

EL AGUA Y SUS
PROPIEDADES:
ANÁLISIS DEL
PROCESO DE
EMISIÓN,
VERIFICACIÓN Y
MODIFICACIÓN DE
HIPÓTESIS EN
NIÑOS DE 10-11 AÑOS

ANGELINA MARTIN
ÁNGEL RODRIGUEZ

C·I·D·E·

EL AGUA Y SUS
PROPIEDADES:
ANÁLISIS DEL
PROCESO DE
EMISIÓN,
VERIFICACIÓN Y
MODIFICACIÓN DE
HIPÓTESIS EN
NIÑOS DE 10-11 AÑOS

ANGELINA MARTIN
ÁNGEL RODRIGUEZ

C·I·D·E·

**EL AGUA Y SUS PROPIEDADES:
ANALISIS DEL PROCESO DE
EMISION, VERIFICACION Y
MODIFICACION DE HIPOTESIS
EN NIÑOS DE 10 – 11 AÑOS**

**Angelina Martín Muñoz
Angel Rodríguez Cardeña**

**PREMIOS NACIONALES DE INVESTIGACION
E INNOVACION EDUCATIVAS DEL C.I.D.E. 1988
(Premio de Investigación Educativa)**

MARTIN MUÑOZ, Angelina

El agua y sus propiedades : análisis del proceso de emisión, verificación y modificación de hipótesis en niños de 10-11 años / Angelina Martín Muñoz, Angel Rodríguez Cardaña. - Madrid : Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia : C.I.D.E., 1989.

1. Ciencias de la naturaleza 2. Educación científica 3. Enseñanza primaria I. Rodríguez Cardaña, Angel.

© MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

C.I.D.E. Dirección General de Renovación Pedagógica.
Secretaría de Estado de Educación.

EDITA: CENTRO DE PUBLICACIONES - Secretaría General Técnica.
Ministerio de Educación y Ciencia.

Tirada: 1.000 ej.

Depósito Legal: M-40177-1989

NIPO: 176-89-123-6.

I.S.B.N.: 84-369-1726-X

Imprime: GRAFICAS JUMA

Plaza de Ribadeo, 7-I. 28029 MADRID

AGRADECIMIENTOS

No podemos dejar de agradecer a los niños de 5º curso del Colegio Pablo VI de Avila su entusiasmo y colaboración, que nos animaron y empujaron en varias ocasiones a seguir con este trabajo.

Igualmente, queremos expresar nuestro agradecimiento a la dirección del Colegio Pablo VI, que nos ayudó y facilitó nuestra labor, así como al director del Centro de Profesores, quien nos dio toda clase de facilidades para la utilización del material de informática y reprografía necesario para la elaboración del presente trabajo.

INDICE

Capítulo 1. INTRODUCCION	7
Capítulo 2. FUNDAMENTACION TEORICA	11
2.1. ¿Cuáles son las características generales del pensamiento de los niños de 10-11 años?	11
2.2. La construcción de esquemas de conocimiento	14
2.3. Ideas espontáneas de los alumnos. Características	17
2.4. Ideas de Vygotski sobre el aprendizaje y el desarrollo	19
2.5. Investigaciones de Perret-Clermont	20
Capítulo 3. CONCLUSIONES DE TIPO PEDAGOGICO QUE PODEMOS EXTRAER DE LA EXPOSICION TEORICA	23
Capítulo 4. OBJETIVOS	27
Capítulo 5. METODOLOGIA	29
5.1. Los sujetos	29
5.2. Método	29
Capítulo 6. PROCEDIMIENTO	33
6.1. Contenidos	33
6.2. Presentación de la experiencia	34
6.3. Proceso seguido con los alumnos	35

Capítulo 7. DESCRIPCION DE EXPERIENCIAS Y ANALISIS DE LAS MISMAS	37
7.1. Experiencia 1 ^a <i>¿En qué orden deben echarse en un recipiente aceite, alcohol coloreado y agua para que queden en tres capas diferenciadas?</i>	37
7.2. Experiencia 2 ^a <i>¿Qué crees que ocurrirá cuando el alcohol sobrepase el vasito con aceite?</i>	45
7.3. Experiencia 3 ^a <i>¿Se puede comprimir el agua?</i>	51
7.4. Experiencia 4 ^a <i>¿Ejercen fuerza los líquidos?</i>	58
7.5. Experiencia 5 ^a <i>¿De qué depende la fuerza o presión que ejercen los líquidos?</i>	67
7.6. Experiencia 6 ^a <i>¿Ejercen fuerza o presión los líquidos hacia arriba?</i>	72
7.7. Experiencia 7 ^a <i>Si hacemos un agujero en un recipiente con agua o con cualquier líquido, saldrá un chorrillo. ¿De qué dependerá el alcance del chorrillo?, es decir, ¿de qué dependerá la presión del agua?</i>	81
Capítulo 8. CONCLUSIONES	87
8.1. Conclusiones referidas al proceso de emisión, modificación y verificación de hipótesis	87
8.2. Conclusiones metodológicas	93
BIBLIOGRAFIA	95

CAPITULO 1

INTRODUCCION

En el momento actual hay una auténtica revisión de los objetivos que se deben cubrir con la enseñanza de las ciencias experimentales, así como de las características y peculiaridades que debe tener dicha enseñanza. Esta revisión, que se está llevando a cabo en casi todos los países, apunta más hacia la adquisición de una serie de hábitos y técnicas de trabajo que permitan al alumno enfrentarse con éxito a posibles problemas futuros que a la mera adquisición de conocimientos que queden sólo como un apéndice, sin apenas conexión con el mundo real.

Los últimos estudios sobre las ideas espontáneas de los alumnos (Driver, 1986) nos indican cómo éstas permanecen frente a los conocimientos adquiridos en el aula, y en muchísimas ocasiones, el alumno acude a aquéllas para explicar muchos fenómenos cotidianos y, así mismo, diversas situaciones planteadas dentro del contexto de la clase.

De esta doble situación nace una corriente que propugna un cambio metodológico (Gil, 1983; Carrascosa y Gil, 1985) con el que se pretende que los alumnos vayan adquiriendo las técnicas de trabajo propias del método científico, a la vez que van redescubriendo y reelaborando los conceptos más fundamentales en el campo de las ciencias experimentales, para así desterrar, tras una reconsideración propia, sus ideas espontáneas.

Pero no se trata solamente de una cuestión que esté más o menos de moda; el Ministerio de Educación y Ciencia indica en el Anteproyecto para la Reformulación de las Enseñanzas del Ciclo Medio lo siguiente:

“Lo que fundamentalmente queremos conseguir en el Area de Experiencia durante el Ciclo Medio es ha-

cer del escolar un observador activo, riguroso, ansioso por descubrir, investigar y aprender, dotándole de los instrumentos y técnicas necesarios para ello."

En el Anteproyecto para la Reforma del Ciclo Superior se dice:

"La función del profesor no es enseñar ciencia, sino procurar que el alumno haga ciencia, ayudándole a descubrir y plantear problemas, a diseñar experimentos, a encontrar respuestas, sugiriendo, aportando datos, dando pistas...; y también, a alcanzar cada vez mayor rigor y sistematicidad en su trabajo.

Así, las ciencias experimentales tienen una finalidad esencialmente formativa (que no significa despreñar los conocimientos) y se pretende preferentemente:

- El desarrollo de una actitud científica, de un modo científico de abordar las situaciones...*
- El desarrollo de las habilidades de investigación...*
- El aprendizaje de técnicas de estudio...*
- La adquisición de destrezas motoras...*

En síntesis: el desarrollo de actitudes y aptitudes que permitan al alumno tener unos instrumentos que le capaciten para realizar un aprendizaje autónomo."

En consonancia con una actitud científica, con un modo científico de abordar las situaciones, están la formulación y la verificación de hipótesis, hipótesis que siempre se encuentran subyacentes en cualquier experimentación; y no olvidemos que la experimentación, el manejo de objetos y seres a la edad de 10-11 años, es requisito casi imprescindible para llevar a cabo un aprendizaje satisfactorio y de calidad.

Pero ¿cuáles son las posibilidades que *a priori* poseen los chicos de 10-11 años en este terreno? La emisión y la verificación de hipótesis entran de lleno dentro de las competencias de lo que, según la terminología piagetiana, se denomina etapa del pensamiento formal; y la edad cronológica de nuestros alumnos dista aún bastante de la edad media establecida para dicho tipo

de pensamiento, encontrándose los niños, a la edad de 10-11 años, en una etapa de transición hacia el pensamiento formal.

La enseñanza ha de respetar el desarrollo del niño, sin que pueda ni deba obligarle a realizar adquisiciones para las que no está preparado. Pero también hay que dejar un poco de lado la consideración de los estadios del desarrollo como algo intocable, *sustituyéndola por una interpretación más dinámica del mismo*, ya que si bien es cierto que algunos aprendizajes sólo son posibles a partir de un nivel dado del desarrollo, no lo es menos que los buenos aprendizajes dan lugar al desarrollo (Vygotski, 1979).

Desde esta perspectiva pretendemos averiguar cuáles son las posibilidades reales de los alumnos de 5º curso de E.G.B. (10-11 años) en lo referente al proceso de emisión, verificación y modificación de hipótesis dentro del contexto real de una clase, con la organización, los métodos de trabajo y los contenidos habituales de la misma.

CAPITULO 2

FUNDAMENTACION TEORICA

Toda labor educativa debe basarse en un conocimiento de las características psicológicas del alumno, referidas éstas, sobre todo, a su forma de pensar y de adquirir nuevos conocimientos.

2.1. ¿CUALES SON LAS CARACTERISTICAS GENERALES DEL PENSAMIENTO DE LOS NIÑOS DE 10-11 AÑOS?

Los alumnos de quinto curso (10-11 años) están dentro de lo que la terminología piagetiana denomina *operaciones concretas*. Las características más relevantes de este periodo (Flavell, 1979, 1984; Inhelder y Piaget, 1972), así como la forma en que se va pasando hacia el estadio de las *operaciones formales*, son las siguientes:

El punto de partida de todo proceso de pensamiento es siempre lo real. El niño debe organizar y ordenar lo que está inmediatamente presente, pero también puede, de un modo progresivo, extender su ordenación y estructuración hacia lo que no está allí; aunque esta actividad la realizará de un modo asistemático y ocasional en algunos casos.

El niño de estas edades no pensará previamente, al enfrentarse con un problema, en todas las posibilidades que pueden darse e idear un procedimiento que le permita ir desechando aquello que no se da realmente, es decir, no idea un procedimiento que le permita ir verificando todas las hipótesis posibles.

A medida que vaya progresando en este terreno, lo primero que hará al enfrentarse con un problema será prever todas las relaciones posibles entre los datos del mismo y luego intentará determinar, mediante la experimentación y el análisis lógico de los datos y resultados, cuáles de las relaciones posibles tienen validez.

El niño de estas edades no comienza por formular hipótesis alguna, sino que comienza a actuar, pretendiendo dar un sentido a los resultados que obtiene en función de sus experiencias anteriores; es decir, tiende a estructurar la realidad sobre la que actúa.

Una de las posibilidades que maneja el alumno de esta edad es la extensión de lo real y no la existencia de posibilidades nacidas de las relaciones posibles establecidas entre los conocimientos previos que posee.

Los sujetos se esfuerzan por estructurar la realidad del modo más completo que les es posible, pero en algunas ocasiones se encuentran con resultados poco claros e incluso contradictorios, es decir, se encuentran con regularidades y excepciones que, en un principio, no entienden y que, por lo tanto, no tienen en cuenta; pero cuando tienen que tener presentes todos los factores, como puede ser en el caso de una contrastación de puntos de vista entre varios compañeros después de haber realizado una experiencia en clase, los sujetos intentan una nueva actitud experimental que se irá generalizando progresivamente. Esta actitud consiste en un intento de disociar los factores que intervienen en la experimentación. Pero en un primer paso, el sujeto solamente es capaz de excluir un factor, atribuyéndolo al azar; así, al lanzar una serie de bolas de diversos materiales y diferentes colores (que están repetidos) por una tabla, el sujeto, basándose en la observación, excluye el color, pues ve que bolas de diferentes materiales, pero del mismo color, unas veces llegan más lejos que otras. Partiendo de esa observación y como una extensión de la misma, el sujeto procede de un modo activo y experimental, intentando averiguar si un determinado factor interviene, o no, en la situación objeto de su estudio. Mas en aquellos casos en que no es posible excluir el factor objeto de estudio, el niño sólo consigue hacerlo variar para verificar si éste desempeña un papel activo, o no, y no consigue neutralizarlo para así intentar averi-

guar cómo influye en un segundo factor relacionado con el objeto de su estudio.

Partiendo de estas posibilidades de actuación, el sujeto, ante una dificultad, multiplica sus intentos por establecer nuevas relaciones, esperando que con la abundancia de datos se clarifiquen los hechos. No obstante, habrá casos en los que al existir varios factores relacionados íntimamente, no bastará con buscar las correspondencias o asociaciones, sino que se deberá buscar la disociación de esos factores íntimamente relacionados y, para conseguirlo, se deberá neutralizar uno de los factores, para así poder ver cómo influye el otro; por ejemplo, para poner de manifiesto la influencia del factor sustancia (calor específico) en un estudio de los factores que intervienen en la cantidad de calor que es necesario comunicar a un cuerpo para elevar su temperatura, el alumno deberá mantener constante la masa de los cuerpos y el incremento de temperatura que va a considerar.

Una vez que el sujeto se va dando cuenta de que no solamente es necesario asociar, sino que también lo es disociar, se enfrenta con nuevas posibilidades. Puede ocurrir que cada uno de los factores actúe por su propia cuenta, independientemente de los demás, y entonces, el sujeto deberá hacer variar el factor que quiere considerar, haciendo permanecer constantes todos los demás. Pero también puede ocurrir que intervengan dos o tres factores simultáneamente, o que lo haga un factor u otro, pero cada uno con exclusión del otro, etc.

Cuando el sujeto ya es capaz de pensar en todas estas posibilidades gracias a su experiencia en este terreno, resulta que esas mismas posibilidades son las que le orientan en el modo de efectuar y/o considerar las disociaciones. Así mismo, si el sujeto no es capaz de considerar todas estas posibilidades, pero es capaz de disociar los factores, entonces esta disociación le conduce a realizar las combinaciones posibles entre todos los factores, ya que las combinaciones que es necesario realizar para comprobar la influencia de los factores varían de unas situaciones a otras, y en cada situación el descubrimiento de la combinación adecuada ha debido suponer una consideración de todas las combinaciones posibles.

Es gracias a este proceso como el pensamiento del niño va modificándose hasta llegar a conseguir las competencias intelectuales necesarias para poder utilizar el método científico.

2.2. LA CONSTRUCCION DE ESQUEMAS DE CONOCIMIENTO

¿Qué nos aporta en el momento actual la psicología cognitiva sobre el modo de conocer de las personas?

Si queremos hacer un planteamiento serio del proceso de enseñanza-aprendizaje en cualquier campo, aunque éste constituya una parcela pequeña, como es el caso que nos ocupa, hemos de dar respuesta a esta pregunta.

Es la teoría piagetiana (Piaget, 1978; Coll, 1983) la que, a nuestro entender, mejor explica, por el momento, el proceso que sigue la construcción del conocimiento.

En términos generales, la *inteligencia* es la forma que tiene el individuo para adaptarse a un mundo enormemente variado de objetos y situaciones. Cuando a la persona se le presenta un nuevo problema, ella procura asimilar lo nuevo a aquello que ya poseía con anterioridad; pero para llevar a cabo esta *asimilación*, debe realizar en numerosas ocasiones un proceso de reorganización y reestructuración de lo ya poseído, de forma que el nuevo problema pueda *acomodarse* a esa estructura anterior.

De esta manera, el *conocimiento* queda planteado como *algo esencialmente dinámico*, un proceso en el que hay un *continuo equilibrio-desequilibrio-reequilibrio* producido por las constantes asimilaciones y acomodaciones. El punto de partida de todo este proceso es el *equilibrio* momentáneo entre la asimilación y la acomodación. El impulsor de todo este dinámico proceso son los *desequilibrios* entre la asimilación y la acomodación. Son estos *desequilibrios* los que obligan al sujeto a modificar los esquemas que poseía y a buscar una nueva forma de equilibrio en la que queden explicados e integrados los objetos o sucesos causantes del *desequilibrio*.

¿Cuál es la causa de los *desequilibrios*? Estos *desequilibrios* pueden ser debidos a los siguientes factores:

- A las cualidades y propiedades de los objetos o situaciones.
- A la insuficiencia de los esquemas que posee el sujeto.
- A la falta de coordinación y estructuración de los esquemas ya existentes, de modo que se contradigan.

Todo desequilibrio desemboca en una serie de *regulaciones* que tienden a restablecer un nuevo equilibrio. Pero no siempre el desequilibrio produce regulaciones; así, cuando se abandona la tarea o cuando el sujeto se limita a aplicar un esquema que ya poseía, sin introducir en él ninguna modificación, no puede hablarse de una regulación.

¿Qué ocurre en el aula con los esquemas de conocimiento que poseen y modifican los alumnos?

El alumno que está en clase no está carente de unos *esquemas de conocimiento*, de modo que nosotros podemos ir reconstruyendo de una forma ordenada y relacionando unos con otros; el alumno ya posee unos esquemas de conocimiento que ha ido elaborando a lo largo de su vida tanto dentro como fuera de la institución escolar. El nivel y el grado de solidez de los esquemas de conocimiento de cada sujeto dependerán de la competencia intelectual del mismo —no será igual para un niño de 6 años que para uno de 12, ya que cada uno tiene unas formas de pensar distintas— y de la cantidad de información, así como de la organización y la estructuración de la misma. Los conocimientos, cuando son significativos, no quedan como unidades aisladas, sino que se organizan y estructuran de determinados modos o maneras que pueden ir desde la simple yuxtaposición hasta estructuras sumamente complejas, como las descritas por Piaget en las estructuras operatorias de la inteligencia.

Se produce así un mecanismo en el que, como resultado del mismo, cada nuevo conocimiento supone un potencial enriquecimiento de los *esquemas operatorios de la inteligencia*, los cuales, a su vez, permiten la elaboración de unos esquemas de conocimiento más amplios y más ricos en relaciones; con lo cual se posibilita la adquisición de nuevos conocimientos, cerrándose así el ciclo y, por lo mismo, volviendo a comenzar. El mecanismo que hace que este proceso sea en forma de espiral y, por tanto, abierto, en lugar de en forma de circunferencia y, por tanto, cerrado, es la acción de la propia institución escolar.

Cuando al alumno se le presenta un nuevo objeto de conocimiento, aquél trata de aplicarle los esquemas de conocimiento que ya posee con el fin de mantener el equilibrio cognitivo que ya tenía. Este equilibrio perdido con la presentación del nuevo objeto se recuperará si los esquemas que posee permiten la apre-

hensión del mismo; esto normalmente no ocurre de manera inmediata debido a dos posibles factores:

- a) las resistencias que opone el objeto,
- b) la inadecuación de las estructuras existentes.

Se produce así un desequilibrio cognitivo. El paso siguiente sería el establecimiento de unas regulaciones compensadoras, tendentes a restablecer el equilibrio. Estas regulaciones pueden ser muy dispares; y así puede suceder que aparezcan uno o varios de los siguientes supuestos:

- atribución de las perturbaciones a unos factores accidentales o fortuitos;
- sustitución de los esquemas iniciales por otros alternativos, originándose una serie de esquemas, de forma que cada uno explica una faceta del mismo objeto, pero siendo entre ellos a veces contradictorios, a veces independientes y sin ninguna relación entre los mismos;
- ampliación, modificación, reorganización de los esquemas primitivos, dando lugar a unos esquemas nuevos.

El objetivo de estas regulaciones es alcanzar un reequilibrio cognitivo que será punto de partida para un nuevo proceso.

Conviene aquí distinguir entre los esquemas de conocimiento y los esquemas operatorios de la inteligencia. Lo que se pretende lograr en la institución escolar es que el alumno construya una serie de esquemas de conocimiento sobre los diversos contenidos que forman parte del curriculum. Para poder elaborar esos esquemas de conocimiento, el alumno debe emplear los esquemas operatorios de la inteligencia, y estos últimos limitan y condicionan los esquemas de conocimiento que se pueden lograr, así como la forma de hacerlo. Pero, a su vez, los esquemas operatorios de la inteligencia son modificados por los nuevos conocimientos, ya que cuantas más cosas se conozcan de un modo significativo, más posibilidades hay de establecer relaciones entre ellas y más posibilidades también de que aumente la riqueza de los esquemas operatorios de la inteligencia. Así mismo, cualquier nueva información "comprendida" debe insertarse en los esquemas operatorios; mas

para realizar este proceso de inserción, de asimilación, es precisa, en numerosas ocasiones, la acomodación de la nueva información a nuevos esquemas operatorios que han de crearse.

No obstante, la inteligencia del alumno no trabaja en el vacío; la inteligencia opera sobre contenidos que a su vez han intervenido e intervienen en la construcción de los esquemas de la inteligencia. Estos contenidos que se han ido adquiriendo a lo largo de la vida del alumno, gracias a sus experiencias escolares y extraescolares, se denominan actualmente *ideas espontáneas*.

2.3. IDEAS ESPONTANEAS DE LOS ALUMNOS. CARACTERISTICAS

Los estudios efectuados hasta el momento (Driver, 1986) nos indican como características más destacadas de las ideas espontáneas de los alumnos las siguientes:

- Los alumnos, al referirse a sus ideas espontáneas, utilizan un lenguaje confuso, en el que diversos conceptos físicos son utilizados como sinónimos; así, al referirse al movimiento que lleva un cuerpo, no es raro escuchar expresiones tales como: “*tiene o lleva mucha potencia*”, “*lleva mucha fuerza*”, “*lleva mucha velocidad*”, “*tiene mucha energía*”, etc.
- Las ideas previas o espontáneas de los alumnos están dotadas de una coherencia interna, desde el punto de vista de las experiencias de los mismos. Son ideas que se han ido elaborando en base a su *experiencia cotidiana*, en su interacción con los objetivos físicos y con otras personas (generalmente otros niños de su edad). Y ha sido esa *interacción físico-social* la que ha obligado a la mente del niño a acomodar los nuevos hechos a sus esquemas conceptuales, los cuales, a su vez, se han visto modificados por los nuevos conceptos adquiridos.
- Los esquemas conceptuales existentes en los alumnos no se modifican fácilmente mediante la enseñanza escolar realizada de un modo tradicional; piénsese que son ideas elaboradas durante un largo periodo de tiempo y que han servido y sirven al sujeto para dar explicación a multitud de fenó-

menos cotidianos y frecuentes que están constantemente reforzando esas ideas y esos esquemas. M. Carretero (1979) señala, en un estudio realizado con alumnos de edades comprendidas entre los 7 y los 17 años, que los niños y adolescentes muestran resistencia a abandonar las ideas que espontáneamente tienen sobre un hecho y tienden a no modificar las hipótesis que han elaborado sobre un fenómeno, aun cuando la realidad de una experiencia realizada en clase contradiga dichas hipótesis. Esta tendencia parece ser más acusada en los alumnos de menor edad.

- Las ideas espontáneas sobre un determinado fenómeno físico se repiten, o son muy similares, entre alumnos de diversas edades y de diferentes medios físicos y sociales y presentan gran semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento científico.

La teoría de Piaget nos informa de lo que un chico conoce o puede conocer a una determinada edad. El grado de desarrollo es un límite impuesto al conocimiento. El proceso educativo debe conocer y respetar ese límite, pues si no lo hace, se producirán unos falsos aprendizajes, ya que la capacidad mental del alumno no está preparada para asimilar y reconstruir los conocimientos cuya estructura interna supera dicha capacidad mental. El desarrollo cognitivo se presenta así como algo inalterable, y lo único que le cabe hacer a la escuela o institución educativa es buscar y propiciar situaciones de aprendizaje tales que el desarrollo del alumno llegue a su máxima cota posible.

No hay que olvidar que la misión de la escuela no es promover el desarrollo, sino que la escuela tiene una misión marcadamente social (Coll, 1983), puesto que lo que intenta es dotar al alumno de una serie de conocimientos, habilidades, técnicas y valores que hagan posible la inserción social de los miembros más jóvenes de esa sociedad. Desde luego, no se puede intentar dotar a los alumnos de una serie de técnicas, conocimientos, habilidades, etc. si su grado de desarrollo cognitivo se halla sumamente alejado del grado de desarrollo preciso para acceder a dichos conocimientos y técnicas. ¿Qué hacer entonces? ¿Sólo queda esperar? Centrándonos más en nuestro problema concreto, ¿qué hacer cuando la estructura cognitiva de nuestros alumnos está empezando a te-

ner la posibilidad de acceder a la iniciación al método científico? ¿Debemos seguir esperando hasta que los alumnos alcancen el grado de desarrollo adecuado? ¿O debemos entretener nuestro tiempo y el de nuestros alumnos en actividades preparatorias como observar, medir, hacer gráficas, comentar resultados, etc.?

Los estudios de Piaget nos informan sobre lo que los alumnos ya conocen, pero no nos dicen nada sobre lo que los alumnos podrían conocer. Normalmente conocemos, y éste es el caso de la escuela, con la ayuda y la compañía de alguien. ¿Qué influencia tienen los demás en el aprendizaje y el desarrollo cognitivo de los alumnos? La respuesta a esta pregunta nos viene de dos fuentes distintas: los estudios de Vygotski y las investigaciones de Perret-Clermont.

2.4. IDEAS DE VYGOTSKI SOBRE EL APRENDIZAJE Y EL DESARROLLO

Para Vygotski, el aprendizaje no es algo posterior al desarrollo. El desarrollo no posibilita el aprendizaje, sino que el aprendizaje es condición previa para el desarrollo. El *desarrollo*, para Vygotski, consiste en la internalización de pautas e instrumentos de relación con los demás, y esto sólo es posible porque el niño vive inmerso en una comunidad y estructura social que le permite aprender de los demás a través de su relación con los mismos. Esta interacción con los demás y este poder acceder a la vida intelectual de los otros es el *aprendizaje*.

Desde esta perspectiva, el aprendizaje depende de dos factores:

- a) Del *grado de desarrollo previo*, el cual nos indica qué contenidos, técnicas y habilidades es posible incorporar en función de los ya existentes.
- b) De la *zona de desarrollo potencial*. “Dicha zona no es otra cosa que la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con un compañe-

ro más capaz" (Vygotski, 1978, pp. 133-134 de la traducción castellana).

Según este enfoque, "el aprendizaje orientado hacia los niveles evolutivos que ya se han alcanzado resulta ineficaz desde el punto de vista del desarrollo total del pequeño. Este tipo de enseñanza no aspira a un nuevo estadio en el proceso evolutivo, sino que más bien va a remolque de dicho proceso. Así pues, la noción de una zona de desarrollo potencial nos ayuda a presentar una nueva fórmula, a saber, que el **buen aprendizaje** es sólo aquel que precede al desarrollo" (Vygotski, 1978, p. 138 de la traducción castellana).

"El proceso evolutivo va a remolque del proceso de aprendizaje... Nosotros postulamos que lo que crea la zona de desarrollo potencial es un rasgo esencial del aprendizaje; es decir, el aprendizaje despierta una serie de procesos evolutivos internos capaces de operar sólo cuando el niño está en **interacción** con las personas de su entorno y en **cooperación** con algún semejante" (Vygotski, 1978, pp. 138-139 de la traducción castellana).

Desde esta perspectiva vygotskiana resulta *un todo unificado* algo que desde otras perspectivas es un mosaico de problemas, a saber: *el aprendizaje, el desarrollo, las relaciones entre ambas y la función social del aprendizaje escolar*. Todas ellas son facetas de un mismo proceso, y ya no cabe cuestionarse si la misión de la institución escolar es promover el desarrollo cognitivo o la de transmitir una serie de conocimientos, técnicas, habilidades y valores para que los miembros más pequeños puedan incorporarse al entramado social.

2.5. INVESTIGACIONES DE PERRET-CLERMONT

En su obra "La construcción de la inteligencia en la interacción social" Perret-Clermont analiza las aportaciones de la interacción social, del trabajo cooperativo, al desarrollo cognitivo.

Cuando hay una *interacción social cooperativa* en la realización de una tarea, se produce un progreso en el *desarrollo cognitivo* de los sujetos siempre que:

- la naturaleza del trabajo a realizar no sea demasiado difícil para la competencia intelectual de los sujetos que lo desarrollan,
- no haya una resonancia socioemotiva excesivamente fuerte en sus intercambios,
- haya una diferencia de nivel de competencia adecuada entre los sujetos, ya que si la diferencia de nivel es demasiado grande, no se produce ninguna interacción y, por consiguiente, no hay ningún progreso.

Pero ¿cuáles son las razones de la fecundidad de estas interacciones sociales? La primera razón que se nos puede ocurrir es que hay una copia o una imitación del inferior al superior. Esta razón no explica entonces por qué nunca se imita al sujeto que presenta un estadio inferior en el desarrollo cognitivo, ni tampoco por qué aparecen conductas nuevas, diferentes a las de cualquiera de los posibles modelos a imitar.

El avance de los sujetos no se debe a que imiten o puedan imitar a un compañero, sino al conflicto que surge de dos opiniones, de dos puntos de vista diferentes. Si la diferencia entre los diversos puntos de vista es cualitativamente muy amplia, los sujetos corren el riesgo de no captar las diferencias o de no comprender dónde se hallan. Las interacciones sociales son fecundas cuando hay puntos de vista diferentes, con un grado adecuado de divergencia. ¿No será este grado adecuado de diferencia la zona de desarrollo potencial de Vygotski? La zona de desarrollo potencial está íntimamente relacionada con el trabajo cooperativo con los demás, y este trabajo cooperativo con los demás produce un *conflicto socio-cognitivo* entre lo que el alumno hubiese realizado solo -su grado de desarrollo previo- y los puntos de vista de los demás; lo que obliga a una confrontación entre los diversos puntos de vista, con una consiguiente reestructuración de sus esquemas. Es esta nueva reestructuración la que le lleva a un avance, el cual es la diferencia entre lo que él podía haber realizado solo y lo que ha sido capaz de realizar con la ayuda del trabajo cooperativo con sus compañeros.

Con estos antecedentes, nuestra labor de trabajo e investigación cobra un nuevo cariz. Ya no podemos o no debemos interrogarnos acerca de si los alumnos de 10-11 años están capacitados cognitivamente para afrontar el aprendizaje del método cien-

tífico, sino que nuestra labor debe considerar hasta qué punto el trabajo cooperativo de los alumnos entre sí y de los alumnos con el profesor aprovecha una zona de desarrollo potencial que permite a los alumnos irse apropiando paulatinamente y sin pausas de las habilidades y técnicas de trabajo propias del método científico; habilidades y técnicas que no serán definitivas, sino que serán nuevos puntos de partida, nuevos desarrollos previos, para posteriores progresos en la adquisición del método científico. Expresándolo de una manera más breve: ¿Hasta dónde pueden llegar nuestros alumnos en la adquisición de habilidades y técnicas del método científico, aprovechando el trabajo cooperativo entre ellos mismos y con el profesor?

CAPITULO 3

CONCLUSIONES DE TIPO PEDAGOGICO QUE PODEMOS EXTRAER DE LA EXPOSICION TEORICA

Las conclusiones que podemos sacar de todo lo anteriormente expuesto son las siguientes:

- La *conveniencia* (aunque casi mejor que de *conveniencia*, podríamos hablar de *necesidad*) *del trabajo en equipo* de los alumnos; trabajo en equipo que debe llegar a unas conclusiones o a unos puntos de vista únicos y no a una mera adición o yuxtaposición de las ideas de cada uno de los componentes, ya que las conclusiones y los puntos de vista comunes habrán supuesto un trabajo previo de discusión, de *confrontación* de puntos de vista diferentes, con el cual se habrá dado a los alumnos la ocasión de reestructurar y acomodar sus estructuras cognitivas (con el consiguiente avance que ello supone). El trabajo en equipo se presenta así como un gran impulsor del desarrollo cognitivo en el intento de irse apropiando de las habilidades y técnicas propias del método científico.
- La *conveniencia* de *que los alumnos formen libremente los equipos o grupos de trabajo*.

Cuando el trabajo en equipo es ya una forma habitual y nada novedosa en una clase, los alumnos se agrupan libremente de forma que satisfacen los dos prerequisites necesarios e im-

prescindibles para un eficaz trabajo en equipo, a saber: la seguridad emotiva y el nivel de competencia adecuado para que el trabajo sea fructífero.

La *seguridad emotiva*, el sentirse aceptado y respetado por lo que cada uno es en sí, es la necesidad básica y primordial de toda relación social. Los niños, al igual que cualquier persona, buscan a aquellas otras personas o compañeros con los cuales se sienten seguros emotiva y afectivamente y con los que, así mismo, se sienten aceptados. Cubrir este prerequisite puede presentar dificultades en aquellas clases en las que los alumnos no se conocen suficientemente entre sí; pero este no es nuestro caso, los alumnos con los que estamos trabajando llevan juntos un mínimo de cuatro años.

En nuestros años de experiencia —12 en el menor de los casos— hemos comprobado cómo los alumnos que ya se conocen, por llevar algún tiempo trabajando en común, se agrupan, de forma que su *nivel de competencia intelectual* es muy semejante. Ellos se entienden, hablan un lenguaje común, su grado de desarrollo previo es análogo y no hay una gran diferencia entre sus niveles de competencia, con lo cual el trabajo en equipo es altamente cooperativo. Cuando por alguna circunstancia se han formado los equipos aleatoriamente, desaparece en la mayoría de los casos esa cooperación y se da, como mucho, una yuxtaposición de puntos de vista y de opiniones diferentes.

- El *desequilibrio cognitivo* provocado por la presentación de un nuevo objeto o situación ha de ser de una magnitud tal *que no produzca el abandono* por parte del sujeto, al verse incapacitado para el reequilibrio.

Dada la edad de los sujetos (10–11 años), se les presentarán fenómenos bastante frecuentes en la vida diaria y partiendo de la manipulación previa con los objetos.

Nuestra experiencia previa con otros alumnos y con los mismos contenidos nos confirma la adecuación de los contenidos a la capacidad de los alumnos.

- La *toma de conciencia del desequilibrio* producido es uno de los factores más relevantes en la motivación del proceso enseñanza-aprendizaje.

Para favorecer esta toma de conciencia, en las sesiones de trabajo con los alumnos se desarrollará el siguiente proceso:

- a) Emisión de hipótesis previas en equipo; lo cual produce una contrastación de los puntos de vista de cada alumno con los de sus compañeros de equipo.
- b) Escucha de las hipótesis previas de todos los equipos, con posibilidad, por parte de cada equipo, de modificar las suyas. Esto supone para el alumno un nuevo paso en la contrastación de sus ideas con las de sus compañeros.
- c) Realización de la experimentación.
- d) Elaboración de las conclusiones de la experimentación y la contrastación con las hipótesis previas; con lo cual cada alumno comprueba si sus esquemas de conocimiento iniciales explican los nuevos datos obtenidos.
- e) Discusión de las conclusiones de cada equipo por la totalidad de los alumnos de la clase.
- f) Elaboración conjunta, por toda la clase, de la explicación de esos fenómenos —cuando es pertinente para la edad de los alumnos—; con lo cual se favorece la elaboración de nuevos esquemas o la reestructuración de los anteriores.
- g) Activación y consolidación de los esquemas de conocimiento elaborados, aplicándolos a situaciones nuevas, pero de dificultad análoga a la de las anteriores.

Obsérvese que en nuestro caso el aprendizaje del método científico es la herramienta para conseguir resolver, en una primera aproximación, el desequilibrio producido entre las hipótesis iniciales de los niños y las conclusiones del experimento.

El conflicto sociocognitivo, desde nuestra perspectiva, resuelve dos problemas simultáneamente: uno, la toma de conciencia del desequilibrio creado, tal como acabamos de señalar; el otro, la dimensión o magnitud del propio desequilibrio. Es el grupo libremente formado por los propios alumnos el que plantea las dimensiones del problema a resolver; y ya indicamos en otro apartado del presente trabajo que los alumnos se agrupan, de forma que su nivel de competencia intelectual es muy semejante, y es esta semejanza en el nivel de competencia intelectual

la que nos asegura un desequilibrio asequible para todos los miembros del grupo. La magnitud del desequilibrio puede ser diferente de unos grupos a otros, y es en el contexto de una escuela unitaria, en la que conviven en el mismo aula alumnos desde los 5 años hasta los 14, donde más claramente se manifiesta este hecho. Sirva de ejemplo uno de los últimos estudios realizados por los alumnos sobre el calor, en el que los fenómenos de dilatación de sólidos fueron interpretados por los alumnos mayores en términos de la teoría molecular; mientras que en los alumnos de 8 años quedó como una simple observación y constatación de un hecho que hasta que sus esquemas de conocimiento no se amplíen, no podrán explicar, pero que es, quizás, un primer paso necesario e imprescindible para llegar a interpretaciones más elaboradas.

CAPITULO 4

OBJETIVOS

A la realización de la presente investigación nos ha llevado fundamentalmente nuestra preocupación continua como profesores que, probando métodos y estrategias diferentes, intentamos comprender y mejorar la dinámica del aprendizaje de la propia clase.

No pretendemos dar una teoría acabada sobre el aprendizaje del método científico, sino que intentamos concretamente:

1. Dar respuesta, desde el marco cotidiano de la clase, a las siguientes cuestiones referidas, todas ellas, a alumnos de 10-11 años:
 - a) Ante una cuestión planteada, ¿emiten siempre los alumnos hipótesis previas? ¿Influye la familiarización con la cuestión planteada en este proceso?
 - b) ¿Modifican los alumnos sus hipótesis iniciales al escuchar las de sus compañeros?
 - c) ¿Cómo dicen los alumnos que van a verificar sus hipótesis iniciales? ¿Aprenden los alumnos a diseñar experiencias siguiendo las instrucciones de su profesor o se dejan guiar por sus ideas y persisten en un determinado tipo de errores?
 - d) ¿Realizan el trabajo experimental igual que lo han diseñado o introducen variaciones?
 - e) ¿Qué tipo de conclusiones sacan?
 - f) ¿Modifican sus hipótesis iniciales a la luz de los resultados obtenidos en la experimentación?

- g) ¿Modifican sus conclusiones después de escuchar las de sus compañeros?
 - h) ¿Influye la familiarización en todo el proceso?
2. Obtener conclusiones metodológicas que puedan derivarse de la observación del trabajo de los alumnos y que supongan una mejora en la manera de enseñar.

Tal pretensión exige por parte del profesor la adopción de una actitud investigadora, entendiéndose por tal *“la disposición para examinar con sentido crítico y sistemáticamente la propia actividad práctica”* (Stenhouse, 1984).

CAPITULO 5

METODOLOGIA

5.1. LOS SUJETOS

El presente trabajo de aproximación al método científico se ha realizado en el marco de un colegio de 24 unidades enclavado en uno de los barrios periféricos de la ciudad de Avila.

Lo han realizado los alumnos de uno de los tres grupos de 5º curso que hay en el colegio. Dicho grupo consta de 30 alumnos de edades comprendidas entre los 10 y los 11 años.

Los niños, en lo que al desarrollo cognitivo se refiere, pueden considerarse como un grupo acorde con una distribución normal (esta afirmación nace de la observación sistemática practicada por su profesora, quien ha permanecido con ellos durante cuatro cursos consecutivos). En cuanto a la personalidad y el comportamiento, no hay ningún aspecto relevante digno de mención. En definitiva, es un grupo de alumnos que puede considerarse normal desde todos los puntos de vista.

5.2. METODO

La experiencia ha tenido una duración aproximada de cuatro meses, en sesiones semanales o quincenales de 2 a 4 horas de duración, dependiendo la duración de las características de cada experiencia particular y de las necesidades derivadas de cubrir la programación de las restantes áreas. Se procuró que cada experiencia concreta se desarrollase en una única sesión o en dos sesiones lo más próximas posible.

Los niños trabajaron en equipos de tres alumnos formados libremente por ellos. Una vez establecidos los grupos, éstos permanecieron invariables durante los seis meses que duró la experiencia global.

La metodología seguida consistió en la recogida de los trabajos escritos de cada grupo para su posterior análisis por parte de los profesores. Eramos conscientes de que con esta manera de trabajar no se iban a obtener los mismos datos, ni en cantidad ni en calidad, que habríamos logrado si hubiésemos hablado con los diversos grupos sobre la realización de las experiencias concretas, recogiendo sus conversaciones en una cinta magnetofónica y analizándolas posteriormente. Esta forma de trabajar hubiese sido impracticable, dado el número de los grupos y la amplitud de las experiencias a realizar. Ante esta limitación, decidimos buscar una manera de realizar la toma de datos de forma que éstos ya nos quedasen casi listos para su análisis, pero de modo, también, que se nos escapase el menor número posible de datos y/o matices relevantes que ocurrieran durante el proceso.

Para tal fin elaboramos la siguiente guía sobre los pasos que se debían dar en cada experiencia y lo que debían anotar los alumnos en sus cuadernos de trabajo:

- Planteamiento, por parte del profesor, del problema o la cuestión a resolver.
- Presentación del material a utilizar.
- Elaboración de hipótesis previas por parte de cada grupo. Anotación de las mismas en sus cuadernos.
- Lectura en alta voz, para el resto de la clase, de las hipótesis elaboradas por el grupo.
- Tiempo de reflexión para cada grupo, para modificar o ampliar sus hipótesis iniciales después de escuchar las de sus compañeros.
- Anotación en sus cuadernos de las modificaciones efectuadas.
- Redacción de la manera de comprobar las hipótesis por parte de cada grupo. Anotación en sus cuadernos.
- Lectura en alta voz de la manera de comprobar las hipótesis, por parte de cada equipo.

- *Tiempo de reflexión para que cada grupo reconsidere la forma de comprobar sus hipótesis y proceda, si lo considera conveniente, a modificarlas.*
- *Anotación en sus cuadernos de las modificaciones efectuadas.*
- *Verificación, por parte de cada equipo, de sus hipótesis iniciales.*
- *Redacción de las conclusiones obtenidas de la verificación. Anotación en sus cuadernos.*
- *Lectura en alta voz, por parte de cada equipo, de las conclusiones obtenidas.*
- *Tiempo de reflexión para que cada equipo reconsidere, modifique o amplíe sus conclusiones.*
- *Anotación en sus cuadernos de trabajo de las modificaciones efectuadas.*
- *Conclusiones finales, cuando sea pertinente, elaboradas por toda la clase.*

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTO

6.1. CONTENIDOS

Los contenidos desarrollados en la experiencia fueron los siguientes:

- ¿Cómo se mezclan varios líquidos entre sí?
- Aproximación al concepto de densidad.
- El agua y los líquidos son incompresibles.
- Los líquidos ejercen fuerzas (presiones) en todas las direcciones.
- Los líquidos ejercen un empuje hacia arriba.
- Los líquidos transmiten las presiones en todas las direcciones.
- La prensa hidráulica.

Dichos contenidos, y los aspectos que se desarrollaron en cada uno de los apartados, fueron sugeridos tras la lectura de los documentos editados por el Ministerio de Educación y Ciencia para el área de Ciencias Naturales de la Reforma del Ciclo Superior de la E.G.B. El apartado referente al *agua* fue elaborado por el Taller de Ciencias "Arquímedes". Como es comprensible, los contenidos presentados en el documento mencionado fueron adaptados a los niños de esta edad.

Con los anteriores contenidos se pretende desarrollar parcialmente el objetivo nº 9 del Área de Experiencia Natural y Social del Anteproyecto para la Reformulación de las Enseñanzas del Ciclo Medio de la E.G.B., el cual dice textualmente:

“Desarrollar la capacidad de investigar las causas de fenómenos cotidianos. Iniciarse en el método científico para facilitar la adquisición de hábitos de trabajo y de investigación.”

6.2. PRESENTACION DE LA EXPERIENCIA

La experiencia aquí descrita entra dentro de un estudio más amplio sobre el agua, en el cual los niños estudiaron aspectos relacionados con las Ciencias Sociales, el Lenguaje y otros aspectos de las Ciencias Naturales.

En la presentación de esta unidad sobre el agua la profesora dijo a los niños que pensasen qué cosas podrían estudiar sobre dicho elemento. A partir de este momento los alumnos fueron sugiriendo aspectos que estudiar, los cuales fueron aceptados o rechazados por la mayoría de la clase y clasificados en un organigrama para que todos los alumnos tuvieran una visión de conjunto. Aquellos aspectos considerados relevantes por la profesora y que no fueron indicados por los niños fueron sugeridos por ella e incluidos posteriormente. Así mismo, fueron descartados aquellos aspectos cuyo estudio no fuera posible por la complejidad del mismo o por carecer de medios para realizarlo.

Con este proceso el tema estaba introducido, por lo que ya no se realizó ninguna presentación posterior de cada uno de los aspectos.

Cuando se estudiaron los aspectos, objeto de la presente experiencia, la profesora anunció a los niños con suficiente antelación qué materiales debían aportar para la realización de la experiencia correspondiente. Todos ellos eran materiales de uso cotidiano y/o de fácil adquisición.

Se les plantearon a los niños las siguientes cuestiones para que las respondiesen siguiendo un proceso de experimentación—descubrimiento:

- ¿En qué orden deben echarse en un recipiente aceite, agua y alcohol coloreado para que queden en tres capas diferenciadas?

- ¿Qué crees que ocurrirá cuando el alcohol sobrepase el vaso con el aceite?
- ¿Se puede comprimir el agua?
- ¿Ejercen fuerza los líquidos?
- ¿De qué depende la fuerza o presión que ejercen los líquidos?
- ¿Ejercen presión o fuerza los líquidos hacia arriba?

6.3. PROCESO SEGUIDO CON LOS ALUMNOS

- Se les dio a los alumnos tres recipientes con agua, alcohol coloreado y aceite. Se les dijo que los mezclasen de dos en dos y observasen lo que ocurría.
- Con los mismos recipientes se les pidió que descubrieran en qué orden debían mezclarse para que quedasen en tres capas separadas.
- Se les pidió que dijese qué ocurriría cuando al echar alcohol en un recipiente en cuyo interior hubiera un recipiente más pequeño lleno de aceite, el alcohol sobrepasase el nivel del recipiente lleno de aceite.
- Con una jeringuilla, cuyo extremo había sido cerrado aproximándolo a una llama, los alumnos analizaron el comportamiento del agua, el aire y la gaseosa al intentar comprimirlos con la jeringuilla.
- Los niños construyeron un manómetro con un tubo de plástico, un embudo pequeño y un globo de goma, observando uno que ya estaba construido.

Posteriormente, los niños se familiarizaron con su funcionamiento, soplando por uno de los extremos y apretando la goma colocada en el embudo.

- Una vez familiarizados, se les pidió que estudiaran lo que ocurría al introducir el manómetro en un cubo con agua en diversas posiciones.

- Se pidió a los alumnos que dijese de qué, según ellos, dependía la fuerza o presión que ejercen los líquidos y que diseñasen una experiencia para verificarlo.
- Se proporcionó a los niños un cilindro de plástico transparente abierto por sus dos extremos y una chapa metálica que debían introducir, sujetándola con el dedo, en un recipiente con agua para que predijeran qué ocurriría cuando se dejara la chapa libre.

Después de comprobar lo que ocurría, los alumnos debían responder a una serie de cuestiones sobre el fenómeno observado.

- Se dijo a los alumnos que escogiesen entre diversas opciones aquella que mejor explicase lo que ocurriría al introducir el tubo y la chapa de la experiencia anterior, con perdigones o chinchetas en su interior.

Posteriormente, los alumnos debían diseñar y realizar la experiencia adecuada para verificar su elección.

CAPITULO 7

DESCRIPCION DE EXPERIENCIAS Y ANALISIS DE LAS MISMAS

7.1. EXPERIENCIA 1ª

¿En qué orden deben echarse en un recipiente aceite, alcohol coloreado y agua para que queden en tres capas diferenciadas?

Material

Tres recipientes con aceite, agua y alcohol coloreado con unas gotas de yodo. Jeringuilla. Recipiente vacío de material transparente.

Descripción de la experiencia

La experiencia tuvo dos fases.

La primera consistió en mezclar los líquidos anteriormente citados, de dos en dos, observando lo que ocurría.

La segunda fase consistió en intentar mezclar los tres líquidos de forma que quedasen en tres capas diferenciadas.

Primer paso

En un primer momento se les pedía que emitieran una hipótesis, sin haber realizado ninguna experimentación previa. Dichas hipótesis previas han sido las siguientes:

- Agua, aceite y alcohol.
- Aceite, alcohol y agua.

- Alcohol, agua y aceite.
- Alcohol, aceite y agua.

Las razones dadas han sido siempre "*porque sí*". Cuando los alumnos escuchan a sus compañeros, ni aceptan ni rechazan las hipótesis de éstos, ya que, de entrada, las consideran tan válidas como las suyas. Puede ser significativa la expresión de uno de los alumnos que dijo: "*De esto ninguno tenemos ni idea, así que ¿qué vamos a decir?*"

Esta situación de desconcierto inicial nos condujo a la realización del siguiente paso.

Segundo paso

Se le dio a cada grupo de alumnos tres recipientes con agua, alcohol y aceite. Se les dijo que los mezclasen de dos en dos, siguiendo el orden que a ellos les pareciese bien y empleando todo el tiempo que considerasen necesario. Esta experiencia preliminar se realizó con el fin de que los alumnos se familiarizasen con el comportamiento de estos tres líquidos cuando se mezclan de dos en dos, ya que ningún alumno manifestó haber realizado con anterioridad una experiencia con esos líquidos, ni en este sentido ni en ningún otro. Lo ocurrido en el primer paso nos induce a pensar que la emisión de hipótesis no puede trabajar en el vacío; si una persona no está familiarizada o no ha tenido al menos algún contacto con el fenómeno a estudiar, es muy difícil, por no decir imposible, que pueda emitir una hipótesis previa sobre el comportamiento de los objetos que se consideran en el estudio.

Cuando los grupos terminaron, se les dijo: "*¿En qué orden deben echarse en un recipiente aceite, alcohol y agua para que queden en tres capas diferenciadas?*"

A continuación, cada grupo de alumnos escribió sus hipótesis, las cuales leyeron en voz alta al resto de sus compañeros. Las hipótesis iniciales emitidas, después de este primer contacto con los líquidos, fueron las siguientes:

- "*De cualquier manera; da lo mismo echarlos en cualquier orden.*"1 equipo
- "*Primero el agua, luego el alcohol y por último el aceite.*"1 equipo

- “Primero el agua, luego el aceite y por último el alcohol.”7 equipos

El equipo que dice “*de cualquier manera*” razona de la siguiente forma para apoyar su hipótesis: Han visto que siempre que se echa aceite, tanto con agua como con alcohol, no se produce ninguna mezcla y las capas de los dos líquidos quedan perfectamente diferenciadas. El agua sí que se mezcla con el alcohol, pero al juntar los tres líquidos a la vez, el aceite hará o conseguirá que los tres líquidos queden perfectamente separados. Por tanto, se le atribuye al aceite la propiedad o cualidad de separar en capas los diferentes líquidos.

El equipo que dice “*primero el agua, luego el alcohol y por último el aceite*” no da ninguna razón para justificar su hipótesis.

Los siete equipos restantes, que dicen “*primero el agua, luego el aceite y por último el alcohol*”, han razonado del siguiente modo: El agua y el alcohol nunca pueden estar juntos porque se mezclan. Si el agua se queda debajo del aceite y éste se queda debajo del alcohol, al echarlos en este orden se quedarán tres capas perfectamente diferenciadas. En definitiva, estos grupos de alumnos están aplicando la propiedad transitiva al comportamiento de los tres líquidos; pero la aplicación de dicha propiedad posiblemente tenga mucho que ver con la manipulación y el contacto previo con dichos líquidos.

Tercer paso

Una vez escuchadas las hipótesis iniciales de todos los grupos, se les dijo que podían reconsiderar las suyas y modificarlas y/o ampliarlas. Ningún grupo modificó sus hipótesis iniciales.

Cuarto paso

Se pidió que cada grupo describiese cómo lo iba a comprobar. La descripción unánime de la forma de comprobarlo fue la siguiente:

“Echándolos en un tubo de ensayo, así:

- Primero agua, aceite y alcohol.
- Luego agua, alcohol y aceite.
- Luego aceite, agua y alcohol.
- Luego aceite, alcohol y agua.

- Luego alcohol, aceite y agua.
- Y por fin, alcohol, agua y aceite.

En cada prueba observamos si se quedan los tres líquidos en capas separadas o no.”

La estrategia utilizada por los diversos grupos es totalmente correcta. Consideran todas las posibles permutaciones de tres elementos; pero para no omitir ninguna de ellas —ellos no conocen la fórmula matemática que les permite averiguar el número de permutaciones de tres elementos—, siguen un determinado orden: echar en primer lugar uno de los tres líquidos y modificar el orden en que se echan los otros dos restantes; a continuación, echar en primer lugar otro líquido diferente y modificar igualmente los dos restantes y finalizar de igual modo con el líquido que aún no ha sido echado en primer lugar.

Esta estrategia combinatoria entra dentro de las competencias del pensamiento formal, pero los estudios teóricos actuales sobre el tema indican que la edad en que se logra no es precisamente la de los 10–11 años. ¿Por qué la presenta entonces este numeroso grupo de niños? Es lógico pensar que el pensamiento formal se vaya formando a partir de las operaciones concretas; y en este caso, la manipulación con los líquidos, la observación de su comportamiento cuando se mezclan de dos en dos, el predecir de algún modo su comportamiento cuando se mezclan de tres en tres, el haber mezclado agua—aceite y aceite—agua para observar si había alguna diferencia en el comportamiento de la mezcla llevan al alumno, sin mucho esfuerzo, a considerar todas las permutaciones posibles de los líquidos que tiene delante de él, porque para ello cuenta con los recipientes de los líquidos, que puede colocar en el orden en que piensa ir echándolos y que le permiten así darse mejor cuenta de las posibles estrategias a seguir. Posiblemente, si no se hubiese dado este contacto y esta manipulación con los objetos reales, la ocasión de realizar este análisis combinatorio no hubiese sido factible.

Un hecho curioso es que todos los grupos de alumnos dicen que van a hacerlo de la misma manera, independientemente de las hipótesis iniciales que han emitido. ¿De dónde nació este consenso unánime sobre la forma de verificar las hipótesis iniciales, aun cuando éstas fueran diferentes? Posiblemente de la interacción entre los alumnos; ellos se pueden mover libremente

por la clase, pueden hablar con los componentes de otros grupos. Y de estos intercambios ocasionales y no programados por el profesor ha podido surgir el convencimiento de que esa manera es la única adecuada para comprobar "todas" las hipótesis iniciales.

Quinto paso

Los grupos de alumnos pasan a realizar la comprobación, la cual describen unánimemente de la siguiente manera:

"Tomamos tres frascos: uno con agua, otro con aceite y el tercero con alcohol; un tubo de ensayo y jeringuillas. En el tubo de ensayo echamos, con las jeringuillas, los líquidos en este orden:

- Agua, aceite y alcohol. (Sí se diferencian tres capas.)
- Agua, alcohol y aceite. (No se diferencian tres capas.)
- Aceite, agua y alcohol. (Sí se diferencian tres capas.)
- Aceite, alcohol y agua. (No se diferencian tres capas.)
- Alcohol, agua y aceite. (No se diferencian tres capas.)
- Alcohol, aceite y agua. (No se diferencian tres capas.)

Cada vez que terminamos una fórmula, limpiamos el tubo de ensayo y, al final del todo, lo guardamos en su sitio."

Sexto paso

Cada grupo revisa sus hipótesis iniciales en función de los resultados obtenidos en la fase de comprobación.

Los siete equipos que dijeron "*primero el agua, luego el aceite y por último el alcohol*" concluyen de la siguiente manera:

"Sí, nuestra hipótesis es cierta, pero además hay otra que también es cierta y es echando aceite, agua y alcohol."

Los dos equipos restantes, que emitieron hipótesis iniciales que luego no se cumplieron, concluyen del siguiente modo:

"Nuestra hipótesis no es cierta. Sólo hay dos maneras en las que se quedan las tres capas diferenciadas, que son éstas: agua, aceite y alcohol o aceite, agua y alcohol."

"Nuestra hipótesis es una de las cuatro que no funcionan. Las que funcionan son: agua, aceite y alcohol y aceite, agua y alcohol."

Como se ve, los alumnos no tuvieron ningún inconveniente en modificar sus hipótesis iniciales, al no concordar éstas con los resultados de su experimentación.

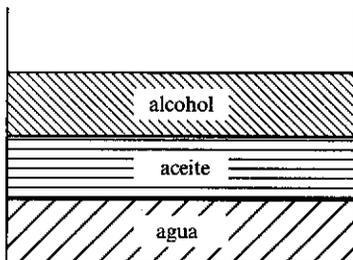
Séptimo paso

Todos los alumnos, ayudados por su profesora, elaboran conjuntamente las siguientes conclusiones sobre los fenómenos observados:

"Hay líquidos que, al juntarlos, se mezclan (por ejemplo: agua y alcohol). Otros líquidos, aunque los juntemos, no se mezclan (por ejemplo: agua y aceite). Si mezclamos varios líquidos, como agua, aceite y alcohol, quedan así:

Porque, para la misma cantidad, el que pesa más es el agua, luego el aceite y el que menos pesa es el alcohol."

Especialmente significativo fue el proceso de elaboración de este último apartado de las conclusiones, ya que en un principio los alumnos decían que los líquidos se quedaban así porque pesaba más el agua, luego el aceite y por último el alcohol. Ante esta afirmación, la profesora echó una cantidad muy pequeña de agua en un recipiente; a continuación, echó casi el doble de aceite y, por último, casi el doble de alcohol que de aceite. Frente al recipiente con los tres líquidos la profesora dialogó con los alumnos en los siguientes términos:



Prof.— *¿Cuál de los tres líquidos pesa más?*

Alum.— *El alcohol.*

Prof.— *¿Y en qué posición está?*

Alum.— *Arriba del todo.*

Prof.— *Entonces, ¿el peso influye en el lugar que ocupa?*

Alum.— *No y sí (dos o tres alumnos dan esa respuesta).*

Prof.— *Explicad eso.*

Alum.— *Ese alcohol pesa más que el aceite y que el agua, pero es porque hay más.*

Prof.— *Entonces, ¿a qué os referís cuando decís que el agua pesa más que el aceite y que el alcohol?*

Alum.— *A que, para la misma cantidad, el agua pesa más que el aceite y éste más que el alcohol y, por eso, primero se queda el agua, luego el aceite y arriba del todo el alcohol.*

Prof.— *¿Me podéis explicar a qué os referís cuando decís que para la misma cantidad?*

Alum.— *Pues que si cogemos tres cacharros o tres vasos iguales y los llenamos hasta arriba, uno con agua, otro con aceite y otro con alcohol, el que más pesa es el de agua, luego el de aceite y el que menos el de alcohol.*

Como se puede apreciar claramente, el concepto de densidad está latente en la mente de unos pocos alumnos. No está expresado de una forma cuantitativa, pero sí cualitativamente y con una incipiente expresión de la relación entre masa y volumen.

Es de destacar el hecho de que la totalidad de la clase acepta y hace suyos estos razonamientos de unos pocos niños. Quizás éste sea un caso clarísimo de la fecundidad del trabajo en equipo, en el que se ponen de manifiesto la toma de conciencia de un desequilibrio cognitivo, provocado por la manipulación con los objetos y la posterior reflexión sobre el comportamiento de los mismos, y cómo dicho desequilibrio es de una magnitud tal que permite a los alumnos, con la ayuda indirecta de su profesora, resolverlo por ellos mismos.

Algo muy sorprendente, agradablemente sorprendente para la profesora, fue el intento de explicación de este fenómeno por parte de dos o tres niños. Dichos niños preguntaron a su profesora: “¿Por qué ocurre esto?” Ella les devolvió la pregunta con los mismos términos: “¿Por qué creéis vosotros que puede ocurrir?”; estableciéndose el siguiente diálogo:

Alum.— *Puede ser debido a algo relacionado con “las partículas esas de las que están hechas las cosas”.*

Prof.— *¿Me podéis aclarar qué era eso de las partículas?*

Alum. 1— *Sí, esa especie de bolitas de las que están formadas todas las cosas.*

Alum. 2— *Sí, que se llamaban moléculas y átomos.*

Prof.— *¿Y cómo se puede explicar lo que ocurre aquí utilizando esa idea de las partículas?*

Alum.— *Pues a lo mejor ocurre algo que tiene que ver con lo que ocurría cuando mezclábamos 50 cc de arena fina con 50 cc de chinarrros: que no teníamos 100 cc, porque la arena fina se metía entremedias de los chinarrros. Y aquí puede ocurrir algo parecido a eso, aunque distinto.*

Prof.— *Y eso ¿qué puede tener que ver con que no se mezclen o si se mezclen el agua, el aceite y el alcohol?*

Alum. 1— *Pues que las moléculas de agua están separadas de tal forma que no dejan hueco para que se metan las del aceite, pero sí que dejan sitio para que se metan las partículas del alcohol, y por eso se mezclan el agua y el alcohol.*

Alum. 2— *Y las partículas de aceite son de un tamaño y están separadas por una distancia tal que no dejan que se metan las del alcohol, y por eso estos dos líquidos no se mezclan.*

Prof.— *Perfecto, es una explicación totalmente correcta.*

En esta situación se les dio a los alumnos la oportunidad de usar las ideas que previamente habían estudiado sobre las partículas en un nuevo contexto. Los estudios sobre las ideas espontáneas y las consecuencias metodológicas que pueden derivarse de las mismas (Brook, Briggs y Driver, 1983) nos indican que para obtener confianza en el uso de una teoría, los alumnos necesitan trabajar con ella y ver cómo se aplica en una amplia variedad de situaciones.

En un primer momento, el alumno debe aplicar la teoría a situaciones que le son familiares y/o que han sido el punto de partida para edificar o aceptar dicha teoría; ya que volver a los mismos fenómenos con una nueva perspectiva ayuda a que su conocimiento tenga coherencia.

Después de utilizar las nuevas ideas en situaciones familiares los alumnos deben aplicarlas a todas las nuevas situaciones que les sea posible para, de este modo, aumentar la confianza en la nueva teoría.

Es a lo largo de este proceso como los estudiantes van familiarizándose con la nueva teoría y confiando en la misma, para

terminar considerándola como un instrumento útil en su propio pensamiento, bien fuera de la escuela, bien en situaciones académicas de aprendizaje, como es el presente caso.

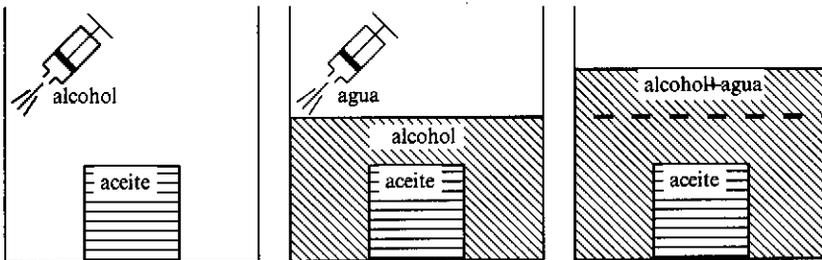
El profesor debe planificar el curriculum de forma que los alumnos tengan oportunidad de aplicar lo estudiado con anterioridad a las nuevas situaciones y no debe desaprovechar aquellas ocasiones, no previstas, que se le pueden presentar para hacerlo. De esta forma, se darán al alumno ocasiones para la consolidación y el refuerzo de ideas básicas (como es el caso de las partículas) a lo largo de toda la escolaridad, sin pretender que el alumno se quede con esas ideas cuando se le presentan e introducen por primera vez.

7.2. EXPERIENCIA 2ª

¿Qué crees que ocurrirá cuando el alcohol sobrepase el vasito con el aceite?

Material

Un vaso o recipiente de material transparente de tamaño similar o algo mayor que el de los empleados para beber agua, un recipiente —a ser posible, transparente— que quepa dentro del recipiente anterior, una jeringuilla, aceite y alcohol.



Descripción de la experiencia

La experiencia consistió en:

1. Llenar el recipiente pequeño de aceite hasta el borde e introducirlo en el recipiente mayor.

2. Echar alcohol con la jeringuilla hasta sobrepasar el recipiente que contenía el aceite.
3. Añadir agua con la jeringuilla hasta que ocurra algo.
4. Esperar 24 horas para ver qué modificaciones han ocurrido.

Primer paso

Se les explicó a los alumnos los puntos 1 y 2 de la experiencia que iban a realizar y se les pidió que antes de hacer nada, emitieran hipótesis sobre lo que ellos creían que iba a ocurrir.

Las hipótesis previas emitidas por cada grupo fueron las siguientes:

- "Se quedará el vasito con el aceite en el fondo y el alcohol por encima, tal como lo hemos echado" (grupos 1º, 3º y 4º).
- "El aceite del vaso pequeño se sale y sube para arriba y el alcohol baja" (grupo 2º).
- "El aceite del vaso pequeño se empieza a salir, pero el frasquito se da la vuelta en el vaso grande con alcohol y el aceite deja de salirse" (grupo 5º).
- "El aceite se queda abajo y el frasquito y el alcohol se quedan en el medio" (grupo 6º).
- "El aceite se sale del vasito y el aceite se queda debajo del alcohol" (grupo 7º).
- "El aceite se queda abajo, el vaso sube y el alcohol se queda en medio" (grupo 8º).
- "No se mezclarían y el alcohol se queda hecho espuma encima del aceite, tapando todo el hueco del vaso" (grupo 9º).

Esta dispersión de hipótesis tiene su explicación en la poca familiarización de los alumnos con el fenómeno a estudiar. No les es totalmente desconocido, pues en la experiencia anterior ya trabajaron con estos líquidos; pero el considerar los líquidos dentro de unos recipientes independientes unos de otros sí que es nuevo para ellos.

La mayoría de estas hipótesis no son conclusión de un razonamiento lógico sobre las propiedades de los líquidos; son más bien un intento de acertar mentalmente qué es lo que ocurre, pero sin

una base lógica; son como manipulaciones mentales en sustitución de las manipulaciones reales que no han podido realizar (téngase en cuenta que el alumno de esta edad necesita actuar para ver qué ocurre y que de la multiplicidad de actuaciones y, por consiguiente, de resultados, intenta sacar unas normas o conclusiones que den sentido a todo lo que ha estado ocurriendo). Cuando no son posibles las manipulaciones reales, parece ponerse en marcha un mecanismo consistente en adivinar qué es lo que puede ocurrir; pero todo ello, sin ninguna ilación aparentemente lógica, por lo menos desde el punto de vista de la lógica del adulto.

Segundo paso

Cada grupo lee sus hipótesis previas al resto de sus compañeros. Como resultado de esta escucha, algunos grupos reconsideran sus hipótesis iniciales y emiten la siguiente nueva hipótesis:

- "El aceite del vaso pequeño se sale y se queda debajo del alcohol" (grupos 2º y 4º).

Esta modificación de las hipótesis previas por parte de estos dos grupos puede ser debida más que a la solidez del razonamiento lógico en el que se sustenta la nueva hipótesis aceptada, a la falta de convicción en la hipótesis previamente emitida; falta de convicción que creemos que nace de la ausencia de experiencias previas con los líquidos objeto de estudio.

Tercer paso

Realización del experimento por parte de los alumnos. En este tercer paso no hay nada que destacar; todos los grupos realizaron la experiencia correctamente.

Cuarto paso

Revisión de las hipótesis iniciales a la luz de los resultados obtenidos experimentalmente.

Las afirmaciones de los alumnos son las siguientes:

- "Nuestra hipótesis era cierta" (grupos 1º y 3º).
- "Nuestra hipótesis no era cierta, pues todo se quedaba como estaba" (grupos 2º, 4º, 5º, 6º, 7º y 8º).

- "Nuestra hipótesis era cierta en que no se mezclaban; pero, por otra parte, no era cierta, pues el alcohol no se hacía espuma y nosotros habíamos puesto que se hacía espuma" (grupo 9°).

La honestidad con que los alumnos reconocen la divergencia entre sus hipótesis iniciales y los resultados de la experimentación es patente. La razón de la misma bien pudiera ser la inexistencia de ideas previas sobre los fenómenos estudiados.

Quinto paso

Se les dijo a los alumnos que a continuación iban a echar agua con la jeringuilla hasta casi llenar el vaso, pero que antes de realizarlo debían emitir hipótesis sobre lo que ocurriría en el momento de realizarlo y sobre cómo estaría el sistema transcurridas 24 horas.

Las hipótesis previas referentes a lo que ocurriría en el momento de realizarlo fueron las siguientes:

- "El agua se mezclará con el alcohol" (grupos 1°, 2°, 3° y 5°).
- "El agua se mezclará con el alcohol y el aceite se quedará en el vaso" (grupos 4°, 6°, 7°, 8° y 9°).

Sobre qué ocurriría al cabo de 24 horas, todos dijeron que no tenían ni idea, ya que todos pensaban que no tenía que ocurrir nada nuevo, pasase el tiempo que pasase, y que para decir acertijos, era mejor no decir nada.

Sexto paso

Los alumnos procedieron a la realización del experimento. Dicha realización transcurrió con toda normalidad. Los resultados del experimento fueron los siguientes:

El agua se mezcla con el alcohol y el vasito que contenía el aceite se eleva hasta arriba del todo. Si el vasito que contenía el aceite estaba lleno hasta el borde, el aceite contenido en el mismo no se caía mientras ascendía; pero si no estaba bien lleno, al balancearse, se caía algo de aceite.

En un caso el vasito que contenía el aceite se volcó, ascendiendo el contenido del mismo por encima de la mezcla de agua y alcohol.

Séptimo paso

Los diversos grupos proceden a revisar sus hipótesis previas. Los resultados son los siguientes:

- "Nuestra hipótesis era cierta" (grupo 1°).
- "Nuestra hipótesis era cierta porque el agua se mezclaba con el alcohol, pero el vasito con aceite se sube arriba sin derramar aceite" (grupos 2°, 3°, 4° y 5°).
- "Nuestra hipótesis no era cierta, se mezclan el alcohol y el agua, se vuelca el vaso pequeño y sube el aceite" (grupos 6° y 8°).
- "Nuestra hipótesis no era cierta; al echar el agua hasta arriba, el vaso pequeño se balancea, pero el aceite no se sale" (grupo 7°).
- "Nuestra hipótesis era cierta en que se mezclaban el agua y el alcohol; pero, por otra parte, no teníamos razón, porque se subía arriba el vaso pequeño sin caerse el aceite" (grupo 9°).

Los resultados de esta revisión nos parecen sumamente interesantes. Casi todos los grupos se fijan en aspectos parciales del resultado para validar o refutar su hipótesis previa; ellos no consideran el fenómeno en su globalidad, observando lo que ocurre en función de la diferencia de densidades de los líquidos y mezclas que intervienen. La explicación profunda de lo que allí ha ocurrido se les escapa, es inaccesible para ellos (téngase en cuenta que en la experiencia anterior han hecho una primera aproximación al concepto de densidad, pero que no son capaces de seguir manejando ese concepto inicial en una situación nueva y a la vez más compleja).

El fenómeno de la centración no se da en un único aspecto, olvidando todos los demás (tal como ocurre en los alumnos más pequeños); aquí se da una centración múltiple, es decir, se consideran casi todos los aspectos, pero aislados unos de otros, yuxtapuestos, nunca coordinados y relacionados entre sí. Desde esta óptica, la validez o invalidez de la hipótesis inicial puede ser parcial, es decir, puede ser válida en algunos aspectos y en otros no; así, por ejemplo, el grupo 9° dice: *"Nuestra hipótesis era cierta en que se mezclaban el agua y el alcohol; pero, por otra parte, no teníamos razón, porque se subía arriba el vaso pequeño sin caer-*

se el aceite, y eso no lo habíamos dicho." Para estos niños, el hecho de que el vasito que contiene el aceite suba hacia arriba es un fenómeno tan llamativo e importante que el haberlo omitido en la hipótesis inicial supone olvidarse de un aspecto importantísimo del mismo y que, por ello, invalida una parte fundamental de esa hipótesis inicial.

Esa misma óptica explica por qué se validan o invalidan algunas hipótesis previas cuando solamente algunos aspectos de la experimentación coinciden con las mismas.

Octavo paso

Los diversos grupos leen en alta voz sus conclusiones sobre la experiencia realizada, a la vez que dicen cómo eran sus hipótesis previas. Después de este cambio de impresiones ningún equipo reconsidera sus afirmaciones sobre la certeza o falsedad de sus hipótesis anteriores.

Noveno paso

Todos los alumnos elaboran conjuntamente las siguientes conclusiones finales:

"El agua se mezcla con el alcohol. La mezcla de agua y alcohol eleva el vasito de aceite. Cuando el vasito de aceite estaba lleno hasta el borde, el aceite no se caía; pero cuando no estaba bien lleno, al balancearse, se caía algo de aceite.

Al cabo de 24 horas de reposo, unos recipientes tienen el vaso pequeño a flote y se ha derramado un poquito. En otros no se ha derramado nada. En otros está horizontal y no se ha derramado."

Nos parece interesante destacar cómo no hay ningún intento de explicar por qué ocurren esos fenómenos, a diferencia de lo que ocurrió en la experiencia anterior. ¿A qué puede ser debido este hecho? A nosotros nos parece que la causa está en la novedad del fenómeno y en la imposibilidad de relacionarlo con algo conocido anteriormente.

En la anterior experiencia vimos cómo había un primer acercamiento al concepto de densidad; y los fenómenos que se dan en esta segunda experiencia solamente tienen explicación a partir de ese concepto. El concepto de densidad apareció de una manera latente, y aún está muy lejos el momento de su aparición de una

forma explícita. Nos parece que el niño no puede entender, por lo menos con las experiencias y secuencias de aprendizaje que ha seguido, que la densidad de una mezcla homogénea —como la del agua y el alcohol— es distinta de la de las sustancias que se mezclan; y la comprensión de este hecho es condición indispensable para entender lo que ha ocurrido en la experiencia realizada.

La introducción de esta experiencia para niños de 10–11 años parece que no tiene mucho sentido, ya que se podía prever de antemano que los resultados y el proceso de la misma iban a ser poco comprensibles para los alumnos. ¿Para qué ponerla entonces?

Cuando comenzamos a ver los resultados iniciales de la primera experiencia, nos fuimos reafirmando en la idea de que los alumnos deben familiarizarse con aquello sobre lo que están trabajando para poder emitir y verificar hipótesis. Esta segunda experiencia se nos presentó como una ocasión para profundizar en esta idea.

El análisis de los resultados de esta segunda experiencia parece reafirmar nuestra suposición. Los alumnos solamente emiten hipótesis iniciales cuando pueden basarse en algunos elementos conocidos, aunque éstos sean pocos —el aceite no se mezcla ni con el agua ni con el alcohol y se queda en una posición intermedia entre ambos—. Y cuando se les pide que emitan hipótesis sobre un fenómeno al que no pueden aplicar estos únicos datos, se niegan a hacerlo, arguyendo para ello que para decir acertijos, es mejor no decir nada.

Explícitamente, aunque con otras palabras, los alumnos nos dicen que el proceso de emisión de hipótesis debe tener un punto de partida, un cuerpo de conocimientos del que arrancar, y que sin él la emisión de hipótesis es un acertijo, algo totalmente opuesto al conocimiento científico, opuesto incluso a la idea práctica —pues ellos no conocen nada teórico sobre lo que es y sobre las características del método científico— que tienen los niños sobre lo que debe ser dicho conocimiento.

7.3. EXPERIENCIA 3ª

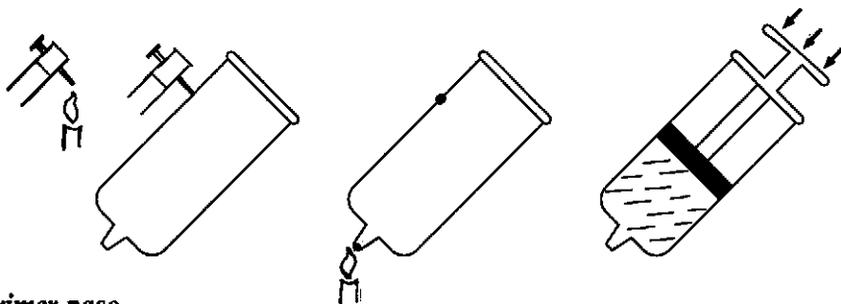
¿Se puede comprimir el agua?

Material

Una jeringuilla, un alfiler, un mechero de alcohol, una vela, agua y gaseosa.

Descripción de la experiencia.

La experiencia consistió en: Tomar una jeringuilla de plástico. Coger un alfiler, calentarlo al rojo y hacer con él un pequeño orificio en la parte superior de la jeringuilla. Calentar el extremo inferior de la jeringuilla en la llama, de forma que se cerrase dicho extremo. Intentar comprimir agua, gaseosa y aire.



Primer paso

Explicación, por parte del profesor, del significado de la palabra *comprimir* en unos términos asequibles a los niños de esta edad. Así mismo, se aclara el significado de la expresión *disminución de volumen*.

Segundo paso

Presentación de la experiencia a los alumnos.

Se les dio a los alumnos las siguientes opciones, para que cada grupo escogiese aquella que mejor explicara lo que iba a suceder (hipótesis iniciales):

“Yo creo que al apretar el émbolo, el agua:

- a) disminuye su volumen;
- b) no disminuye su volumen;
- c) disminuye su volumen, pero sólo un poquito;
- d) disminuye su volumen tan poco que es inapreciable;

e) no ocurre nada de lo anterior, sino que...”

Las opciones escogidas por los diversos grupos de alumnos han sido las siguientes:

- opción *a*: grupos 7º y 8º
- opción *b*: grupos 1º, 2º, 3º, 5º, 6º y 10º
- opción *d*: grupo 4º
- opción *e* (“no ocurre nada de lo anterior, sino que se sale el agua por el agujerito”): grupo 9º.

Tercer paso

Los diversos grupos leen sus hipótesis previas al resto de sus compañeros. Después de escucharlos, el grupo 7º reconsidera su hipótesis inicial y se inclina por la hipótesis *b*: “no disminuye su volumen”.

Nos parece interesante destacar cómo casi todos los alumnos se inclinan por la opción de que el agua no disminuye su volumen, o si lo hace, es de una magnitud tal que resulta prácticamente inapreciable.

Esta casi unanimidad en la hipótesis inicial de que el agua no disminuye de volumen parece indicarnos que los alumnos tienen una idea previa o espontánea sobre la incompresibilidad de los líquidos. Creemos que esta idea no está totalmente definida. Es una idea nacida de la observación del comportamiento de los sólidos cuando están sometidos a diversas fuerzas; comportamiento con el cual los alumnos están bastante familiarizados a través de sus juegos con la arena, con recipientes y con diversos materiales. En sus juegos, los niños han podido comprobar cómo la arena se puede aplastar cuando está húmeda; así mismo, han visto cómo numerosos objetos se pueden comprimir, haciendo que ocupen menos volumen; y todo ello, en contraposición con el comportamiento del agua, la cual, al ser comprimida, hace que se reviente un globo o un recipiente de plástico de poca resistencia en el que estuviera contenida (comportamiento, éste, que no ocurre con los sólidos). Consideramos que este tipo de experiencias y otras similares son los que han conducido a la mente del alumno a una primera aproximación a la incompresibilidad de los líquidos.

Cuarto paso

Los diversos grupos pasan a realizar la experimentación; no habiendo nada destacado que reseñar a este respecto.

Quinto paso

Revisión de las hipótesis iniciales a la luz de los resultados de la experiencia.

Dichas revisiones han sido las siguientes:

- "Nuestra hipótesis era casi cierta. Lo que ha pasado es que al apretar el émbolo, se ha salido un poco de agua, y nuestra hipótesis era que no iba a salir nada" (grupos 1º, 4º y 7º).
- "Nuestra hipótesis no era cierta, porque al principio el agua se salía por el agujero, y cuando el agua traspasaba el agujero, el émbolo no bajaba más" (grupos 2º y 6º).
- "Nuestra hipótesis era cierta" (grupos 3º y 5º).
- "Nuestra hipótesis no era cierta, porque el agua no disminuye de volumen" (grupo 8º).
- "Nuestra hipótesis era cierta, porque el agua se salía por el agujero" (grupo 9º).
- "Nuestra hipótesis era cierta; al apretar el émbolo, el agua sale por el agujero, pero no disminuye" (grupo 10º).

Esta disparidad de revisiones parece estar originada por un factor de distracción. Dicho factor no es otro que el orificio practicado en la jeringuilla con el fin de evacuar el aire que hubiese podido quedar al haber introducido el émbolo. Cuando realiza la experiencia, el niño no tiene presente que lo único que quiere comprobar es si disminuye, o no, el volumen del agua. El hecho de que salga líquido por el orificio es algo que llama su atención y el niño se la presta, pero no olvida la disminución del volumen. Y a este primer fenómeno añade el de la salida de líquido por el orificio, considerándolos los dos al tiempo, aunque no de una manera subordinada del segundo respecto al primero, sino de una importancia análoga.

En este proceso hay un continuo con dos extremos bien diferenciados: uno, tener en cuenta solamente la disminución del

volumen del líquido; el otro, tener únicamente presente la salida de agua por el orificio. Entre estos dos extremos hay toda una gama de posibilidades intermedias. Dicho continuo se pone claramente de manifiesto en las siguientes revisiones:

- a) Extremo en el que solamente se tiene presente la disminución de volumen.
 - “Nuestra hipótesis sí/no era cierta, porque el agua no disminuye su volumen” (grupos 3º, 5º y 8º).
- b) Casos intermedios en los que se tienen presentes los dos fenómenos.
 - “Nuestra hipótesis era cierta; al apretar el émbolo, el agua sale por el agujero, pero no disminuye” (grupo 10º).
 - “Nuestra hipótesis era casi cierta. Lo que ha pasado es que al apretar el émbolo, se ha salido un poco de agua, y nuestra hipótesis era que no iba a salir nada” (grupos 1º, 4º y 7º).
 - “Nuestra hipótesis no era cierta, porque al principio el agua se salía por el agujero, y cuando el agua traspasaba el agujero, el émbolo no bajaba más” (grupos 2º y 6º).
- c) Extremo en el que solamente se tiene presente la salida de agua por el orificio.
 - “Nuestra hipótesis era cierta, porque el agua se salía por el agujero” (grupo 9º).

Algo que nos llama poderosamente la atención es el hecho de que los alumnos no tuviesen previamente en cuenta (sólo un grupo lo hizo) la posibilidad de que el agua saliese por el agujero. Y más sorprendente aún resulta el hecho de que no reconsiderasen esta posibilidad después de escuchar la opinión de sus compañeros tras la lectura de las hipótesis iniciales de cada grupo. El hecho de que el agua salga por el agujero no es algo imprevisible ni está lejos de la experiencia cotidiana de los alumnos, pero parece ser que solamente frente al hecho real es como el alumno tiene en cuenta dicho fenómeno.

Sexto paso

Lectura, por parte de cada grupo, de sus conclusiones. Después de escucharlas todas, ningún grupo reconsidera ni, por tanto, modifica las suyas.

¿Por qué los alumnos no hacen esta reconsideración? La respuesta a esta cuestión posiblemente esté en el hecho de que los niños no se dan cuenta de que están hablando y considerando un único fenómeno. Sus puntos de vista diferentes son diferentes en todo; hay una diferencia cualitativamente muy amplia y, por lo mismo, son incapaces de comprender las diferencias y de darse cuenta de dónde se hallan.

Fijémosnos en las conclusiones obtenidas por los grupos 1º, 2º, 3º, 5º, 6º, 7º y 10º, cuya hipótesis inicial era que el agua no disminuye su volumen al apretar el émbolo.

Solamente los grupos 3º y 5º dicen que su hipótesis inicial era cierta; son niños que parecen no tener en cuenta la salida de agua por el orificio y que exclusivamente se centran en la no disminución del volumen cuando el émbolo ha rebasado el orificio.

Los grupos 1º y 7º dicen que su hipótesis era casi cierta, pero no del todo, porque al apretar el émbolo se ha salido un poco de agua; y su hipótesis inicial era que no se iba a salir nada. Para estos niños, el problema ha cambiado al ver salir el chorrito del agua; ya no están intentando averiguar si el agua se comprime, o no. Han introducido un nuevo factor que distorsiona todos los planteamientos anteriores y su hipótesis inicial ha cambiado para formularse en los términos de que "no tiene que salir nada de agua al comprimir el émbolo". Aun así, conservan una cierta idea de su hipótesis inicial al decir que ésta era casi cierta. Los niños de estos dos grupos están hablando en un lenguaje bastante diferente al de los niños de los grupos 3º y 5º, y no puede haber reunificación entre sus puntos de vista.

El caso de los grupos 2º y 6º es parecido. A la luz de sus conclusiones ("nuestra hipótesis no era cierta, porque al principio el agua se salía por el agujero, y cuando traspasaba el agujero, el émbolo no bajaba más"), puede pensarse que también abandonaron su hipótesis inicial para centrarse en si el agua debía salir por el agujero o no; y aunque hacen referencia a que el émbolo no bajaba más, una vez rebasado el agujerito,

parece que no le dan suficiente importancia a este dato como para otorgar un cierto grado de validez a su hipótesis inicial. Son niños que parecen pensar que o es todo verdad, o nada es verdad; para ellos, no caben posiciones intermedias. Desde estos pensamientos, ¿cómo esperar que haya una convergencia de sus puntos de vista, si están considerando fenómenos diferentes?

Séptimo paso

Se les proponen a los alumnos las siguientes cuestiones para que las respondan. Las cuestiones, junto con las respuestas, son las siguientes:

¿Para qué crees que te hemos hecho hacer el agujero con el alfiler?

- "Para ver si se salía el agua por el agujero o no se salía" (grupos 1º, 2º, 5º y 8º).
- "Para que la jeringuilla no explote" (grupos 3º y 7º).
- "Para que se salga el agua" (grupos 4º y 9º).
- "Para que pudiera respirar; si no, no se metería el émbolo" (grupos 6º y 10º).

¿En qué se ha empleado la fuerza que has hecho?

- "En intentar bajar el émbolo" (grupos 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º y 10º).
- "En que el agua salga por el agujero" (grupo 7º).

Si tuvieras más fuerza, ¿qué llegaría a ocurrir? Escoge una de estas posibilidades:

- "Se comprimiría algo" (grupo 8º).
- "Se transformaría en hielo."
- "Rompería la jeringuilla" (grupos 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º, 7º, 9º y 10º).
- "No pasaría nada de eso, sino que..."

En vista de las respuestas dadas por los alumnos a la pregunta "¿Para qué crees que te hemos hecho hacer el agujero con el alfiler?", el profesor explicó a los alumnos las razones por las cuales se hizo el agujero, que no eran otras que conseguir que sa-

liese el aire que hubiera podido quedar recogido al introducir el émbolo y así comprimir solamente el agua.

Una vez realizada dicha explicación, se les dio a los alumnos que volviesen a repetir el experimento con el agua. Al conocer las razones por las cuales se hizo el orificio, todos los alumnos se centraron únicamente en la disminución del volumen, llegando a una única conclusión: el agua no disminuye de volumen.

Octavo paso

Se les indica a los niños que repitan la experiencia utilizando gaseosa en lugar de agua y, por último, que empleen aire solamente.

Una vez realizadas estas experiencias, los alumnos elaboran conjuntamente las siguientes conclusiones finales:

- "El agua está en estado líquido. No se puede comprimir."
- "El aire está en estado gaseoso. Sí se puede comprimir."
- "La gaseosa es líquida, pero tiene gas. Se comprime un poquito."

7.4. EXPERIENCIA 4^a

¿Ejercen fuerza los líquidos?

Material

Recipiente grande con agua (cubo) y manómetro fabricado en clase con un embudo pequeño, un globo, un tubo de plástico y una madera.

Descripción de la experiencia

La experiencia consistió en:

- Comprender el funcionamiento del manómetro.
- Verificar con el manómetro si los líquidos ejercen fuerza sobre los objetos que se introducen en ellos.

Primer paso

Se les hacen a los niños las siguientes preguntas:

– *¿Ejercen fuerza los líquidos?*

En el caso de que la respuesta sea que sí: *¿cómo lo comprobarías?*

– *¿En qué dirección ejercen fuerza los líquidos, suponiendo que creas que sí?*

Sus respuestas fueron las siguientes:

- a) “Creo que sí, porque el agua, al estar en movimiento, tiene fuerza y puede arrastrar cosas. El agua de las montañas baja y arrastra árboles y piedras.

Para comprobarlo, en un río echas algún objeto de madera o de cartón y si se lo lleva, sí que ejerce fuerza. También se puede comprobar echando un cubo de agua en un montón de arena y viendo si se mueve la arena.

El agua ejerce fuerza en todas las direcciones.”

Esta clase de respuestas la dan los alumnos de los grupos 1º, 2º, 3º, 4º y 10º.

- b) “No, porque el agua no puede moverse sola sin que le den un impulso.”

Esta clase de respuesta la dan los alumnos de los grupos 5º, 6º, 7º y 9º.

Estos alumnos no indican nada sobre la manera de comprobarlo.

- c) “Sí y no; depende.”

Esta respuesta la da el grupo 8º y tampoco indica la manera de comprobarlo.

Estas respuestas concuerdan con los estudios realizados hasta el momento sobre las ideas espontáneas de los niños de estas edades, en los que la mayoría de ellos asocia la fuerza con el movimiento, de manera que cuando hay movimiento, tiene que haber alguna fuerza, y cuando hay una fuerza, obligatoriamente tiene que haber movimiento (no concibiéndose la existencia de fuerzas en situaciones estáticas).

En las respuestas dadas por los grupos de alumnos se ven ambas maneras de pensar. Unos grupos afirman que el agua, al estar en movimiento, tiene fuerza y puede arrastrar cosas. Su afirmación se basa en la evidencia de fenómenos cotidianos: “Si echas una madera en el agua (río) y se mueve, es que ejerce una fuerza”; “si te asomas al río cuando ha llovido mucho, ves que tiene fuerza”.

Otros grupos consideran la situación de un recipiente con agua, en el cual, por no haber movimiento, no hay fuerza. La manera de comprobarlo es evidente, ya que el razonamiento dado sirve a su vez de prueba y, por lo tanto, no hay que buscar ninguna otra experiencia que lo demuestre.

El tipo de hipótesis que emiten los alumnos en este caso puede considerarse como de hipótesis evidentes. Cada una de ellas viene a ser una afirmación sobre un hecho perfectamente conocido y observado. No hay que suponer nada, los hechos están ahí y lo único que cabe es decir cómo suceden, sin andar elucubrando sobre si pueden ser de esta manera o de la otra. La manera de narrar la forma de verificar la hipótesis viene a confirmar esta suposición, ya que la posible verificación de la misma solamente es la narración del fenómeno que ha servido para emitirla —“en un río echas algún objeto de madera o de cartón y si se lo lleva, sí que ejerce fuerza”—. En el caso en que se dice que “el agua de un cubo no ejerce fuerza porque no puede moverse por sí sola sin que le des impulso”, no cabe verificación posible; ahí está el cubo con agua en el que se puede ver claramente cómo no ejerce ninguna fuerza, puesto que no mueve nada.

Segundo paso

Los alumnos leen las hipótesis previas y solamente reconsidera su postura el grupo 5º, que dice que el agua sí que tiene fuerza porque puede arrastrar cosas.

Los niños dan su opinión sobre unos fenómenos que todos conocen y con los que todos están familiarizados. Cada grupo manifiesta su opinión teniendo en cuenta un solo punto de vista y olvidando los restantes. Todos los niños conocen un río y todos saben que arrastra objetos y, a su vez, todos conocen también y están familiarizados con el comportamiento del agua contenida en un cubo; entonces, ¿por qué consideran un único punto de vista?, ¿por qué no consideran el punto de vista de sus compañeros? El motivo de esta aparente falta de elasticidad mental quizás haya que buscarlo en alguno de los siguientes aspectos (cuando no en una combinación de los mismos):

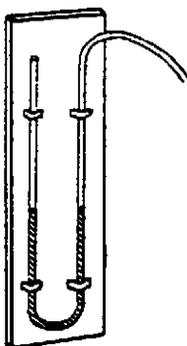
- a) Residuos de su egocentrismo, el cual les hace considerar un único punto de vista, el suyo, olvidando el de los demás compañeros.

- b) La centración de su conocimiento en un solo aspecto de la realidad, olvidando otros aspectos que pueden considerarse relevantes por un observador que ya haya superado esa fase.
- c) El encontrarse ante un callejón sin salida, al verse frente a dos fenómenos aparentemente contradictorios. Este callejón sin salida fuerza al alumno a quedarse con uno de los aspectos, que por lo menos explica algo, frente a quedarse sin nada, con lo cual ya no se explicaría ninguno de los fenómenos tan habituales para él.

Solamente hay un grupo, el 5º, que muestra una modificación de su hipótesis inicial. La movilidad de este grupo, junto con su incapacidad para diseñar una experiencia que demuestre esta nueva hipótesis y a la vez la anterior (a la cual no han renunciado), muestra una identidad total con la del grupo 8º, que decía que "el agua sí y no tiene fuerza; depende" y que tampoco sabía la manera de comprobarlo. Este doble caso nos muestra el carácter ambivalente de muchas ideas espontáneas de los alumnos de estas edades, en las que tienen cabida un fenómeno y su contrario, sin aparente contradicción; todo depende del matiz o carácter en el que hayan fijado su atención o que deseen resaltar.

Tercer paso

Se les pide a los alumnos que construyan un aparato como el siguiente:



Cuarto paso

Una vez que lo han construido, se les pide que contesten a las siguientes preguntas:

- *Si soplas, ¿qué ocurre con el agua?*
- *¿Por qué crees que ocurre esto?*

Las respuestas dadas por los alumnos, en líneas generales, fueron las siguientes:

- "Al soplar, el agua sube por el otro extremo del tubo."

Esta respuesta fue dada por la totalidad de los grupos.

La respuesta dada a la segunda cuestión fue la misma para todos los grupos:

- "Porque el aire empuja el agua."

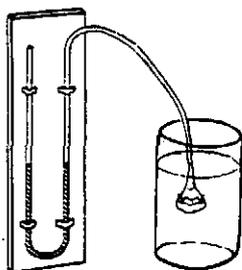
Pero hubo ligeras variantes en cuanto al vocabulario empleado; las más significativas fueron:

- "Porque el aire hace presión y lo empuja."
- "Porque al soplar, el aire da impulso al agua."
- "Porque al soplar, el agua que está en un extremo sube al otro."
- "Porque el soplo tiene fuerza y empuja el agua y hace presión."
- "Porque si soplas, el agua coge potencia y sube."

Todos los alumnos dan respuestas correctas. Es significativo el carácter equivalente de sus expresiones sobre la fuerza, la potencia, el empuje, la presión y el impulso. Estos niños no han estudiado científicamente ninguno de estos términos; y no hay que olvidar que para el hombre de la calle, todos ellos son términos sinónimos, y el lugar donde los niños se han familiarizado con los mismos ha sido también la calle.

Quinto paso

Se les pide a los alumnos que introduzcan el manómetro construido (ver figura) en el cubo con agua en todas las posiciones posibles -hacia arriba, hacia abajo y de lado-, narrando lo que sucede y dando una explicación de lo que ocurre.



Las narraciones realizadas por los diversos grupos fueron las siguientes:

- “Cuando metemos el embudo, el agua que hay en el tubo sube por el otro extremo y cuando lo sacamos, baja. En cualquier posición en la que metamos el embudo, siempre pasa lo mismo” (grupos 1º y 2º).
- “Cuando metíamos el embudo boca arriba, subía a un lado y bajaba al otro; cuando era boca abajo, igual, pero a la inversa de un lado; y cuando era de lado, pasaba lo mismo que boca abajo” (grupos 3º, 7º y 10º).
- “Cuando metemos el embudo hacia arriba o hacia abajo, pasa lo mismo, que sube de un lado y baja de otro; pero cuando lo metemos de lado, el agua del tubo se vuelve loca (sube y baja rápidamente)” (grupos 4º y 6º).
- “Cuando metemos el embudo boca abajo, se nivela; cuando lo ponemos boca arriba, en vez de quedarse nivelada, se sube el agua por el tubo; y cuando lo ponemos tumbado, el agua se queda como estaba al principio” (grupo 5º).
- “Al meter el embudo en el cubo, el agua del manómetro se movía para la derecha, para la izquierda y también se quedaba en el medio” (grupo 8º).
- “Cuando metíamos el embudo, se balanceaba el agua del tubo. En cualquier posición pasaba lo que hemos escrito antes” (grupo 9º).

A la pregunta de por qué ocurre esto todos los grupos dan la misma respuesta: “Esto ocurre porque el agua del cubo empuja el agua que hay en el manómetro.” Es de destacar la explicación dada por los grupos 2º y 3º: “La presión del agua empuja la membra-

na, la membrana empuja el aire que hay en el tubo y el aire empuja el agua del manómetro.”

Los alumnos de 5º curso no parecen encontrar dificultad en relacionar una serie de efectos. Esta facilidad para relacionarlos parece chocar con la dificultad encontrada, en otras experiencias, para explicar y relacionar fenómenos observables (recuérdese el caso de la jeringuilla a la que se le había practicado un pequeño orificio para que saliese el aire que hubiera podido quedar contenido al meter el émbolo). La causa de dicha facilidad pudiera encontrarse en el carácter lineal de esta relación: el agua empuja la membrana, la membrana empuja el aire y el aire empuja el agua. Este carácter lineal no se encontraba presente en el experimento citado anteriormente: el émbolo hacía que saliese agua por el agujerito y cuando se llegaba a éste, ya no salía nada; comenzando otro fenómeno —la incompresibilidad del líquido—, sin aparente relación con el anterior.

¿Por qué esta disparidad de descripciones de un experimento que, aparentemente, no presenta complejidad en su realización? Este hecho puede responder a las múltiples situaciones y/o condiciones en que han realizado la experiencia los alumnos y que, a nuestro modo de ver, han sido las siguientes:

a) Los alumnos no realizan la experiencia correctamente. En lugar de meter el embudo y dejarlo quieto, lo meten y lo sacan del cubo con agua. De esta observación lo único que puede desprenderse es que el agua del manómetro se mueve para todos los lados: “el agua del manómetro se movía para la derecha, para la izquierda y también se quedaba en medio” (grupos 8º y 9º). A estos niños les llama más la atención el movimiento del agua en el manómetro que la posición que adopta ésta cuando se queda en reposo y, por lo tanto, prestan su atención al movimiento, olvidando la posición.

b) El niño pone en acción determinadas ideas previas al observar lo que ocurre. Para él, cuando se hace lo contrario, normalmente debe ocurrir lo contrario y esto que piensa es lo que realmente ve y así lo cuenta: “cuando metíamos el embudo boca arriba, subía de un lado...; cuando era boca abajo, igual, pero a la inversa” (grupos 3º, 7º y 10º).

c) Alumnos que no han partido de una posición horizontal del líquido en las ramas del manómetro, de modo que al ponerlo

en algunas posiciones, el movimiento del agua hace que las dos ramas se nivelen (grupo 5°).

d) Alumnos que realizan correctamente el experimento (grupos 1° y 2°).

Sexto paso

Todos los grupos leen sus descripciones de la experiencia y las causas por las que ha sucedido dicho fenómeno. Hay una gran disparidad de descripciones. En vista de ello, se origina un debate en el cual los alumnos llegan a la conclusión de que esa disparidad de fenómenos no es lógica y que, por lo tanto, lo que procede es volver a repetir la experiencia, poniendo mucho cuidado en la realización de la misma. En este sentido, el profesor vigiló especialmente la repetición de dicha experiencia, haciendo reconsiderar a aquellos grupos que estaban realizando algún proceso incorrectamente la forma de realización del mismo.

Como resultado de esta reexperimentación, todos los grupos llegaron a una única descripción, la cual fue: "Cuando metemos el embudo, el agua que hay en el tubo sube por el otro extremo y cuando lo sacamos, baja. En cualquier posición en la que metamos el embudo siempre pasa lo mismo."

Hay que resaltar el hecho de que son los propios alumnos los que consideran la necesidad de repetir las experiencias, dada la divergencia de resultados que se han producido. El niño de estas edades parece pensar en la necesidad de una homogeneidad de resultados cuando las condiciones iniciales y el proceso de experimentación son análogos; si dichos resultados no son homogéneos, la causa hay que buscarla en una mala realización de la experiencia. El niño parece encontrar relativamente lógico que haya una pequeña disparidad —siempre a nivel cualitativo—, pero no una gran diferencia en ese mismo nivel. Parece, pues, que ya hay un primer camino abierto hacia la constancia de los resultados cuando la experimentación se realiza en unas mismas condiciones; pero esta constancia solamente parece darse con los datos cualitativos, ya que él no muestra ninguna extrañeza cuando esta divergencia se da a nivel cuantitativo. Puede desprenderse, por lo tanto, que el alumno debe recorrer el camino del proceso científico, en lo que se refiere a la generalización de los resulta-

dos experimentales, primero a nivel cualitativo, para poder realizarlo posteriormente a nivel cuantitativo.

Séptimo paso

Las conclusiones a las que llegaron los alumnos después de realizar la reexperimentación fueron las siguientes:

- "Nuestra hipótesis inicial sí que era cierta, porque el agua sí que ejerce fuerza" (grupos 1º, 2º, 3º, 4º, 5º y 10º).
- "Nuestra hipótesis inicial no era cierta, porque el agua del cubo hace fuerza y mueve el agua del tubo" (grupos 6º, 7º y 9º).

El grupo 8º, que dijo inicialmente que "el agua sí y no hace fuerza", no emite ninguna conclusión.

En esta experiencia los niños no encuentran ninguna dificultad en afirmar o negar la validez de sus hipótesis iniciales cuando los resultados de sus experimentaciones concuerdan, o no, con las primeras.

Hubo un grupo de alumnos que propuso la cuestión de si el funcionamiento del manómetro no estaría producido por el movimiento del embudo al introducirlo en el agua; es decir, ellos pensaban que el manómetro marcaba porque al meter el embudo, se producía un movimiento del agua, el cual originaba una fuerza que hacía que se desequilibrara el agua del manómetro. Ante esta cuestión, la profesora pidió a los alumnos que diseñasen una experiencia o procedimiento para ver si su suposición era correcta. El mismo grupo de niños dijo que la manera de comprobarlo sería dejar el manómetro quieto dentro del agua del cubo y ver si así se producía la fuerza que aparecía en los casos anteriores. Realizaron la experiencia y concluyeron que sí.

Este hecho originó una charla en la que diversos niños dijeron que si el agua siempre hacía fuerza, el agua de un río todavía haría más fuerza, pues está en movimiento. El resto de los niños de la clase asintió a esta afirmación. Los mismos niños diseñaron la manera de comprobarlo, pero dada la imposibilidad de acudir a un río cercano, no fue posible esta experimentación.

Este hecho nos parece significativo de la resistencia de los niños a abandonar sus ideas sobre la fuerza y el movimiento.

Para ellos, fuerza y movimiento han de ir siempre unidos y cuando la evidencia les hace reconocer que hay casos en que la una no va acompañada necesariamente del otro, buscan la manera de hacer una síntesis conciliadora en la que no quede olvidada la hipótesis previa de que el agua hace fuerza porque se mueve. Su proceso de síntesis parece ser el siguiente:

- a) El agua hace fuerza porque se mueve (idea previa).
- b) El agua en reposo también hace fuerza (comprobación experimental).
- a + b) El agua en reposo hace fuerza, pero cuando está en movimiento, hace todavía más fuerza, ya que a la fuerza que hace cuando está en reposo hay que sumar la fuerza que hace cuando está en movimiento.

7.5. EXPERIENCIA 5^a

¿De qué depende la fuerza o presión que ejercen los líquidos?

Material

Por ser una práctica que tenían que diseñar y realizar los alumnos solos, no se pensó en un material determinado para realizarla. Debían ser los propios alumnos los que escogiesen el material que ellos creyeran necesario para la comprobación de sus hipótesis iniciales.

Descripción de la experiencia

La experiencia consistió en la emisión de hipótesis sobre los factores de los que depende la fuerza o presión que ejercen los líquidos, así como en el diseño y la realización de la/s experiencia/s que sirvieran para verificar dichas hipótesis.

Primer paso

Se les plantea el interrogante a los alumnos y se les pide que emitan sus hipótesis iniciales. Algunos grupos de alumnos emitieron más de una hipótesis inicial.

Dichas hipótesis fueron las siguientes:

- "La fuerza o presión que ejercen los líquidos depende del aire" (grupo 1°).
- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de en qué dirección metamos el embudo del manómetro en el cubo de agua" (grupo 2°).
- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de la clase de líquido que sea" (grupo 3°).
- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de lo profundo que sea el cubo" (grupos 3° y 6°).
- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de la cantidad de agua que haya en el recipiente" (grupos 5° y 9°).
- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de que el objeto que levante pese menos o igual que el líquido" (grupo 7°).
- "La fuerza que ejercen los líquidos depende del agua que hay en el manómetro" (grupo 9°).

Segundo paso

Cada grupo de alumnos leyó sus hipótesis al resto de sus compañeros. Al finalizar la lectura, el grupo 1° dijo, espontáneamente, que su hipótesis no valía, porque se refería a la fuerza del aire y no a la del agua. A continuación, dicho grupo dijo que su nueva hipótesis era que la fuerza que ejercen los líquidos depende de la profundidad.

Así mismo, el grupo 7° manifestó que su hipótesis tampoco valía y que la fuerza que ejercen los líquidos depende de la profundidad.

Las dos hipótesis emitidas previamente y que fueron modificadas por los propios alumnos después de escuchar las de sus compañeros parecen ser hipótesis emitidas bajo la influencia del fenómeno de la centración, frente al de la descentración. Dichos grupos han considerado aspectos no relevantes del fenómeno; los niños se han fijado en unos aspectos que pudieran tener relación con experiencias previas en otros terrenos, ligeramenten relacionados con el del objeto de estudio, y han olvidado aquellos aspectos en los que han estado trabajando en experiencias anteriores —todas ellas relacionadas con los líquidos y con las fuerzas que ejercen—. Esta descentración no parece ser muy consistente, ya que basta la

escucha de las razones que dan los otros alumnos para reconsiderar sus posiciones; respecto a este hecho, se revela sumamente eficaz la interacción social con los compañeros en orden a hacer avances hacia formas más elaboradas y complejas de pensamiento.

En vista de que el grupo 9º no reconsideraba su hipótesis de que la fuerza que ejercen los líquidos depende del agua que hay en el manómetro, la profesora conversó con los niños de dicho grupo en los siguientes términos:

Prof.— *Mide el ancho de la puerta empleando como unidad esta pintura.*

(Un alumno del grupo lo realiza correctamente.)

Prof.— *Mide ahora el ancho de la misma puerta empleando como unidad este bolígrafo.*

(Otro alumno del grupo realiza la medición correctamente.)

Prof.— *¿Con cuál mide más?*

Alum.— *Con el bolígrafo.*

Prof.— *Pero la puerta es siempre la misma, luego siempre debe medir lo mismo.*

Alum.— *Sí, pero es que las unidades con las que la medimos son diferentes y por eso nos salen dos medidas distintas.*

Prof.— *O sea, que siempre que vamos a medir algo debemos emplear la misma unidad y no podemos medirlo una vez con una unidad y luego con otra.*

Pensad en vuestra hipótesis, ¿qué ocurre en ella?

Alum.— *Pues que no vale, porque el agua que hay en el manómetro es la unidad de medida y si la cambiamos, nos dará una vez una cosa y luego otra, aunque estemos midiendo lo mismo; y eso no vale.*

Después de este diálogo el grupo 9º solamente se quedó con la hipótesis siguiente: “La fuerza que ejercen los líquidos depende de la cantidad de agua que haya en el recipiente.”

Los alumnos no encuentran ninguna dificultad para emitir hipótesis previas. Nos parece que éstas apuntan hacia todos los factores posibles que pueden influir en el fenómeno.

La causa de este hecho no puede ser otra que la familiarización con dicho fenómeno. En la experiencia anterior los niños

se familiarizaron con el funcionamiento del manómetro, lo metieron a distintas profundidades, de diversas maneras y discutieron sobre ello; en anteriores experiencias trabajaron con líquidos diferentes; por todo ello, es muy probable que los niños se fueran haciendo una idea de qué posibles factores intervienen en la fuerza que ejercen los líquidos. La interacción con los objetos reales hace que sus esquemas intelectuales y, por tanto, sus esquemas de conocimiento intenten ampliarse, modificarse o reorganizarse de modo que queden explicados los anteriores fenómenos y las posibles derivaciones, consecuencias o implicaciones de los mismos.

Tercer paso

Cada grupo escribió la manera en la que iba a comprobar sus hipótesis. La narración de la forma de comprobar cada una fue, en términos generales, la siguiente (en primer lugar aparece la hipótesis y a continuación, la manera de comprobarla):

- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de la profundidad."

Llenamos un cubo de agua y metemos el embudo en el cubo. Primero lo metemos en el fondo y luego más arriba.

- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de la dirección en que metamos el embudo del manómetro."

Metemos el embudo en el cubo hasta el fondo y vemos hasta dónde llega el agua del manómetro y así en todas las direcciones.

- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de la clase de líquido que sea."

Cogemos un frasco con agua y medimos la presión con el manómetro. Luego cogemos el mismo frasco con aceite y medimos la presión.

- "La fuerza que ejercen los líquidos depende de la cantidad de agua que haya."

Cogemos un cubo lleno de agua y metemos el manómetro justo hasta que quede tapado. Luego tiramos la mitad de agua y volvemos a meter el manómetro como antes y vemos si hay diferencia.

Cuarto paso

Los diversos grupos realizaron las verificaciones correctamente.

La narración previa y la verificación propiamente dicha han sido totalmente correctas. ¿Cómo explicar esta realidad sabiendo que estos niños no se encuentran en el periodo de las operaciones formales?

No es la primera vez que estos niños trabajan de esta manera. Ya en el tercer curso empezaron a trabajar en sucesivas aproximaciones al método científico, observando, analizando, realizando sencillos experimentos, sacando sencillas conclusiones, etc. En el cuarto curso se continuó con este proceso, para proseguirlo en el quinto curso. En la realización de algunas experiencias sencillas se vio cómo muchos niños no realizaban un control de variables de una manera correcta; en vista de ello, la profesora les explicó cómo debían hacerlo. En cada nueva situación en que han tenido que volver a hacer un control de variables se les ha vuelto a recordar, de un modo general, que deben dejar todo igual, menos aquello que quieren verificar. Este recordatorio ha sido siempre en los términos que se acaban de mencionar, sin ninguna indicación aclaratoria sobre el experimento que iban a realizar los alumnos.

Todo este trabajo previo bien pudiera ser la causa del éxito alcanzado por los niños en el terreno que estamos mencionando, ya que cualquier logro intelectual viene precedido de una serie de adquisiciones en terrenos fáciles que se irán afirmando en terrenos cada vez más complejos. Los fenómenos sobre los que han verificado las hipótesis previas son fenómenos sencillos en los que no había que controlar más que la variable objeto de comprobación; no existiendo casi ninguna otra variable que pudiese interferir en el resultado de la experimentación.

La familiarización con este tipo de trabajo junto con las indicaciones del profesor van preparando el terreno para realizar experimentaciones, con un control adecuado de las variables, en campos y situaciones mucho más complejos, tal como veremos en la experiencia nº 7.

Quinto paso

A la luz de los resultados de la experimentación, cada grupo elaboró las siguientes conclusiones:

- "Nuestras hipótesis eran ciertas" (grupos 1º, 3º, 6º y 7º).
- "Nuestras hipótesis no eran ciertas" (grupos 2º, 5º y 9º).

Los alumnos muestran, una vez más, que no hay ningún obstáculo para que reconsideren sus hipótesis iniciales a la luz de los resultados de sus comprobaciones.

Sexto paso

Después de escuchar lo descubierto por todos los equipos, los alumnos elaboran conjuntamente las siguientes conclusiones generales:

"La presión o fuerza que ejercen los líquidos depende de dos cosas:

1. De la clase de líquido que sea. Unos líquidos ejercen más presión que otros.
2. De la profundidad. A mayor profundidad, mayor presión."

7.6. EXPERIENCIA 6ª

¿Ejercen presión o fuerza los líquidos hacia arriba?

Material

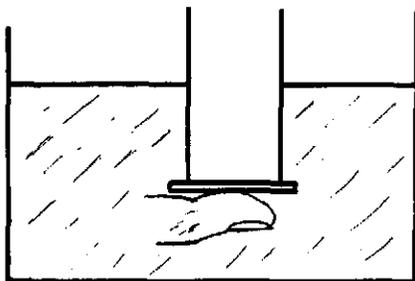
Un tubo de plástico transparente abierto por ambos extremos. Una tapa de bote de mermelada o de cualquier otro recipiente que sea lisa en su superficie y de diámetro algo mayor que el del tubo transparente. Perdigones o chinchetas. Un recipiente grande con agua.

Descripción de la experiencia

La experiencia consiste en introducir el tubo transparente, con la tapa metálica colocada en un extremo y sujeta con el dedo, en el recipiente grande con agua. Una vez introducido, se quita el dedo y se observa lo que pasa. La misma experiencia se repite, introduciendo el tubo inclinado e introduciéndolo con perdigones o chinchetas.

Primer paso

Se les explica a los alumnos en qué va a consistir la experiencia, haciendo una demostración de cómo hay que introducir el tubo transparente, con la tapa sujeta por el dedo, en el recipiente con agua. Esta demostración se realiza sin quitar el dedo de la tapa.

**Segundo paso**

Se pide a los diversos grupos que emitan sus hipótesis previas sobre lo que ocurrirá al quitar el dedo de la tapa. Dichas hipótesis previas fueron las siguientes:

- “La plaquita se va undiendo poco a poco porque pesa” (grupos 1º, 3º, 6º, 9º y 10º).
- “La plaquita se queda quieta porque la presión del agua no la deja moverse y la sostiene” (grupos 2º, 4º y 8º).
- “La plaquita sí se hunde porque al ser un poco más grande que el tubo, el agua se pone encima de ella y se hunde” (grupo 5º).
- “La placa se queda quieta porque en cuanto se quitara el dedo de la placa, la placa subiría para arriba, pero el tubo la para y se queda inmóvil” (grupo 7º).

Los alumnos emiten hipótesis de forma que todo el espectro de posibilidades queda cubierto. La placa se hunde y se queda quieta. Pero no son unas posibilidades nacidas al azar, ya que están más o menos justificadas. El análisis de la justificación nos aclara bastante lo que los niños han ido aprendiendo con las experiencias anteriores no de una manera mecánica y meramente repetitiva, sino de una manera significativa, interiorizando lo aprendido y aplicándolo a nuevas situaciones.

Los niños que dicen que “la plaquita se hunde poco a poco porque pesa” entienden que el agua ejerce una fuerza hacia arriba, pero ésta no es suficiente para sostener la plaquita.

Los niños que afirman que “la plaquita no se caerá porque la presión del agua no la deja moverse y la sostiene” están aplicando lo que descubrieron en la experiencia anterior.

El caso que nos parece más elaborado es el de los niños que dicen que “la plaquita sí se caerá porque el agua se pone encima de ella y la hunde”. Implícitamente nos están diciendo que el agua ejerce fuerza en todas direcciones y que ésta empuja la plaquita hacia arriba; pero al sobresalir del tubo, el agua también la empuja hacia abajo, con lo cual se anula la fuerza ascensional y el peso de la plaquita hace que ésta se hunda.

El grupo que dice que “la placa subiría hacia arriba, pero que el tubo la sujeta” está también considerando que el agua empuja hacia arriba y que si no hubiese ningún obstáculo, conseguiría que la tapa quedase a flote. Lo más curioso es que estos niños no tienen en cuenta el fenómeno cotidiano del hundimiento de una chapa metálica en un líquido.

Tercer paso

Lectura de sus hipótesis iniciales. Después de que cada grupo escucha a los demás, ninguno modifica sus hipótesis previas.

Todos los niños tienen algo de razón en sus afirmaciones y todos las tienen relativamente bien justificadas. Lo que parece ocurrir es que ninguno ve el fenómeno en su totalidad y, por lo tanto, no considera las razones de sus compañeros; lo cual le obligaría a reconsiderar las suyas. Es como si pensasen: “Tú tienes algo de razón, pero yo también la tengo, y si tu punto de vista es interesante, el mío también lo es y a mí me explica mejor lo que ocurre.”

Cuarto paso

Los alumnos realizan la experimentación de una manera correcta.

Quinto paso

Los diversos grupos responden a las siguientes cuestiones:

¿Por qué crees que le pasa esto a la tapa o plaquita?

- a) "Porque el agua la sujeta" (grupos 1º, 2º, 4º, 5º, 8º y 9º).
- b) "Porque la plaquita flota" (grupo 3º).
- c) "Se queda pegada porque va entrando una cantidad de agua" (grupo 6º).
- d) "Porque no le entra casi agua" (grupo 7º).
- e) "Porque al entrar el agua, ejerce presión hacia arriba y la plaquita se queda pegada como si fuese un imán" (grupo 10º).

¿Quién la sujeta contra el tubo?

- a) "El agua" (grupos 1º, 2º, 4º, 5º, 6º, 7º y 8º).
- b) "El agua y el aire" (grupo 3º).
- c) "El aire" (grupos 9º y 10º).

¿En qué dirección actúa esa presión?

Todos los grupos contestan que "hacia arriba".

¿Se acaba cayendo la plaquita? ¿Por qué?

Todos los grupos contestan que "sí, porque entra agua".

Es totalmente coherente la respuesta dada a la cuestión *¿Por qué pasa esto?* por los grupos 1º, 2º, 4º, 5º, 8º y 9º; de los cuales, algunos se reafirman en su hipótesis inicial y otros la reconsideran después de lo que han visto.

Las respuestas de los grupos 6º, 7º y 10º son algo confusas, ya que no explican claramente si es debido al agua que entra dentro del tubo o al agua que está fuera.

No entendemos por qué el grupo 3º dice que "es porque flota", cuando su hipótesis previa era que "se hunde porque pesa". Nos parece que los niños no han visto nada que les haga suponer que la plaquita flota.

Sobre las respuestas a la cuestión *¿Quién la sujeta?*, nos parece adecuada la de los grupos 1º, 2º, 4º, 5º, 6º, 7º y 8º. No entendemos la respuesta dada por los grupos 9º y 10º, ya que dicen que

“la sujeta el aire”, cuando con anterioridad habían dicho que “el agua sujeta la plaquita”.

Toda esta variedad de respuestas parecen indicarnos que algunos niños no tienen las ideas claras de por qué ocurre este fenómeno. Por un lado, están sus conocimientos de que una chapa metálica se hunde en un líquido. Por otro, tal como estudiaron en la experiencia anterior, conocen algo de que los líquidos ejercen fuerzas hacia arriba, hacia abajo y hacia los lados. Pero aquí aparece un elemento de distracción o distorsión que no ha sido asimilado por todos los niños: el aire que hay en el manómetro. Todos los grupos parecieron aceptar que el agua empuja el globo; este, el aire que hay en el embudo y este último, el agua que hay en las dos ramas del manómetro. Frente a este hecho, algunos niños dudan de si será el agua o el aire el que empuje la plaquita y normalmente llegan a un compromiso entre ambas soluciones. Además, nos parece que hay otro elemento distractor: el conocimiento que tienen los niños de cómo se pega una ventosa (ellos las untan con saliva o con agua para que se peguen mejor). La combinación de todos estos elementos es la que, a nuestro parecer, explica las respuestas dadas por algunos niños.

Sexto paso

Después de haber leído las anteriores respuestas al resto de sus compañeros, ningún grupo modifica las suyas.

Este resultado nos parece lógico, después de lo que acabamos de decir. Es lógico que los niños que han dado una respuesta correcta no la modifiquen. Y es lógico que aquellos otros que han tenido en cuenta una multiplicidad de fenómenos —tal como acabamos de decir— no entiendan el punto de vista de sus compañeros, ya que posiblemente les parezca muy pobre, por considerar, desde su óptica, que sólo se fijan en algunos aspectos.

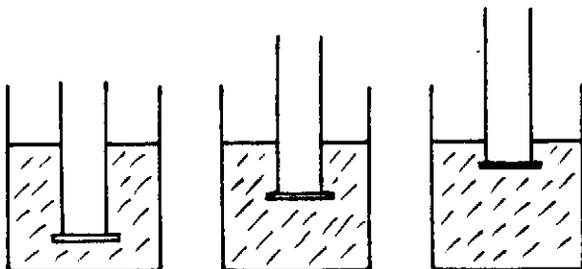
Séptimo paso

Se pide a los alumnos que introduzcan el tubo transparente, con la placa sujeta, tal como se indica en la figura. Deben decir si se cae la plaquita y, posteriormente, dibujar con flechas cómo actúa la presión.

Las respuestas de todos los grupos, al igual que los dibujos, fueron totalmente correctas.

Octavo paso

Se dice a los alumnos que realicen lo que se indica en los dibujos, respondiendo a las preguntas siguientes:



¿Se cae la chapa?

¿Por qué?

Las respuestas dadas por los alumnos han sido las siguientes:

- “Sí porque va entrando agua poco a poco” (grupos 1º, 2º, 6º, 8º, 9º y 10º).
- “Sí, porque recoge agua al subir la tapita y el agua la empuja hacia abajo” (grupos 3º y 5º).
- “Sí, porque el agua choca con los bordes de la tapa y se cae” (grupo 4º).
- “Sí, porque el agua deja de hacer presión a esa altura” (grupo 7º).

Noveno paso

Los alumnos leen sus respuestas al resto de sus compañeros y ninguno modifica las suyas.

A continuación, teníamos pensado que los alumnos realizaran la experiencia y contrastaran sus hipótesis iniciales con los resultados. Desistimos de ello porque pensamos que la experiencia no iba a aportar luz sobre lo acertado o desacertado de las hipótesis iniciales; y enzarzarnos en una polémica que no conta-

ba con una clara base experimental nos parecía totalmente inadecuado para niños de estas edades.

Hay un único grupo, el 7º, que tiene en cuenta lo estudiado en la experiencia anterior (“a mayor profundidad, más fuerza ejerce el agua”) y, por tanto, concluye que al subir el tubo, el agua deja de hacer presión y la chapa se cae.

Décimo paso

Se les plantea a los niños el siguiente problema:

Si en la tapa ponemos perdigones o chinchetas, ¿se caerá o no?

Se les daban estas opciones:

- “Sí”
- “No”
- “Depende:
 - del número de perdigones”
 - de la profundidad”

Posteriormente debían decir cómo iban a comprobar su hipótesis, pasar a comprobarla y sacar las conclusiones de dicha experimentación.

Antes de que los niños dijese cómo la iban a comprobar, la profesora les dijo textualmente: “Recordad lo que ya hemos dicho varias veces referente a que no hay que variar más de una cosa.” Este brevísimo recordatorio bastó, como se verá a continuación, para que los alumnos diseñasen y realizasen correctamente las experiencias desde el punto de vista del control de variables.

Las opciones escogidas por los diversos grupos fueron las siguientes:

- “Sí” (grupos 5º y 9º).
- “Depende sólo del número de perdigones” (grupos 3º, 6º y 8º).
- “Depende del número de perdigones y de la profundidad” (grupos 1º, 2º, 4º, 7º y 10º).

Los grupos 5º y 9º, que habían tomado la opción “Sí”, dijeron que lo iban a comprobar de la siguiente manera: “Metemos

en el tubo, con la chapita colocada, unos pocos perdigones; lo metemos en el agua y vemos lo que pasa.”

Su primera conclusión es que su hipótesis inicial era cierta, ya que la chapita termina cayéndose. En vista de este resultado, la profesora manda a estos dos grupos que vuelvan a realizar la experiencia, completando una tabla de datos análoga a la siguiente:

Nº de perdigones	Profundidad a la que se mete el tubo	¿Se hunde la chapa?
6	5 cm	
6	8 cm	
6	12 cm	
5	10 cm	
10	10 cm	
15	10 cm	

Al terminar de repetir la experiencia y de rellenar la tabla, los alumnos de ambos grupos dicen que la profundidad y el número de perdigones sí tienen algo que ver; aunque no saben dar explicaciones de cómo intervienen dichos factores.

Los grupos 3º, 6º y 8º, que habían tomado la opción de que “sólo dependía del número de perdigones”, dijeron que lo iban a comprobar de la siguiente manera: “Primero vamos a echar en la chapa un perdigón y vemos si se cae la chapa; si no se cae la chapa, seguimos echando perdigones hasta que se caiga. Todo esto lo hacemos a la misma altura.”

Los niños rellenaron la siguiente tabla de valores:

Nº de perdigones	Profundidad a la que se mete el tubo	¿Se hunde la chapa?
10	7 cm	No
15	7 cm	Sí

Concluyeron que su hipótesis inicial era cierta, porque depende del número de perdigones.

La profesora mandó a estos grupos que rellenasen la siguiente tabla de valores (para lo cual debían realizar la experiencia correspondiente):

Nº de perdigones	Profundidad a la que se mete el tubo	¿Se hunde la chapa?
6	5 cm	
6	8 cm	
6	12 cm	

Después de realizarlo, dicen que también depende de la profundidad y que a mayor profundidad, más fuerza hace el agua y la chapa se cae con más dificultad.

Los grupos 1º, 2º, 4º, 7º y 10º, que habían dicho que “depende del número de perdigones y de la profundidad”, narraron previamente su forma de comprobarlo con las siguientes palabras: “Para comprobar si depende del número de perdigones, echamos en la plaquita unos perdigones y lo metemos (el tubo) a la profundidad que nos parezca. Si no se cae, lo metemos a la misma profundidad con más perdigones que antes. Así, hasta que se caiga.”

“Para comprobar si depende de la profundidad, echamos en la plaquita unos perdigones y lo metemos (el tubo) a toda la profundidad que podamos, pero sin que entre agua en el tubo por arriba. Luego lo vamos subiendo y vemos a qué profundidad se cae la plaquita con los perdigones.”

Los alumnos rellenan una tabla de valores como la siguiente:

Nº de perdigones	Profundidad a la que se mete el tubo	¿Se hunde la chapa?
5	7 cm	No
10	7 cm	No
15	7 cm	Sí
15	11 cm	No
15	5 cm	Sí

Estos alumnos elaboraron las siguientes conclusiones:

“Nuestra hipótesis sí era cierta, porque depende del número de perdigones y de la profundidad.”

“Cuanto más perdigones pongamos en la chapita, más pesa ésta y caerá antes.”

“Cuanto menor es la altura del tubo en el agua, menos presión ejerce y cae antes la tapa.”

Undécimo paso

Todos los alumnos elaboran conjuntamente las siguientes conclusiones:

“El agua hace fuerza hacia arriba. La fuerza que hace es capaz de sujetar una chapita a la que se le han echado unos perdigones. Cuanto mayor sea la profundidad a la que metamos la chapita en el agua, más fuerza hará hacia arriba y más perdigones podrá aguantar.”

“Si metemos la chapita inclinada, el agua la sujeta; y eso pasa porque hace fuerza hacia arriba y también en dirección inclinada.”

7.7. EXPERIENCIA 7^a

Si hacemos un agujero en un recipiente con agua o con cualquier líquido, veremos que por el agujero saldrá un chorrillo. ¿De qué dependerá el alcance del chorrillo?, es decir, ¿de qué dependerá la presión del agua?

Material

Varios recipientes de plástico. Tres clavos de diferente grosor para hacer diferentes orificios. Regla graduada. Agua.

Descripción de la experiencia

La experiencia consiste en la emisión de hipótesis sobre los factores que influyen en el alcance de un chorrillo de agua que sale por un orificio practicado en un recipiente de plástico, así co-

mo en el diseño y la realización de las experiencias que sirvan para verificar dichas hipótesis.

Primer paso

Se les planteó el interrogante a los alumnos y se les pidió que emitieran sus hipótesis previas, las cuales fueron las siguientes:

- "Depende de lo grande que sea el agujero" (grupos 1º, 2º, 4º, 5º, 7º, 8º y 9º).
- "Depende de la altura del agujero" (grupos 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º, 7º, 8º, 9º y 10º).
- "Depende de la cantidad de agua" (grupos 1º, 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º y 10º).
- "Depende de cómo vaya bajando el agua" (grupo 3º).
- "Depende de lo alta que esté la botella del suelo" (grupo 4º).

Hay tres hipótesis que podríamos considerar mayoritarias y que son las que hacen referencia al tamaño del agujero, a la altura del mismo y a la cantidad de agua. Dos grupos, el 3º y el 7º, que en un principio no hacen referencia a ninguna de estas hipótesis, las reconsideran al escuchar las de sus compañeros.

Las hipótesis que emiten los diversos grupos son hipótesis que podríamos considerar incompletas, ya que solamente indican qué factores pueden intervenir, sin especificar cómo puede intervenir cada uno de ellos; ningún grupo dice, por ejemplo, que "depende de la altura del agujero; a mayor altura, mayor alcance del agua". Los niños están relativamente familiarizados con el fenómeno objeto de estudio, pero no lo suficiente como para atreverse a pronosticar cómo influyen cuantitativamente dichos factores.

La hipótesis que hace referencia a la altura de la botella sobre el suelo solamente es considerada por el grupo 4º.

Segundo paso

Los alumnos leen sus hipótesis iniciales al resto de sus compañeros. El grupo 3º acepta y hace suya la hipótesis que hace re-

ferencia al tamaño del agujero; el grupo 7º hace lo mismo con la que se refiere a la cantidad de agua.

Ningún grupo considera la hipótesis emitida por el grupo 4º, que hace referencia a la influencia de la altura a la que está colocada la botella sobre el suelo.

Tercer paso

Cada grupo describe la manera en la que va a verificar sus hipótesis. Como en anteriores ocasiones, se les recordó brevísimamente a los alumnos que todo debe permanecer igual, menos aquello que se quiere comprobar. La descripción del modo de verificar cada una de las hipótesis es la siguiente (se toma como descripción una de las realizadas por los diversos grupos, transcrita literalmente):

– Hipótesis: “Depende de lo grande que sea el agujero.”

Hacemos tres agujeros de distinto tamaño, los tres a la misma altura, y siempre con la misma cantidad de agua. En todos estos casos miramos cuál es el alcance del chorro de agua.

– Hipótesis: “Depende de la altura a la que esté situado el agujero.”

Hacemos tres agujeros: uno casi abajo de la botella, otro por el medio y el otro más arriba. Los agujeros son iguales de tamaño y la cantidad de agua siempre es la misma.

– Hipótesis: “Depende de la cantidad de agua.”

Hacemos un agujero en la botella; echamos agua, más o menos por la mitad; luego echamos un poco más de agua que antes y después llenamos la botella. El agujero siempre está a la misma altura y es del mismo tamaño.

– Hipótesis: “Depende de cómo vaya bajando el agua.”

Hacemos un agujero en la botella, la llenamos de agua y vemos si va disminuyendo el alcance del chorrito según va disminuyendo el agua.

– Hipótesis: “Depende de lo alta que esté la botella del suelo.”

Primero ponemos la botella baja, luego la subimos más alta y luego más alta; y todo esto, sin variar la profundidad, el tamaño del agujero y la altura del agujero.

Creemos que merece la pena destacar lo correctamente descritas que están las maneras de verificar las hipótesis emitidas por ellos mismos. A través de todo su proceso de aprendizaje los niños mantienen fijas las variables que les parece que intervienen en el fenómeno, modificando únicamente aquella que quieren analizar.

Los niños solamente consideran aquellas variables que a ellos les parecen relevantes, las cuales son aquellas que ellos han dicho previamente o aquellas otras que aceptan de sus compañeros tras la puesta en común. Aunque algún grupo de compañeros mencione un posible factor de influencia, si éste no es aceptado por el resto de los chavales, éstos no lo incluyen como factor a controlar en su experiencia. Todo este proceso, que ya se había manifestado de una manera velada en experiencias anteriores, se muestra claramente en esta experiencia al no considerar ningún grupo la posible influencia de la altura de la botella sobre el suelo. Al preguntar a los niños por qué no incluían como variable a controlar la altura de la botella sobre el suelo, su respuesta fue clara y contundente: "Porque no influye para nada en el alcance del chorrillo de agua."

Cuarto paso

Los diversos grupos realizan las verificaciones correctamente.

Hay una total concordancia entre la descripción que dieron los alumnos de la forma en que iban a verificar las hipótesis y la verificación misma.

Quinto paso

Teniendo presentes los resultados de la experimentación, todos los grupos dijeron que sus hipótesis iniciales eran ciertas.

Sexto paso

Todos los grupos leyeron sus conclusiones y elaboraron conjuntamente las siguientes conclusiones finales:

"Si hacemos un agujero en un recipiente con un líquido, sale un chorrillo por el agujero."

"El alcance del chorrillo es mayor cuanto más grande sea el agujero, cuanta mayor cantidad de líquido echemos, cuanto

CAPITULO 8

CONCLUSIONES

8.1. CONCLUSIONES REFERIDAS AL PROCESO DE EMISION, MODIFICACION Y VERIFICACION DE HIPOTESIS

De acuerdo con nuestro objetivo de intentar dar respuesta desde el marco cotidiano de la clase a una serie de cuestiones relacionadas con el aprendizaje y la puesta en práctica del método científico, elaboramos las siguientes conclusiones:

a) Ante una cuestión planteada, ¿emiten siempre los alumnos hipótesis previas? ¿Influye la familiarización con la cuestión planteada en este proceso?

Los niños de estas edades solamente emiten hipótesis previas cuando están relativamente familiarizados con el fenómeno o la cuestión planteada. Lo ocurrido cuando se les interrogó a los alumnos “¿en qué orden deben echarse en un recipiente aceite, alcohol coloreado y agua para que queden en tres capas diferenciadas? o ¿qué crees que ocurrirá cuando el alcohol sobrepase el vasito con el aceite? es ilustrativo de lo que acabamos de decir. Si se les pide que emitan hipótesis sobre un fenómeno desconocido, o lo hacen al azar o se niegan a emitirlas porque “no tienen ni idea”.

Cuando el fenómeno es relativamente conocido, bien sea por experiencias cotidianas realizadas fuera del aula, bien por experiencias incluidas en el trabajo del aula, los niños no tienen ninguna dificultad en emitir hipótesis previas.

Parece ser que hay una gradación en la emisión de hipótesis según el grado de familiarización de los niños con el fenómeno. Cuando desconocen el fenómeno, no emiten hipótesis o lo hacen al azar. Cuando la familiarización con el fenómeno es muy poca, se van aventurando a realizarlas, pero de una manera tímida, haciendo una especie de adivinanzas y ensayos mentales que parecen sustituir la falta de manipulación y de contacto real con los objetos. A medida que la familiarización aumenta, el niño de estas edades no encuentra ningún problema para emitir hipótesis previas. Si el fenómeno es muy familiar a los niños, éstos ya no emiten hipótesis, sino que hacen afirmaciones rotundas y contundentes sobre el fenómeno que se está considerando. Esta ausencia de hipótesis, de suposiciones, viene confirmada por la ausencia de posibles verificaciones; no hay nada que verificar, porque la realidad es tan clara que basta con observarla para darse cuenta de la veracidad de las afirmaciones.

Las hipótesis que emiten los niños de estas edades son hipótesis normalmente cualitativas, es decir, indican generalmente qué factores influyen en el fenómeno, pero no aventuran nada sobre lo que ocurriría si se modificase cuantitativamente dicho factor; por ejemplo, al preguntarles sobre los factores de los que dependía la fuerza o presión que ejercían los líquidos, los niños dijeron que "de lo profundo que fuera el cubo", pero ninguno dio como respuesta que "a mayor profundidad, mayor o menor presión". Esta dificultad para aventurarse a emitir hipótesis en el campo cuantitativo parece que se extiende, aunque de una forma no tan clara y contundente, a la verificación de las mismas y a la obtención de conclusiones.

Cuando el fenómeno a estudiar es relativamente novedoso, pero se les permite previamente manipular los líquidos reales para que se familiaricen con ellos y observen sus propiedades (aunque sin hacer la experiencia objeto del posterior estudio), entonces los niños de estas edades son capaces de hacer predicciones e hipótesis previas, bastante bien razonadas, sobre el posible comportamiento de los líquidos que están estudiando. Cuando esta manipulación previa es sustituida por explicaciones verbales del profesor sobre el comportamiento de los líquidos, la mayoría de los niños de estas edades no realiza razonamientos que justifiquen sus hipótesis previas. Todo parece indicarnos que el contacto

y la manipulación con los objetos reales son condición necesaria para que puedan emitirse hipótesis previas que merezcan el nombre de tales.

b) ¿Modifican los alumnos sus hipótesis iniciales al escuchar las de sus compañeros?

Cuando los alumnos emiten hipótesis previas sobre fenómenos desconocidos, o casi desconocidos, no las modifican. La razón nos parece evidente: ha sido una hipótesis emitida al azar, como las de sus compañeros, y ninguno puede convencer a los otros, puesto que ni él mismo está firmemente convencido de lo que acaba de decir.

En el caso de lo que hemos llamado hipótesis evidentes ocurre lo mismo, sólo que a la inversa. El niño está tan convencido que no hay posibilidad, mediante el diálogo, de que reconsidere su punto de vista. La única posibilidad de contrastación y reconsideración es situarse frente a la realidad.

Cuando los chicos se enfrentan a fenómenos relativamente conocidos, generalmente modifican muy poco sus hipótesis iniciales después de escuchar las de sus compañeros.

La explicación de este hecho puede estar en las características del pensamiento de los niños de estas edades. Ante un fenómeno evocado, como ante uno real, el niño se detiene o se fija en alguno o algunos aspectos de la realidad, olvidando otros, y a esos aspectos les da toda la importancia. Cuando otros niños hablan sobre el mismo fenómeno, pero prestando su atención a otros aspectos, suele producirse un diálogo de sordos en el que ninguno de los grupos considera los puntos de vista del otro y, por lo tanto, no puede llegarse a un punto de vista único.

El conflicto sociocognitivo, en este caso concreto que estamos analizando, parece tener muy escasa eficacia en orden a modificar los puntos de vista de los diferentes sujetos. La razón bien puede estar en la diferencia de puntos de vista, la cual es cualitativamente muy amplia, de forma que los sujetos no la captan y, por lo tanto, no se produce confrontación entre las diversas opiniones.

Los casos en los que hay una modificación de las hipótesis previas pueden obedecer al prestigio del que gozan algunos gru-

pos, lo cual hace que arrastren a otros, y/o a que empiezan a considerar el punto de vista de los demás, con lo cual hay una reconsideración de su propio punto de vista.

c) ¿Cómo dicen los alumnos que van a verificar sus hipótesis iniciales? ¿Aprenden los alumnos a diseñar experiencias siguiendo las instrucciones de su profesor o se dejan guiar por sus ideas y persisten en un determinado tipo de errores?

En el estudio que se ha hecho sobre las propiedades del agua ha habido algunas experiencias en las que los alumnos no han tenido que diseñar ninguna verificación de sus hipótesis iniciales, ya que éstas eran una predicción de lo que podría ocurrir en un experimento dado en el cual la manera de realización estaba perfectamente clara. En estos casos, los niños no han tenido ninguna dificultad para realizar las experiencias previamente diseñadas, en las que ellos solamente tenían que seguir unas instrucciones.

Nos parece interesante destacar las formas de verificar las hipótesis en las que los alumnos emplean una estrategia combinatoria que, a primera vista, parece fuera de su alcance, ya que entra teóricamente dentro de las competencias del pensamiento formal. Esta estrategia se emplea únicamente cuando el alumno ha tenido ocasión de manipular los objetos reales y observar su comportamiento.

Todos estos niños tienen experiencia (de dos cursos académicos) en realizar trabajos experimentales, y su profesora habitual les ha indicado brevemente que en cualquier experiencia todo debe permanecer igual, menos aquello que se quiere comprobar. Esta familiarización con el trabajo experimental y los breves recordatorios han bastado para que los niños diseñen satisfactoriamente aquello que inmediatamente van a comprobar. El control de variables está siempre presente, unas veces, muy claramente; otras, de una manera algo confusa; pero esta confusión es más "de redacción escrita" que mental, ya que dialogando con los chavales, éstos lo aclaran de tal forma que no hay lugar a dudas. En los casos en que no se ha dialogado previamente con ellos la observación del trabajo experimental ha puesto clarísimamente de manifiesto que realizan el control de las variables que ellos han considerado pertinentes, no incorporando ninguna variable escuchada a los compañeros y que no ha sido hecha suya.

d) ¿Realizan el trabajo experimental igual que lo han diseñado o introducen variaciones?

Los niños siempre han realizado el trabajo experimental igual que lo han diseñado. Tal como acabamos de decir en el apartado anterior, los chicos siempre han realizado el control de las variables que ellos han considerado pertinentes, aun cuando no lo hayan explicitado en el diseño previo.

Estos resultados contrastan con los de numerosas investigaciones (Kuhn y Angelev, 1976; Lovell, 1961; Martorano, 1977; Pulos y Linn, 1978), en las que niños de estas edades no realizaban un control de variables, y concuerdan con otra (Pozo, 1987), en la que sujetos de 12 años sí realizaban dicho control.

La diferencia entre los dos tipos de investigaciones es notoria. En las primeras se consideraba que un sujeto controlaba variables cuando mantenía constantes todas las variables presentes desde el punto de vista del experimentador, a excepción de la que estaba analizando. En la segunda investigación se consideraba que un sujeto controlaba variables cuando realizaba pruebas en las que de todas las variables que él mismo había definido, hacía variar sólo una, manteniendo las demás constantes.

e) ¿Modifican sus hipótesis iniciales a la luz de los resultados obtenidos en la experimentación?

Como norma predominante, los alumnos no han tenido ninguna dificultad en modificar las hipótesis iniciales cuando éstas no concordaban con los resultados de la experimentación.

Esta tendencia general presenta algunas matizaciones que parece oportuno señalar.

En muy pocos casos, cuando los resultados del experimento no son muy claros, se ve una cierta tendencia a validar las hipótesis iniciales. Cuando los resultados son muy claros, esta tendencia no se da en ningún caso.

Para los niños de estas edades, hay hipótesis verdaderas, falsas y verdaderas o falsas a medias. Estas últimas se dan normalmente cuando hay factores de distracción en la experiencia que hacen que los niños se fijen en unos aspectos, olvidando otros, de forma que según consideren unos u otros, pueden dar por más o menos válida su hipótesis inicial.

Los niños llegan a admitir hipótesis parcialmente correctas (son ciertas para algunos aspectos, pero no para todos y, por lo tanto, no son totalmente falsas); para ellos, la veracidad en cuestiones científicas no consiste en todo o nada, sino que puede haber situaciones intermedias.

f) ¿Qué tipo de conclusiones sacan? ¿Modifican sus conclusiones después de escuchar las de sus compañeros?

Los niños de estas edades obtienen dos tipos de conclusiones unas descriptivas y otras explicativas.

Las *conclusiones descriptivas* son aquellas en las que los alumnos solamente describen los resultados de la experiencia, sin intentar dar una explicación de por qué ocurren esos fenómenos. En las diversas experiencias que hemos realizado sobre el agua este tipo de conclusiones han sido mayoría.

En las *conclusiones explicativas* los alumnos intentan dar una explicación de por qué ocurren los fenómenos que han estudiado (esto lo hacen cuando tienen experiencias y conocimientos previos que les permiten hacerlo). Frente a un nuevo fenómeno, intentan explicarlo, pero partiendo siempre de algo ya conocido; nunca se han inventado teorías ni explicaciones más o menos fantásticas. Este tipo de conclusiones ha sido muy escaso y solamente lo han realizado algunos grupos de alumnos. Pero en honor a la verdad, hay que decir que cuando esto se ha producido, el resto de los chicos ha aceptado las conclusiones de sus compañeros.

En el apartado referente a la emisión de hipótesis comentábamos que los alumnos emitían hipótesis fundamentalmente cualitativas, en las cuales no hacían ninguna predicción de cómo influirían las variaciones de los factores objeto de estudio. En las conclusiones ya aparecen datos cuantitativos; así, por ejemplo, dicen: "La presión depende de la profundidad; a mayor profundidad, mayor presión."

En casi todas las ocasiones los alumnos aceptan los resultados de las experiencias de la mayoría de sus compañeros como conclusiones válidas, aunque ellos no hayan elaborado esas conclusiones particulares. Esto casi siempre ha ocurrido con conclusiones totalmente descriptivas de los experimentos. La razón de

este suceso bien pudiera estar en la movilidad que tienen los alumnos por todo el aula; lo que hace que ya conozcan los resultados de los experimentos de otros grupos —resultados que ellos no copian ni hacen suyos—.

Sin ayuda del profesor los alumnos no llegan a conclusiones únicas cuando hay factores de distracción que hacen que unos se fijen en unos aspectos y otros, en otros. Es el profesor el que puede romper este círculo vicioso y hacer que lleguen a conclusiones únicas para que observen el fenómeno desde el único punto de vista. La labor del profesor no es explicarles, sino ponerles en situación para que reconsideren sus puntos de vista a través de nuevas situaciones diseñadas por él.

Cuando las experiencias son muy sencillas y no hay factores de distracción, los alumnos no ven la necesidad de que haya grandes diferencias entre los resultados de unos y otros; si esto ocurre, dicen que hay que repetirlo todo. Cuando hay factores de distracción, este hecho no se da.

Cuando tienen ideas espontáneas muy arraigadas (como es el caso de la asociación entre la fuerza y el movimiento), procuran incluirlas en sus conclusiones como una extensión de las mismas, aunque no haya habido ninguna relación de esas ideas con la experiencia efectuada.

Si algunos alumnos no habían considerado alguna hipótesis, pero los resultados de la experimentación de otros compañeros que sí la habían considerado demuestran su validez, entonces los primeros alumnos no ponen ninguna dificultad para que los resultados sean incluidos en las conclusiones generales de toda la clase.

8.2. CONCLUSIONES METODOLOGICAS QUE PUEDAN DERIVARSE DE LA OBSERVACION DEL PROCESO DE TRABAJO DE LOS ALUMNOS Y QUE SUPONGAN UNA MEJORA EN LA MANERA DE ENSEÑAR

En primer lugar hemos de destacar que las conclusiones metodológicas no son nada novedosas, que son principios establecidos desde hace mucho tiempo para casi todas las áreas de apren-

dizaje y que lo único que se ha podido ver en esta experiencia es una constatación de su validez para el aspecto concreto que hemos estudiado.

- Los niños de 10-11 años tienen una necesidad imperiosa de manipular y tomar contacto con los objetos reales para poder emitir hipótesis sobre el comportamiento de los mismos. Las ventajas que se consiguen con la manipulación de los objetos reales alcanzan, además de la ya mencionada emisión de hipótesis previas:
 - a) la utilización de estrategias de diseño y verificación de las hipótesis previas, que en un principio y desde una perspectiva teórica, parecen estar fuera de su alcance;
 - b) la modificación de sus hipótesis previas cuando los resultados del trabajo experimental con los objetos reales no coinciden con las previsiones de aquéllas.
- La conveniencia del trabajo en equipo, que cuando está bien organizado y estructurado, hace que los chicos reconsideren el punto de vista de sus compañeros y el suyo propio, llegando a soluciones y conclusiones distintas de las de partida.
- La necesidad de que los alumnos tengan oportunidad de aplicar los conocimientos que ya poseen a nuevas situaciones; con lo cual se produce un enriquecimiento y un afianzamiento de los primeros, además de una mayor profundización en los nuevos conocimientos que están adquiriendo.
- La organización del curriculum en espiral, de forma que se vaya profundizando cada vez más en los conocimientos, las técnicas, las habilidades, etc. ya poseídos, hace que éstos se vayan enriqueciendo; con lo cual se posibilita la adquisición de otros nuevos de una forma más significativa.

BIBLIOGRAFIA

- BROOK, A.; BRIGGS, H. y DRIVER, R. (1983): "Aspects of Secondary Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter". *Children's Learning in Science Project*. University of Leeds.
- CARRASCOSA y GIL (1985): "La metodología de la superficialitat i l'aprenentatge de les ciències". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, pp. 113-120.
- CARRETERO, M. (1979): "¿Por qué flotan las cosas? El desarrollo del pensamiento hipotético-deductivo y la enseñanza de las Ciencias". *Infancia y Aprendizaje*, nº 7, pp. 7-22.
- CARRETERO, M. y GARCIA MADRUGA, J. A. (1984): "De la larga distancia que separa la suposición de la certeza". *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid, Alianza Editorial.
- COLL, C. (1983): "La construcción de esquemas de conocimiento en el proceso de enseñanza/aprendizaje". *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid, Siglo XXI.
- COLL, C. (1983): "Las aportaciones de la psicología a la educación: el caso de la teoría genética y de los aprendizajes escolares". *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid, Siglo XXI.
- DELVAL, J. A. (1977): "Sobre el fracaso en el problema de las cuatro tarjetas". *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid, Alianza Editorial.
- DIVER, R. (1986): "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, pp. 3-15.
- FLAVELL, J. H. (1968): *La psicología evolutiva de Jean Piaget*. Buenos Aires, Paidós.
- FLAVELL, J. H. (1984): *El desarrollo cognitivo*. Madrid, Visor.
- GIL, D. (1983): "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 1, pp. 26-33.
- INHELDER B. y PIAGET, J. (1972): *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires, Paidós.
- KUHN, D. y ANGELEV, J. (1976): "An experimental study of the development of formal operational thought". *Child development*, nº 47, pp. 697-706.
- LOVELL, K. A. (1961): "A follow-up study of Inhelder and Piaget's. The growth of logical thinking". *British Journal of Psychology*, nº 51, pp. 143-153.
- MARTORANO, S. C. (1977): "A developmental analysis of performance on Piaget's formal operational tasks". *Developmental Psychology*, nº 13, pp. 666-672.
- MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA (1985): *Anteproyecto para la reformulación de las enseñanzas del Ciclo Medio de la E.G.B.* Madrid.
- MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA (1986): *Ciencias Naturales. El entorno. Meteorología. Agua. Aire*. Documento de Uso Interno. Reforma del Ciclo Superior de la E.G.B. Madrid.

más cerca esté el agujero respecto al fondo del recipiente y cuanto más elevemos la botella o recipiente.”

Hay que notar que todos los grupos hicieron suyas estas conclusiones, aun cuando no hubieran emitido la hipótesis previa referida a la influencia de la altura a la que está situada la botella del suelo.

Este hecho nos muestra, una vez más, que los niños de estas edades no tienen ninguna dificultad en aceptar hipótesis que previamente habían rechazado, pero que la experimentación muestra como ciertas.

- PERRET-CLERMONT, A. (1984): *La construcción de la inteligencia en la interacción social*. Madrid, Visor.
- PIAGET, J. (1978): *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. Madrid, Siglo XXI.
- POZO, J. I. (1987): *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor.
- PULOS, S. y LINN, M. C. (1978): "Pitfalls and pendulums". *Formal operator*, 1 (2), pp. 9-11.
- STENHOUSE, L. (1984): *Investigación y desarrollo del curriculum*. Madrid, Morata.
- VYGOTSKI, L. S. (1973): "Interacción entre aprendizaje y desarrollo". *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona, Crítica, 1979.
- VYGOTSKI, L. S. (1973): "Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar". En Luria, Leontiev, Vygotski y otros (compilación), *Psicología y Pedagogía*. Madrid, Akal.



Ministerio de Educación y Ciencia

Secretaría General de Educación

Dirección General de Renovación Pedagógica
