces, etc. Tampoco es fácil relacionar hechos que se explican en buena parte con las mismas entidades como, por ejemplo, la combustión del butano con la "combustión" de los alimentos en el interior del cuerpo. Por ello, muchas veces, la principal tarea del profesorado al expli-

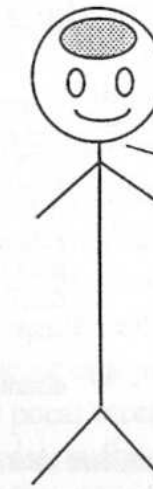
car es dar a conocer y describir los protagonistas de la historia que se habrá de aprender a contar.

Necesidad de construir 'entidades' con las que explicar

Para explicar fenómenos que se observan y de los que se puede hablar en lenguaje cotidiano, el profesorado ha de enseñar a los alumnos a utilizar con sentido 'entidades' que sólo tienen significado desde la ciencia.

Ejemplos de ENTIDADES:

- Invisibles o intangibles: microbios u ondas
- Regularidades: Tabla Periódica
- Representaciones: gráfico sinusoidal
- Imaginarias pero reales: átomos
- Instrumentos: osciloscopio
- Relaciones: ley de Ohm
- Clasificaciones: gases, líquidos o sólidos
- Procesos: fundir, disolver
- Objetos especiales de la ciencia: péndulo



Recursos:

- . Mostrar hechos, objetos cotidianos desde otros puntos de vista: 'nuevas palabras a partir de las viejas'
- . Recoger usos cotidianos de la entidad y diferenciarlos del científico
- . Hablar de: 'traducir', 'relacionar'...
- . Introducir las entidades como objetos: 'qué son', 'qué hacen', 'cómo están hechas'...
- . Introducir "prototipos", ejemplos significativos a partir de los cuales generalizar

Figura 9.3. Esquema sobre la construcción de entidades.

a.3) La reelaboración del conocimiento

El conocimiento se va transformando continuamente en la escuela. Los alumnos tienen sus concepciones, que van evolucionando, y las mismas entidades introducidas van cambiando de significado. Evoluciona la idea de cambio químico o cómo se explica el crecimiento de una planta. Una explicación del profesorado no consiste, pues, en transmitir ideas para que los estudiantes las repitan, sino en proporcionar "materiales" que les ayuden en la *reelaboración* del conocimiento, a su transformación constante.

Para promover esta reelaboración se utilizan narraciones, experiencias personales, historias de descubrimientos, comparaciones, analogías, metáforas... Por ejemplo, muchas palabras científicas son metáforas (oxígeno, célula, lente...) y al explicar se compara el ojo con una cámara fotográfica o a las hormonas con un director de

orquestra. Por medio de estos recursos se *traducen* entidades que todo el mundo puede identificar fácilmente en otras que forman parte de un modelo científico, pero con las que es difícil reconocer inicialmente la relación.

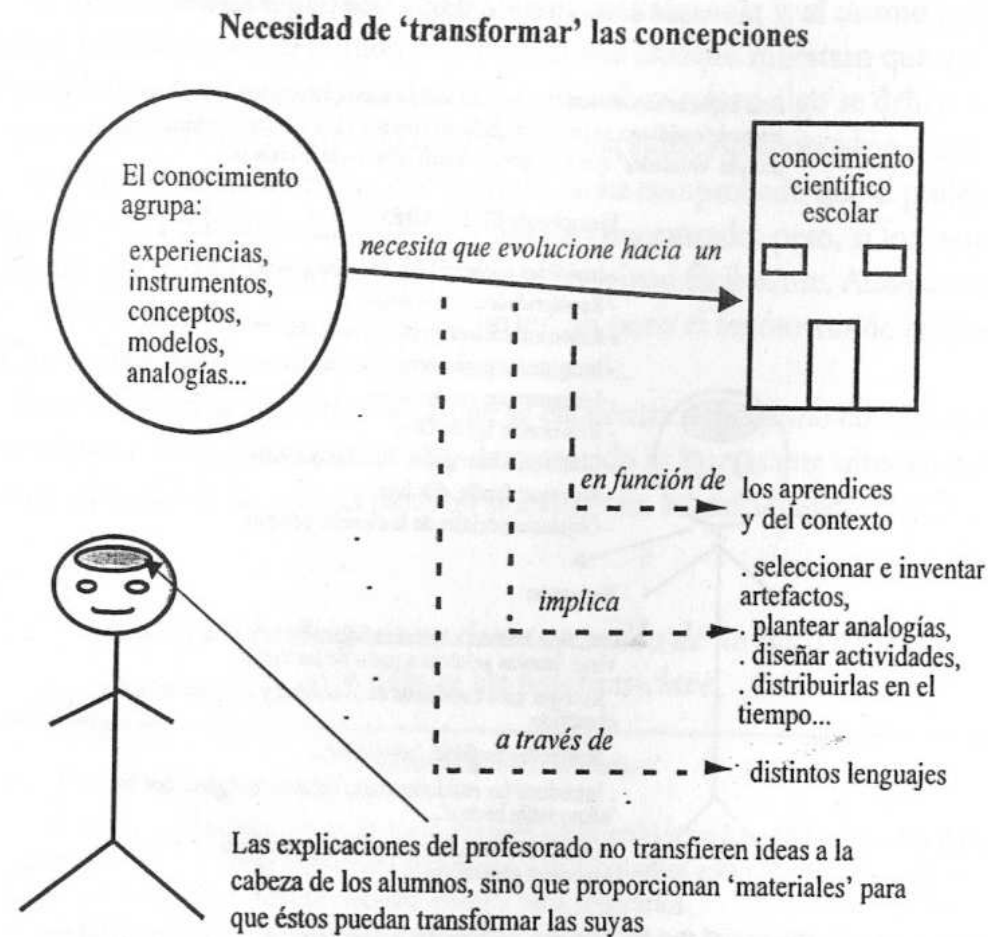


Figura 9.4. Esquema sobre la reelaboración del conocimiento.

a.4) La creación de significados a partir de la demostración

Las teorías científicas se han de correlacionar con los hechos de forma convincente. Pero las apariencias engañan (la energía se acaba, se necesita ejercer una fuerza para mantener un objeto en movimiento, parece que los gases no pesan) y los experimentos no "salen" bien. A través de la explicación el profesor intenta *demostrar* que el mundo se comporta tal como la teoría dice que lo hace.

En las clases de Ciencias se utilizan los resultados de las observaciones para comprender la teoría y, viceversa, se emplea la teoría para entender las observaciones. Hay experiencias escolares paradigmáticas, que todos los libros reproducen con la finali-

dad de demostrar la teoría. Pero, generalmente, sólo tienen sentido cuando ésta es conocida. En la explicación, el profesorado intenta poner de manifiesto sólo lo relevante y la forma de observar, más que la observación propiamente dicha. Las demostraciones son, por tanto, interesantes momentos de tensión entre lo que se supone que sucede y lo que realmente sucede.

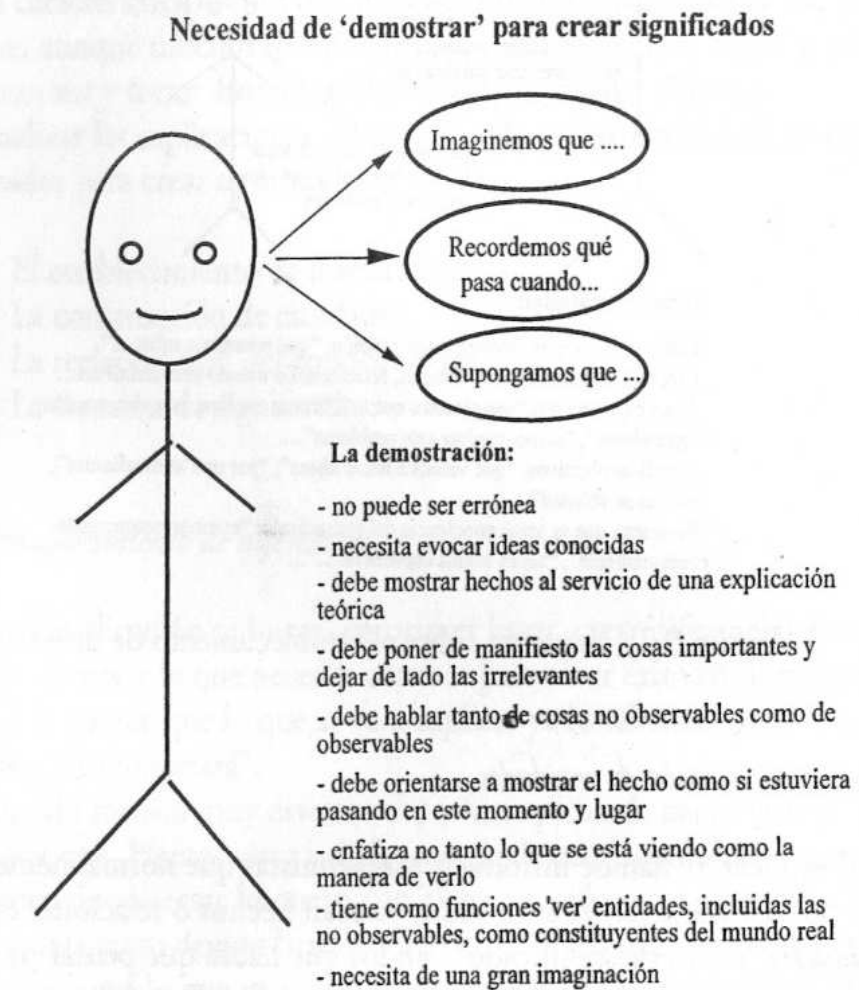


Figura 9.5. Esquema sobre la creación de significados a partir de la demostración.

Un modelo científico tarda días en ser explicado de forma que los alumnos lo puedan ir construyendo. Generalmente, se combina con la realización de otras actividades, como son los trabajos prácticos o ejercicios de tipos muy diversos. Las observaciones hechas o las opiniones expresadas por los alumnos son incorporadas a la explicación con alguna de las cuatro finalidades indicadas. Cuanta más interrelación haya entre lo que el alumnado ha hecho y piensa y lo que se explica, más probalidades hay de que se genere un aprendizaje.

El reto del profesorado es promover que, mientras está hablando, los estudiantes vayan estableciendo interrelaciones entre su pensamiento y lo que se dice. Hay clases extraordinariamente *activas* en las que sólo se oye el discurso del profesorado, y lo son porque los que escuchan están conectando lo que se dice con sus propias ideas, contrastándolas y evaluándolas. En cambio, a veces clases muy manipulativas son poco activas, en el sentido de que el alumnado realiza su actividad de forma "reproductiva", sin reflexionar.

Cada profesor tiene su propio estilo de explicar. Los principales tipos son:

- *Vamos a pensarlo juntos*: caracterizado por la capacidad del profesorado de estimular que las alumnas y alumnos expresen sus ideas, y de utilizar éstas en la explicación. Plantea muchas preguntas y da pocas respuestas, pero recoge y sintetiza lo más significativo de lo que se va diciendo.
- *El narrador de cuentos*: utiliza la narración para atraer el interés de los estudiantes. Explica historias y anécdotas sobre el descubrimiento de las ideas de la ciencia y utiliza los ejemplos y analogías para conectar el conocimiento cotidiano con el científico.
- *Dilo a mi manera*: es el estilo que consiste en estimular la precisión en el uso del lenguaje de la ciencia. El profesorado da a conocer el significado de los nuevos términos con ayuda de ejemplos y metáforas, y el diálogo que promueve se caracteriza por traducir lo que va diciendo el alumnado o por pedir que se diga la palabra o la expresión correcta.
- *Míralo a mi manera*: es el estilo que centra la explicación en poner de manifiesto las diferencias entre formas de ver y de explicar distintas a las admitidas actualmente por la ciencia. Puede hablar sobre cómo se explicaba algo en el pasado o cómo se explica cotidianamente, todo con la finalidad de atraer el interés por el nuevo conocimiento.

Aunque se pueden combinar estos estilos de explicar, cada profesor o profesora tiene un estilo dominante. Todos son interesantes en relación con la finalidad de estimular que los estudiantes se apropien de las formas de percibir, de razonar y de hablar de la ciencia, aunque cada uno potencia más un aspecto que otro. Los alumnos, para aprender, tienen, por tanto, que conectar no sólo con lo que se dice, sino con la forma como se dice, cosa no fácil para muchos.

B) Las explicaciones de los alumnos y alumnas

En el aula, la actividad de explicar no la realiza sólo el profesorado, sino también los alumnos, a los que se pide que expresen sus ideas oralmente o por escrito. La acti-

vidad tiene una doble función mediadora: estimular a los que aprenden para que "pongan en forma" lo que han oído o leído y lo que piensan, y favorecer la regulación interactiva contrastando las distintas explicaciones y sugiriendo cambios.

La expresión verbal de las ideas posibilita tanto su organización como que se puedan discutir y validar, contribuyendo todo ello a la construcción del conocimiento. De la misma forma que los científicos exponen sus ideas en congresos y publicaciones con la finalidad de que la comunidad científica las evalúe, los estudiantes dan a conocer las suyas en el marco de actividades didácticas.

El lenguaje científico tiene unas características bien determinadas: es preciso, no ambiguo, riguroso, formal, impersonal y a menudo hipotético. Las ideas han de estar bien fundamentadas y organizadas. Se aprende sólo en la escuela, ya que es distinto del lenguaje utilizado en el contexto cotidiano. Sin embargo, no se puede confundir el aprendizaje del lenguaje de la ciencia con el de su vocabulario específico, a pesar de que, tal como algunos estudios han puesto de relieve, se pueden aprender más palabras nuevas en una hora de clase de Biología que en otra de inglés de un mismo curso.

El lenguaje científico se aprende pensando, leyendo, hablando y escribiendo. Por eso es tan importante que se realicen actividades de este tipo en el aula. Si analizamos las demandas que se hacen a los alumnos en las clases de Ciencias observaremos que la mayoría se refieren a que "expliquen" algo. Los verbos o expresiones utilizadas pueden ser diferentes: describe o explica qué es o qué ha pasado, explica por qué, razona, expón, argumenta, justifica, interpreta, resume, define, analiza, valora, etc. El significado de estas acciones tiene muchos aspectos en común y otros que las diferencia, pero pocas veces se discute con el alumnado qué quiere decir dar respuesta a estas demandas, cuáles son sus características o cómo llevarlas a cabo.

Toda explicación es relativa, porque depende del reconocimiento previo de un problema o pregunta y de los conocimientos a los que darán lugar las explicaciones. Por ejemplo cuando se plantea la pregunta "Explica qué ha pasado cuando hemos mezclado el azúcar con el agua", las respuestas pueden ser bien diversas: "Se ha disuelto" o "Las partículas de azúcar se han repartido entre las partículas de agua", y si pedimos que justifiquen "por qué ha pasado este fenómeno" las respuestas también pueden ser distintas, mostrando diversos grados de profundización: "Porque el agua es un buen disolvente de sustancias como el azúcar", "Porque se han roto los enlaces entre las moléculas que forman cristales de azúcar debido a que la atracción entre las moléculas de agua y las de azúcar es mayor que la que hay entre las de azúcar" o "Porque al poner en contacto azúcar y agua, el sistema tiende espontáneamente a un estado de máximo desorden (entropía)".

De hecho, la expresión "*se ha disuelto*" dicha por un experto, incluye a todas las otras y es una buena explicación para uno mismo. En cambio, esta frase puede ser utilizada miméticamente por el estudiante sin que para él tenga ningún valor explicativo. En las clases de Ciencias, las "buenas" explicaciones exigen realizar redaccio-

nes amplias en las que se utilicen *entidades* nuevas como las “partículas”, “moléculas”, “enlaces”, “entropía”, etc. y darles sentido al interrelacionarlas para construir el texto correspondiente.

Este ejemplo pone de manifiesto que, cuando se pide en el aula una explicación científica de algún fenómeno, siempre se tiene que reformular la descripción de las observaciones realizadas utilizando términos que provengan del contexto científico, es decir, de las teorías o modelos teóricos aceptados en aquel momento. De hecho, toda explicación científica requiere traducir una forma de expresar hechos o ideas cotidianas a otro lenguaje inicialmente desconocido (figura 9.6). En un texto científico se *transforman* entidades que todos pueden identificar fácilmente en otras que forman parte de un conjunto más amplio pero con las que no todo el mundo ve la relación inicialmente (decimos, “*es como*”), o que son abstractas (átomos, entropía...) y que sólo tienen sentido en el marco de los modelos teóricos.

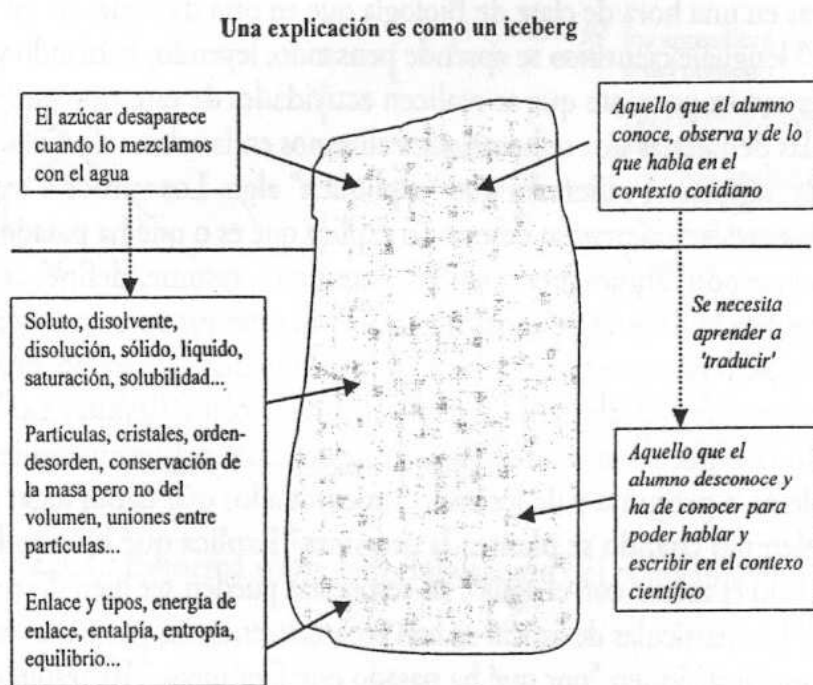


Figura 9.6. Explicar científicamente implica “traducir”.

Muchos alumnos no llegan a ser conscientes de este proceso. A menudo sus explicaciones utilizan entidades del mismo nivel que los hechos o ideas que pretenden explicar y, en consecuencia, no construyen explicaciones válidas en el contexto de las clases de ciencias. Por eso muchos profesores preguntan el “*porqué del porqué*”, es decir, estimulan *traducciones* a distintos niveles.

Por ejemplo, un alumno que, a la pregunta: “¿Por qué un árbol pesa hoy 100 kg más que hace 20 años?”, responde diciendo: “Porque se ha hecho más grande”, está

utilizando un argumento tautológico, ya que la razón que da y el hecho que intenta explicar son entidades del mismo nivel. Por tanto, desde el punto de vista científico no explica nada, aunque la frase está bien construida si se analiza gramaticalmente. Explicar, en este caso, implicaría *traducir*, en un primer nivel, la idea “pesa más” a las ideas “aumento de masa” y “aumento de la cantidad de materia” y hablar de procesos como el de la “fotosíntesis”. Estos conceptos forman parte de un modelo teórico científico.

Sólo cuando el alumnado elabore textos utilizando ideas que relacionen dos niveles distintos (apropiados a su capacidad explicativa que, como ya hemos dicho, es siempre relativa) tendrá posibilidades de aprender. Por ejemplo, para explicar el aumento de la masa de un árbol, un estudiante puede especificar razones diferentes: la absorción de agua, la materia aportada por los abonos, los gases (dióxido de carbono), etc. Y es a partir de estas razones cuando la experimentación y/o la discusión puede comportar una evolución de las ideas. En cambio, es difícil pensar que, para un alumno que ha elaborado una seudoexplicación de tipo tautológico, tenga sentido plantear hipótesis ni experimentar o discutir su afirmación, ya que ésta es evidente en sí misma. Por tanto, este alumno sería incapaz de explicar científicamente.

De las reflexiones anteriores se deduce que, para el alumnado, no es fácil aprender a elaborar explicaciones científicas y que es necesario promover el desarrollo de esta capacidad en nuestras clases. A continuación, se analizan algunos de los géneros lingüísticos más utilizados en las clases de Ciencias y se sugieren formas de facilitar su aprendizaje:

- b.1) La descripción.
- b.2) La definición.
- b.3) La explicación.
- b.4) La justificación.
- b.5) La argumentación.

Estos géneros son comunes a otras disciplinas, por lo que el sentido en el que se usará el concepto de explicación será más reducido que el que se acostumbra a dar desde la ciencia. En el marco de esta última, como hemos visto, los textos científicos siempre pretenden “explicar”.

b.1) La descripción

Describir es producir enunciados que enumeren cualidades, propiedades, características, etc., de un objeto, organismo o fenómeno. Al hacerlo se concreta la “for-

ma de mirar” el hecho objeto de estudio, los aspectos en los que se centra la observación. Esta mirada está condicionada por la finalidad de la observación y depende del marco teórico de referencia, aunque al mismo tiempo sirve para construirlo.

Por ejemplo, al describir una flor en una clase de Ciencias será importante hacer referencia al pistilo y a los estambres. En cambio, en una floristería generalmente no se describen estas partes de la flor y, en cambio, puede ser importante hacer referencia al olor, al color o a la textura de los pétalos como variables más importantes. Discutir con los alumnos las razones de estas diferencias favorece la construcción del concepto de flor, así como el buscar las palabras para nombrar las partes y aprender a utilizarlas con precisión. La actividad del cuadro 9.12 está orientada a esta finalidad.

Cuadro 9.12. Diferencias entre tipos de descripciones.

Una misma realidad, pero distintas descripciones

1. Imagínate que eres poeta. Describe el cielo que ves por la ventana.
2. Imagínate que eres meteorólogo/a. Describe el cielo que ves por la ventana.

Esta actividad puede ser útil para deducir las diferencias entre descripciones en función de su finalidad comunicativa.

En una descripción hay, pues, una gran carga teórica. Por ejemplo, se puede describir lo que sucede cuando se mezcla azúcar y agua, diciendo que “el azúcar ha desaparecido” o que “el azúcar se ha disuelto”. De hecho, lo que se observa es que el azúcar deja de verse, pero esta descripción no se considera válida en una clase de Ciencias, porque refleja concepciones alternativas. En cambio, decir que se ha disuelto o que se ha repartido por toda el agua sí que se consideraría una buena *descripción-explicación* científica, ya que el hecho se describe a partir de un modelo propio de la ciencia.

En un texto científico, las descripciones utilizan las variables que forman parte del modelo teórico. Si se describe cómo crece un árbol, se hablará del aumento de masa y no de las variaciones de color, por ejemplo. La principal dificultad en que se encuentra el alumnado en la elaboración de descripciones científicas es, pues, seleccionar las características o variables más significativas del objeto o fenómeno en relación con lo que se quiere conocer, porque, o bien no sabe el marco teórico, o bien reconoce que lo tiene que utilizar. Por ejemplo, al pedir a los alumnos que describan las limaduras de hierro se pueden referir a su forma: “alargadas”, “esféricas”... , o a la distribución en el recipiente que contiene las sustancias: “las limaduras de hierro están

en medio del vidrio de reloj”, variables muy poco relevantes. En cambio, no acostumbran a especificar en su descripción que el hierro es atraído por un imán.

Otro de los problemas es que los estudiantes mezclan frecuentemente observaciones con inferencias y tienen problemas para diferenciar entre lo que ven y lo que piensan que sucede. Conviene reconocer, sin embargo, que a menudo es difícil establecer un límite preciso entre una observación y una inferencia. Por ejemplo, cuando se dice que el azúcar se disuelve en el agua, la expresión puede ser aceptada como una descripción, pero, cuando dicen que la aspirina se disuelve en el agua, lo consideramos una inferencia. De hecho, muchos términos utilizados para describir tienen una gran fuerza explicativa. El cuadro 9.13 reproduce una actividad diseñada para discutir sobre la relevancia de las observaciones.

Cuadro 9.13. No todas las observaciones son igualmente relevantes.

¿Qué le pasa al azúcar al mezclarlo con el agua?

Discutir, en pequeño grupo, qué aspectos, entre los que se observan al mezclar azúcar con el agua, y los que queráis añadir, pueden ser relevantes (importantes) para escribir una descripción científica del fenómeno. Finalmente, redactar individualmente la descripción.

- El azúcar desaparece.
- La disolución final es transparente.
- Los cristales de azúcar se van haciendo más pequeños al remover el agua.
- La disolución final tiene gusto dulce.
- Inicialmente había 5 g de azúcar y 100 ml de agua.
- Al principio se observan unos cristales de azúcar en el fondo del vaso pero luego no se ven.
- Cuanto más se remueve el agua, más rápidamente dejan de verse los cristales de azúcar.
- La disolución final es incolora.
- En la disolución final sólo se ve agua.
- Al principio se ven los cristales de azúcar, pero al final no.
- Cuanto más azúcar se pone, más gusto dulce tiene la mezcla.
- [...] (Añadir otras observaciones vuestras).

Un tercer tipo de dificultad se refiere a la propia estructura del discurso descriptivo científico que acostumbra a ser sistemático, cuantifica las observaciones siempre que es posible y utiliza tablas, cuadros y esquemas. Por ejemplo, una buena descripción de una flor puede ser expresada a través de un dibujo, y si se hace por escrito será importante indicar el tamaño, el número de pétalos, sépalos, estambres y pistilos, etc. En cambio, el texto reproducido en el cuadro 9.14, elaborado por una estudiante para describir el procedimiento y las observaciones hechas al calentar el agua, no sería un buen texto descriptivo.

Cuadro 9.14. Un informe de laboratorio "no científico".

Descripción del procedimiento y de las observaciones hechas al calentar agua (parcial)

Para realizar nuestra experiencia hay que buscar todos los materiales citados y una vez los tenemos a mano ya podemos empezar a utilizarlos.

[...] Primero se debe montar el soporte con las diferentes nueces para poder sostener el vaso de precipitados y el termómetro [...].

Una vez tengamos todo el material preparado para la experiencia llenaremos con agua el vaso de precipitados hasta 150 ml, y lo colocaremos encima de la rejilla que se encuentra encima del aro.

Una vez preparado todo el material para la experiencia, llenamos con agua el vaso de precipitados, hasta 150 ml, y lo colocamos sobre el círculo, y encendemos el fogón [...].

Desde el momento que empezó el calentamiento del agua, en cada minuto se fueron sucediendo cambios. En el primer minuto, la temperatura subió desde unos 18 °C, que era la temperatura inicial, a unos 30 °C y empezaron a salir burbujas en el fondo del vaso de precipitados.

A los 2 minutos y medio las burbujas ya llegaban arriba, y medio minuto más tarde había muchísimas por todo el vaso [...]. Más o menos a los 3 minutos el agua empezó a hervir y estuvo hirviendo hasta que apagamos el fuego. Durante este tiempo la temperatura se mantuvo a unos 100 °C, aunque cambió un poco, y cada vez había menos agua.

[...]

(La alumna escribió cuatro páginas completas con sus observaciones.)

Las demandas al alumnado para que se elabore una descripción pueden ser muy variadas. Por ejemplo, se piden descripciones referentes a observaciones realizadas, como: "describir cómo es esta flor", "describir tal paisaje", "describir qué es lo que pasa cuando se calienta hielo", "describir qué relación hay entre el espacio y el tiempo en un determinado movimiento". Frecuentemente, las descripciones requieren aplicar un modelo o teoría como, por ejemplo, "describe el camino que siguen los rayos de luz en un periscopio" o "describe cómo están distribuidas las partículas en un sólido cristalino", o "describir un átomo de oxígeno". Por ejemplo, el texto siguiente, elaborado por un alumno de 4.º de ESO, describe –comparándolos– los cromosomas X e Y, a partir de dibujos dados por la profesora. En él se observa cómo, a través de la descripción, se va apropiando del vocabulario específico.

El cromosoma X es un cromosoma de tamaño mediano y su forma es submetacéntrica. El cromosoma Y es más pequeño que el X y es acrocéntrico.

Los verbos que concretan la demanda de una descripción pueden ser muy distintos. Por ejemplo, además de *describir*, también se pide *"explicar" qué ha pasado* (o *cómo*

ha pasado), *indicar*, *decir*, u otras habilidades como *comparar*, *clasificar*, *ordenar*, que para aplicarlas se necesita saber describirlas. En cualquier caso, será importante pactar con los alumnos qué es lo que se pide al hacer una descripción, ya que no se puede suponer que todos inferirán fácilmente cuál es la demanda y cómo llevarla a cabo. La actividad reproducida en el cuadro 9.15 fue diseñada con esta finalidad.

Cuadro 9.15. Guía para la realización de una descripción.

Descripción del aparato digestivo

Con la información recogida sobre el aparato digestivo haremos una descripción. Para ayudarte en este trabajo, puedes fijarte en el cuadro siguiente que te orienta sobre cómo realizarla:

1. Es necesario decir qué es el aparato digestivo (un aparato, un sistema...) y cuál es la función que realiza en nuestro organismo.
2. Se habrán de enumerar los órganos que lo forman, en un orden.
3. Deberás construir frases para describir cada órgano indicando su posición, forma, medida, partes importantes, tejidos que lo forman, sustancias que lo producen...

Fuente: IES Torreforta, Tarragona. Curso 2000-2001.

En general, escribir una descripción científica comporta:

- Identificar el objetivo de la descripción.
- Categorizar aquello que se está describiendo (un ser vivo, un objeto, un material, un cambio, etc.).
- Seleccionar propiedades de los objetos o organismos (sólo las más significativas), y en un cierto orden o sistemática. Utilizar las cualidades más idóneas desde la ciencia, cualificarlas y cuantificarlas (es blanco, es largo, es grueso, mide 3 cm, va a 5 km/h, etc.).
- Relacionar una acción con algún cambio (al calentar aumenta la temperatura, si aumenta la velocidad tarda menos tiempo en llegar, etc.). Especificar qué se conserva y qué cambia. Tender a cuantificar los cambios.
- En los cambios, tener como referencia la variable tiempo. Por esto es importante discretizar la observación e identificar qué sucede en cada período de tiempo.
- Utilizar, siempre que sea posible, tablas o esquemas para presentar los datos o características y tender a redactar oraciones cortas yuxtapuestas.

b.2) La definición

Definir un concepto es describir expresando las características esenciales, suficientes y necesarias para que aquello sea lo que es y no otra cosa. La definición es, de hecho, un texto descriptivo y afirmativo, en el que no hay dudas ni incertidumbres.

Generalmente, cuando se quiere que el alumnado elabore una definición se le pide directamente que defina un término o que responda a la pregunta ¿Qué es...?. Pero también se pide: “explica qué es...”, “sintetiza...” o “resume...”. La definición va asociada a los procesos de clasificación, jerarquización, comparación..., es decir, a todos aquellos que implican identificar y afirmar a qué conjunto pertenece un objeto, organismo o fenómeno. De este modo, la definición ofrece un mundo ya interpretado sin problemas, y una información tan bien organizada y resumida que es fácil almacenarla en la memoria.

Aprendiendo a definir, el alumnado aprende a identificar los atributos necesarios y suficientes que caracterizan a un concepto científico y permiten decidir si un objeto, ser vivo, material o fenómeno es de un tipo determinado. Pero, para poderlo hacer, tiene que conocer el modelo en el que el concepto tiene sentido. Por esto, contrariamente a lo que se cree, la definición es un punto final del aprendizaje y no su inicio.

Algunas de las dificultades más importantes que encuentran los alumnos y alumnas al elaborar sus definiciones se deben al hecho de que no saben:

- Identificar el conjunto supraordinado al que pertenece el concepto definido (y escriben: “Una mezcla es una mezcla de ...”, “una mezcla es dos cosas juntas y diferentes”, “es por ejemplo el agua del mar”, o “es cuando ...”, o “una flor es el lugar...”). Este aspecto es importante porque ayuda a establecer una relación jerárquica con otros conceptos.
- Seleccionar sólo las características necesarias y suficientes para definir el concepto. El alumnado acostumbra a dar más importancia a los aspectos generales observados en su vida cotidiana que a los específicos (por ejemplo, dicen “todas las flores tienen pétalos y sépalos”, cosa que no es cierta) y a los aspectos que cambian (por ejemplo, dicen que “todos los animales se mueven”). Seleccionar los aspectos esenciales implica tener un buen conocimiento del modelo teórico del que forma parte el concepto.
- Reconocer si un objeto pertenece a un conjunto cuando las características no son fácilmente observables. Por ejemplo, para responder a la pregunta: “¿una ballena es un mamífero?” es necesario haber identificado las entidades, necesarias y suficientes del modelo teórico “mamífero”, muchas de las cuales no se perciben directamente. Por tanto, los ejemplos y los contraejemplos forman parte de la definición.

Otra de las dificultades, de índole más relacionada con el contrato didáctico que se establece de forma implícita en el aula, es la tendencia de los alumnos a copiar las definiciones de libros de texto o de diccionarios. Lo hacen sólo para responder a la demanda del profesorado, sin considerar que puede serles útil para aprender. La definición dada por los expertos puede ser válida para compararla con la propia definición y reconocer cualidades en unas y otras, pero si se copia sin más se pierde todo el caudal para el aprendizaje que comporta escribir una definición.

En general, para poder definir es necesario haber descrito anteriormente. A su vez, la definición puede favorecer la elaboración de buenas justificaciones, tal como se muestra en la actividad descrita en el cuadro 9.16:

Cuadro 9.16. Diferencias entre describir, definir y justificar.

¿Qué características tienen todas las flores?

1. **Describir 2 flores** (o “describir y comparar”):
(En la discusión de la descripción se pueden comparar características de las descripciones realizadas: ¿Son sistemáticas? ¿Se cuantifican? ¿Se identifican los elementos importantes? ¿Lo que se describe es significativo para la finalidad de la descripción?...)
2. **Define qué es una flor:**
(En la discusión se puede analizar si el conjunto de referencia es idóneo –por ejemplo, es una parte de una planta que...– y si se indican todas las características necesarias y suficientes para definirla –por ejemplo, los pétalos y sépalos no son partes que caractericen a todas las flores–. Se puede tomar conciencia de que de todas las características descritas sólo se recogen algunas en la definición.)
3. **Justifica si esta parte de una planta es una flor o no lo es** (se puede dar una flor de un pino, o un fruto de otra planta):
(En la discusión se puede ayudar a tomar conciencia de que para justificar es necesario basarse en las características utilizadas en la definición.)

Algunas pautas útiles para elaborar una definición son:

- Identificar el concepto más general del cual el concepto que se define es un subconjunto (conceptos supraordinados).
- Identificar conceptos del mismo orden jerárquico.
- Identificar las propiedades y/o atributos del objeto, ser vivo, fenómeno.
- Seleccionar las propiedades necesarias (aquellas que no pueden cambiar ni desaparecer).
- Seleccionar las propiedades suficientes.

- Identificar conceptos subordinados al concepto a definir.
- Identificar ejemplos.
- Identificar contraejemplos.
- Organizar todas estas informaciones en una oración que comienza indicando el concepto supraordinado y continúa con las características necesarias y suficientes. Es conveniente añadir relaciones con los conceptos del mismo orden y/o subordinados y ejemplos y contraejemplos (cuadro 9.17).

Cuadro 9.17. Guía para la realización de una definición.

¿Qué es una disolución?

Para escribir una buena definición es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- A qué conjunto pertenece (es un material, una mezcla, sustancia, elemento...).
- Qué forma una disolución (materiales, mezclas, sustancias, elementos...).
- Cuáles son los aspectos necesarios y suficientes que la caracterizan (recordar los aspectos incluidos en la descripción hecha anteriormente).

Una vez escrita la definición, piensa en mezclas que sean ejemplos de disolución y que no lo sean, y comprueba que las palabras escritas diferencian bien entre unas y otras.

b.3) La explicación

Cuando se pide a los alumnos que escriban un texto explicativo en contraposición a otro descriptivo, argumentativo o justificativo..., se está solicitando que ordenen unos determinados hechos según una relación que es casi siempre de causa a efecto, dentro de un plan general o sistema de ideas que resulta sencillo y no excesivamente especializado. Los textos resultantes son exposiciones magistrales, con las que se pretende hacer entender algo del modo más sencillo posible.

La explicación da lugar a un texto expositivo. Tiene que empezar situando el tema, haciendo un pequeño resumen que ya contenga las ideas más importantes. A continuación, se desarrolla el tema añadiendo ideas nuevas a las que ya estaban presentes en la introducción y, finalmente, se acaba con una conclusión.

Así, para explicar, por ejemplo, cómo se forman las estalactitas, será necesario conocer bien todo el proceso que se realiza en un determinado escenario: el circuito

del agua en la naturaleza. En la introducción se tiene que mostrar este escenario: el agua de la lluvia forma riachuelos, pero penetra también en el interior de la tierra porque disuelve y transforma los minerales, como por ejemplo las rocas calizas. En el desarrollo, se muestra cómo el agua que ha pasado entre las rocas lleva los minerales disueltos, penetra hacia el interior de la tierra y, si se encuentra una gruta, gotea desde el techo. Al evaporarse queda la cal inicial que, poco a poco, forma una estalactita. En la conclusión es necesario mencionar que la cal simplemente ha cambiado de lugar, arrastrada por el agua con la que había reaccionado y en la que se había podido disolver; y que una cosa parecida nos pasa en casa, cuando observamos los depósitos de cal en las ollas de la cocina o en los electrodomésticos.

En la explicación se interpretan los hechos que ya se conocen o que se pueden conocer fácilmente (en las grutas húmedas se pueden formar estalactitas), situándolos en un marco general (el agua transforma el paisaje) según un plan, y se llega a una conclusión recogiendo y reuniendo un conjunto de hechos también conocidos (hay sustancias solubles y otras insolubles, el agua es un buen disolvente, las grutas con estalactitas son húmedas, las aguas naturales dejan un depósito en los recipientes de la cocina) organizándolos según relaciones de causa-efecto que son bien fáciles de aceptar.

En una buena explicación, el esquema global que forman los hechos encadenados según relaciones de causa a efecto permite realizar inferencias que antes no se podían hacer. Por ejemplo, que el agua de casa habría podido formar una estalactita, pero no lo ha hecho; y que los depósitos de cal de las ollas sólo desaparecerían con el agua de lluvia y aun así se necesitaría mucho tiempo.

Como podemos ver, esta explicación deja aspectos sin aclarar, porque básicamente sólo relaciona hechos; pero al seleccionar los más relevantes ya está posibilitando que en otros momentos del proceso de aprendizaje se puedan justificar en función de modelos teóricos apropiados.

La actividad del cuadro 9.18 se diseñó para iniciar a los alumnos en la diferenciación entre una descripción y una explicación.

Algunas pautas útiles para elaborar una definición son:

- Estructurar el texto de manera expositiva, con un inicio, un desarrollo y una conclusión.
- Desarrollar la situación inicial mostrando los hechos nuevos que después permitirán llegar a una conclusión.
- Relacionar los hechos nuevos y los conocidos de manera fácil de aceptar, porque se han aplicado a situaciones análogas; la novedad está en las informaciones concretas que se ofrecen o en las conexiones entre estas informaciones, pero no en los dos aspectos a la vez. En general, estas relaciones son de causa-efecto.

- Seleccionar hechos relevantes y interesantes; el alumno puede ser bastante creativo y en una explicación los textos pueden ser más parecidos a los literarios que al escribir una descripción o una justificación.
- Situar toda la explicación en un contexto temático bien caracterizado.

Cuadro 9.18. Diferenciación entre una descripción y una explicación.

<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Es muy alto, rubio, pesa 90 kg, tiene 30 años... </div> <p style="text-align: center;">Describir</p>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Es muy gordo porque come mucho y no hace nunca deporte, y... </div> <p style="text-align: center;">Explicar</p>
<p><i>Describir:</i> es enumerar cualidades, propiedades, características, etc., del objeto o del fenómeno que se describe.</p> <p><i>Explicar:</i> es producir razones o argumentos y establecer relaciones entre ellos de forma ordenada (debe incluir explícitamente razones causales).</p> <p>Un ejemplo: "La carrera de motos de 500".</p> <p>Descripción: en una carrera de motos de 500 cm³ hay unos participantes cada uno de los cuales conduce una moto de 500 cm³ de cilindrada y lleva un número que los identifica. Salen todos al mismo tiempo y llegan a un punto o meta, que es el final de la carrera, después de dar 25 vueltas al circuito. El primero en llegar es el ganador.</p> <p>Explicación: una carrera de 500 cm³ es una competición. Desde el instante de la salida se empieza a cronometrar el tiempo para saber el que tarda cada uno de los participantes en hacer las 25 vueltas al circuito. Gana el piloto que llega primero, ya que es el que menos tiempo ha necesitado para hacer todo el recorrido.</p> <p>¡Ahora os toca a vosotros/as! Primero describid un volcán y luego explicad la erupción de un volcán. Después, será necesario evaluar si la descripción y la explicación están bien escritas. ¿Qué opina tu compañero/a de lo que has escrito? Nombre del corrector/a</p>	

Fuente: V. Ibáñez y C. Martínez IESM J. M. Zafrá, Barcelona, 1997.

Para que los alumnos puedan reconocer la calidad de sus escritos es importante que dispongan de criterios de evaluación. En la actividad descrita en el cuadro 9.19 los estudiantes revisan sus primeras producciones a partir de criterios de evaluación discutidos conjuntamente.

Cuadro 9.19. Criterios de evaluación de un texto explicativo.

I. ¿ERES UNA BUENA OBSERVADORA? ¿ERES UN BUEN OBSERVADOR?

Este dibujo representa dos plantas que en primavera pueden encontrarse fácilmente en los márgenes de muchos caminos. Se trata de una "espiga" y de una correhuela (la actividad se acompaña del dibujo).
 Tienes que explicar: ¿qué hace y cómo lo hace la correhuela para exponer sus hojas a la luz?
 Recuerda que en tu explicación tienes que utilizar lo que has aprendido sobre estímulos y respuestas en las plantas para explicar lo que se observa en el dibujo.

II. ¿QUÉ HE HECHO BIEN Y QUÉ TENGO QUE MEJORAR?

En el texto que has escrito hay aspectos que están bien y otros que tendrías que mejorar. La actividad que vas a realizar es para aprender a reconocer si el texto que has escrito es de calidad y qué aspectos necesitas corregir.

Aspectos que se han de comprobar para saber si el contenido del texto es adecuado desde el punto de vista científico	Mucho	Bastante	Nada
A. Indica qué hace la planta (describe aspectos relevantes del dibujo).			
B. Explica cómo lo hace la planta (relaciona el estímulo y la respuesta).			
C. Indica razones de por qué la planta lo hace (se dan argumentos que justifiquen la utilidad del mecanismo).			
D. El texto escrito es explicativo (utiliza los conectores adecuados: ya que, dado que, por qué...).			
E. Utiliza adecuadamente el vocabulario científico .			
F. El texto se refiere únicamente a la pregunta (no habla de otros aspectos de la vida de la planta).			

Aspectos que debes comprobar para saber si el texto está bien escrito:	Siempre	Algunas veces	Nunca
G. Después de punto, las frases empiezan en mayúscula.			
H. Las frases tienen sujeto, verbo y complementos.			
I. Hay los signos de puntuación necesarios y están bien colocados.			
J. El texto está escrito sin faltas de ortografía.			

Fuente: P. García (2000): IES Joan Olivert, Sabadell.

b.4) La justificación

En un texto justificativo se pide que el alumnado muestre cómo interpreta determinados fenómenos y acontecimientos, vinculándolos con la teoría.

Habitualmente, los estudiantes los han de elaborar cuando se quiere que expliquen las regularidades o discrepancias que han observado al hacer un experimento, que apliquen unos determinados conocimientos a la interpretación de unos hechos, o que razonen una determinada hipótesis, modelo o teoría. Por ejemplo, se pregunta: “¿Por qué la temperatura del agua no varía mientras hierve?”, “Explica por qué el aire caliente es menos denso que el frío”, “Justifica las similitudes y las diferencias entre dos bosques” o “Si un coral es un animal” o “¿Por qué creemos en la existencia de los genes?”. Los verbos que concretan estas demandas también son muy variados. Por ejemplo, además de justificar, se pide explicar, razonar, interpretar, demostrar, extraer conclusiones, probar, valorar o, simplemente, se inicia la demanda con un ¿por qué?

En las clases de Ciencias se acostumbra a pedir la redacción de justificaciones en un contexto que no anima a los estudiantes a crear textos convincentes con cierta creatividad y libertad, ya que a menudo se utilizan para la evaluación final de aprendizajes. El alumnado los asocia al peligro de equivocarse y a la demostración de que no domina bien el tema. Por ello, sería importante situarlos también en contextos de construcción de nuevos conocimientos, ya que aprendiendo a justificar se aprende ciencia, aunque no hay duda de que, para poder redactarlos, se necesita haber observado ya fenómenos y haber hablado sobre ellos.

La actividad descrita en el cuadro 9.20 fue planteada para ayudar a los alumnos a construir textos justificativos de calidad. Los estudiantes habían estado observando mohos en el pan y analizando las condiciones en las que se desarrollaban, relacionándolas con las funciones que caracterizan a todos los seres vivos. Finalmente, se elaboró entre todos los componentes del grupo-clase una base de orientación que fuera útil para pensar sobre qué habían de escribir al justificar si algo es un ser vivo. En la experiencia se comprobó que los textos elaborados a partir de actividades de este tipo son de elevada calidad, ya que los estudiantes saben sobre qué han de escribir y tienen criterios para reconocer si el texto responde a la pregunta planteada.

Cuadro 9.20. Una base de orientación como guía para la redacción de justificaciones.

¿En qué hemos de pensar para justificar si “algo” es un ser vivo?

Base de orientación:

Todos los seres vivos:

- Intercambian materia y energía con el medio.
- Modifican el medio.
- Se relacionan con el medio.
- Proviene de otros seres vivos.

(.../...)

- Se pueden reproducir.
- Están formados por células.

Apliquemos esta “base de orientación” a justificar si un moho es un ser vivo, a partir de las reflexiones y observaciones hechas en clase:

- Tiene la primera característica porque se nutre de sustancias orgánicas, como por ejemplo las que forman el queso, el pan...
- Se relaciona con el medio porque se desarrolla sobre un material (queso, pan u otros) y modifica sus propiedades (se observan cambios de color, olor...).
- Proviene de otros seres vivos porque se puede desarrollar, si se dan ciertas condiciones en el medio.
- Se reproduce, ya que se forma a partir de esporas producidas por otro moho de la misma especie.
- Está formado por células, ya que si observamos con el microscopio podemos comprobarlo.

En consecuencia, un moho es un ser vivo.

APLICA esta base de orientación para justificar si son seres vivos:

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| 1. Un cristal de sal. | 2. Una encina. |
| 3. Las bacterias del yogur. | 4. El fuego. |
| 5. Un reloj. | 6. Una mariposa. |

Fuente: Pilar García. IES Joan Oliver, Sabadell, 1996.

En el contexto de la ciencia escolar las razones o argumentos a utilizar en la justificación provienen fundamentalmente de observaciones experimentales y de los conocimientos propios de cada época histórica (por el contrario, no se acostumbra a considerar como válidos argumentos de autoridad como decir: “según Pasteur...”, que sí lo serían en un artículo científico). Pueden referirse a hechos, leyes, analogías, modelos, teorías, etc. Por ejemplo, a la pregunta “¿Por qué se funde un trozo de hielo al calentarse?”, un estudiante responde “Porque aumenta su temperatura hasta llegar a la de fusión” (razones basadas en hechos) y otro “Porque al calentar el hielo las partículas se mueven cada vez más rápido hasta que se rompen las uniones entre ellas y se desordenan” (razones basadas en el modelo cinético-molecular).

Una de las dificultades más importantes del alumnado es reconocer qué nivel de explicación es el exigido, ya que muy a menudo no recurren a argumentos fundamentados en el modelo teórico objeto de estudio. La actividad del cuadro 9.21 fue diseñada para enseñar a los alumnos a reconocer que una buena justificación requiere “traducir” y relacionar los hechos observados con el conocimiento teórico aprendido. Otro recurso utilizado habitualmente para que los alumnos cambien su nivel de explicación consiste en pedirles que se refieran al *porqué del porqué*, ya que, muchas veces no son conscientes de los tipos de argumentos que pueden generar.

Cuadro 9.21. Guía para la redacción de una justificación.

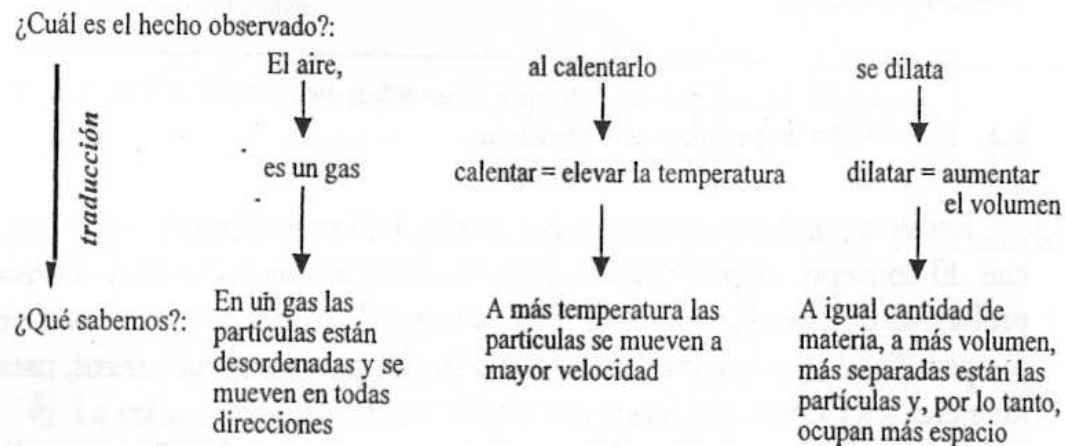
Aprendiendo a justificar un fenómeno

Escribir buenas justificaciones no es fácil, pero se puede aprender. Debemos conocer las teorías o modelos en los que nos basamos para explicar un fenómeno y aprender a **relacionar-traducir** las palabras utilizadas para describir el fenómeno observado con las palabras utilizadas para describir el modelo o teoría.

Vamos a ver, con un ejemplo, cómo aprender a justificar nuestras observaciones.

Al hacer un experimento llegamos a unas conclusiones deducibles de las observaciones realizadas. Por ejemplo: "El aire, al calentarlo, se dilata".

Para justificar este hecho (explicar por qué sucede) hemos de recurrir a los conocimientos teóricos que tengamos. En este caso, el modelo corpuscular de la materia. Ello implica "traducir" el lenguaje de los hechos al lenguaje de la teoría.



Para redactar la justificación, tenemos que conectar todos estos conocimientos de forma ordenada y utilizando los conectores adecuados.

Observa el esquema, el orden de las flechas y los conectores, y compáralo con el texto escrito a continuación.



"Al calentar el aire, es decir, al aumentar la temperatura, sus partículas se mueven a mayor velocidad y aumenta la distancia entre ellas; por tanto ocupan más espacio y en consecuencia el aire se dilata."

Aplica este procedimiento a la justificación de las observaciones hechas en el experimento ".....".
Escribe el texto justificativo, de forma ordenada y utilizando adecuadamente los conectores.

Las relaciones entre los argumentos en una justificación acostumbran a ser de naturaleza causal y se pueden utilizar diversos conectores: "porque", "debido a", "ya que"... También pueden establecerse comparaciones y utilizar expresiones como: "por el contrario", "si no fuera porque", "antes de", "después de"... Este tipo de conectores no se utilizan al escribir un texto descriptivo o en una definición.

b.5) La argumentación

Argumentar es una forma de afrontar una situación problemática, una duda real, una situación o problema para el cual no hay una respuesta segura. El texto argumentativo está orientado a convencer a los demás de que una de las explicaciones dadas es más válida que otras.

Una de las características del discurso científico es que la aceptabilidad de los razonamientos utilizados depende de su adecuación a la teoría dominante en cada época histórica. Por este motivo, en el caso de los textos escolares científicos "justificar" y "argumentar" a menudo pueden considerarse sinónimos, ya que en los dos casos se pide al alumnado que elabore un texto basado en el conocimiento escolar introducido en el aula, que se pretende que sea compartido por todos sus miembros.

Argumentar presupone establecer un diálogo –real o imaginado– con un destinatario que está utilizando razones diferentes de las propias. Implica reconocer desde qué marco teórico la otra persona elabora su argumentación y escoger, en relación al que se quiere defender, aquellos razonamientos más idóneos para contrarrestar los puntos de vista contrarios.

En las clases de Ciencias se pide argumentar cuando se quiere que el alumnado justifique alguna de sus concepciones iniciales o que elabore un escrito con la finalidad de convencer a alguien, que no asuma una determinada teoría. También es muy importante cuando se trabajan temas relacionados con la Educación Ambiental, o cuando se discute sobre temáticas científicas que aún no forman parte de la ciencia "establecida" (pensemos, por ejemplo, en textos como: "¿Es posible clonar seres humanos?" o "¿Se puede considerar válida la teoría del Big Bang?").

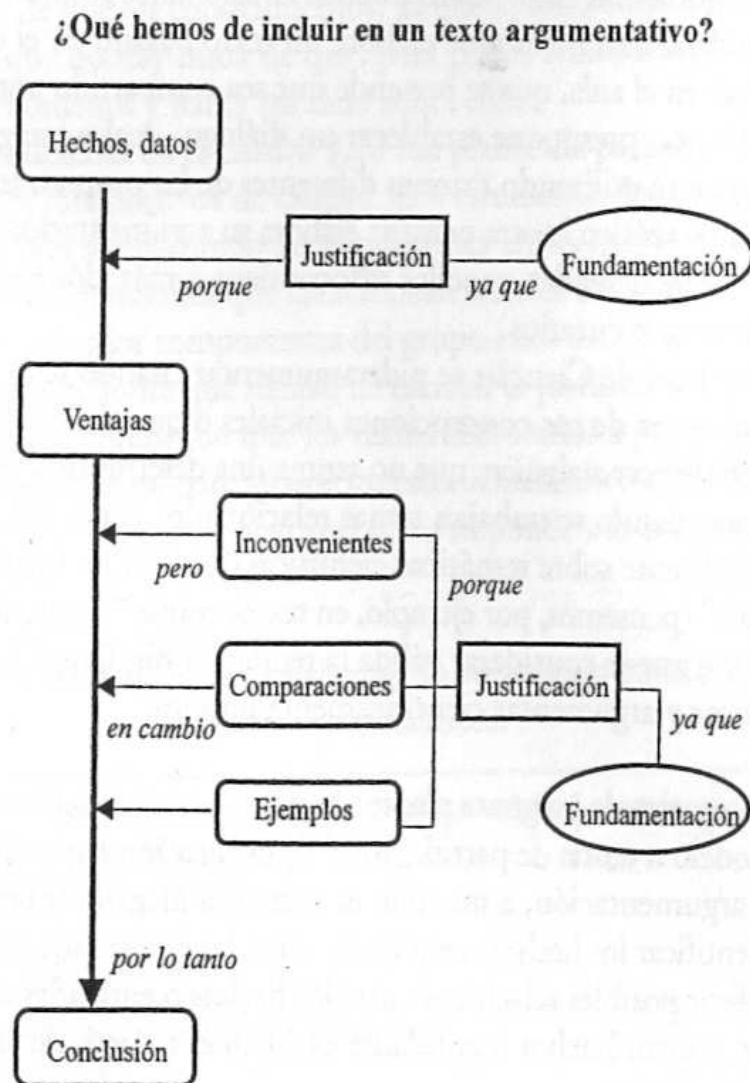
Justificar y argumentar científicamente implica:

- Categorizar la pregunta planteada en un marco de referencia (disciplina o tema, modelo o teoría de partida, nivel de explicación requerido, etc.). En el caso de la argumentación, a menudo es necesario identificar otros referentes.
- Identificar los hechos o entidades sobre las que se pide justificar o argumentar.
- Inferir posibles relaciones entre los hechos o entidades a justificar o argumentar, y otros hechos o entidades deducibles a partir de analogías, leyes, modelos o teorías.

- Seleccionar las relaciones más adecuadas.
- Organizar estas relaciones de forma coherente, diferenciando las ideas personales de las que tienen carácter científico. Redactar el texto relacionando causalmente los hechos y las ideas teóricas utilizando los conectores adecuados.

El cuadro 9.22 reproduce un esquema que tiene como finalidad ayudar a los alumnos en la elaboración de argumentaciones. En el ejemplo que se muestra fue aplicado en un juego de rol, en el que los alumnos tenían que argumentar acerca de las ventajas e inconvenientes de distintos sistemas de conservación de alimentos, en relación con la construcción de una fábrica en un determinado lugar. Para preparar la discusión, primero se analizaron con los alumnos las características de una buena argumentación, utilizándose para ello dicho esquema. También puede ser aplicado en el análisis de escritos periodísticos o de todo tipo.

Cuadro 9.22. Guía para la redacción de una argumentación.



(.../...)

Ejemplo de argumentación sobre si la técnica de "esterilización" para la conservación de alimentos es un buen método para conservar los alimentos largo tiempo, elaborada conjuntamente con las alumnas y alumnos:

El tiempo de conservación de los alimentos esterilizados es de varios meses (HECHO) porque con esta técnica se eliminan casi todos los microorganismos (JUSTIFICACIÓN), ya que se eleva mucho la temperatura en muy pocos minutos (FUNDAMENTACIÓN).

Con ello se dificulta que un alimento se pudra (VENTAJA), aunque con este método también se pueden destruir gran parte de las vitaminas y modificar azúcares y proteínas (INCONVENIENTE).

Hay otras técnicas de conservación, como, por ejemplo, el salado de los jamones, que también modifican las características nutritivas de los alimentos, pero necesitan mucho más tiempo de preparación. En cambio, otras técnicas, como el vacío, conservan buena parte de estas características pero necesitan envases especiales y se encarece el producto (COMPARACIÓN).

En conclusión, la esterilización es una buena técnica para conservar la mayoría de alimentos durante bastante tiempo, de fácil preparación y barata, a pesar de que se modifiquen un poco sus características (CONCLUSIÓN).

Fuente: Anna Sardà, 2000.

9.4. Resolución de problemas y ejercicios

Resolver problemas es otra de las actividades importantes en una clase de Ciencias. El concepto de problema engloba un conjunto de tareas muy diversas, desde problemas de investigación cuya resolución puede comportar procesos de enseñanza-aprendizaje muy largos en el tiempo, hasta los problemas numéricos, pasando por los ejercicios escritos conducentes a explicar un fenómeno.

Aunque la mayoría de problemas se plantean para que los alumnos apliquen los modelos teóricos y los procedimientos que se están aprendiendo, el concepto y la finalidad de este tipo de actividades en la enseñanza de las Ciencias es mucho más amplio. Para que un aprendizaje tenga sentido debe partir de un problema, de algo que no se conozca y se quiera saber. Ya se ha dicho al hablar de las explicaciones del profesorado que una de sus funciones es *crear diferencias* y hay quien sugiere que, en vez de hablar de actividades de *resolución de problemas*, se debería profundizar en cómo ayudar a los alumnos a *enfrentarse a problemas*.

Actualmente, se distingue entre problemas abiertos y problemas cerrados (véase el cuadro 9.23), aunque no hay una frontera bien definida entre unos y otros. Hay preguntas-problemas abiertas para las que actualmente la ciencia tiene respuestas que se pueden formular según distintos niveles de complejidad como, por ejemplo, *¿cómo se forma el arco iris?*, o *¿por qué algunas enfermedades como el sarampión sólo se padecen una vez en la vida?* En cambio, muchos de los problemas ambientales no tienen una única respuesta y afrontar su estudio requiere considerar, analizar y valorar distintas causas y diferentes soluciones. También hay problemas cuya resolución puede implicar el planteamiento de una investigación experimental como: *¿de qué depende que una pastilla reaccione con el agua más rápidamente?*, o *¿qué papel higiénico se degrada*

da más fácilmente? Y también existen los problemas clásicos, en los que se dan sólo los datos necesarios y tienen una única solución.

Cuadro 9.23. Características diferenciadoras de los problemas abiertos y cerrados.

Problemas cerrados	Problemas abiertos
1. Puede hallarse su solución.	1. Puede afrontarse su resolución.
2. Son objetivos.	2. Son subjetivos.
3. Sólo podemos hallar una respuesta concreta.	3. Sólo podemos hallar la mejor respuesta.
4. A veces hay un algoritmo adecuado que garantiza la respuesta.	4. La heurística sólo puede guiar la reflexión.
5. Requieren un conocimiento específico de las técnicas o del tanteo.	5. Requieren una gama amplia de información.

Fuente: Garrett, R. (1985): "Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias". *Alambique*, 5: 8.

En este apartado analizaremos cómo mejorar el planteamiento de las actividades relacionadas con:

- a) La resolución de problemas "clásicos".
- b) La realización de "ejercicios".

A) La resolución de problemas "clásicos"

Las investigaciones en esta temática son numerosísimas y desde campos muy diversos. La principal fuente de estudios es el campo de la inteligencia artificial, que se ha interesado por conocer cómo los individuos resuelven problemas para poder utilizar este conocimiento en la fabricación de ordenadores inteligentes.

Se han estudiado las diferencias en cómo resuelven problemas personas expertas y novatas, en las estructuras de conocimiento (conceptual y procedimental) que se ponen en funcionamiento, y en cómo se representan y traducen los problemas. También se han analizado las tareas implicadas en la resolución y en la influencia de variables como la capacidad de memoria, la habilidad espacial o la comprensión lectora. Otro campo de estudio es la influencia de las actitudes con las que los estudiantes se enfrentan a la resolución de un problema sobre el éxito de los resultados.

Esta variedad de estudios permite afirmar que, actualmente, se sabe bastante sobre cómo el alumnado resuelve problemas, pero ciertamente aún se tienen pocas ideas sobre cómo ayudarles a resolverlos con éxito.

Algunos aspectos a tener en cuenta son:

a.1) El planteamiento del problema

En lo posible, el problema tiene que plantearse de forma que para el estudiante realmente sea un problema y no un ejercicio rutinario. Interesa que los alumnos puedan representarse bien cuál es el objetivo y el marco teórico en relación con el cual se plantea. Por ejemplo:

- Pueden transformarse los enunciados de los problema numéricos clásicos en otros que exijan abordar su resolución como una investigación (véase el cuadro 9.24).

Para dar respuesta a las preguntas formuladas los estudiantes han de situar el problema en relación con el modelo teórico que están aprendiendo y empezar haciendo un estudio cualitativo de la situación, identificando las variables que intervienen y valorando cuáles van a tener en cuenta y cuáles no. La resolución implica encontrar una formulación general que podría ser válida para distintas situaciones en las que los datos concretos fueran diferentes y, al mismo tiempo, analizar sus limitaciones.

Cuadro 9.24. Reformulación de enunciados de problemas.

Enunciado clásico	Enunciado transformado
Desde un edificio de 40 m de altura, se deja caer un objeto. Calcular el tiempo que tardará en cruzar por delante de una ventana que se halla en la vertical de lanzamiento y a 15 m de la azotea. La altura de la ventana es de 1,2 m.	Se deja caer un objeto desde la azotea de un edificio. ¿Cuánto tiempo tardará en atravesar por delante de una ventana?
Un globo está ascendiendo a una velocidad de 5 m/s. Cuando se encuentra a 100 m del suelo, suelta un objeto. ¿Cuánto tiempo tardará en llegar al suelo?	Se suelta un objeto desde un globo que asciende, ¿con qué velocidad llegará dicho objeto al suelo? Se suelta un objeto desde un globo que asciende, ¿cuánto tiempo tardará en llegar al suelo el objeto?

Fuente: D. Gil y J. Martínez Torregrosa (1993): *La resolución de problemas de física*. Barcelona. MEC/Vicens Vives.

- También pueden plantearse situaciones próximas al contexto del alumnado, que respondan a algo conocido o que se puedan representar fácilmente (véa-

se el cuadro 9.25). Muchas veces se dice que los estudiantes no saben leer los enunciados de los problemas, cuando en realidad lo que sucede es que no se representan la situación planteada. Además, para que un problema se quiera resolver, se necesita un clima afectivo propicio que muchas veces se consigue en el planteamiento.

Cuadro 9.25. Enunciados de problemas con carga afectiva.

Los alumnos resuelven mucho mejor los problemas cuyos protagonistas son conocidos. Para dar cohesión al grupo, es mejor que dichos protagonistas sean conocidos por la mayoría de los miembros de un grupo-clase y sean bien valorados.

Por ejemplo, se pueden plantear problemas de genética, en los que los casos analizados se refieran a posibles parejas de mellizos o trillizos conocidos por los alumnos o problemas de cinemática como el siguiente:

"Una profesora del Instituto -Ángela- sale de la escuela a una velocidad de 100 m/minuto, al cabo de 7 minutos ve a otra profesora -Fina- que va delante de ella a una cierta distancia; empieza a correr a la increíble velocidad de 300 m/minuto y la alcanza a los 3 minutos de empezar a correr. Se paran durante 5 minutos y hablan de la fiesta de *break-dance* prevista para el próximo domingo. Después de tan interesante conversación, *Ángela* se da cuenta que se ha dejado en la escuela, el último disco de *Frankie goes to Hollywood*. Vuelve en 8 minutos. ¿Podrías hacer una gráfica de su recorrido?"

- Una tercera vía consiste en promover que los propios estudiantes planteen los enunciados de los problemas que habrán de resolver los compañeros y compañeras. Para analizar el proceso seguido para encontrar la solución se pueden establecer intercambios por parejas o por grupos y favorecer la evaluación mutua (véase el cuadro 9.26).
- También se pueden plantear los problemas de forma que tengan más datos de los necesarios o que los alumnos tengan que pedir los que necesitan para resolverlos. Con ello se favorece que los estudiantes tengan que esforzarse en representarse el problema, y dediquen tiempo a la planificación y no tanto a hacer operaciones con los números más o menos al azar. La finalidad es romper con el contrato didáctico implícito de que en el planteamiento de un problema se tienen que dar todos los datos necesarios y sólo ellos.

a.2) La anticipación y planificación de la acción

Todos los estudios muestran que, para el aprendizaje, todo el proceso de elaboración del plan de acción es más importante que la "resolución del problema". La

diferencia más importante entre las personas "expertas en resolver problemas" y las que no lo son, está precisamente en el tiempo que dedican a planificar (y a revisar) (figura 9.7). Esta anticipación de la acción conlleva, además, que se obtengan mejores resultados y, muy especialmente, que toda la tarea sea más gratificante.

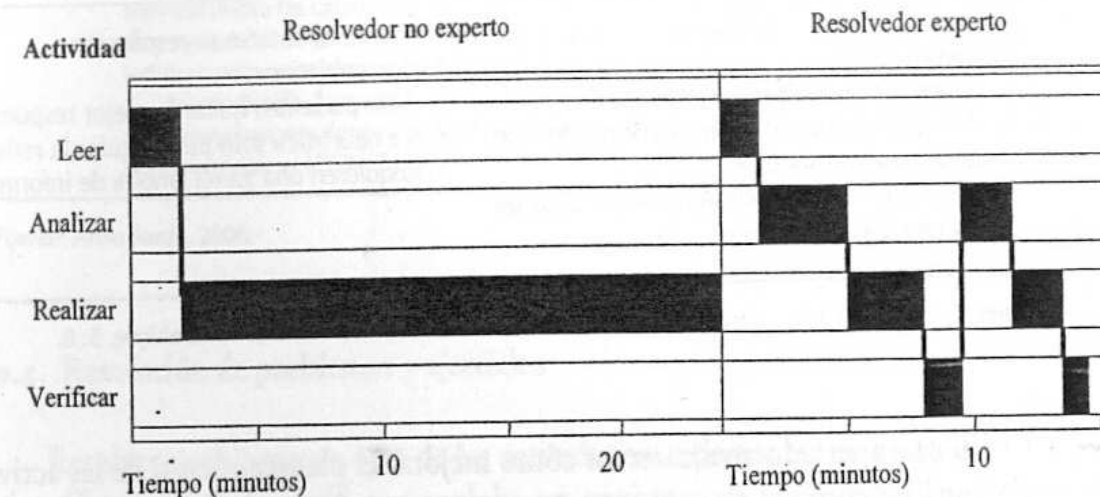


Figura 9.7. Tiempo dedicado a cada actividad al resolver un problema. A partir de: Schoenfeld, A. H. (1987). *What's All the Fuss About Metacognition?* Erlbaum. Hillsdale, N. J.

Se puede favorecer este proceso estimulando a los alumnos a aplicar estrategias de resolución fundamentadas en la explicitación de las razones de las acciones que se llevan a cabo. A los alumnos no les suele gustar tener que hablar sobre cómo plantean y pretenden hacer un problema, ya que consideran que lo importante es el resultado. Es tarea del profesorado convencerles de lo contrario y, en buena parte, dependerá de los criterios de evaluación que aplique.

Por ejemplo, es mejor revisar la planificación de la resolución de los problemas por fases y antes de que los estudiantes hagan las operaciones numéricas correspondientes. Se les puede argumentar que así no harán un trabajo inútil en caso de que la planificación no sea la adecuada.

Los aspectos fundamentales que se han de promover son:

- La identificación de la información que se da en el texto (la pregunta y los datos).
- La génesis de una descripción de la base teórica necesaria para resolverlo.

En general, es conveniente llegar a establecer acuerdos sobre las convenciones relacionadas con el plan de acción a aplicar (cuadro 9.26), ya que así se establecen unos referentes comunes para todo el grupo-clase. Pero también será importante de vez en cuando promover prácticas distintas para romper con las rutinas.

Cuadro 9.26. Planificación del proceso de resolución de problemas y de su regulación.

Problema: ¿Cuándo se bebe más alcohol, al beber 1/2 litro de cerveza de 6° de alcohol o 150 ml de vino de 12°?

Nombre de quien lo propone: Pablo
 Nombre de quien lo resuelve: Cristina
 Nombre de quien lo corrige: Helena (je, je, je)

Acciones	Realización	Si/no 1/2	Comentarios
Preguntas	¿Dónde hay más?	1/2	¿Dónde hay más alcohol?
Datos	1/2 l 6° 150 ml 12°	1/2	1/2 l = 500 ml → 6° 150 ml → 12°
¿Qué se debe hacer?	Multiplicar	1/2	Calcular cuánto alcohol hay en toda la cerveza y en todo el vino
Operaciones	0,5 × 6 = 3 150 × 12 = 1800	1/2	No has cambiado las unidades 500 × 6 = 3000 150 × 12 = 1800
Resultado y comprobación	El vino porque tiene más grados	No	La cerveza aunque tiene menos grados (que chunga no?)

Fuente: Neus Escofet, 1997.

Las estrategias de resolución de cada tipo de problemas no tienen por qué ser las mismas para todo el grupo-clase y es conveniente estimular la diversificación. Se pueden identificar los métodos con el nombre de los estudiantes que lo han propuesto (véase el cuadro 9.27), y recoger y poner en común las distintas estrategias.

Cuadro 9.27. Un mismo problema y distintas soluciones.

Determinación de la solubilidad de una sustancia en agua

Después de plantear el problema se pide a los alumnos y alumnas que hagan propuestas sobre cómo resolverlo.

Cada alumno propone su solución. Al ponerlos en común se comprueba que hay distintos métodos de trabajo. Por ejemplo (los nombres los dieron los propios alumnos):

- Método Trigo. Se pesan 100 g de agua y se saturan con el soluto añadiéndolo gramo a gramo (que se habrán pesado previamente) hasta llegar a la saturación.
- Método Josefa Pérez. Se pesan 100 g de agua y se mezclan con una cantidad de soluto pesada previamente. A continuación se filtra la disolución y se pesa el sólido residual una vez seco. El peso obtenido se resta del peso total absoluto.
- Método Alberto. Se pesa una cantidad de agua y se satura con el soluto sin pesarlo. Se filtra la disolución y se evapora a sequedad. Luego se pesa el sólido obtenido. Finalmente, se divide el peso del sólido por el del agua.
- (Se propusieron tres métodos más.)

Después de discutir ventajas e inconvenientes, cada equipo aplica el método que considera más adecuado y, posteriormente, ante los resultados, se analizan las causas de error debidas al método.

Fuente: M. A. París y J. Roig (1977): Accésit premio Ramon Llull ICE UAB.

a.3) Aplicación del plan de acción

Es lo que habitualmente se llama resolver el problema, aunque conviene poner esta concepción en crisis. Si el planteamiento del problema y el plan de acción son adecuados, se puede decir que el problema ya está prácticamente resuelto y sólo queda ejecutarlo.

a.4) Regulación del proceso

Llegar a dar respuesta a un problema implica ir tomando conciencia de las incoherencias, errores y obstáculos que se van encontrando a lo largo del proceso de resolución y tomando decisiones sobre cómo superarlos.

La revisión tiene que referirse a todas las fases del proceso: al planteamiento, a la planificación y a la ejecución. Se concreta en criterios de evaluación que habrán de ser discutidos y compartidos, por lo que es más importante y necesario discutir los criterios de evaluación que analizar qué se ha hecho y cómo.

En general, la actividad de "corregir problemas" tal como se aplica habitualmente —el profesor o un alumno los resuelven en la pizarra y los demás "comparan" lo que se hace con lo que han hecho anteriormente—, es muy poco útil para esta finalidad. Generalmente, los que ya lo han hecho bien pierden el tiempo y, los que no, no reconocen dónde están sus dificultades y mucho menos las causas. Es mucho mejor plantear la actividad con la finalidad de ayudar a que sean los propios alumnos los que reconozcan sus errores, a partir de apropiarse de los criterios que permiten decidir si algo se hace bien o no, de forma similar a la actividad planteada en el cuadro 11.2.

Tampoco suele ser muy útil proponer la resolución de problemas desde el inicio en pequeños grupos o por parejas, ya que siempre hay alguno de ellos que tiene la iniciativa del proceso de resolución, y los demás tienden a copiar lo que dice o hace y a no pensar autónomamente.

Si se trabaja por parejas, es recomendable diferenciar las funciones de cada uno de los componentes. Por ejemplo, en la resolución de uno de los problemas, uno de los miembros de la díada puede ser el que piensa el plan de acción y lo ejecuta, y el otro asume la función crítica y co-reguladora de lo que hace el compañero o compañera. Y en el siguiente problema se cambian las funciones.

Generalmente, cuando se propone esta forma de trabajo, los estudiantes no saben aplicarla, pero poco a poco van aprendiendo a diferenciar las tareas de cada uno de los miembros de la pareja.

Cuando se trabaja en pequeños grupos, siempre se ha de partir de un trabajo individual que luego se pone en común. Es decir, primero cada alumno ha de pensar en el problema y plantear su plan de acción antes de discutirlo en el grupo. No es tan importante que lo haya resuelto hasta el final como que haya empezado a representárselo, por lo que el tiempo dedicado a esta reflexión individual puede ser corto.

Si la revisión se plantea en gran grupo, siempre se tiene que prever la autocorrección posterior. El profesorado y/o los compañeros pueden tener la función de ayudar a la identificación de dificultades y errores y de sus causas, pero la corrección sólo la puede hacer cada alumno.

B) La realización de "ejercicios"

Los ejercicios son tareas que generalmente implican la realización del algún texto escrito, que se proponen a los alumnos para promover su actividad. Pueden ser planteados al inicio del aprendizaje de un tema o en su transcurso, pero la mayoría de veces tienen una función de resumen y de aplicación de los conocimientos construidos.

Los libros de texto son la principal fuente de recursos para el planteamiento de este tipo de actividades. Pero el análisis de las características de las propuestas que

contienen muestra que, en su mayoría, responden a una visión transmisiva del aprendizaje (cuadro 9.28).

Cuadro 9.28. Diferencias entre "ejercicios" según la visión de la enseñanza-aprendizaje.

"Ejercicios" planteados desde una visión transmisiva de la enseñanza de las Ciencias	"Ejercicios" planteados desde una visión modelizadora de la enseñanza de las Ciencias
Transmiten una idea de ciencia "neutra" descontextualizada, afirmativa.	Transmiten una idea de ciencia que se va construyendo a través de la discusión y la argumentación en relación a nuevas informaciones, datos, problemas.
Actividades o preguntas sobre aspectos concretos o parciales.	Planteamiento de problemas reales, en su totalidad y complejidad.
Actividades que hacen pensar en partes del modelo científico, pero no piden una visión global del modelo.	Actividades que piden la reflexión sobre los modelos y su utilidad y/o aplicación.
Introducción de nueva información a través de actividades de tipo declarativo.	Introducción de información a través de actividades procedimentales, tanto procedimientos científicos como generales de aprendizaje.
Actividades que implican relaciones entre entidades "científicas".	Actividades que implican relaciones entre entidades "científicas" y también con entidades de distintos tipos.
Actividades con forma y lenguaje parecido al texto del libro, que se concibe como el medio más importante de introducción de conocimiento.	Actividades con forma y lenguaje distintos a los del texto del libro, que se concibe como un recurso útil, especialmente en la estructuración de las ideas que se están aprendiendo.
Texto de la actividad corto, pregunta directa o en forma imperativa, sin introducción.	Pregunta situada en un contexto, o relacionada explícitamente con la necesidad de aplicar la teoría.
Actividades que favorecen que el alumno "diga" lo que conoce.	Actividades que favorecen que el alumno elabore un texto y "transforme" su conocimiento.

Fuente: Roca, M. (2001): *Com intervenen els exercicis o activitats dels llibres de text en el procés de construcció del coneixement científic?* Trabajo de investigación. UAB.

Algunas de las características que deberían reunir los "ejercicios", siguiendo las propuestas de Montserrat Roca (2001) ejemplificadas alrededor del estudio del modelo científico para explicar fenómenos inmunológicos, son:

b.1) En relación con la visión de ciencia

La formulación de las preguntas refleja un modelo de ciencia determinado. Algunas alternativas a tener en cuenta son:

- Plantear cuestiones que den una visión pragmática de la ciencia, es decir, conduzcan a discutir o explicar problemas o situaciones de la vida cotidiana. Por ejemplo:

En los últimos años se han puesto de moda los *piercing*. Es una práctica que según las autoridades sanitarias puede ser peligrosa para la salud.

- Explica cuáles pueden ser los peligros de esta práctica y cuáles crees que han de ser las normas higiénicas que se deberían cumplir para evitar riesgos.

- Plantear problemas históricos que ahora ya no lo son pero que en su momento tuvieron mucha importancia y favorecieron el avance de la ciencia:

Según Hipócrates (460-370 a. C.) y Galeno (129-200) las epidemias se debían a vapores venenosos que se formaban bajo la influencia de los astros y como un castigo divino. Ya había aparecido la idea de que las epidemias se transmitían por el contagio entre una persona y otra.

- ¿Qué explicación se da actualmente a las epidemias?
- ¿Qué información se tiene actualmente que no se tenía en la época de Hipócrates o Galeno?

A finales del siglo XIX, cuando empezaron a aplicarse vacunas, la gente no se explicaba cómo podía ser que una inyección hecha con los mismos microbios que provocaban la enfermedad, la pudiesen prevenir o impedir su desarrollo.

- Piensa y escribe la explicación actual a este interrogante.

- También se pueden plantear problemas actuales y analizar si es posible tener solución utilizando las teorías aceptadas:

A partir de los datos sobre causas de defunción que muestra la tabla siguiente:

- Escribe cinco o seis líneas sobre las diferencias más importantes entre las causas de defunción entre unos países y otros.
- Explica por qué en Europa las enfermedades infecciosas (exceptuando el sida) no son causas de mortalidad y, por el contrario, en África aún lo son.

- A partir de los conocimientos actuales en relación con las causas, consecuencias y tratamiento de las infecciones, elabora una lista de posibles medidas para evitar la mortalidad por infecciones en África.

Causas de defunción	Países desarrollados	Países en vías de desarrollo
Enfermedades infecciosas y parasitarias	8%	40%
Cánceres	19%	5%
Enfermedades circulatorias y desórdenes degenerativos	53%	19%
En relación con el parto	2%	8%
Lesiones y envenenamientos	6%	5%
Otras	12%	23%

- Plantear cuestiones que promuevan que el alumnado tome conciencia de la utilidad de los modelos y teorías aprendidos para explicar otros hechos cotidianos.

Cuando llega el otoño encima del mostrador del ambulatorio siempre hay folletos informativos sobre la gripe. En ellos se dice que contra la gripe no hay ningún medicamento y que en todo caso se puede tomar alguna aspirina para que baje la fiebre y así evitar el dolor de cabeza o el malestar general.

- A partir del modelo de respuesta inmunizante, explica qué le pasa a nuestro cuerpo cuando “cogemos la gripe”.
- Explica cómo es que, sin tomar ningún medicamento que ataque al virus de la gripe, se supera la enfermedad al cabo de una semana o de diez días.
- ¿Por qué se recomienda en el mismo folleto informativo que las personas delicadas o las personas mayores se vacunen contra la gripe?

- Redactar las preguntas de forma que promuevan que los alumnos distingan entre explicaciones u opiniones “cotidianas” y explicaciones fundamentadas científicamente.

Explica las razones científicas que avalan o contradicen las siguientes opiniones:

- Juan cogió el sida porque besó a una amiga que no sabía que lo tenía.
- En general, es bueno un “cambio de aires” (por ejemplo, irse a vivir temporalmente a la montaña) cuando se arrastran constipados permanentemente.
- En muchos lugares, después de tener el sarampión, se ha de pasar la cuarentena antes de volver a la escuela.

- Plantear actividades relacionadas con la metodología de trabajo propia de la ciencia, para tomar conciencia de que es necesario recoger datos, analizarlos e interpretarlos para poder extraer conclusiones.

En un programa de TV en el que de todo se hace polémica salieron dos personajes que defendían que las vacunas no eran necesarias, e incluso decían que podían ser peligrosas:

- a) ¿Qué información, datos o experiencias tendría que buscar la periodista para responder a estas personas?
- b) ¿Creéis que en un debate sobre un tema como éste se pueden dar opiniones o es necesario dar argumentos fundamentados científicamente?

b.2) En relación con las nuevas entidades e informaciones introducidas

Muy a menudo se plantean ejercicios en los que el alumnado sólo tiene que copiar lo escrito en el libro de texto o dicho en clase. Otras veces, la tarea consiste en buscar información en otros lugares, que se copia textualmente.

Este tipo de actividades son muy poco interesantes para el aprendizaje pero, en cambio, lo pueden ser aquellas que inviten a reformular con las propias palabras un determinado contenido, o a organizar nuevas informaciones. Por ejemplo:

- “Escribe cómo le explicarías a un compañero/a del curso anterior qué es un antígeno (o qué quiere decir ‘memoria inmunológica’).”
- “En un libro se puede leer que un antígeno es una sustancia que introducida en un organismo animal es capaz de inducir la formación de anticuerpos, los cuales tienen capacidad de reacción específica con ella, desencadenando la respuesta inmune. Explica con tus palabras qué quiere decir esta expresión.”
- “Explica paso a paso lo que sucede en el cuerpo de un niño cuando lo vacunan (o dibuja una historia en viñetas...)”

b.3) En relación con las habilidades cognitivo-lingüísticas

Muchos ejercicios están redactados de forma que conducen a los alumnos a elaborar respuestas cerradas –una palabra o expresión muy corta–. Aparentemente, tienen la ventaja de que su “corrección” es muy fácil, aunque no siempre profesorado y alumnado interpretan que se ha de utilizar la misma expresión. Aunque los estudiantes también los prefieren porque tienen que pensar muy poco y escribir menos, estos ejercicios son poco interesantes para el aprendizaje.

Unos buenos ejercicios habitualmente han de promover la aplicación de habilidades cognitivo-lingüísticas complejas, que favorezcan el establecimiento de interrelaciones, el análisis, la deducción, la síntesis y la evaluación. Algunas ideas de interés son:

- En todo escrito es importante el destinatario. Si es el profesor, los alumnos acostumbran a esforzarse poco en explicitar las ideas, ya que consideran que él ya sabe sobre el tema y entenderá lo que quiere decir. Por eso, es importante proponer actividades en las que el destinatario no sea alguien experto. Por ejemplo:

Escribir un artículo para la revista de la escuela (o del barrio) en el que se explique lo que hemos aprendido en clase sobre el sida: ¿qué es?, ¿se puede curar?, ¿cómo se transmite?... El escrito ha de tener entre 20 y 25 líneas.

- Otro de los problemas debidos a la redacción del ejercicio se derivan de la dificultad de compartir el *nivel de explicación* esperado. Hay cuestiones que se pueden responder con una sola palabra o elaborando textos complejos. Por ejemplo, ante la pregunta “por qué el virus del sida es perjudicial”, el alumno puede responder diciendo sólo “porque ataca el sistema inmunitario”, o elaborar textos más largos referidos al funcionamiento de dicho sistema inmunitario.

Por ello, en el planteamiento de los ejercicios es importante indicar explícitamente la finalidad de la explicación o qué modelos y teorías es necesario utilizar:

Los padres de María la llevan por primera vez a la guardería y en el último mes ya ha estado tres veces enferma, aunque en la escuela se cumplen estrictamente las normas de higiene.

Cuando visitan al médico le preguntan si la causa de sus enfermedades es la escuela y por qué los más pequeños y a la vez más vigilados higiénicamente se ponen enfermos tan frecuentemente. El médico les habla de la respuesta y memoria inmunitaria. Escribe una explicación más amplia de lo que crees que ha querido explicarles el médico.

- También son interesantes los ejercicios que implican comparar situaciones distintas:

Justifica las diferencias entre lo que sucede cuando se inyecta una vacuna o cuando entra un microbio por contagio.

- En general, las actividades que implican analizar datos y gráficas son un buen recurso:

Esta información recoge las características de una enfermedad infecciosa muy común (*se adjunta un ejemplo*).

- Determina cómo está organizada la información en la ficha.
 - Elabora otras con la misma organización para las siguientes enfermedades: tuberculosis, tifus, salmonelosis.
 - Agrupa las enfermedades en función del aparato al que afectan.
- También son de interés los ejercicios que piden la representación gráfica o simbólica de ideas o procesos.

Dibujad un cómic para la campaña antitabaco, que se pudiera publicar en el boletín municipal. Centrad vuestros argumentos alrededor de la idea de que "en igualdad de condiciones, una persona fumadora tienen más posibilidades de coger un resfriado que otra no fumadora", fundamentándolos en los conocimientos aprendidos.

Como ya se ha indicado, será necesario enseñar a los estudiantes a identificar las características de los distintos tipos de texto asociados a cada demanda: descriptivo, explicativo, justificativo, argumentativo, definición..., y a valorar la calidad en su elaboración. No se puede aceptar el "ya se entiende" o "no estamos en la clase de lengua", ya que una idea no está bien aprendida si no se sabe expresar adecuadamente.

También se puede clasificar como "ejercicios" la realización de otras actividades relacionadas con el uso o aplicación de instrumentos gráficos, como los mapas conceptuales, los diagramas o la V de Gowin, que se desarrollarán en el capítulo 10.

9.5. Juegos y dramatizaciones

Otro tipo de actividades que se pueden aplicar en el aula son los juegos y las dramatizaciones. A menudo se considera que las actividades de las personas se dividen entre trabajo (obligación) y juego (placer). La escuela no está al margen de esta división. Sin embargo, de la misma forma que se puede encontrar placer en el trabajo, también es posible que en la escuela se aprenda disfrutando.

Pero el juego no se define sólo por su componente lúdico, sino también por ser un producto de la civilización caracterizado por la combinación de conjuntos de reglas y de azar. Para Wittgenstein, conocer es aprender a jugar a los diferentes juegos que el hombre ha ido creando, ya que cada ciencia es un juego con sus propias reglas. El azar y las leyes de la naturaleza son los elementos del juego y las consecuencias del azar se pueden regular, para lo cual las personas deben utilizar todas sus capacidades para reafirmarse como jugadores y para no terminar siendo un juguete del azar.

Esta visión del juego le confiere un especial interés didáctico y hace que "jugar" sea una actividad muy rica y valiosa en el aprendizaje y, en algunos casos, difícilmente

sustituible. Por ejemplo, los *juegos de simulación* son muy útiles en Educación Ambiental, ya que permiten superar las barreras del espacio y del tiempo inherentes a cualquier experiencia real. En las diferentes fases de la actividad de juego, realizada con tablero, con ordenador o escenificado, se puede viajar a través del tiempo y del Planeta (y si es necesario del Universo), lo que permite reconocer consecuencias no inmediatas de las acciones dentro o fuera del propio entorno (cuadro 9.29).

Cuadro 9.29. Un juego de simulación.

El bosque de los jabalíes

La finalidad de esta actividad es poder comprender cómo en función de la abundancia o escasez de recursos en un medio, una población de jabalíes crece, disminuye o desaparece. Al mismo tiempo, reconocer que esta fluctuación muestra que la naturaleza no es estática y que la conservación de los hábitats es clave para el mantenimiento de las especies.

Los jabalíes se desplazan en busca de alimento, agua y refugio que necesitan para vivir. En el juego los participantes (un mínimo de 15) se dividen entre jabalíes y estos elementos del hábitat, colocándose en dos lados de la clase o espacio de juego. El número de jabalíes es, al inicio, la cuarta parte.

En cada jugada los jabalíes tendrán que decidir lo que van a buscar (alimento, agua o refugio) y los alumnos del otro grupo qué elemento son. Cada uno lo representa con gestos: si se trata de comida, se pondrán las manos en el vientre, si es agua se tapan la boca con ellas y, si es refugio, las juntarán encima de su cabeza. En cada jugada se puede cambiar la opción tomada.

Una vez ya decidido, los jabalíes irán en busca del elemento que habían seleccionado, llevándose a su lado si lo encuentran y reproduciéndose (la persona-elemento se transforma en cría de jabalí), o quedándose en el lado de los componentes del hábitat si no lo encuentran pero muriendo y quedan integrados en el medio (se "transforman" en un elemento del medio).

El juego se repite unas 15 veces, anotando en un gráfico el número de jabalíes que hay al finalizar cada jugada. Al terminar la actividad se comentará el gráfico obtenido.

Se puede intervenir en el juego simulando desastres naturales o provocados por las personas, como sequías (falta el componente "agua"), temporales de viento y nieve (no hay "refugio"), plagas, enfermedades, fuego, transformación en un campo de golf..., y analizar cómo se traduce en la población de jabalíes.



Fuente: Adaptación de: Teresa Franquesa et al.: *Hàbitat, guia d'activitats per a l'educació ambiental*. Institut d'Educació. Barcelona, 1998.

En este tipo de actividades se juega con muchas variables, cada una de las cuales tiene unas reglas de actuación bien definidas pero que se pueden combinar en función de las decisiones que van tomando los jugadores-alumnos. El juego de simulación proporciona un marco de referencia que ayuda a valorar situaciones desde un punto de vista multidisciplinar, a poner de manifiesto la importancia de tener en cuenta los diferentes valores e intereses y capacita para la toma de decisiones, que en muchos casos implican incertidumbre.

La simulación ofrece estímulos para examinar modelos teóricos y para reconocer su aplicación en situaciones sociales cotidianas. Ayuda a romper la tendencia al pensamiento lineal y reduccionista, y abre la puerta a nuevos estilos de razonamiento útiles para el análisis y resolución de problemas abiertos.

En este sentido también son muy interesantes los *juegos de rol*, especialmente en el desarrollo de actitudes. Posibilitan el análisis y la comprensión de los diferentes comportamientos, puntos de vista y valoraciones, y ayudan a evitar las clasificaciones de las actuaciones sólo en *buenas o malas*. En estos juegos (véase el cuadro 9.30) las reglas generalmente están poco definidas, aunque están presentes y todos los jugadores saben si se transgreden.

Cuadro 9.30. *Un juego de rol.*

La fábrica de Villarriba

Instrucciones:

1. Objetivo

Obtener la concesión del Ayuntamiento de Villarriba para poder construir una fábrica de conservación de carne de cerdo.

2. Situación

Sois un grupo de empresarios que presentan un proyecto de construcción de una fábrica de conservación de carne de cerdo al Ayuntamiento de Villarriba. Vuestro pueblo es un gran productor de cerdos y, desde hace tiempo, se ha originado un gran excedente. El Ayuntamiento ha convocado el proyecto para que estos cerdos se puedan aprovechar y, al mismo tiempo, dar trabajo a sus vecinos, sobre todo a vosotros, los jóvenes, que empezásteis a marcharos del pueblo para ir a trabajar a las grandes ciudades. Tenéis que preparar y defender este proyecto con argumentos bien contruidos y consistentes con el fin de obtener la concesión. La presentación se realizará en el salón de Plenos del Ayuntamiento, delante de los concejales de Medio Ambiente y de Industria, y de la excelentísima alcaldesa.

Deberéis ser respetuosos con los argumentos de los demás equipos, participativos, respetar el turno de palabra y hablar educadamente.

3. Participantes

Cuatro equipos, un concejal de Medio Ambiente, una concejala de Industria y una alcaldesa.

(.../...)

4. Material

- Cuatro fichas: congelación, salazón, enlatado y conservado al vacío.
- Un tablero con 4 casillas que se tienen que ir superando y una casilla final que representa la fábrica de conservación a construir. Las casillas representan lo que se va consiguiendo del Ayuntamiento para llegar a poder construir la fábrica:

1. El terreno.
2. El material y los trabajadores de la construcción.
3. La infraestructura de la fábrica: trabajadores, carne, camiones, máquinas...
4. La llave de entrada.

- Ruleta con 10 entradas: tiempo de conservación, tiempo de elaboración, variación de las características organolépticas y nutritivas, manipulación del alimento antes de consumir, base técnica, infraestructura, almacén, transporte, salida al mercado e impacto ambiental.
- Hojas de información sobre aspectos relacionados con las distintas técnicas de conservación de alimentos.

5. Normas del juego

a) Inicio: se escogen los miembros de los equipos y el tipo de conservación por sorteo. Cada equipo dispondrá de una ficha según el tipo de fábrica que le haya tocado proponer. Se sortea el orden de intervención de los equipos participantes.

b) Desarrollo: el primer equipo tiene que defender su proyecto argumentando sobre el tema que determine la ruleta. Puede utilizar la información que se le da, o bien otras. Las concejalas y la alcaldesa evaluarán la construcción de la argumentación, su exposición y la capacidad de convencimiento. Podrán pedir la opinión al resto de participantes, si así lo creen oportuno.

Si la evaluación es buena (convence), el equipo avanza a la casilla número 1, y consigue la concesión de los terrenos para construir la fábrica. Si la argumentación no es buena, no avanza ninguna casilla.

A continuación, tiene el turno el segundo equipo, que argumentará sobre el aspecto que le determine la ruleta; y así sucesivamente.

Gana el equipo que llega primero a la llave de la fábrica y, por tanto, la puede construir.

c) Penalizaciones: un equipo puede ser penalizado por las concejalas o la alcaldesa a volver una casilla atrás si alguno de sus miembros no respeta a algún participante, si levanta demasiado el tono de voz y no mantiene la compostura, o si insulta a alguien o utiliza palabras groseras.

Fuente: Anna Sardà (1998): Guía Praxis de Ciencias de la Naturaleza.

Otros tipos de juegos pueden tener como único objetivo estimular al alumnado en la memorización de informaciones o en la aplicación de diferentes algoritmos o reglas. Las estructuras de estos juegos son sencillas, conocidas por los alumnos y pueden ser aplicadas en contextos bien diferenciados. Las grandes tipologías son:

- Los juegos de que implican establecer correspondencias uno a uno o aparejar: tipo "dominó", "loto", "memory", "la mona", "bingo", etc. En ellos se tienen

que asociar dos datos. Por ejemplo, pueden ser útiles para la memorización de fórmulas químicas, ya que los alumnos tienen que asociar un nombre con una fórmula. Pero la realización de estos juegos no excluye la construcción del concepto de *fórmula*, y carecen de sentido si las sustancias no tienen significado real para el alumnado.

- Los juegos tipo "Oca" o "Parchís" se caracterizan porque el nivel de decisiones a tomar por el jugador son muy pocas y los caminos a seguir están bien marcados por las reglas del juego. Se utiliza para memorizar hechos o normas.
- En los juegos tipo "Buen viaje" se define la situación inicial y la final, pero se pueden tomar decisiones sobre cómo ir de un sitio a otro. En las clases de Ciencias, esta estructura se utiliza en la simulación de procesos que pueden tener varias formas de realización distintas y analizar los costes energéticos, en materiales, etc.
- En otros tipos de juegos, como el "Monopoly" u otros, el número de decisiones a tomar es más alta que en los juegos anteriores.

En todos los juegos se necesita disponer de un cierto grado de información a partir de la cual se toman decisiones dinámicas, es decir, que van cambiando en función de cómo se desarrolla el juego, en el que hay un componente de azar. En algunos juegos, la autonomía es muy pequeña, pero en otros es similar a la que se da en la vida cotidiana.

Otro tipo de actividades interesantes son las dramatizaciones. En ellas los alumnos pueden:

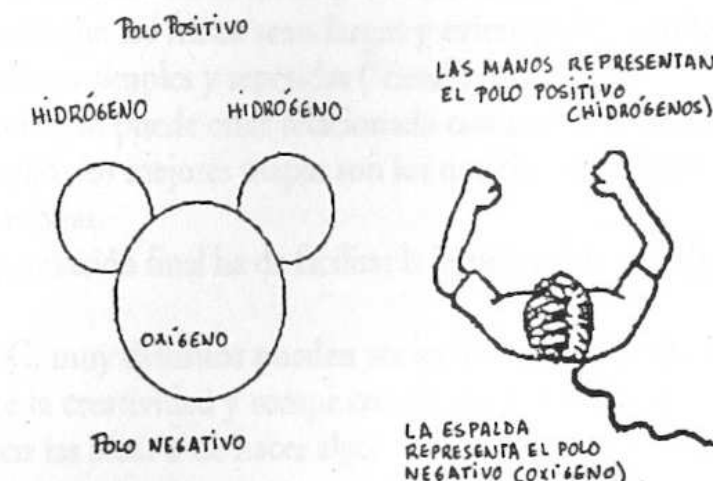
- Recrear hechos, historias sobre personajes e ideas extraídas de la historia de la ciencia. Por ejemplo, se puede organizar una representación teatral sobre la evolución histórica de las teorías que explican la naturaleza del átomo o de la luz. Los alumnos, en pequeños grupos, tienen que buscar información sobre cada teoría y encontrar las formas de comunicación que mejor ayuden a la comprensión de las ideas. También se puede representar la vida de científicos y sus descubrimientos (Galileo, Fleming, Marie Curie y muchos otros), aunque en estos casos se necesita un guión común previo. Estas dramatizaciones se pueden realizar ante compañeros de otros cursos o incluso familiares.
- Representar la modelización de fenómenos. En este caso, la dramatización desempeña el papel de una analogía. Los alumnos personajes pueden ser partículas, rayos, organismos, etc. Por ejemplo, el guión descrito en el cuadro 9.31 es uno entre otros que se pueden proponer para representar propiedades del agua: tensión superficial, capacidad calorífica, poder solvente, cambio de estado, etc. Al azar, cada grupo de alumnos recibe una tarjeta-guión para preparar su dramatización. El resto de la clase deberá adivinar qué propiedad están representando, y a partir de ello se puede discutir el modelo expresado, sus cualidades y sus limitaciones.

Cuadro 9.31. Guión de una "hidro-representación".

¿Por qué se expande el agua cuando se congela?

Materiales que necesitaréis: cuerda, un signo etiquetado "extractor de calor" y yeso.

Todos los miembros del grupo, menos uno, representan las moléculas de agua en estado líquido. Atar cuerdas alrededor de vuestras cinturas, dejando una punta colgando por detrás. Vuestras espaldas representan el polo negativo de la molécula. Indicar el polo negativo manteniendo vuestros brazos delante, paralelos al suelo, doblados en forma de "V" (cada uno de ellos).



Con tiza marcar en el suelo un límite alrededor de todos los miembros del grupo, para representar las paredes de un vaso. Como líquido, las moléculas se mueven dentro de los límites, manteniéndose próximas las unas a las otras. Otro miembro del grupo (un estudiante "frío"), representa un extractor de calor que "absorbe" energía golpeando las moléculas (las toca en el hombro). Cuando las moléculas son golpeadas, empiezan a moverse más lentamente (vuestra energía se está transfiriendo al "extractor de calor").

Cuando las moléculas de agua se mueven más lentamente, las uniones entre las moléculas se forman más fácilmente. Cuando se unen lo hacen de 6 en 6, formando un hexágono y dejando un espacio en medio. Para representarlo, los miembros del grupo que han disminuido la velocidad de movimiento tendrían que cogerse los unos a los otros (a través de las cuerdas). Apartaos los unos de los otros hasta que las cuerdas estén tensas. Es posible que no haya suficiente espacio entre los límites fijados, por lo que algunos de los miembros del grupo deberán colocarse fuera de los límites de la marca del yeso.

Fuente: Adaptación de: Project WET, Universidad del Estado de Montana, 1995.

Todo este tipo de actividades requieren una buena organización, ya que rompen con las rutinas habituales. Como siempre, será necesario pactar reglas de funcionamiento y, para su éxito, será fundamental anticipar posibles motivos de desorden y discutirlos previamente en el marco del grupo-clase. También es fundamental que al profesorado le gusten estas actividades y esté convencido de su interés para el aprendizaje.