

520.071
E17d

**INSTITUTO PARA LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y
DESARROLLO PEDAGÓGICO (IDEP)**

801.0142

PROYECTO

“DE LAS OBSERVACIONES A LAS EXPLICACIONES: DESARROLLO
DEL RAZONAMIENTO SOBRE HIPÓTESIS-EVIDENCIA EN EL
APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE PRESION”

651.0001

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
INSTITUTO PEDAGÓGICO ARTURO RAMÍREZ MONTUFAR
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA**

INFORME FINAL

Fernando Sarmiento

COORDINADOR

Jorge F. Larreamendy-Joerns, Ph.D.

EXPERTO ACOMPAÑANTE

Bogotá, Junio de 2003

**PROYECTO DE INNOVACIÓN PEDAGÓGICA EN EL ÁREA DE
CIENCIAS NATURALES SELECCIONADO A TRAVÉS DE
CONVOCATORIA 01 DE 2001**

*Inventario IDEP
204*



INSTITUTO PARA LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y DESARROLLO PEDAGÓGICO (IDEP)

INFORME ACADÉMICO FINAL

PROYECTO: “De las observaciones a las explicaciones: desarrollo del razonamiento sobre hipótesis-evidencia en el aprendizaje del concepto de presión”

INSTITUCIONES: INSTITUTO PEDAGÓGICO ARTURO RAMÍREZ
MONTUFAR (IPARM)
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA .
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CONTRATO:

La siguiente propuesta de innovación pedagógica tiene como propósito fundamental la promoción en el aula del pensamiento y razonamiento científicos, en el contexto del aprendizaje del concepto de presión en el dominio de la física. El presente informe presenta el diseño y el análisis de la implementación de una serie coherente de ambientes de aprendizaje, cuyo objetivo central es desarrollar formas de pensamiento científicas sobre la relación entre hipótesis, evidencia y explicaciones.

EQUIPO GESTOR: Fernando Sarmiento, Harold Machado, Myriam Martínez, Luz Marina Rodríguez, Eric Tuirán, Alvaro Lemus, Daniel Rosas, Nubia Torres, Manuel Guevara, Arturo Esguerra.
DOCENTES

Laura Ruiz, Mario Córdoba, Germán Pinzón, Hernando Taborda, York Iván Puerto, Fabián Mejía, Andrea Cuenca.
PSICÓLOGOS PRACTICANTES

Jorge F. Larreamendy-Joerns, Ph.D.
EXPERTO ACOMPAÑANTE

POR EL IDEP: Aurelio Usón Jaeger

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION.....	5
2	JUSTIFICACION DE LA INNOVACION.....	6
3	MARCO CONCEPTUAL.....	7
3.1	Hipótesis-evidencia: una forma de pensamiento privilegiada.....	8
3.2	Desarrollo del pensamiento científico en el contexto del aula de clases: del razonamiento a la interacción.....	13
3.3	El análisis cognitivo de tareas: una herramienta para la optimización de ambientes de aprendizaje.....	16
3.4	El andamiaje cognitivo y discursivo del maestro como una condición para la apropiación del razonamiento científico.....	18
4	OBJETIVOS Y FASES DE LA INNOVACION.....	20
4.1	Objetivo general.....	20
4.2	Objetivos específicos.....	20
4.3	Fases de la innovación.....	20
5	EVALUACION DE PRECONCEPCIONES SOBRE FENOMENOS DE PRESION	
	21	
5.1	Preconcepciones de los estudiantes sobre los estados de la materia.....	22
5.2	Relaciones entre presión, conceptos científicos y conceptos cotidianos.....	27
5.3	Estabilidad de los modelos de presión.....	29
5.4	Variabilidad de las respuestas como función de la representación de la tarea..	33
5.5	Evaluación de las concepciones espontáneas de flotación.....	34
6	AMBIENTES DE APRENDIZAJE PROPUESTOS.....	37
6.1	Dominio disciplinar de los ambientes de aprendizaje propuestos.....	37
6.2	Elementos constitutivos de los ambientes de aprendizaje.....	38
6.3	Ambiente preliminar: Juguemos con el agua.....	39
6.4	Ambiente experimental: Buzo de Descartes.....	41
6.5	Ambiente experimental: Variaciones al Buzo de Descartes.....	43
6.6	Ambiente experimental: Construcción de embarcaciones.....	44
6.7	Ambiente experimental: Línea de flotación de embarcaciones.....	47
7	ANALISIS COMPARATIVO DE LA IMPLEMENTACION DE LOS	
	AMBIENTES DE APRENDIZAJE: EL CASO DEL BUZO DE DESCARTES.....	54
7.1	Análisis de la actividad en preescolar.....	54

7.2	Análisis de la actividad en segundo grado.....	57
7.3	Análisis de la actividad en cuarto grado	65
7.4	Análisis de la actividad en séptimo grado	71
8	ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: VARIACIONES DEL BUZO DE DESCARTES	80
8.1	Análisis de las variaciones del buzo de Descartes en pre-escolar	80
8.2	Análisis de las variaciones del buzo de Descartes en segundo grado	83
8.3	Análisis de las variaciones del buzo de Descartes en cuarto grado	93
9	ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES EN PRE-ESCOLAR....	97
10	ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: EL CASO DE LINEA DE FLOTACION.....	109
10.1	Análisis de la actividad en séptimo grado	109
10.2	Análisis de la actividad en noveno grado	119
11	CONCLUSIONES GENERALES	135
12	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	139

1 INTRODUCCION

El propósito central de nuestra innovación pedagógica fue la promoción en el aula del pensamiento y razonamiento científicos, en el contexto del aprendizaje de la física y, en especial, del concepto de presión. En particular, procuramos diseñar una serie coherente de ambientes de aprendizaje, constituidos por tareas experimentales y estrategias específicas de intervención docente, que permitieran a estudiantes de segundo a noveno grado de educación básica, desarrollar formas de pensamiento científicas sobre la relación entre hipótesis, evidencia y explicaciones, consistentes con sus niveles de desarrollo cognitivo y su conocimiento previo.

El grupo de docentes y acompañantes participantes en el proyecto se reunió de manera ininterrumpida desde agosto de 2001, en sesiones semanales. Además de los participantes inicialmente inscritos en el proyecto (profesores Clara Triana Ramírez, María Elvira Vargas, Fernando Sarmiento Parra, Harold Machado Ramírez, Nubia Torres Guerra, Manuel Guevara Guevara, Adalberto Díaz Acosta, Daniel Rosas Riaño, y Jorge F. Larreamendy-Joerns), en las reuniones del segundo semestre del 2001, participaron los estudiantes de psicología de último año Germán Pinzón, Laura Ruiz y Mario Córdoba, quienes bajo la supervisión del experto acompañante, sirvieron como apoyo para la realización de diversas actividades del proyecto. Durante dicho semestre contamos con la participación del profesor Hildebrando Leal, del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia.

A partir de febrero de 2002, la composición del grupo cambió. Primero, a raíz del retiro de algunos docentes del IPARM (en particular, de Adalberto Díaz Acosta y Clara Triana Ramírez,); en segundo lugar, como resultado del interés de algunos profesores por vincularse activamente al proyecto (profesores Arturo Esguerra, Alvaro Lemus, Eric Tuirán, Luz Marina Rodríguez y Myriam Martínez); y finalmente, debido a la incorporación de los estudiantes Hernando Taborda y York Iván Puerto como practicantes de psicología. En el segundo semestre calendario de 2002, se integraron al equipo los practicantes de psicología Andrea Cuenca y Fabián Mejía; y se retiraron del proyecto los profesores Eric Tuirán y María Elvira Vargas, debido a motivos personales.

El presente informe final da cuenta del conjunto de nuestra innovación. El informe está dividido en varias secciones. En la primera presentamos la justificación de nuestra innovación, en términos de las dificultades que los estudiantes enfrentan en el aprendizaje de las ciencias naturales. La segunda sección presenta, a manera de marco teórico, el conjunto de conceptos y principios que guiaron el proceso de innovación pedagógica. En la tercera sección se presentan los objetivos y las fases de la innovación pedagógica. En la cuarta sección se presentan los resultados de la evaluación de las concepciones espontáneas de los estudiantes de los grados participantes sobre fenómenos de presión (i.e., presión en sólidos, presión en líquidos, presión en gases, principio de Pascal, principio de Bernoulli y flotación). En la quinta sección se describen los ambientes de aprendizaje diseñados. En la sexta sección se presentan algunos análisis de la implementación de uno de los ambientes de aprendizaje en los diversos grados participantes. Hemos decidido enfatizar en análisis que muestren, a través de la inclusión de transcripciones de la actividad en el aula, la forma como los profesores efectivamente

condujeron las actividades y el tipo de respuestas que los estudiantes produjeron. Finalmente, presentamos algunas reflexiones generales.

2 JUSTIFICACION DE LA INNOVACION

La situación de la enseñanza de las ciencias naturales en el Instituto Pedagógico Arturo Ramírez Montúfar (IPARM) de la Universidad Nacional de Colombia no es muy diferente de la de numerosas instituciones educativas en Colombia: Los estudiantes aprenden con entusiasmo y motivación conceptos y “datos” científicos en áreas como la física, la biología, la química y la ecología; en muchas ocasiones, se sorprenden ante fenómenos que les son demostrados en el aula; en las salidas de campo observan con avidez su entorno, se formulan preguntas y se arriesgan a proponer explicaciones.

Con todo, los estudiantes presentan dificultades para apropiarse de la lógica investigativa que subyace al conocimiento científico. Ello equivale a tomar por ciertas, aseveraciones cuyo origen es oscuro, cuando no desconocido. Aunque los niños reconocen que la ciencia es una actividad que implica creatividad, innovación e investigación, a menudo la asocian con la verdad absoluta, la actividad de genios excéntricos y la autoridad de figuras históricas como Newton o Einstein. Los estudiantes tienen la tendencia a pensar en la ciencia como una actividad solitaria, en la que la verdad de los hechos se impone, en la que se descubre pero no se construye; es decir, ajena al argumento y a la discusión. Una consecuencia negativa de dicha apreciación es que se pierde la posibilidad de concebir la ciencia como un ejercicio del pensamiento y una actividad social. Aunque los estudiantes se apropian de un número considerable de conceptos, no recurren en su vida cotidiana a la racionalidad científica para examinar la relación entre evidencia e hipótesis, para evaluar la plausibilidad y coherencia de explicaciones alternativas, o para adelantar procesos de indagación que los conduzcan a un conocimiento más sólido sobre fenómenos de interés.

En este contexto, las prácticas científicas se convierten en meros mandatos y no, como debieran, en formas habituales de significar la realidad. Al respecto, es interesante mencionar la anécdota de uno de los docentes de nuestro equipo, el profesor Manuel Grzavara, quien recordaba que en alguna oportunidad sus estudiantes comparaban las prácticas de laboratorio con el seguimiento de recetas culinarias. Se trataba, pues, de seguir instrucciones, no de diseñar situaciones experimentales que permitieran inferencias sólidas a partir de observaciones controladas.

Las anteriores dificultades son consistentes con los diagnósticos sobre el estado de la enseñanza de las ciencias naturales en Colombia. Los resultados de las evaluaciones de las competencias científicas de estudiantes de educación básica primaria y secundaria en Colombia son, en tal sentido, reveladores. Según las pruebas del ICFES del año 2000, sólo el 0.68% de los estudiantes obtuvo un rendimiento alto en la interpretación de situaciones en física y la mayoría de estudiantes mostró un desempeño medio en competencias básicas como el establecimiento de condiciones y la formulación y argumentación de hipótesis.

Los resultados en las pruebas del ICFES son además consistentes con los datos arrojados por la evaluación de competencias básicas en Lenguaje, Matemática y Ciencias llevada a cabo por la Secretaría de Educación de Bogotá. Es especialmente sorprendente que sólo el 4.48% y el 6.54% de los estudiantes de séptimo y noveno grados, respectivamente, superen el nivel de competencia esperado en relación con la

argumentación y la síntesis, competencia que implica la formulación de conjeturas, predicciones o explicaciones acerca de fenómenos naturales. Contrariamente, cuando se trata de reconocer o identificar estructuras básicas de construcción de las ciencias, las cifras ascienden al 76.60% y al 58.51%, respectivamente.

Los resultados de la prueba de estado ICFES y de otras evaluaciones recientes del conocimiento de los estudiantes en ciencias naturales, son coincidentes con nuestra experiencia como educadores e investigadores educativos. Los estudiantes aprenden conceptos científicos, asisten a demostraciones didácticas y participan en actividades de observación y laboratorio; sin embargo, con menor frecuencia de la que desearíamos, son capaces de pensar un problema científicamente, diseñar cursos experimentales para su investigación, aportar explicaciones fundamentadas a problemas y enigmas cotidianos (que se salen de los parámetros de los problemas didácticos), evaluar la consistencia entre hipótesis y evidencia, y ponderar o evaluar explicaciones.

Por otra parte, los estudiantes experimentan dificultades a la hora de integrar los conceptos que aprenden en una asignatura con los que aprenden en otros contextos, como si el conocimiento científico fuese fragmentado y disperso. En el IPARM, tal ha sido el caso del concepto de presión, de documentada dificultad para los estudiantes de educación básica. La noción de presión es uno de los conceptos más integradores en el ámbito de la física y, en general, de las ciencias naturales. De hecho, está implicado en la comprensión de fenómenos relacionados con la flotación, el comportamiento de los fluidos, el clima, la acción capilar y el intercambio celular, para mencionar tan solo algunos. Es igualmente un concepto cuya comprensión está estrechamente relacionada con la de otros conceptos nodulares como son las nociones de densidad, volumen, peso, tensión, calor y gravedad, entre otras. Adicionalmente, su comprensión es susceptible de diversos grados de formalización, que van desde un conocimiento empírico de algunas regularidades de la flotabilidad de los cuerpos, hasta el manejo matemático de los principios de Bernoulli y Pascal. Finalmente, una sólida comprensión del concepto de presión es condición para la posterior construcción de conocimientos en áreas tales como la neumática, la hidrodinámica y, en general, la mecánica de fluidos.

No obstante su centralidad en la física y su engañosa obviedad empírica, el fenómeno de la presión constituye un desafío intelectual para una proporción significativa de estudiantes. Reportes anecdóticos de los maestros señalan que, a pesar de la enseñanza, los estudiantes presentan dificultades para emplear su conocimiento sobre presión en el contexto de situaciones problemáticas, como es el caso del vuelo de los aviones y su relación con el empuje y las presiones diferenciales. De la misma manera, los principios explicativos relativos a la presión (como, por ejemplo, los principios de Pascal y Bernoulli) son evocados en el ámbito de la física, de cara a situaciones más o menos explícitas, pero no así en el contexto de temas como la circulación sanguínea y el clima.

3 MARCO CONCEPTUAL

En esta sección, desearíamos presentar, más que una revisión de la literatura reciente sobre la enseñanza de las ciencias, el conjunto de conceptos y principios que guiaron el proceso de innovación pedagógica propuesto. En particular, quisiéramos enfatizar en: (a) el razonamiento sobre hipótesis y evidencia como un proceso esencial tanto del desarrollo cognitivo del niño como sus experiencias de aprendizaje; (b) la

importancia del contexto social en el aprendizaje de la ciencia; (c) el análisis cognitivo de tareas como una estrategia que contribuye a optimizar las actividades de enseñanza y aprendizaje; y (d) el andamiaje cognitivo y discursivo del maestro como una condición para el aprendizaje significativo de conceptos científicos.

3.1 Hipótesis-evidencia: una forma de pensamiento privilegiada

A pesar de las críticas recientes, uno de los aportes fundamentales de la obra de Piaget fue permitir a los psicólogos y los educadores pensar al niño como un sujeto activo de conocimiento. La actividad del niño en relación con el conocimiento, se justifica en función de tres expedientes básicos:

- El niño significa la realidad objetiva y social a partir de esquemas de conocimiento previamente constituidos. La significación no es el resultado de la imposición de elementos externos, sino el producto de la integración o asimilación de la experiencia al conocimiento previo.
- El conocimiento previo, organizado en forma de esquemas, redes y estructuras, le aporta al niño una serie de hipótesis o “teorías” acerca de la naturaleza de la realidad objetiva y social. El niño es, en tal sentido, un formulador constante de hipótesis, explicaciones, modelos y conjeturas.
- El niño avanza en sus estructuras de conocimiento a partir de su relación transformadora con la realidad. El niño opera, experimenta, actúa y transforma para poner a prueba sus esquemas interpretativos, sus hipótesis y explicaciones. Cuando los efectos de su acción contradicen sus esquemas previos, la experiencia da origen, por vías de la acomodación, al aprendizaje y a la adaptación de las estructuras de conocimiento existentes.

La idea del niño como un formulador de hipótesis, propuesta por Piaget desde sus tempranos estudios sobre la representación del mundo en el niño y la naturaleza de la inteligencia sensorio-motriz, era consistente con los avances que en los años 50 se estaban llevando a cabo en relación con procesos tales como la formación de conceptos y la resolución de problemas, y que a la postre darían origen a la denominada “revolución cognitiva”. Investigadores como Jerome Bruner y Herbert Simon (Bruner, Goodnow & Austin, 1956; Simon, 1989) proponían que el pensamiento no se reduce a una pasiva asociación entre estímulos (como sugería el conductismo ortodoxo de la época). Por el contrario, pensar significa relacionar la situación presente con conceptos ya registrados en la memoria a largo plazo, formular preguntas acerca de aspectos específicos de la situación, establecer hipótesis sobre los procesos subyacentes y emprender cursos de acción orientados por metas.

El carácter activo de la mente infantil (y en general de la mente humana) llevó a Piaget a establecer una comparación entre el pensamiento infantil y el pensamiento científico. Al respecto, cabe recordar que, incluso en el contexto de la inteligencia sensoriomotriz, Piaget hablaba de “descubrimiento de nuevos fenómenos a través de experimentación activa” (V estadio del nacimiento de la inteligencia). Por otra parte, en relación con las características del pensamiento de niños de tres a cinco años, Piaget a menudo señalaba que el niño disponía de “teorías” animistas o mágicas sobre la ocurrencia de fenómenos naturales.

Sin embargo, no fue sino hasta el desarrollo de la conceptualización sobre el período de las operaciones formales que Piaget y sus colaboradores (en especial, Barbel Inhelder) sentaron las bases sólidas para lo que posteriormente se ha dado en conocer como la analogía entre el niño y el científico. Como ha sugerido Puche (2001), se trataba de pensar la mente del niño en función del desarrollo de la ciencia de Occidente. Al estudiar el tránsito del pensamiento infantil al pensamiento adolescente, Piaget e Inhelder (1970) propusieron como conclusión del proceso de desarrollo cognitivo, la capacidad del niño para concebir lo posible (y no simplemente lo real), para formular hipótesis con base en posibilidades combinatorias y para excluir conjeturas a partir de una lógica hipotético-deductiva. Como puede verse, el pensamiento hipotético-deductivo y experimental, característico de la ciencia, había pasado de ser un logro cultural (fruto de la educación y del aprendizaje), para convertirse, si se nos permite la expresión, en un “destino” del desarrollo. Piaget e Inhelder, en efecto, compararon al niño con un científico, aunque limitaron inicialmente la validez de dicha comparación al período de las operaciones formales, típicas de la adolescencia.

Sin embargo, como argumenta Puche (2001, p. 4), a partir de la mitad de la década del 70, se produjo un giro fundamental en la forma de concebir la relación entre el pensamiento infantil y el pensamiento científico:

“Veinte años después del descubrimiento del período formal (es decir a partir de 1952, fecha en que se publica el citado libro de Piaget e Inhelder), aparece en la mitad de la década del 70, una segunda Inhelder quien junto con Karmiloff-Smith, re-inauguran el problema del niño como pequeño teórico. En esta ocasión la propuesta nada tiene que ver con la tradicional manera de concebir la génesis de la racionalidad científica, ni la aparición precoz de la combinatoria del pensamiento hipotético-deductivo, ni mucho menos con el grupo INRC. La re-inauguración se entiende en todo el sentido del término. Las autoras se proponen mostrar las formas en que el niño espontáneamente busca regularidades, razona con esa estrategia y en ese proceso empieza a generar hipótesis.”

En efecto, investigadores como Karmiloff-Smith (1992) y Siegler (1983) propusieron que el niño, desde edades muy precoces, busca patrones y regularidades, formula hipótesis y, lo que es más sorprendente, revisa sus hipótesis con base en un examen de la evidencia disponible. Los niños, igualmente, crean sistemas de reglas con base en la experiencia y modifican dichos sistemas en el curso del aprendizaje. En tal sentido, la diferencia entre el pensamiento infantil y el pensamiento adulto (o científico), cuando menos en lo concerniente a la relación hipótesis-evidencia, sería menos un asunto de forma que de contenido. Es decir, si los modelos, las “teorías” y las hipótesis que los niños defienden son diferentes, ello se debe, según los autores, no a que el niño sea incapaz de formular conjeturas y revisarlas, sino a que su conocimiento disponible y sus posibilidades de experimentación son sensiblemente distintas de las del adulto.

El reconocimiento de las posibilidades del niño para pensar hipotéticamente y contrastar sus creencias con evidencia ha servido para reintroducir, en el curso de la educación primaria e incluso preescolar, actividades que podrían, desde una cierta óptica, denominarse científicas (aunque, por supuesto, el nivel de complejidad conceptual y los requerimientos de formalización sean muy limitados o por lo menos acordes con la edad de los estudiantes). Como ejemplos, cabe mencionar las experiencias de Richard Lehrer y Leona Schauble en el Wisconsin Center for Education Research (University of

Wisconsin Madison). Ellos han diseñado actividades para preescolar y primeros grados de primaria, en las que se incentiva a los niños a realizar inferencias a partir de situaciones simples y a discutir entre sí los diversos “hallazgos” encontrados. Como se argumentará más adelante, se trata de situaciones que promueven tanto el aspecto cognitivo del pensamiento científico (es decir, la generación de inferencias a partir de datos), como el aspecto social de la ciencia (puesto que se motiva a los niños a confrontar y defender sus posiciones). Un espíritu similar alienta la propuesta de Puche en su reciente libro “Formación de herramientas científicas en el niño pequeño” (2000), en el que presentan experiencias fruto del propósito de impulsar la actividad inferencial y categorial en niños pequeños, en el contexto de la educación preescolar.

Aunque la posición de Karmiloff-Smith y Siegler ha sido muy influyente y ha permitido reconocer en el niño formas de pensamiento antes ignoradas, la comparación entre el niño y el científico ha recibido críticas severas que, a la postre, han contribuido a depurar la analogía. Por ejemplo, Deanna Kuhn ha investigado de manera explícita la manera como los niños comprenden la relación hipótesis-evidencia (Kuhn, 1989). A través de una serie de experimentos muy originales, Kuhn ha mostrado que niños menores de 12 años tienen una muy precaria comprensión de la manera como las hipótesis son consistentes con o contradichas por la evidencia. Aunque los estudios de Kuhn han sido criticados en años recientes (Ruffman et. al., 1993), ella insiste en que un aspecto esencial del proceso de razonamiento sobre hipótesis es la toma de conciencia por parte del niño de que una hipótesis puede ser falsa y que, en consecuencia, existen hipótesis alternativas. Dicho de otra manera, pensar una hipótesis implica reconocer su carácter conjetural. Esa es la diferencia entre una hipótesis, en sentido estricto, y una creencia.

Igualmente, Kuhn ha argumentado que a pesar de que los niños formulan hipótesis sobre eventos que para ellos son enigmáticos, las hipótesis difícilmente podrían considerarse “teorías” en el sentido estricto del término. Las razones son varias: primero, una teoría exige coherencia conceptual, mientras que las creencias de los niños son a menudo fragmentarias; en segundo lugar, para admitir que los niños construyen “teorías” y que, en consecuencia, son capaces de generar explicaciones “científicas”, es preciso que las teorías sean cualitativamente diferentes de los datos y que, en cierto sentido, los niños sean sensibles a las diferencias entre esos dos niveles. Por ejemplo, ante la pregunta de por qué un globo de helio explota cuando se lo sumerge en un tanque de agua profundo, algunos niños “explican” que sucede porque “estalla” o porque se “desinfla”, no percibiendo que se está incurriendo en una explicación circular.

De hecho, una importante fuente de dificultad en el aprendizaje de conceptos científicos es la incompreensión por parte de los estudiantes de las reglas del “juego explicativo” de la ciencia. Para ser admitido en el juego de la explicación científica se requieren de dos condiciones: primero, saber formular las preguntas adecuadas, en el contexto y el nivel apropiados; y, segundo, asumir lo que quisiera denominar, siguiendo una analogía legal, la “responsabilidad de la prueba” (Forman & Larreamendy-Joerns, 1998).

El aprendizaje de la ciencia implica cambios no sólo en nuestro conocimiento del mundo, sino también en la manera como nos interrogamos acerca de él. Esto es, el aprendizaje de la ciencia implica una transformación en los parámetros que utilizamos para decidir qué es relevante explicar, así como en la naturaleza de las preguntas que

formulamos acerca de situaciones que nos parecen problemáticas. A diferencia de la cognición cotidiana, el conocimiento científico se interroga sobre y explica de forma fundamental, fenómenos prevalentes (es decir, fenómenos que constituyen la norma y no la excepción). Ejemplos notables del interés que los científicos manifiestan por fenómenos prevalentes pueden encontrarse en la teoría de la gravitación de Newton, la teoría de Darwin sobre el origen de la diversidad de especies y las teorías psicológicas sobre el funcionamiento de los sistemas de memoria. A pesar de sus diferencias, estas teorías versan sobre fenómenos como la caída de los cuerpos, la diversidad biológica y la facultad del recuerdo, cuya ocurrencia regular oculta a menudo su carácter enigmático y extraordinario. Los estudiantes tienen la tendencia, sin embargo, a considerar lo prevalente como auto-evidente y a centrar su atención en lo anormal, lo cual puede constituir un obstáculo significativo en el proceso de construcción del conocimiento científico y consecuentemente, en la comprensión de conceptos básicos. Por ejemplo, en un estudio sobre las explicaciones de jóvenes universitarios sobre el proceso de cambio evolutivo, Ohlsson (1991) concluyó lo siguiente:

Los estudiantes consideran como auto-evidente que los organismos se adaptan y lo que ello significa. No se requiere, por tanto, una teoría del mecanismo de adaptación. No existe ningún problema que dicha teoría pueda responder. Ni tampoco es una tal teoría posible. La adaptación es un evento primitivo, no está compuesto de procesos más simples. Por tanto, no hay nada que merezca explicarse. La adaptación no es un *explanandum*, sino parte del *explanans* (p. 71).

Nótese que al considerar la adaptación como un evento primitivo (es decir, como un proceso cuya inevitabilidad convierte a la explicación en un ejercicio imposible), los estudiantes están vedándose el acceso a un concepto tan crucial como el de selección natural, que por supuesto explica cómo las especies se adaptan a las condiciones del medio ambiente. Una estrategia de enseñanza exitosa tendría, en consecuencia, que comenzar problematizando el fenómeno mismo de la adaptación, so pena de armar a los estudiantes con respuestas a preguntas que jamás se formularon.

La segunda condición para entrar en el juego explicativo de la ciencia es asumir la responsabilidad de la prueba. Ello implica comprometerse a documentar aquello que se afirma. En la vida cotidiana prima lo que Aristóteles llamaba el *endoxon*, es decir, la opinión basada en lo verosímil o en lo que la mayoría de la gente considera verdadero. Desde el punto de vista cognitivo, asumir la responsabilidad de la prueba implica estar en capacidad de construir una estructura de conocimiento en la cual los conceptos estén integrados, de forma tal que un concepto siempre esté respaldado por otros. Ello se aparta drásticamente del aprendizaje fragmentario de conceptos científicos, de la ausencia de relación entre niveles de análisis y generalización, y del aprendizaje de la ciencia concebido como aprendizaje de hechos brutos.

Tomando en consideración algunos de los argumentos anteriores, la conclusión para Kuhn es que antes de los 11 o 12 años, es problemático para el niño entender el papel de la evidencia frente a las hipótesis. Los niños pequeños no establecen diferenciaciones entre la teoría y la evidencia. Dicho de otra manera, tienen problemas para entender el significado de los datos, están limitados por sus teorías y no atienden a la evidencia, o no están en capacidad de generar una evidencia útil. Frente a los conflictos entre la teoría y la evidencia, los niños ajustan la evidencia para mantener un “encaje o ajuste” entre la teoría y la evidencia privilegiando la teoría.

Aunque la posición de Kuhn parecería ser coherente con la idea de Piaget e Inhelder en el sentido de que es preciso esperar hasta la adolescencia (y muchas veces más tarde) para reconocer los trazos de un pensamiento genuinamente científico en los niños y para adelantar procesos de enseñanza de las ciencias, en realidad su crítica a la analogía niño-científico contribuye simplemente a esclarecer los límites de la comparación y, en consecuencia, a afinar los alcances de la acción pedagógica.

Por una parte, Kuhn reconoce que los niños emprenden procesos de formulación de hipótesis y búsqueda de evidencia. Sin embargo, son proclives, como también se ha demostrado en los adultos, a hacer prevalecer la teoría a expensas de la evidencia o a ignorar flagrantes contradicciones en las hipótesis o explicaciones propuestas. Lo que esto sugiere es que el pensamiento científico requiere del desarrollo de habilidades metacognitivas que le permitan al niño monitorear y controlar sus procesos de pensamiento.

Por otra parte, los experimentos de Kuhn no necesariamente precluyen la acción pedagógica. Kuhn está sencillamente mostrando que espontáneamente (es decir, dejados a su propio arbitrio, sin andamiaje y asistencia) los niños encuentran dificultades para avanzar hacia formas de pensamiento científicas. Sin embargo, como han demostrado innovaciones pedagógicas e investigaciones educativas que emplean diseños de aprendizaje, los niños, con el adecuado apoyo, pueden servirse de su capacidad para formular hipótesis, buscar regularidades y revisar sus concepciones como punto de partida para la apropiación de las reglas del razonamiento científico.

De hecho, Ruffman, Perner, Olson & Doherty (1993) han mostrado que cuando se simplifican las demandas de la tarea, cuando no se exigen complejas justificaciones verbales, cuando se reduce o se control el número de causas potenciales y cuando se alienta una confrontación entre la hipótesis propia y la de otras personas, los niños avanzan significativamente en su habilidad para relacionar hipótesis, evidencias y explicaciones. Las investigaciones de Ruffman y colaboradores han dado origen a una nueva tendencia en la literatura, que insiste en el diseño de ambientes de tarea que no sólo le permitan al niño dar cuenta sus habilidades espontáneas para relacionar hipótesis, explicaciones y evidencia, sino también avanzar en sus estrategias de pensamiento. El propósito no es ya determinar si los niños piensan científicamente (en un sentido estricto), sino crear condiciones para que colaborativamente, con la supervisión sutil del maestro y en el contexto de tareas especialmente diseñadas, puedan desarrollar formas de razonamiento metacognitivas que les ayuden a examinar la relación entre sus explicaciones y los datos disponibles. Como puede verse, la literatura psicológica y educativa ha dado un giro importante. De la investigación, si se quiere, puramente diagnóstica, se ha avanzado hacia una investigación que examina lo que los niños pueden hacer y pensar en contextos enriquecidos. En tal sentido, nuestra innovación se inscribe en esta tradición naciente.

3.2 Desarrollo del pensamiento científico en el contexto del aula de clases: del razonamiento a la interacción

En su obra “The fate of knowledge” [El destino de conocimiento], Helen Longino (2002) se refiere a la tradicional oposición que ha existido en la filosofía y la sociología de la ciencia entre las concepciones de la actividad científica como empresa racional y las concepciones de la ciencia como interacción social. Como señala Alvin Goldman, en una reseña publicada recientemente en la revista *Science* (2002), la oposición ha tendido, con los años, a dicotimizarse: “[Los filósofos y sociólogos] asumen que la ciencia es o bien racional y no social, o bien social y no racional; lo racional y lo social son mutuamente excluyentes” (Goldman, 2002, p. 2148). Contrariamente a lo que podría pensarse, la oposición entre lo social y lo racional no es de fácil resolución: por un lado, es claro que deben existir protocolos de inferencia que concedan al conocimiento científico legitimidad y validez; de igual manera, dichos protocolos deben responder a una lógica que trascienda el simple acuerdo social y que impida que la actividad científica se diluya en un consensualismo potencialmente errático. De allí la importancia del método, de la lógica experimental, y de las reglas establecidas sobre la naturaleza de la evidencia y la explicación científicas. Por otro lado, sin embargo, sabemos por estudios en sociología de la ciencia (Latour, 1987) que los científicos proceden mediante acuerdos intersubjetivos y que sus prácticas discursivas son sensibles a la argumentación (y por tanto, a la audiencia) y no sólo, como antes se admitía sin resquicio de crítica, a la lógica hipotético-deductiva.

Longino propone, en un intento reconciliador, que el conocimiento científico es el resultado de comunidades productivas que observan un conjunto particular de “normas sociales”. Así, por ejemplo, las comunidades deben estar gobernadas por interacciones discursivas críticas (i.e., la audiencia debe ser escéptica más que complaciente; Forman & Ansell, en prensa; Forman & Larreamendy-Joerns, 1998); deben existir foros públicos para la crítica de la evidencia y los métodos; las creencias y las teorías deben cambiar en respuesta al discurso crítico; deben existir estándares para la evaluación de explicaciones; y, finalmente, todos los miembros de la comunidad deben ser considerados capaces de contribuir al diálogo (norma que excluye el uso de argumentos de autoridad, pero que no debe ser concebida como un respaldo a formas democráticas de interacción).

Una de las virtudes de la propuesta de Longino, al margen de sus eventuales debilidades, es que concibe la lógica científica no como un simple asunto de razonamiento (o pensamiento, si se quiere), sino como un entramado discursivo y social. Dicho de otra manera, no encapsula la lógica científica en los límites de la mente y del individuo, ni la convierte en un conjunto trascendente de preceptos; tampoco la abandona, empero, al capricho de la interacción social; por el contrario, le asigna normas que la distinguen de otras interacciones sociales posibles no conducentes a la construcción de conocimiento. En otras palabras, Longino concibe lo social de la actividad científica no sólo como un contexto que rodea a la actividad cognitiva (i.e., al razonamiento científico), sino también como un entramado que posibilita y condiciona la cognición científica como tal.

La posición de Helen Longino constituye un interesante contrapunto a la literatura discutida previamente en el sentido de que, a diferencia de la mayoría de

estudios psicológicos, no asigna a la mente individual la “responsabilidad” de generar el conjunto de rasgos que definen el razonamiento científico. En tal sentido, Longino complementa (o quizás critica) la perspectiva de autores como Piaget, Karmiloff-Smith, Siegler y Klahr.

En efecto, como señalamos anteriormente, el interés por el desarrollo del pensamiento científico en el niño se remonta a Piaget y más específicamente a su obra tardía “De la lógica del niño a la lógica del adolescente” (1970). En ella, Piaget e Inhelder explican el surgimiento del pensamiento científico en términos de la consolidación de estructuras lógico-matemáticas (como el grupo de las cuatro transformaciones o INRC). Consistentemente con el análisis de otros estadios del desarrollo, Piaget e Inhelder atribuyen dicha consolidación primordialmente a factores endógenos, relacionados con los procesos de equilibración y adaptación de las estructuras cognitivas. Nótese que la explicación por la equilibración otorga un papel en el mejor de los casos marginal a factores de orden social en el surgimiento del pensamiento científico; el pensamiento deviene experimental e hipotético-deductivo en virtud de las ventajas formales que una modalidad tal de pensamiento tiene sobre otras formas de razonamiento.

Aunque luego de la publicación de la obra de Piaget e Inhelder ha habido un número considerable de estudios cognitivos que muestran que el pensamiento científico aparece mucho más precozmente (es decir, mucho antes de la adolescencia), la mayoría de investigaciones ignora la génesis social de operaciones del pensamiento que habitualmente calificamos como distintivas del pensamiento científico. Así, si los niños categorizan, realizan inferencias, formulan hipótesis, contrastan sus conjeturas con la evidencia disponible y explican, lo hacen porque tienen la competencia para hacerlo (de manera sofisticada o no), sin que se indague por la relación que guarda dicha competencia con el mundo social y discursivo en el que el niño habitualmente se mueve y resuelve problemas. Dicho de otra manera, las capacidades del niño se asumen como efecto del desarrollo cognitivo, entendido como un proceso, repetimos, endógeno, relativamente impermeable al aprendizaje y, más ampliamente, a los procesos de socialización. Esta caracterización es coherente con la perspectiva de la actividad científica como una empresa puramente racional.

En el marco de la presente innovación pedagógica, sin embargo, adoptamos una posición más social de la actividad científica. No se trata, empero, de una defensa del “anything goes” de Feyerabend, o de la idea de que el conocimiento científico es simplemente el resultado de acuerdos intersubjetivos, indistinguibles de los acuerdos a los que llegan otras comunidades de práctica (e.g., comunidades políticas o religiosas). Tampoco se trata de desconocer que el pensamiento científico implica un complejo procesamiento de información (cuyas características son muy próximas a las que Piaget e Inhelder describieron). Se trata, sí, de reconocer que, además de su justificación racional, el pensamiento científico es el resultado de normas sociales de interacción que imponen ciertos desempeños cognitivos.

Esta perspectiva mediacional entre la ciencia como práctica racional y social coincide con la perspectiva de Lehrer, Schauble y Petrosino (2001), que en muy buena medida orientó nuestra manera de concebir el desarrollo del pensamiento científico en el aula. Para Lehrer y colaboradores, las prácticas tradicionalmente concebidas como definitorias de la ciencia (e.g., experimentación, medición, explicación) son en realidad componentes de una cadena de indagación [chain of inquiry] más amplia; dicho de otra manera,

responden a requerimientos que surgen en el contexto de la interacción con otros. Por ejemplo, la medición es una consecuencia de la necesidad de acordar con otros referentes comunes y la experimentación, por su parte, el resultado de anticipar objeciones, hipótesis alternativas y situaciones, aunque no existentes, cuando menos posibles. Los experimentos son, en tal sentido, no solo modelos de las situaciones reales investigadas, sino también argumentos retóricamente eficaces.

Para Lehrer y colaboradores, la enseñanza de la lógica experimental carece de sentido, y posiblemente de eficacia, sino se inscribe en el contexto más amplio de las prácticas del argumento, la representación y el modelamiento. “La experimentación está siempre inscrita en un contexto de argumento o retórica acerca de la adecuación de los materiales, los procedimientos, los instrumentos, los objetos y las manipulaciones que son empleados” (Lehrer, Schauble & Petrosino, 2001, p. 257-258). En este sentido, un experimento se realiza para producir resultados no sólo confiables y válidos, sino también convincentes ante una audiencia crítica y escrutadora. Dicho de manera lacónica, el experimento es un recurso retórico. En consecuencia, en la enseñanza de las ciencias debe insistirse menos en la lógica experimental *per se*, que en el valor de los dispositivos experimentales como argumentos efectivos.

Por su parte, las prácticas de representación se refieren al hecho de que “los científicos construyen sus argumentos no con datos no procesados del mundo observable, sino con variadas formas de inscripción” (Lehrer, Schauble & Petrosino, p. 259). Las inscripciones incluyen, entre otros, dibujos, mapas, tablas, diagramas, textos, formalismos matemáticos y modelos físicos; su función es la de “preservar, componer y hacer públicas partes del mundo de manera que puedan ser sometidas al argumento” (Lehrer, Schauble & Petrosino, p. 259). Es en el contexto de las prácticas de representación que la medición deviene necesaria. Desde esta perspectiva, desarrollar formas de pensamiento científico implica, entonces, aprender a operar con inscripciones como condiciones y parte de argumentos más amplios. Finalmente, la experimentación debe entenderse también como una práctica de modelamiento. El experimento es una situación simplificada y controlada que “representa” [stands for] una clase de fenómenos reales sobre los cuales se hacen inferencias a partir de los datos experimentales. En tal sentido, el experimento no es el mundo real, pero hace parte de él. Por ello, la enseñanza de las ciencias debe permitir a los estudiantes establecer relaciones entre los dispositivos experimentales y los fenómenos que se desean explicar o investigar.

El desarrollo de prácticas de argumento, representación y modelamiento que recreen la actividad científica implica no sólo competencias cognitivas específicas, sino también condiciones de interacción social muy especiales. Como señala Longino, se requiere de una audiencia crítica (aunque, desde luego, respetuosa) y de espacios públicos de debate. En el contexto de la enseñanza, es vital que el docente ofrezca el andamiaje necesario para que los estudiantes comprendan la eficacia de la lógica experimental en relación con otras formas de argumento; para que los estudiantes ponderen la relevancia de diversas formas de inscripción; para que los estudiantes aprendan a evaluar sus explicaciones en función de criterios disciplinarios aproximados; y para que los espacios públicos de argumentación y debate se organicen de manera tal que las diversas explicaciones y procedimientos se examinen críticamente, sin menoscabo de la autoestima de los estudiantes. Si las formas de pensamiento sobre hipótesis-evidencia se generan en el contexto de las prácticas mencionadas, la adopción de criterios científicos será una

decisión respaldada en argumentos públicos y contrastables, y no simplemente en la valoración individual que el maestro le concede a la actividad científica.

A partir de las anteriores consideraciones, hemos creído necesario incorporar en nuestros ambientes de aprendizaje no sólo “posibilidades objetivas de experimentación” (i.e., de variación y manipulación de variables), sino también actividades destinadas a la discusión del diseño de los experimentos y de la plausibilidad de las hipótesis y explicaciones propuestas. Igualmente, hemos creído necesario insistir en las prácticas de inscripción (en nuestro caso, a través de la elaboración de bitácoras de experimentación que obliguen a los estudiantes a hacer público todos y cada uno de los pasos de su indagación).

En conclusión, uno de los aportes que consideramos más significativos de nuestro proyecto ha sido nuestra manera de conceptualizar la actividad científica y, por ende, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Hemos intentado integrar una perspectiva que concibe el pensamiento sobre hipótesis-evidencia como un proceso individual con una concepción sociocultural, en la que el origen del pensamiento científico no es ajeno a los requerimientos sociales y discursivos a los que el niño debe responder con la ayuda del maestro.

3.3 El análisis cognitivo de tareas: una herramienta para la optimización de ambientes de aprendizaje

Una de las enseñanzas más consistentes y robustas de la práctica docente es que cuando se llevan a cabo modificaciones mínimas en las actividades en el aula, el desempeño de los estudiantes puede cambiar significativamente. En el ámbito investigativo, la experiencia de Ruffman y colaboradores es dicente: simplificar la tarea, ofrecer apoyo y reducir la complejidad de las justificaciones esperadas, condujo a los niños a un desempeño muy superior al observado en experimentos anteriores. En la enseñanza del lenguaje escrito sucede otro tanto: mínimos cambios introducidos en textos (como, por ejemplo, aumento de coherencia, inclusión de léxico más familiar, actividades de pre-lectura) generan niveles de comprensión mucho mejores.

Las innovaciones pedagógicas en el aula deben propender no sólo por lograr niveles mayores de aprendizaje, sino también por dar luces acerca de la relación entre las actividades que se llevan a cabo en el aula y la construcción de conocimiento en los estudiantes. Dicho de otra manera, el propósito de las innovaciones pedagógicas no puede razonablemente reducirse al diseño de formas novedosas de enseñanza (es decir, a la variación de estrategias de intervención o ambientes de tarea). Debe también incluir, como parte esencial, una intención explicativa.

El aprendizaje de los estudiantes es el resultado de la compleja interacción de los procesos cognitivos y sociales que están implicados en las actividades y las tareas que se desarrollan en el aula. En tal sentido, las actividades y las tareas son “dispositivos” específicamente diseñados para producir aprendizaje. Al respecto, la definición de “dispositivo” que ofrece el Diccionario de la Real Academia Española resulta esclarecedora: “Mecanismo o artificio dispuesto para producir una acción prevista”. Que algunas tareas y actividades, en efecto, generen aprendizaje no es particularmente

sorprendente. La pregunta es ¿por qué? Es aquí donde entra el análisis cognitivo de tareas.

Históricamente, cuando educadores y psicólogos deseaban investigar el desempeño de estudiantes en actividades en el aula y la adecuación entre las actividades propuestas y el grado escolar, llevaban a cabo un análisis de tareas (Gagné fue uno de los precursores de dicha metodología). El análisis de tareas tradicional producía una lista de tareas, subtareas y objetivos, así como una serie de conductas de entrada, de conductas de salida, de condiciones para el desempeño y de criterios de proficiencia. El análisis de tareas tradicional, sin embargo, se limitaba a un inventario de conductas observables y a un listado, más o menos ordenado, de conceptos involucrados. En muy pocas oportunidades, el análisis de tareas permitía explicar la complejidad o facilidad que la tarea representaba para los estudiantes.

Con el advenimiento de la psicología cognitiva y, más recientemente de la teoría sociocultural, surgió una nueva perspectiva sobre el análisis de tareas (Gordon & Gill, 1997). Actualmente, el análisis de tareas implica identificar no sólo los aspectos formales de la actividad pedagógica, sino también los procesos intelectuales que demanda y las condiciones de interacción social que incorpora, todo ello en la perspectiva de lo que aportan (en términos de facilitación y obstaculización) al aprendizaje y la construcción de conocimiento.

El análisis de tareas requiere distinguir dos niveles básicos: el ambiente de la tarea y los espacios del problema. El ambiente de la tarea se define como la descripción "objetiva" de una tarea, en el sentido de ser generada por alguien que disponga de todo el conocimiento relevante y que cuente con todo el tiempo requerido para solucionar o enfrentar la tarea. Cuando se especifica el ambiente de la tarea de una actividad, deben identificarse: (a) la consigna, en términos de la información que proporciona; (b) la meta de la actividad, en términos de cuán definida es y de los parámetros de evaluación que aporta; (c) las acciones posibles o estrategias de solución; (d) la información disponible, es decir, la información que está al alcance del solucionador; y, (e) las entidades (objetos, conceptos, representaciones, etc.) que constituyen o hacen parte de la situación problema.

Sin embargo, el análisis del ambiente de la tarea sólo da una visión parcial de las características de la actividad. Es necesario llevar a cabo un análisis de los espacios del problema; es decir, de la manera como los estudiantes representan la actividad propuesta. La representación de los estudiantes está, desde luego, determinada por su conocimiento previo, por los rasgos engañosos de la tarea, por sus rasgos salientes, por las estrategias de solución anteriormente aprendidas y por otras variables relativas al conocimiento de los estudiantes. Es crucial reconocer que la forma como un estudiante enfrenta, comprende y representa una tarea no tiene por qué coincidir con la manera como el docente concibe la tarea o, en su defecto, con los rasgos "objetivos" de la misma. A diferencia del ambiente de la tarea, para emprender un análisis de los espacios del problema, es necesario tomar en consideración el desempeño real de los estudiantes en la actividad y reconocer las regularidades a las que la tarea ha dado lugar.

El análisis de tareas, sin embargo, no sólo implica la descripción del ambiente y de los espacios, sino también la descripción de la interacción social o el contexto, en el sentido de cómo ella o él contribuyen al aprendizaje y al desempeño de los estudiantes. Como se sabe, resolver una tarea o participar en una actividad con la ayuda y supervisión de un profesor es diferente de resolverla individualmente. Otro tanto sucede en el caso de

resolución colaborativa de problemas. En tal sentido, es importante definir y describir cómo las intervenciones del docente contribuyen a potenciar o a limitar el aprendizaje y la actividad de los estudiantes.

El análisis de tareas, en la forma anteriormente descrita, proporciona luces importantes acerca de la efectividad de una actividad pedagógica. A partir de ello, pueden identificarse rasgos o aspectos que pueden ser empleados en el diseño de otras actividades, o elementos que deben ser modificados para garantizar un aprendizaje más significativo. Por otra parte, el análisis de tareas exige a los maestros a examinar con lente de aumento y con gran detenimiento actividades que usualmente se toman de los libros de texto o de los instructivos curriculares (es decir, que se utilizan inercialmente) y que, en razón del escaso tiempo de que disponen los maestros, pasan sin ser analizadas. En principio, lo que distingue a un maestro investigador es el grado de descripción de su práctica pedagógica; la manera como el maestro investigador vuelve sobre su experiencia y la explicita. Dicho de otra manera, el maestro puede simplemente actuar, en el contexto del aula, o detenerse para preguntarse sobre la naturaleza de su acción. Finalmente, el análisis de tareas, como herramienta investigativa, nos resguarda de la proclividad a asumir discursos generales y nos mantiene aferrados a la cotidianidad de la práctica pedagógica. El análisis de tareas, valga la redundancia, versa sobre las tareas particulares, minúsculas, pero significativas que los maestros llevan a cabo en sus aulas. No trata sobre lo que los maestros piensan o intentan, sino sobre lo que los maestros hacen efectivamente.

3.4 El andamiaje cognitivo y discursivo del maestro como una condición para la apropiación del razonamiento científico

Las actividades en el aula son tareas colaborativas en las que los maestros y los niños interactúan entre sí con el propósito de acceder a nuevos conocimientos. En el aparte acerca del desarrollo de las formas de pensamiento sobre hipótesis y evidencia, se mostraba cómo cuando las condiciones se establecen adecuadamente, los niños son capaces de razonar de manera apropiada. El razonamiento de los niños y su aprendizaje depende, naturalmente, de las características de las actividades pedagógicas (de allí la importancia del análisis de tareas).

Sin embargo, quisiéramos en este aparte enfatizar el papel desempeñado por el maestro, como facilitador del aprendizaje de los niños. Su participación en las actividades en el aula hace parte del diseño de la tarea, pero es necesario caracterizar aún más su forma de intervención. Al conceptualizar este aspecto esencial de las actividades en el aula, hemos creído esencial referirnos al aporte de Jerome Bruner en relación con el concepto de “andamiaje”. El concepto de andamiaje guía nuestra propuesta de innovación, junto con el concepto de análisis cognitivo de tarea y nuestra comprensión de la importancia y el desarrollo del razonamiento científico en el niño.

El concepto de andamiaje [scaffolding], propuesto en 1976 por Wood, Bruner y Ross, tiene como antecedente el concepto de zona de desarrollo próximo, acuñado por Vygotsky. Según Vygotsky, la zona de desarrollo próximo es la distancia entre el nivel de desarrollo real de un niño, evaluado mediante la resolución individual de problemas, y su nivel de desarrollo potencial, determinado por la solución de problemas bajo al

supervisión o en colaboración de un adulto o un par más capaz. Vygotsky propuso dicho concepto para dar cuenta de las relaciones entre aprendizaje y desarrollo, relaciones que, dicho sea de paso, se han vuelto más complejas a medida que los psicólogos han tomado conciencia de la influencia de la educación y la cultura en el desarrollo cognitivo de los niños. La idea fundamental es que el aprendizaje siempre está un paso adelante del desarrollo. Tal es el caso, en nuestra opinión, del pensamiento científico: aunque los niños pequeños e incluso los adolescentes enfrentan dificultades para razonar científicamente, si les es proporcionada la ayuda adecuada, pueden avanzar y desempeñarse apropiadamente. El problema que Bruner y colaboradores investigaron fue, entonces, qué tipo de interacciones entre adultos y niños (o más genéricamente, entre expertos y aprendices) contribuyen al aprendizaje.

Los investigadores observaron a niños y adultos resolviendo un problema colaborativamente. Wood, Bruner y Ross habían pedido a los adultos que se abstuvieran de resolver el problema por los niños o de dar soluciones directas a los aprendices. Luego de un análisis de los patrones de interacción, los autores propusieron seis estrategias de andamiaje o apoyo llevadas a cabo por los adultos:

- a. Focalización del interés del niño en la tarea;
- b. Reducción de los grados de libertad de la tarea (es decir, reducción del número de opciones o cursos de acción considerados por el niño);
- c. Mantenimiento de la orientación hacia metas;
- d. Acentuación de rasgos críticos del problema;
- e. Control de frustración;
- f. Demostración de estrategias ideales de solución.

La virtud de estas estrategias de andamiaje es que ofrecían a los aprendices apoyo en sus procesos de solución de problemas, sin proveer la respuesta correcta, aunque simplificando la tarea para que estuviera al alcance de los niños. De hecho, aunque originalmente no observadas en el aula de clases, estas y otras estrategias de andamiaje han sido asociadas a formas sofisticadas de interacción maestro-estudiante, en el sentido de promover acercamientos constructivistas al conocimiento.

En años recientes, se ha sumado a la lista de Wood, Bruner y Ross un número considerable de formas de andamiaje (Forman & Larreamendy-Joerns, 1998; Gee, 1994; Krummheuer, 1995; Lemke, 1990; O'Connor & Michaels, 1993, Wells, 1993). La mayoría de maestros e investigadores educativos están interesados en el discurso y en el uso del lenguaje no porque aspiren a construir teorías lingüísticas o por su interés en el lenguaje por sí mismo, sino más bien porque, como Lemke (1990) ha señalado, "el dominio de áreas académicas es el dominio de su patrón especializado de uso del lenguaje, y [porque] el lenguaje es el medio dominante mediante el cual se enseñan los contenidos y mediante el cual se evalúa el dominio que poseen los estudiantes" (p. 81).

En este sentido, la naturaleza de las prácticas discursivas en las que los estudiantes se involucran a través de sus experiencias de aprendizaje constituye una ventana privilegiada que permite apreciar cómo se apropia y socializa el conocimiento. De acuerdo con esto, mediante el escrutinio del discurso de los estudiantes, maestros e investigadores educativos pueden determinar si se han logrado las metas educativas específicamente relacionadas con el aprendizaje concebido como socialización.

4 OBJETIVOS Y FASES DE LA INNOVACION

4.1 Objetivo general

- Diseñar e implementar una serie de ambientes de aprendizaje que permitan a los estudiantes, de acuerdo con su grado escolar, aprender a formular hipótesis, recolectar evidencia y proponer explicaciones sobre fenómenos físicos relacionados con el concepto de presión.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar, en cada uno de los grados escolares seleccionados, las preconcepciones de los estudiantes respecto a fenómenos físicos relacionados con el concepto de presión, con anterioridad a su participación en los ambientes de aprendizaje diseñados.
- Realizar, para cada uno de los ambientes de aprendizaje propuestos, un análisis cognitivo de tareas, que de cuenta de los procesos psicológicos e interpersonales implicados en la actividad pedagógica y de su relación con el conocimiento previo de los estudiantes y el apoyo didáctico de parte del docente.
- Especificar las estrategias de apoyo o andamiaje que el maestro debe implementar para acompañar a los estudiantes en las actividades propuestas para cada uno de los ambientes de aprendizaje diseñados.
- Evaluar el aprendizaje de los estudiantes en lo relativo a su capacidad de examinar críticamente la relación entre las hipótesis y explicaciones propuestas y la evidencia disponible.
- Evaluar el aprendizaje de los estudiantes, en cada uno de los grados escolares seleccionados, en relación con la explicación de fenómenos relacionados con el concepto físico de presión.

4.3 Fases de la innovación

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos anteriormente descritos, el proyecto de innovación se implementó en tres fases. La primera fase, o fase de **SOCIALIZACION Y DISEÑO**, implicó una socialización entre los docentes participantes del conocimiento científico especializado sobre el concepto de presión, así como una discusión sobre el concepto de ciencia y el desarrollo del pensamiento científico en el niño. Durante esta fase se recolectó información sobre las concepciones espontáneas de los niños sobre el concepto de presión y principios relacionados. Finalmente, se diseñaron los ambientes de aprendizaje para los grados de primaria y bachillerato.

La segunda fase, o fase de **IMPLEMENTACION**, implicó la puesta en marcha de las innovaciones y específicamente de los ambientes de aprendizaje para cada uno de los

grados escolares participantes. Se tomaron registros videograbados en el aula de clase y se recolectaron también documentos escritos producidos por los estudiantes durante las actividades.

La tercera fase, o fase de ANÁLISIS Y EVALUACIÓN, involucró el análisis de las interacciones registradas en el aula de clases y la evaluación de las producciones de los estudiantes, en términos de su razonamiento sobre hipótesis-evidencia y la comprensión de fenómenos de presión.

5 EVALUACION DE PRECONCEPCIONES SOBRE FENOMENOS DE PRESION

El diseño de ambientes efectivos de aprendizaje supone la identificación y el análisis de las preconcepciones y del conocimiento previo relevante que los estudiantes tienen sobre los contenidos o las habilidades escolares que los ambientes introducen. Los ambientes deben, por una parte, permitir a los estudiantes superar sus concepciones erróneas, y, por otra parte, hacer uso de su conocimiento previo como acicate para la comprensión de las tareas propuestas.

En nuestro proyecto de innovación pedagógica, el grupo de maestros participantes, los estudiantes de psicología que colaboran en el proyecto y el experto acompañante trabajaron por espacio de varios meses para diseñar una prueba que permitiera explorar las concepciones sobre presión de estudiantes de diversos grados escolares. Finalmente, se construyó un instrumento compuesto por 23 preguntas, en cada una de las cuales se presentaba una situación cotidiana y se pedía al estudiante que predijera lo que sucedería y que explicara por qué. Temáticamente, el instrumento incluyó seis preguntas sobre presión en sólidos, dos preguntas sobre presión en líquidos, cuatro preguntas sobre fenómenos relativos al principio de Pascal, nueve preguntas relacionadas con el principio de Bernoulli y diferencias de presión, y una pregunta declarativa sobre la relación entre presión y fuerza. El instrumento fue administrado en forma escrita a 69 estudiantes de sexto y octavo grados (38 y 31, respectivamente). Para facilitar la comprensión de las preguntas, con los estudiantes de primero y tercer grado de primaria se realizaron 41 entrevistas individuales, que fueron filmadas y luego transcritas. Durante las entrevistas, se formularon las 11 preguntas que conceptualmente estaban más alcance de los niños.

A continuación se presenta un sumario de los análisis llevados a cabo a partir de las respuestas de los estudiantes. El análisis está organizado de la siguiente manera. Primero, se presenta un análisis preliminar de las preconcepciones de los estudiantes sobre los estados de la materia; dichas preconcepciones son cruciales puesto que, como han señalado varios autores (Séré, 1989; Savy, 1995), la concepción atómica de la materia es un prerrequisito para la comprensión del comportamiento de fluidos, ámbito en el cual los fenómenos de presión son más salientes y conspicuos. En un segundo término, se presentan algunas consideraciones generales sobre la manera como los estudiantes conceptualizan el concepto de presión, con particular énfasis en las distinciones conceptuales que establecen entre presión, otros conceptos físicos (como fuerza) y conceptos cotidianos. En tercer lugar, se desarrolla un análisis sobre la

estabilidad de los modelos de presión de los estudiantes; es decir, sobre su variabilidad como función de las situaciones que las preguntas presentaban. Finalmente, se intenta explicar dicha variabilidad en términos de las representaciones que los estudiantes construyeron sobre las situaciones expuestas en las preguntas y se ilustra la explicación con un análisis detallado de las concepciones de los estudiantes sobre el principio de Pascal.

5.1 Preconcepciones de los estudiantes sobre los estados de la materia

En este apartado se presentan algunas de las preconcepciones que tienen los niños acerca de los estados de la materia. Los tipos de preconcepciones reportadas no constituyen un listado exhaustivo, puesto que el instrumento no fue diseñado para indagar de forma sistemática dichas preconcepciones. Consideramos, sin embargo, que analizar las concepciones que tienen los niños sobre la presión a partir de cómo conciben la materia es relevante, ya que la noción de presión no es ajena a las preconcepciones que los niños tienen acerca de la materia en general. Así, por ejemplo, si el niño concibe que el aire existe sólo si se encuentra en movimiento, puede verse afectada la comprensión de la noción de diferencias de presión, en el caso en el que uno de los dos fluidos no se encuentre en movimiento.

Acercas de las concepciones que tienen los niños sobre la materia, Stavy (1995) reporta que desde la edad de los ocho años, los niños conciben la materia en términos de estructura o en términos de propiedades específicas tales como el color y la dureza. Dicha autora también reporta que sólo una proporción menor de niños de 12 años caracteriza la materia en términos de las propiedades que son relevantes en un contexto científico, tales como el peso o el volumen. Sin embargo, en las respuestas al cuestionario de preconcepciones se encontró que desde los 9 años los niños apelan a dichas propiedades para explicar fenómenos físicos; no obstante, los datos nos impiden determinar, de manera cierta, si el uso de los términos corresponde al significado canónico de los mismos. Respecto a los niños de 13 y 14 años, la literatura revisada reporta una mejor comprensión de las propiedades de la materia, relacionada con la instrucción, lo cual concuerda con los datos obtenidos a partir de la aplicación de nuestro instrumento sobre preconcepciones de presión. Las preconcepciones son presentadas a continuación de acuerdo con el estado de la materia al cual se refieren.

Sólidos

Las preconcepciones sobre sólidos fueron evidentes en las respuestas de los niños a las preguntas del cuestionario que indagan sobre la relación entre presión y peso, y entre presión y área (preguntas 1, 3 y 4). Dichas preguntas nos permitieron indagar, de manera indirecta, la manera como los niños conceptualizan las nociones de peso, masa y volumen, nociones que constituyen un logro significativo en la comprensión global de las propiedades básicas de la materia.

Caracterización de un sólido en relación con las propiedades de masa, peso y volumen. En este modelo los niños diferencian entre peso y volumen, es decir, saben que dos objetos pueden variar respecto al peso así tengan el mismo volumen; también saben que la diferencia de peso se debe a la diferencia de masa de los objetos. Este modelo es frecuente en la mayoría de los niños de octavo grado (13 años) y se evidencia en algunos

niños de sexto grado (11 años). Un ejemplo de este modelo lo constituye la respuesta de un estudiante de octavo a la siguiente pregunta:

“Si tenemos dos pelotas del mismo tamaño, una de plástico y una de metal, y las dejamos caer desde una misma altura sobre una arenera ¿Dejarían huellas idénticas o huellas diferentes? *Yo creo que una se hundiría más que la otra, en este caso la de metal se hundiría más porque tiene más masa lo que significa que pesa más, en cambio la de plástico solo dejaría su huella al caer.*”

Caracterización de un sólido en relación con las propiedades de peso y volumen.

En este modelo los niños diferencian entre peso y volumen, esto es, saben que el peso de dos objetos puede variar a pesar de que ellos tengan el mismo volumen; sin embargo, no es claro que los niños diferencien los conceptos de peso y masa. La mayoría de los niños de sexto y tercer grado (11 y 9 años) adoptan este modelo, aunque también puede observarse en algunos niños de octavo grado (13 años). Una ilustración de este modelo se encuentra en el siguiente aparte de la entrevista a un niño de tercer grado:

“Si tenemos dos pelotas del mismo tamaño, una de plástico y una de metal, y las dejamos caer desde una misma altura sobre una arenera ¿Dejarían huellas idénticas o huellas diferentes? *La de metal se hundiría más y la de plástico se hundiría un poquito. ¿Cuál dejaría más huella? La de metal. ¿Por qué? Porque la de metal es más pesada y la de plástico es menos pesada.*”

Caracterización de un sólido en relación con el tamaño. En concordancia con los hallazgos de Stavy, encontramos que la mayoría de los niños de primer grado (7 años) emplean rasgos específicos para caracterizar los sólidos y los eventos en los cuales éstos se encuentran implicados. En este modelo los niños sólo recurren al tamaño de los objetos para explicar los fenómenos; no se evidencia que los niños tengan la concepción de la independencia del peso en relación con el tamaño del objeto. Por ejemplo, durante la entrevista, un niño de primer grado expresó lo siguiente:

“Si tenemos dos pelotas del mismo tamaño, una de plástico y una de metal, y las dejamos caer desde una misma altura sobre una arenera ¿Dejarían huellas idénticas o huellas diferentes? *¿alguna se hundiría más? No. ¿Dejarían huellas iguales? Si. ¿Por qué? Porque son pelotas y las dos son iguales. Tiene el mismo tamaño, ¿entonces las huellas serían iguales? Si. ¿Sin importar que una es de metal y una es de plástico? (Asiente).*”

Variación del peso en relación con la posición del objeto. Los niños no tienen la noción de conservación de peso de los objetos independientemente de la posición de los mismos, esto es, atribuyen variaciones en el peso de los objetos en virtud de la posición en la que éstos se encuentran. Esta noción se encuentra en la mayoría de los niños de primer grado (7 años), en algunos niños de tercer grado (9 años) y en algunos niños de sexto grado (11 años). Este es el caso de la respuesta de un niño de primer grado:

“Imagina que tu tienes que pasar un río congelado, pero tu no quieres romper el hielo, porque si lo rompes te puedes caer, entonces, tu objetivo es atravesar el río sin romper el hielo. ¿Cómo preferirías pasarlo, acostada o de pie? *Acostada. ¿Por qué? Para no hacer tanto peso ¿Cuándo estás acostada haces menos peso que cuando estás de pie? (Asiente)*

Líquidos

Las preguntas que permitieron evidenciar nociones sobre el agua son las que indagaban por la relación del área con la velocidad del fluido (preguntas 17 y 19). En particular, fueron especialmente notables las concepciones de los estudiantes sobre la comprensibilidad de la material (y, correspondientemente, la incomprensibilidad de fluidos). La presencia de esta noción es relativamente frecuente en los niños de primero y tercero y poco usual en sexto y octavo grado. Los niños piensan que al reducirse el área transversal por dónde circula el agua, ésta se comprime, se estanca o se amontona.

“Te has dado cuenta que en algunas partes los ríos son más anchos y en otros son más delgaditos, ¿qué pasa con la velocidad del agua cuando los ríos se hacen más estrechos, más delgaditos?. *Se van aún más despacio ¿Por qué se van despacio?. Porque como hay menos espacio como que se aprieta el agua algo así, y no tienen como tanta velocidad para irse a la misma velocidad.*”

Gases

Diversos autores (Séré, 1986, 1989; Stavy 1995) reportan que antes de los 11 años los niños no desarrollan de forma espontánea el concepto de gas; en tal sentido, no son conscientes de las propiedades comunes a los gases, como por ejemplo el hecho de que poseen volumen, masa o que tienen la propiedad de ser compresibles; el conocimiento que tienen acerca de los mismos es primordialmente “funcional”. Según Séré, sólo después de los 11 años los niños caracterizan los gases de acuerdo con los rasgos físicos fundamentales.

Una de las preguntas más ilustrativa al respecto consiste en predecir qué le sucede a un mecanismo compuesto por un globo conectado a un tubo en forma de U que contiene agua, al dejar caer sobre él un peso suficiente como para oprimir el globo. Las respuestas de los niños confirman los reportes de Séré y Stavy; sin embargo, las nociones que los niños tienen sobre los gases, no son nociones funcionales en sentido estricto, es decir, no necesariamente hacen referencia a las funciones de un gas determinado, sino que se refieren a propiedades perceptualmente relevantes. Cabe aclarar que el cuestionario trabajó con un gas en particular, a saber, el aire, gas que consideramos es el más familiar para los niños (pero quizás el menos notorio).

Modelo animista. En este modelo los niños atribuyen al aire rasgos propios de los Seres vivos tales como intenciones o voluntad. Este modelo es mucho más frecuente en los niños de 7 años que en los niños de 9 años. No obstante se encuentran *expresiones* animistas en niños de sexto y octavo grado. Séré (1986) pone de manifiesto que este tipo de expresiones también es usado por adultos y afirma que más que reflejar un pensamiento animista se puede tratar sencillamente de un giro lingüístico. Presentamos a continuación una ilustración de un estudiante de primer grado:

“Si nosotros soplamos con este pitillo por el medio de las dos velas ¿tú que crees que pasa con las llamas? *Se corren así* (se separan) ¿Hacia dónde se moverían? *Se moverían hacia allá las dos, esta para allá y esta para allá* ¿Por qué crees que se moverían hacia fuera? *Porque uno sopla y como que se apagan, como*

que se quieren apagar pero no se apagan, y para no apagarse como que se corren.”

Comprensibilidad. Los niños reportan ideas tales como que el aire se amontona, está encerrado o se acumula; estas ideas pueden constituir antecedentes adecuados para la construcción de la noción de compresibilidad de los gases. Sin embargo, no podemos llegar a afirmar que dichos términos constituyen una expresión de la noción de compresibilidad, puesto que no es claro si subyacente a su uso, el niño cuenta con una concepción molecular de la materia. Este tipo de expresiones es usual en los niños de primero, tercero y sexto grado; por el contrario, en noveno grado sólo algunos emplean dichos términos. Así, por ejemplo, un niño de tercer grado emplea la siguiente expresión al explicar lo que sucedía cuando se dejaba caer un peso sobre el mecanismo previamente mencionado:

“Hace que el aire se acumule acá (en el punto de contacto del aire del globo con el agua del tubo) y va haciendo que el agua se suba para el otro lado”.

Materialidad de los gases (y del aire). Los niños más pequeños (primer grado) atribuyen al aire características contrarias a las características propias de una sustancia material; esto puede ilustrarse en la idea que algunos niños tienen respecto a la capacidad del aire para atravesar el agua. Los datos son coherentes con los reportes de las autoras previamente citadas según los cuales antes de los 11 años los niños no consideran los gases como materia. Cabe aclarar, sin embargo, que no en todos los casos esta concepción permanece estable a lo largo de la entrevista; por ejemplo, después de escuchar la contra pregunta del entrevistador algunos niños rectifican su explicación. Por ejemplo, una niña de primer grado a la pregunta sobre el mecanismo del globo y el tubo respondió:

“el aire bajaría y atraviesa el agua y subiría hasta donde el terminal del agua y entonces el agua no está aquí, se baja, ¡puch! Y sube hasta allá, hasta la bomba”
“¿Qué hace el aire? Se va por el agua para que se suba”.

Existencia del aire. En relación con la existencia del aire encontramos dos nociones diferentes. En la primera de ellas aire existe sólo cuando se encuentra en movimiento; Séré (1989) considera que la asociación entre aire y movimiento (viento, soplo) es útil para explicar situaciones complejas en las que el gas no cuenta con rasgos preceptuales evidentes, como por ejemplo como cuando se trata de explicar situaciones que involucran aire en reposo. La autora reporta el caso de una niña que afirmaba que en una jeringa no había aire pero que “podía hacer algo de aire” al movilizar el pistón (1985, p. 171). El siguiente es un ejemplo en el cual un niño de primer grado debe explicar una situación de interacción entre dos fluidos: aire y agua, en la que el único rasgo perceptual evidente es el movimiento del agua.

Porque la bomba bota el aire para el agua ¿Y qué hace el aire con el agua? La hace bajar ¿Y por qué crees que puede hacer eso el aire? Porque sopla el agua para acá.

La segunda noción se refiere a la idea de que el aire no se encuentra en todas partes; los niños sólo reportan la existencia del aire cuando existe un recipiente o un contenedor cerrado y es evidente que el aire ofrece resistencia al contenedor, por ejemplo, en el caso de una bomba o un balón.

“Esto (globo) tiene aquí un poquito de aire, ahí guarda aire y a lo que oprimes, el aire se mete por aquí y lo exprime y sale más por aquí.” (primer grado).

“O sea ¿aquí adentro (en el tubo) hay algo o no? *No ahí no. En esa parte no.* Acá (al otro lado del tubo) tampoco hay nada? *No.*” (primer grado).

Concepciones del aire en relación con las diferencias de presión. La mayoría de las explicaciones que emplearon los niños para responder a las preguntas que indagaban las concepciones sobre diferencias de presión (preguntas 13, 14 y 16) suelen tener en cuenta solamente el fluido que se encuentra en movimiento (el *aire que sale del pitillo*, el *aire que entra al avión*, el *aire que sopla*).

“Supón que este avión vuela a una gran altura, ¿por qué al abrir la puerta del avión los objetos que están cerca de ella salen expulsados? *Porque si el avión está andando los objetos como que se sienten halados por el viento y se van cayendo. ¿Cómo hace el viento para halarlos?. Como el avión va así y traspasa el viento así, el viento pasa y ¡chum! Se los lleva y se caen. ¿Cómo hace para llevárselos?. Como la puerta está abierta se mete un poquito y sale y se los lleva. ¿El viento se mete?. sí.*” (primer grado)

Estas respuestas pueden ser coincidentes con los hallazgos de Séré (1989) sobre las concepciones de los niños acerca de la capacidad de transmisión de fuerza del aire: Séré sostiene que los niños tienden a interpretar las situaciones en la que el aire ejerce una fuerza “en relación con un agente, causa o fuerza únicos: un empuje en la dirección del movimiento que produce el efecto observable”; en el caso de la pregunta sobre el avión, al concebir sólo la capacidad del aire para transmitir movimiento, el único agente posible de la salida de los objetos es el aire que se encuentra en movimiento, a saber, el aire que está fuera del avión, por lo que el fluido que ejerce la fuerza no se tiene en cuenta para explicar el fenómeno de la salida de los objetos del avión; según la autora centrarse en un único agente puede deberse a la dificultad de considerar más de un sistema interactivo; por ejemplo, el aire del avión con una presión determinada interactuando con el aire fuera del avión cuya presión es diferente. Sin embargo estas respuestas también pueden interpretarse como revelando algo acerca de las concepciones del aire como materia, a saber, se puede decir que los niños sólo consideran la existencia del aire con base en rasgos perceptuales tales como el movimiento; en este caso ellos sólo considerarían que existe el aire que está fuera del avión, pues creen que éste es el que se encuentra en movimiento y produce el efecto de *sacar* las cosas del avión. No obstante, no es claro que de las respuestas se siga que los niños no sepan que existe aire dentro del avión; es más factible afirmar que lo que no saben es que dicho aire interviene causalmente en el fenómeno.

Podemos concluir que las características que los niños atribuyen a la materia son sólo aquellas perceptualmente evidentes, esto nos indica el tipo de conocimiento que es más accesible para el niño. Conocer las preconcepciones, en particular las de materia, nos permite dar cuenta del estado inicial del conocimiento de los niños, lo que nos permitiría a

su vez, identificar no sólo fuentes posibles de dificultad, sino características de sus estructuras de conocimiento que pueden proveer pautas para el proceso de enseñanza.

Las preconcepciones de los niños que el instrumento permite evidenciar coinciden con las preconcepciones reportadas por la literatura, es el caso de la caracterización de la materia con base en rasgos perceptualmente evidentes, o los cambios que las preconcepciones sufren a lo largo de la instrucción, sin embargo para mostrar una imagen completa de las preconcepciones de la materia que tienen los niños haría falta indagar preconcepciones sobre los líquidos y sobre la conservación o transformación de ciertas características de la materia en relación con los cambios de estados.

5.2 Relaciones entre presión, conceptos científicos y conceptos cotidianos

Existen numerosas referencias en la literatura sobre enseñanza de las ciencias que coinciden en afirmar que uno de los principales desafíos en el aprendizaje de conceptos científicos consiste en la necesidad de diferenciar conceptos que cotidianamente pueden tener el mismo referente, pero que en el contexto de la ciencia se refieren a fenómenos fundamentalmente distintos (muchas veces, ontológicamente diferentes). Los estudiantes, por ejemplo, tienden a confundir calor y temperatura, población y especie, y movimiento y fuerza. Por otra parte, en el curso del aprendizaje, pero sobre todo en sus concepciones iniciales, los estudiantes son proclives a interpretar fenómenos acudiendo a conceptos cotidianos. En realidad, se trata simplemente del empleo de su conocimiento previo de cara a la comprensión de una situación novedosa; pero dependiendo de la naturaleza del conocimiento previo, el aprendizaje de conceptos científicos puede facilitarse u obstaculizarse.

Un análisis de las respuestas de los estudiantes de primaria y bachillerato al cuestionario muestra consistentemente una confusión entre presión y fuerza, por un lado, y entre presión, fuerza y conceptos cotidianos, por el otro. Esta indiferenciación de conceptos es observable tanto en la pregunta 23, que indagó explícitamente sobre la relación entre presión y fuerza, como en las restantes preguntas, de cuyas respuestas se puede colegir. Con respecto a la relación entre presión y fuerza, pueden distinguirse varios modelos:

Equivalencia entre presión y fuerza

En respuesta a la pregunta de qué relación hay entre presión y fuerza, algunos de los estudiantes de octavo y sexto grado respondieron de la siguiente manera:

Presión: es la fuerza que hacen unas moléculas hacia otras.

Presión es una fuerza que se ejerce dentro o fuera de un objeto y se relaciona porque ambos son fuerzas.

Presión es la fuerza con que manda un objeto a otro.

Como puede observarse, la presión y la fuerza son indistinguibles, en el sentido de que la presión es concebida como un tipo particular de fuerza, presumiblemente con las mismas propiedades de esta última. La equivalencia entre presión y fuerza tiene consecuencias considerables puesto que, de acuerdo con la concepción de Chi (1992) sobre cambio conceptual, los conceptos implican ontologías diferentes: la fuerza se ejerce y por tanto podría asignarse a la categoría general de acciones, mientras que la presión es una

resultante de la relación entre fuerza y unidad de área (por ejemplo, para el caso de presión en sólidos).

Presión y fuerza como fenómenos complementarios

Según este modelo, la diferencia entre presión y fuerza se reduce a que son fenómenos complementarios, pero de naturaleza equivalente. Esta concepción, desde luego errónea, se presentó tanto en niños de primaria como en estudiantes de bachillerato. Veamos algunos ejemplos:

Para ti ¿qué es presión? *Que me estripen y me peguen.* Para ti ¿qué es esto? *(presiono su brazo con un dedo) Pues me siento como estrecho.* ¿Qué es fuerza para ti? *Pegar y empujar.* ¿Fuerza y presión son lo mismo? ¿Para ti esto *(presiono su brazo con un dedo)* es fuerza y es presión o es solamente presión? *Sólo presión.* Ó sea que fuerza y presión no son lo mismo. *Si.* ¿Si son lo mismo? *No.* ¿Y cuál es la diferencia entre fuerza y presión?

Que la presión lo presiona a uno y la fuerza lo empuja o le pega (tercer grado) .

Presión es como una fuerza hacia abajo y tiene relación con la fuerza (sexto grado)

Presión: fuerza en que presión hala y fuerza empuja (sexto grado)

Fuerza como condición para la presión

En este modelo, la fuerza entra a jugar un papel diferente, no ya como un equivalente de la presión, sino como una condición de la misma. Sin embargo, los estudiantes (en su mayoría de octavo grado) no desarrollan las relaciones precisas entre los dos conceptos. A continuación se presentan algunos ejemplos:

Si hay relación ya que sin fuerza no habría presión.

La fuerza genera presión. Presión es la tendencia que tiene un cuerpo al escapar de un lugar encerrado mediante la fuerza.

Presión como relación entre fuerza y área

El siguiente modelo, a diferencia de los anteriores, relaciona de manera específica la presión y la fuerza, generalmente a través de la fórmula de la presión como fuerza por unidad de área (que representa de manera preferencial la presión en sólidos). Este modelo se presentó especialmente en estudiantes de octavo grado. Esta es, a pesar de las críticas en la literatura (Séré, 1989), la manera tradicional como se introduce el tema en secundaria. Algunos ejemplos de respuestas de los estudiantes son:

Presión: es la que se hace fuerza en un punto. Y a diferencia es que fuerza es en un punto y presión es en un área.

Presión es la fuerza que se realiza sobre un área.

La presión es la fuerza que se aplica sobre algo: $\frac{\text{Peso}}{\text{Área}} = \text{Presión}$

Presión es la fuerza que se realiza sobre un área.

La presión es como la combinación entre área y fuerza. Si el área es angosta la presión aumenta, y si el área es mayor, la presión disminuye.

Desde luego, hubo estudiantes, particularmente en los grados primero y tercero, que no pudieron establecer ni diferencias, ni semejanzas entre los conceptos de presión y fuerza. Una constante, sin embargo, en los estudiantes de los diversos grados es el empleo de conceptos no científicos o mejor la equivalencia entre conceptos disciplinarios (como presión y fuerza) y conceptos cotidianos (como esfuerzo). Lo anterior es particularmente claro en el caso de preguntas que implicaban la comprensión del funcionamiento de máquinas (como fueron las preguntas 11 y 12). En suma, los conceptos de presión y fuerza tienden a concebirse de manera indistinta, en algunos casos haciéndolos equivalentes, en otras variedades de un mismo fenómeno y, en algunos pocos casos (comparativamente), definiéndolos canónicamente.

5.3 Estabilidad de los modelos de presión

Uno de los interrogantes más interesantes en la literatura sobre comprensión y aprendizaje de las ciencias es el relativo a la estabilidad de las concepciones espontáneas de los niños. Luego de caracterizar las concepciones alternativas que hemos descrito en las secciones inmediatamente anteriores, cabe preguntarse si ellas constituyen teorías o modelos estables a los que el niño se aferra (como si se tratasen de auténticas conceptualizaciones científicas) o si, por el contrario, la comprensión que el niño tiene de situaciones relativas a la presión varía en función de la naturaleza de la pregunta o la tarea. Se trata, como puede verse, de una pregunta por la estabilidad de los modelos anteriormente descritos.

El cuestionario sobre preconcepciones fue diseñado con diferentes tareas que pertenecen al dominio específico de la presión, agrupadas en aspectos temáticos tales como la presión en sólidos y los principios de Pascal y Bernoulli; esto implica que hay diversas preguntas que indagan las preconcepciones de los niños en torno a un mismo principio o concepto. Preguntas diferentes que evalúan un mismo concepto o principio pueden, en consecuencia, ser consideradas isomorfas y permiten analizar la variabilidad de las respuestas y los modelos de los niños a través de preguntas que, dada su equivalencia conceptual, implicarían estabilidad en los modelos. Por estabilidad de modelos entendemos la correspondencia entre el modelo de análisis utilizado en una tarea específica, y el modelo de análisis utilizado en la tarea conceptualmente isomórfica.

Un análisis intrasujeto, con el que se busca determinar el patrón de respuestas dadas por un mismo alumno, nos ha mostrado que existen tres grupos diferenciables de estudiantes: Por una parte, los estudiantes que son capaces de generar explicaciones correctas y consistentes, basadas en modelos estables entre tareas isomórficas (estudiantes de octavo grado). Por otra parte, los estudiantes (de sexto y primaria) que adoptan preconcepciones estables pero erróneas. Finalmente, hay estudiantes en todos los cursos que utilizan un modelo explicativo al enfrentar una tarea y un modelo totalmente opuesto en la tarea isomórfica, lo que produce conclusiones contradictorias.

Ejemplos de situaciones isomórficas son las preguntas 3 y 4, que evalúan preconcepciones sobre presión en sólidos; en la primera de ellas, la tarea implica cruzar un río congelado y el estudiante debe decidir si hacerlo de pie o arrastrándose sobre sus manos y rodillas (gateando). La pregunta 4 implica elegir la posición que resultaría preferible adoptar en caso de hundirse en un terreno lodoso: mantenerse en los dos pies o pararse sobre un solo pie. Estas tareas involucran la relación entre la fuerza y el área,

debido a que si el peso es el mismo entonces sería preferible la posición en que hay mayor área de contacto con la superficie (lo cual implica menor presión).

Una situación muy similar ocurre con las preguntas 16 y 22, isomórficas conceptualmente, que indagan sobre presión en fluidos; específicamente, son tareas en las que se pone en juego la diferencia de presiones en gases y la tendencia al equilibrio de las presiones; son juegos entre presión interna y externa; el primero de ellos indaga sobre la diferencia entre la presión atmosférica y la presión dentro de un avión en movimiento a gran altitud; se solicita al niño una predicción sobre lo que ocurriría si se abriera una puerta del avión, y una explicación sobre las razones por las cuales los objetos saldrían expulsados del avión. La pregunta exige al niño conocer que la presión atmosférica disminuye con la altura y que los aviones modernos, por efecto de la presurización, conservan la presión del lugar de origen. Por su parte, la pregunta 22 pide al niño explicación sobre lo que ocurre con el aire que se encuentra dentro un balón cuando se abre un orificio en este.

Modelos estables de respuesta correcta

Encontramos que algunos estudiantes utilizan modelos estables; tal es el caso de una niña de octavo que responde al ítem 3 diciendo:

“sería preferible cruzar arrastrándose, ya que de esta manera el peso se repartiría en más área, así que la presión sería menor”.

La niña responde al ítem 4 afirmando que:

“preferiría estar parada en los dos pies, pues así mi peso se repartiría en un área más grande y la presión sería menor”

Es claro que las dos respuestas responden a un solo y mismo modelo: la conclusión que obtiene en el ítem 3 no contradice, sino que apoya la conclusión obtenida en el ítem 4. Lo anterior ocurre con alta frecuencia entre los estudiantes de octavo que participaron del estudio, quienes utilizan un modelo muy estable para enfrentar el ítem 3 y el 4.

Entre los estudiantes de sexto se encuentran (aunque en menor medida) algunos casos de estabilidad entre modelos. Por ejemplo, un niño de sexto afirma en el ítem 3 que:

“sería mejor acostado, por que la fuerza que se ejerce cuando se está de pie es sobre un solo punto, pero si se va acostado, la fuerza se divide en varios puntos”.

El mismo nos cuenta en el ítem 4 que:

“preferiría estar en los dos pies, para distribuir la fuerza en los dos y no hundirme tan rápido, si estuviera en un solo pie, todo el peso se concentraría en este y me hundiría muy rápido”

Ejemplos de estabilidad entre las preguntas 16 y 22 se muestran en las entrevistas logradas con niños de primero y tercero, aunque no es este un fenómeno nada frecuente; en el siguiente ejemplo se muestra tal estabilidad:

¿Por qué al abrir la puerta de un avión que vuela a gran altura, los objetos que están cerca de la puerta salen expulsados del avión? Porque la puerta está abierta. ¿Qué pasa cuando se abre la puerta? Que se caen. ¿Por qué se caen? Por el viento. ¿Qué les hace el viento para que se caigan? Así (señala que las empuja desde dentro). ¿Dónde hace así, dónde se mueve? ¿adentro o afuera? Fuera. Y entonces ¿cómo hace para que las cosas se salgan? (corrige) adentro. ¿Cómo hace para que las cosas se salgan? Porque adentro está el aire. ¿Cómo me explicas entonces que las cosas se salgan? Porque la puerta está abierta. Supongamos que abrimos esa ventana (del salón) las

cosas no se han salido ¿por qué las cosas en el avión sí se salen? *Porque allá hay fuerza. ¿Qué fuerza hay? Del aire. ¿Cómo hace el aire para que se salgan las cosas? Las empuja.* (primer grado)

Al resolver esta pregunta, el niño pone de manifiesto que el aire que se encuentra en el avión es el que tiende a salirse y por ello se lleva a su paso los objetos que están dentro del avión, haciéndolos salir. De forma correspondiente con este modelo mental, se explica la salida del aire del balón cuando se hace un orificio: el aire que se encuentra dentro del balón tiende a salirse y así explica este mismo niño el hecho de pinchar el balón:

Alguna vez se te ha pinchado un balón? *Sí. ¿Qué pasa con el aire que está dentro del balón cuando se le hace un huequito? Se le sale el aire. ¿Por qué se le sale el aire? Porque tiene un huequito. ¿Por qué el aire sencillamente no se queda ahí sino que se sale por el huequito? Porque se pincha el balón. Cuándo se pincha se le hace un huequito, ¿por qué se sale el aire por ese huequito? Porque... porque no resiste. ¿Qué no resiste? El aire no resiste para quedarse adentro. ¿Por qué no resiste? Porque el aire es ... así, se sale con fuerza, va para afuera y no se puede tocar.* (primer grado)

Evidentemente, este niño considera las dos situaciones como similares, pues explica que los objetos salen del avión porque se abre la puerta y el aire tiende a salirse, de la misma manera que al balón se le abre un hueco y el aire se escapa por que tiende a salirse con fuerza. Los modelos mentales utilizados son coherentes y se utiliza el mismo modelo para analizar los dos fenómenos: la existencia de una “tendencia a salirse”, que en el contexto del razonamiento del niño funciona como una suerte de primitivo explicativo, que no requiere ulterior elaboración o desarrollo.

Modelos estables de respuesta incorrecta

Al analizar las respuestas de los niños de sexto, se encuentra que la estabilidad de los modelos no necesariamente no siempre está asociada a una conclusión acertada; un ejemplo de ello nos lo brinda una niña que responde a la pregunta 3 afirmando que:

“sería preferible cruzar el río parado, pues al no poner todo el cuerpo se hace menos peso”,

con lo que muestra una idea según la cual el peso de los objetos dependería del área de contacto con la superficie, y al estar acostado hay mayor área de contacto y por se es más pesado; de pie el área de contacto es menor y el peso es menor. Este mismo modelo la lleva a afirmar en la pregunta 4 que:

“preferiría estar parada en un solo pie, por que así hay menos peso de mi cuerpo que cuando estoy parada en los dos pies”,

con lo que se obtienen conclusiones no contradictorias entre sí, pero científicamente incorrectas. A un así, hay estabilidad en este modelo, que vendría a ser, de una u otra forma, estabilidad en la preconcepción, ya que para esta niña la preconcepción de que los cuerpos cambian de peso en función del área de contacto es tan estable y consistente, como el conocimiento escolar y predominante entre los niños de octavo según el cual la presión se define como fuerza sobre área.

Inestabilidad de modelos

Sin embargo, un fenómeno que resulta de mayor interés, es el hecho de encontrar algunos casos en los cuales la estabilidad de los modelos es precaria o inexistente, sin que genere en el niño mayores confusiones o lo lleve replantearse la situación inicialmente considerada; por el contrario, parece que el niño no se encuentra en capacidad de reconocer tal contradicción y por ello no adecua su modelo de análisis a conclusiones contrarias.

Esta situación se ve con claridad nuevamente en las preguntas 3 y 4; por ejemplo, un estudiante de sexto respondió a la primera pregunta diciendo que:

“sería preferible que se cruzara en puntas de pie, por que así se hace menos presión que la que se haría con el peso en las cuatro extremidades”.

Al hacerlo, muestra que para él, el peso del cuerpo no varía en función del área de contacto, pero que al aumentar el área, la presión aumenta correspondientemente. Si el estudiante utilizara de forma consistente su modelo de análisis, lo habría aplicado a la pregunta 4, llevándolo a concluir, consecuentemente con la explicación anterior, que lo mejor sería hundirse en un solo pie y la explicación, derivada de su modelo de análisis, nos diría que la presión sería mayor al apoyarse en los dos pies; sin embargo, la respuesta dada a la pregunta 4 es diametralmente opuesta:

“preferiría pararme en los dos pies, porque con eso se distribuye peso, en cambio con un solo pie, el peso se aumenta”.

Del mismo modo, un niño de octavo explica que:

“preferiría pasar de pie, porque así solo le hago el peso de los pies, mientras que si me acuesto, el peso de las manos y de la cabeza rompería el hielo”.

lo que muestra una preconcepción según la cual el peso depende de la posición, y esto implicaría que al estar acostado las personas pesan más que cuando están de pie; pero en la pregunta 4, este mismo niño dice:

“preferiría en los dos pies, porque con uno se me va todo el peso del cuerpo y me hundo más rápido”.

con lo que se descubre de nuevo, una diferencia entre el modelo explicativo utilizado para una y otra pregunta.

La inestabilidad anteriormente documentada permite, entre otras cosas, apreciar las diferencias entre el pensamiento infantil y el pensamiento científico en relación con la coherencia de creencias. Una posible explicación de la inestabilidad de modelos radica en los criterios que se utilizan para juzgar la calidad y adecuación de las explicaciones. Según Brewer, Chinn y Samarapungavan (2001), las explicaciones son juzgadas como adecuadas o inadecuadas según parámetros que difieren en los científicos y los niños. Criterios como el alcance de la explicación, la simplicidad y la plausibilidad son los utilizados por el común de las personas para determinar si una explicación resulta adecuada para un fenómeno determinado o no. Sin embargo, en la vida diaria, el criterio de coherencia (es decir, de la consistencia entre los principios explicativos que se invocan para situaciones relacionadas) no parece ser especialmente importante. Más importante que la coherencia entre explicaciones es la coherencia entre la explicación provista, las experiencias previas y las creencias de la persona.

La ausencia de coherencia y, por tanto, de estabilidad puede deberse a que el niño no construye explicaciones de amplia generabilidad, sino de cara a fenómenos puntuales (Kuhn, 1989). De acuerdo con Kuhn, los diferentes modelos con los que se explica un mismo fenómeno surgen del establecimiento de una relación inadecuada entre la

evidencia empírica y la teoría con la que el fenómeno está siendo explicado. Cuando un niño se enfrenta a una situación, utiliza un modelo que le permite explicar la situación explícitamente; pero en caso de aparecer una nueva evidencia, contraria a lo que el modelo inicialmente planteado sugiere, el niño no modifica su teoría explicativa en virtud de la nueva evidencia, sino que por el contrario, entra a considerarlo como un fenómeno nuevo, al cual hay que brindarle explicación. Esto hace que el modelo inicialmente planteado se mantenga sin modificación alguna, porque igual resulta útil y consistente para explicar una situación particular. Así, la relación entre la teoría y la evidencia no es de modificación sino de creación. Vistas así, las explicaciones contradictorias de los niños no son contradictorias para él; son explicaciones de fenómenos diferentes.

5.4 Variabilidad de las respuestas como función de la representación de la tarea

Aunque en muchos casos las respuestas de los estudiantes a las preguntas permiten identificar modelos (estables o no) sobre el comportamiento de fenómenos relativos a la presión, en otros las respuestas parecen derivarse de una representación de la pregunta o del problema presentado que no guarda relación con el concepto de presión en física. Dicho de otra manera, pareciera como si preguntas que estaban destinadas a “poner a pensar” a los estudiantes sobre presión, hubieran suscitado conocimiento débilmente ligado con los principios relativos a la presión. Atribuimos estas variaciones a diferencias en los procesos de representación de las preguntas, que a su vez están estrechamente relacionadas con la variabilidad en el conocimiento previo de los estudiantes.

En lo relacionado con la presión en sólidos observamos que los estudiantes (primaria y bachillerato) en algunas tareas emprenden razonamientos a partir de los rasgos superficiales de la tarea; por ejemplo, cuando se solicita a los niños que predigan de qué forma sería preferible cruzar un río congelado para que no se rompa el hielo (caminando en puntitas o deslizándose acostado), algunos niños de sexto grado respondían: *“parado porque (si no) le da frío”* o *“caminando (...) si uno lo cruza rápidamente sería menos miedoso y más rápido”*. Sin embargo, jóvenes de octavo grado se hace referencia a la presión y responden: *“sería preferible cruzar arrastrándome, ya que de esta manera el peso se repartiría en más área, así que la presión será menor”*. Este mismo fenómeno se presenta la pregunta en que se solicita predecir si nos golpearía más fuerte un puño con guante de boxeo o con la mano empuñada y en otra tarea donde se pide que a los sujetos que elijan si en un terreno lodoso sería preferible pararse en los dos pies o en uno sólo, casos en donde se presentan respuestas tales como las que siguen:

“el de la mano pequeña más fuerte, por lo que siente el hueso, en cambio, el del guante esta acolchonado entonces no sería tan duro”

“en cualquiera (en uno o dos pies) igual me moriría, pero preferiría en un pie, como el emperador, el último en morir”

En lo tocante a las tareas que indagan por las preconcepciones del principio de Bernoulli, los datos reportan que los estudiantes no sólo tienen dificultad en la predicción sino que se sorprenden ante fenómenos tales como la unión de las llamas de dos velas si se sopla con un pitillo por el medio de ellas. Ante este tipo de situaciones, los estudiantes no logran evocar conocimiento relevante que ayude en la solución de la tarea.

Sin embargo, enfrentados a situaciones cotidianas como el cambio de velocidad de agua en ríos, los niños conforme avanzan en el proceso de escolarización logran efectuar

predicciones más acertadas, pero tienen serias dificultades para explicar invocando principios físicos; en su lugar se valen de cualquier factor contextual; para ilustrarlo, el siguiente es el protocolo de un niño de primero:

“¿Has visto ríos? Sí. ¿has visto que a veces son más anchos y a veces son más estrechos? Sí. ¿Qué pasa con la velocidad del agua cuando los ríos se hacen más estrechos? Van igual de rápido. ¿Por qué crees que el agua va igual de rápido en la parte más ancha que en la parte delgadita? Porque el agua si se contamina se hace despacio o más rápido, pero si no se contamina sigue igual, ancha, larga, pequeña, de todas formas, sigue igual si no se contamina”.

Debe advertirse, sin embargo, que la ocurrencia de explicaciones no “relevantes” a la presión, es relativamente independiente de si el estudiante respondía adecuadamente a la tarea de predicción. De hecho, en muchos casos la predicción era correcta, pero la explicación era visiblemente producto de una representación alternativa de la pregunta. Un ejemplo ilustrativo es el siguiente extracto de entrevista:

“Si yo sople entre las llamitas con el pitillo las llamitas se van a quedar quietas o se van a mover? Yo creo que se pueden mover. (predicción correcta). Y si se mueven, ¿hacia donde se mueven? Hacia... , a chocarse. (predicción correcta). A chocarse? Explícame por qué. Porque forman un campo magnético. (explicación incorrecta: se recurre a un fenómeno físico – magnetismo- que no guarda relación con el real fenómeno –principio de Bernuolli-). Un campo magnético? Si. Explícame lo del campo magnético. Es como si esto fuera metal y entonces hubiera como un campo magnético que las uniera, pero es un campo magnético como el de la tierra que coge cualquier cosa aunque sea metálico o no”.

Esto pone de manifiesto que algunos niños no cuentan con el conocimiento declarativo necesario para resolver algunas preguntas y que en ausencia de conocimiento clave, representan la situación a partir de elementos que son, en muchos casos, disciplinariamente irrelevantes.

5.5 Evaluación de las concepciones espontáneas de flotación

Adicionalmente a la evaluación de las preconcepciones sobre fenómenos de presión en general y de las concepciones de los estudiantes sobre ciencia, se llevó un diagnóstico de las preconcepciones que los estudiantes tienen sobre la flotación de los cuerpos. Este tema es de interés doble: por una parte, hace referencia a uno de los principios físicos más estrechamente relacionados con la presión en líquidos, a saber, el principio de Arquímedes. En segundo lugar, explora el pensamiento de los estudiantes en relación con el dominio específico de los ambientes de aprendizaje propuestos. Se empleó un instrumento sencillo, compuesto por cinco preguntas, que fue diseñado por los profesores de física del IPARM. Al igual que el instrumento de evaluación de preconcepciones sobre presión, el cuestionario incluyó preguntas relativas a fenómenos cotidianos. A continuación se presenta un análisis provisional de las respuestas de los estudiantes de primaria y bachillerato a cada una de las preguntas.

Análisis de la Pregunta No. 1: ¿Por qué podemos levantar cosas pesadas más fácil dentro del agua?

Los datos de la pregunta 1 nos muestran que cerca del 24 % de los niños de primaria reconocen que los objetos pierden peso en el agua y así explican el hecho de que se pueda levantar más fácil un objeto pesado. Las razones atribuidas por los niños de primaria son diversas y en su totalidad imprecisas. De los estudiantes de bachillerato, el 16% recurrió al modelo de pérdida de peso para explicar la situación. Sin embargo, al igual que los de primaria, simplemente daban alguna razón para la pérdida de peso y no justificaban las relaciones e interacciones que se dan entre las propiedades del agua y de los objetos sumergidos. El 40% de los estudiantes de bachillerato sí dieron una respuesta que involucra interacciones entre las propiedades de los objetos y el agua, es decir, entre densidades, volúmenes, fuerzas y pesos, pero de estas respuestas sólo el 14,5% involucran adecuadamente relaciones propias de flotación. Los niños de primaria no presentan este tipo de respuestas más elaboradas. El 27 % de los niños de primaria y el 22 % de los de bachillerato aluden a nociones de fuerza presentes en el agua, pero no dan una adecuada explicación de cómo actúan esas fuerzas. El 34% de los niños de primaria ofrecen una respuesta en relación con rasgos superficiales de la situación, aludiendo a características o efectos del agua que no son relevantes en la flotación.

Análisis de la Pregunta No. 2: Si sueltas un balón de playa desde el fondo de una piscina ¿por qué sube?

En esta pregunta, el 58 % de los niños de primaria explican la situación a partir de propiedades superficiales relativas al aire, tales como que el aire flota o que el aire siempre sube. Es de notar que tales creencias también existen en estudiantes de bachillerato, entre quienes un 37% responde con base en propiedades del aire. Los niños de primaria difícilmente dieron explicaciones que no se quedaran en rasgos superficiales (82%). Solo el 10% respondió en términos de relaciones entre elementos involucrados en la flotación (i.e., peso, masa, volumen, densidad). En bachillerato, el 40% reconoce tales relaciones. De la muestra de bachillerato solo el 13% da una explicación relativamente adecuada a la pregunta.

Análisis de la Pregunta No. 3: Si sueltas dos globos de igual peso desde el fondo de una piscina y uno es más grande que el otro ¿alguno subiría a la superficie más rápido?

Un análisis preliminar de las respuestas de los estudiantes de primaria y bachillerato a esta pregunta permitió identificar los siguientes modelos conceptuales. Un 94% de los estudiantes de primaria y un 29% de los de bachillerato argumentan que un objeto flota en virtud de rasgos superficiales tales como que contiene aire, o por el material del cual está constituido o simplemente porque fueron hechos para flotar. Un 30% de los estudiantes de séptimo y noveno grados señalan que la densidad es el factor determinante para la flotación de los objetos. Los objetos pueden flotar ya sea porque son más o menos densos que el agua. Curiosamente, un 9.6% de los estudiantes de bachillerato señalan que el flotador puede mantenerse en la superficie gracias a que el aire que contiene está comprimido; algunos niños especifican que la comprensión del aire es la fuerza que mantiene al flotador en la superficie. El 8% de los estudiantes de bachillerato argumentan que para que el flotador flote deben existir dos fuerzas: una fuerza proveniente del agua y la otra proveniente del objeto o de otro factor de la

superficie, e.g., presión atmosférica o gravedad. Cuando las dos fuerzas están en equilibrio los objetos flotan. Finalmente, sólo el 3.2% de los estudiantes de bachillerato invocan la noción de fuerza de empuje, es decir, que los objetos flotan porque la fuerza de empuje es mayor que el peso de los objetos.

Análisis de la Pregunta No. 4: Explica por qué un flotador no deja que nos hundamos.

Esta pregunta le pedía a los estudiantes predecir cuál de dos globos sumergidos ascendería más rápido a la superficie. Una primera tendencia es explicar la velocidad de ascenso con base en la cantidad de aire o la presencia de aire en el globo. Se presentaron cuatro variaciones: 1) a mayor cantidad de aire, el globo sube más rápido; 2) a menor cantidad de aire, el globo sube más rápido; 3) si tienen igual cantidad de aire, los dos globos suben al tiempo; y 4) por el hecho de tener aire, los dos globos suben. El 55% de los estudiantes de primaria adoptó este tipo de explicación, contrastando con un 27% de los estudiantes de bachillerato. La siguiente respuesta más frecuente fue el peso: Para predecir qué globo sube más rápido a la superficie, los estudiantes recurren al peso de los globos. Como los dos globos tienen el mismo peso, los dos suben al tiempo. Un 24% de los niños de primaria y un 38.6 de los de bachillerato optaron por esta respuesta. Finalmente, sobresale la respuesta por el tamaño; se presentan dos variaciones: a mayor tamaño, el globo sube más rápido; y, a menor tamaño, el globo sube más rápido. El 7% de los estudiantes de primaria y el 8% de los de bachillerato propusieron esta explicación.

Análisis de la Pregunta No. 5: El mar muerto es conocido por ser el mar donde las personas flotan con mayor facilidad ¿por qué crees que pasa esto?

Esta pregunta le pedía a los niños explicar por qué las personas, o en general los objetos, flotan sin mayor dificultad en el Mar Muerto. Desde luego, exigía un cierto conocimiento declarativo de la salinidad del Mar Muerto para poder invocar una explicación relacionada con la densidad. Como era de esperar, el desempeño de los estudiantes de séptimo y noveno fue muy superior, con un 42% invocando la densidad como factor explicativo, versus un 17.2% en los niños de primaria. Otras respuestas incluyeron la mención a la salinidad sin mayor elaboración (10% y 24%, respectivamente).

A partir de las respuestas a las preguntas formuladas, es claro que aunque algunos estudiantes mencionan conceptos relevantes (como es el caso de la densidad y la fuerza de flotación), muy pocos estudiantes están en capacidad de articular explicaciones elaboradas sobre fenómenos cotidianos relativos a la flotación de los cuerpos. Más extrañas aún son las explicaciones que integran conceptos relativos a la presión.

6 AMBIENTES DE APRENDIZAJE PROPUESTOS

6.1 Dominio disciplinar de los ambientes de aprendizaje propuestos

El equipo ejecutor de la implementación decidió seleccionar el fenómeno de la flotación como dominio disciplinar para el aprendizaje preliminar del concepto de presión. Como se sabe, la flotabilidad de los cuerpos es un fenómeno que regularmente se explica a partir del principio de Arquímedes. El principio de Arquímedes afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado. La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes: (a) El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido; y (b) la sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones. Consideremos, en primer lugar, las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto de fluido. La fuerza que ejerce la presión del fluido sobre la superficie de separación es igual a $p \cdot dS$, donde p solamente depende de la profundidad y dS es un elemento de superficie. Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A esta resultante la denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominado centro de empuje. De este modo, para una porción de fluido en equilibrio con el resto se cumple: $\text{Empuje} = \text{peso} = \rho_f g V$.

El peso de la porción de fluido es igual al producto de la densidad del fluido ρ_f por la intensidad de la gravedad g y por el volumen de dicha porción V . Si sustituimos la porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones, las fuerzas debidas a la presión no cambian, por tanto, su resultante que hemos denominado empuje es el mismo, y actúa sobre el mismo punto, es decir, sobre el centro de empuje. Lo que cambia es el peso del cuerpo y su punto de acción que es su propio centro de masa que puede o no coincidir con el centro de empuje. Por tanto, sobre el cuerpo actúan dos fuerzas el empuje y el peso del cuerpo, que no tienen en principio el mismo valor ni están aplicadas en el mismo punto. En los casos más simples, supondremos que el sólido y el fluido son homogéneos y por tanto coinciden el centro de masa del cuerpo con el centro de empuje.

De lo anterior se colige que a pesar de que la invocación del principio de Arquímedes es, como señalábamos, habitual para dar cuenta de la flotación, el principio codifica una relación entre el empuje, por un lado, y el peso del fluido desalojado, por el otro, pero no constituye en sí mismo una explicación del fenómeno de la flotabilidad. La explicación debe recurrir a conceptos adicionales, entre los cuales la presión cumple un papel fundamental.

Desde luego, no se esperaba que los estudiantes de los grados participantes articularan una explicación plena del fenómeno (cuando menos en los términos referidos), pero sí se familiarizaran con un fenómeno en el que coinciden de manera relativamente clara los principios de la presión en sólidos y fluidos. El dominio de la flotación ofrece la ventaja adicional de que es altamente motivante para los estudiantes y permite una fácil experimentación. De hecho, los factores involucrados (e.g., peso,

densidad del fluido, forma, volumen) son fácilmente identificables por los estudiantes y pueden ser manipulados de manera sistemática sin mayores sofisticaciones tecnológicas.

6.2 Elementos constitutivos de los ambientes de aprendizaje

Los ambientes de aprendizaje propuestos implicaron las siguientes características:

- a) Una situación empírica cotidiana que resulte enigmática para los estudiantes; es decir, que se reconozca, bien espontáneamente o con la ayuda del maestro, como problemática para los estudiantes.
- b) Una actividad destinada a explorar las hipótesis, conjeturas y explicaciones iniciales de los estudiantes sobre el fenómeno considerado.
- c) Una actividad que brinde a los estudiantes andamiaje cognitivo para formular (anticipar) posibles experimentos o variaciones que generen evidencia a favor o en contra de hipótesis y explicaciones formuladas.
- d) Condiciones objetivas de experimentación; es decir, la tarea debe estar diseñada de manera tal que los estudiantes, conforme con sus hipótesis y predicciones, puedan modificar la situación dentro de ciertos parámetros y recolectar sus propios datos.
- e) Una actividad para la evaluación de las evidencias en su relación con las hipótesis y explicaciones propuestas.

Los ambientes de aprendizaje propuestos (que se describen a continuación) integran cada una de las anteriores características; sin embargo, se incorporaron, además de las prácticas de argumentación y modelamiento (i.e., experimentación), las prácticas de representación, que exigen que los estudiantes registren lo observado y el curso de las tareas experimentales. Las actividades de registro y representación, desde luego, deben estar confeccionadas a la medida de las capacidades de los estudiantes para formular y manejar formalismos.

De esta manera, los ambientes de aprendizaje parten de problemas genuinos para los estudiantes, implican la formulación de hipótesis, el diseño de estrategias (experimentales) de investigación, el registro permanente de las observaciones y los hallazgos, y la explicación de los resultados. Se espera que este proceso complejo ocurra en un contexto social, a través de la conformación de grupos de trabajo y la realización de plenarias.

La función del maestro es proporcionar andamiaje en dos sentidos: disciplinar y social. A través del andamiaje disciplinar el maestro orienta a los estudiantes en aspectos conceptuales relacionados con fenómenos de presión (en el más amplio sentido del término). Mediante el andamiaje social el maestro propicia las condiciones sociales que están ligadas a la producción de conocimiento científico (e.g., audiencia crítica, parámetros de evaluación de explicaciones).

Luego de prolongadas discusiones entre el equipo de docentes, el asesor experto y los jueces expertos (profesor Hildebrando Leal), se decidió llevar a cabo dos tipos de ambientes de aprendizaje: ambientes preliminares y ambientes de experimentación. Los ambientes preliminares tienen como propósito fundamental familiarizar a los estudiantes con el dominio físico propio de los ambientes experimentales, generar preguntas relevantes e inventariar hipótesis y explicaciones preliminares. Por su naturaleza y

propósito, se han diseñado ambientes preliminares exclusivamente para los grados segundo y cuarto de primaria. Por su parte, los ambientes experimentales no sólo permiten la exploración del dominio, sino que posibilitan la indagación experimental de las hipótesis y explicaciones formuladas por los estudiantes. Dado que uno de nuestros intereses es comparar el desempeño de estudiantes de diversos grados, se decidió conservar la estructura general del ambiente experimental en todos los grados, variando, desde luego, los estándares de desempeño y los materiales empleados.

6.3 Ambiente preliminar: Juguemos con el agua

Grados participantes

Pre-escolar, segundo y cuarto de educación primaria

Tiempo estimado

Dos sesiones programadas entre 30 y 40 minutos aproximadamente por sesión.

Metas de aprendizaje

El objetivo central de la actividad es lograr que los niños determinen algunas propiedades del agua e identifiquen formas de interacción de la misma con otros elementos. Igualmente, la actividad familiariza a los niños con actividades de observación, exploración, trabajo grupal y registro. Finalmente, la actividad pretende indagar fenómenos de interés de los niños en relación con el agua.

Conceptos y habilidades implicadas

Una de las habilidades requeridas para llevar a cabo la actividad es la inferencia. La inferencia permite generar información nueva a partir de conocimiento previo. Se requiere que el niño traiga a la actividad su conocimiento previo sobre los objetos que manipula y lo vincule con lo que va observando acerca del agua y su interacción con otros materiales, con el fin de generar nueva información sobre las propiedades del agua. Una segunda habilidad requerida para la actividad es la clasificación, definida como una operación que permite agrupar objetos por medio de la identificación de criterios que se construyen a partir del establecimiento de relaciones y semejanzas entre los objetos (Puche, 2001). Esta herramienta se requiere para caracterizar fenómenos derivados de la interacción de diferentes materiales con el agua. Por ejemplo: La afirmación “No todos los objetos flotan” sólo es posible si el niño logra establecer que existen materiales que flotan y materiales que se hunden.

Los conceptos que la actividad involucra se refieren a las propiedades y los eventos perceptualmente evidentes que se relacionan con el agua. La actividad no incluye mecanismos sofisticados de indagación que permitan identificar características más específicas. Algunas de las propiedades y eventos que la actividad involucran son:

- Es transparente
- No tiene olor
- No tiene sabor
- Fenómenos de flotación
- Fenómenos de solubilidad

Materiales

A la luz del objetivo que la actividad persigue, los principales objetos a tener en cuenta son: agua y objetos que varíen entre sí en relación con diferentes características (e.g., peso, densidad, solubilidad). Se emplean los siguientes materiales:

- Agua
- Recipientes transparente que permitan observar las características del agua y de la interacción con diferentes objetos
- Objetos pesados y livianos
- Objetos de diferentes volúmenes
- Objetos de diferente densidad
- Sustancias solubles e insolubles en agua.

Procedimiento

La actividad se lleva a cabo en tres momentos: (a) el momento de exploración y juego; (b) el de registro; y (c) el momento de socialización. Los tres momentos se llevan a cabo aproximadamente en tres bloques de hora y media cada uno (incluyendo descansos). Previo a la actividad, el salón se dispone en mesas de trabajo donde se ubican grupos compuestos por 4 o 5 niños; en las mesas se coloca un recipiente transparente lleno de agua y un ejemplar de las diferentes clases de objetos. Inicialmente la maestra distribuye a cada grupo una guía de trabajo que contiene el objetivo y las preguntas a resolver en el segundo momento; en seguida acompaña a los niños en su lectura. Posteriormente plantea la secuencia de acciones a seguir: primero, jugar sólo con el agua y observarla; segundo, establecer reglas entre el grupo para el manejo de los materiales; tercero jugar con el agua y los materiales y cuarto pasar al segundo momento.

La maestra determina el inicio de la actividad y pasa por los grupos orientando la actividad hacia la identificación de las propiedades del agua que les llamen la atención a los niños y de las inquietudes que vayan surgiendo. Durante la fase de juego con el agua y otros materiales la maestra distribuye materiales especiales tales como aceite, huevos y sal para que los niños puedan explorar los efectos de los cambios de densidad del agua en la flotabilidad.

En el segundo momento (i.e., registro), la maestra recuerda las preguntas y los niños consignan sus respuestas en la bitácora. Las preguntas cuyas respuestas deben ser consignadas en la bitácora son:

- ¿Qué características observas del agua que hay en el recipiente? Escribe tus apreciaciones.
- Una vez hayas relacionado el agua con otros materiales, describe en tu informe lo que más despertó tu curiosidad.
- Formula una o más preguntas relacionadas con lo que has explorado anteriormente y escríbelas.
- Escribe respuestas posibles a tus preguntas.
- Para cada una de las respuestas que propusiste a tus preguntas, pregúntate cómo harías para saber si tu respuesta es correcta o incorrecta.

En el tercer momento se realiza una socialización de la bitácora; primero en grupos de tres niños, quienes deben levantar una bitácora unificada producto de la

socialización; unificar la bitácora exige a los estudiantes seleccionar tres de las preguntas formuladas; la bitácora será discutida en la plenaria; la plenaria y la socialización por grupos se pueden llevar a cabo en sesiones posteriores.

6.4 Ambiente experimental: Buzo de Descartes

Grados participantes

Preescolar; segundo y cuarto de educación primaria y séptimo grado de educación secundaria.

Tiempo estimado

Sesiones programadas entre 30 y 45 minutos por sesión

Materiales

- Botellas de plástico transparente con tapa
- Agua
- Goteros de vidrio
- Pitillos de plástico
- Clips
- Cinta adhesiva

Metas de Aprendizaje

El buzo de Descartes es una actividad que implica la observación, experimentación y explicación acerca de fenómenos físicos involucrados en la flotación de cuerpos y la presión de fluidos. Es un mecanismo compuesto por una botella llena de agua y tapada, y un gotero (o un pitillo sellado) en su interior. Su funcionamiento es el siguiente: al presionar la botella con las manos, el aumento de la presión del agua, hace que el aire contenido en el gotero se comprima, ingrese agua en su interior, aumente su peso y, por tanto, se reduzca su flotabilidad. Cuando la presión disminuye, el aire del gotero se expande, el agua es desalojada y el peso disminuye, aumentando la flotabilidad del gotero. Aunque sencillo en su construcción, este mecanismo permite evidenciar varios principios físicos, a saber: el de Pascal, sobre presión en fluidos, y el de Arquímedes, sobre flotación. Los factores involucrados son alta y fácilmente identificables por los estudiantes y pueden ser manipulados de manera sistemática, sin mayores sofisticaciones tecnológicas.

En el contexto de este ambiente, y con la respectiva ayuda del docente, se espera que el niño pueda identificar los rasgos críticos de la tarea (i.e., nivel de flotación, nivel de aire/agua en el gotero), formular hipótesis, diseñar variaciones o experimentos que guarden relación con las hipótesis propuestas, y contrastar sus hipótesis o expectativas con la evidencia disponible. Con respecto a la adquisición de conocimiento disciplinar se espera que el niño se familiarice con fenómenos de flotación y relacione (según su nivel) el peso y las variaciones en densidad (debidas a variaciones en presión) con la flotabilidad de los cuerpos.

Es de esperar que los niños articulen una explicación lo más explícita, de acuerdo a su nivel, del fenómeno físico observado. Para el caso de estudiantes de cuarto de primaria, se espera que los estudiantes puedan articular una explicación en términos de

densidad, que desborde la concepción monovariante de la flotabilidad como función del peso. Para el caso de estudiantes de séptimo y noveno, es deseable que involucren las nociones de densidad, fuerza de empuje, fuerza de flotación y diferencias de presión, en diferentes niveles de complejidad y formalización.

Procedimiento

El profesor comienza mostrando el dispositivo del Buzo de Descartes a los estudiantes, como un artefacto que permite explorar el fenómeno de la flotación (que para el caso de los grados pre-escolar, segundo y cuarto había sido introducido en el ambiente “Juguemos con el agua”). El profesor demuestra su funcionamiento e introduce la consigna de una manera sencilla, enfatizando en que los estudiantes describan qué es lo que sucede y expliquen por qué sucede. La diferencia entre el nivel descriptivo y el nivel explicativo es crucial, en la medida en que precave a los estudiantes sobre la posibilidad de reducir las explicaciones a descripciones del fenómeno (o explicaciones circulares). Luego de hacer funcionar el mecanismo y estableciendo la relación causal entre apretar la botella y que el comportamiento del gotero, el/la profesor/a reúne a sus alumnos en grupos de tres para que construyan, siguiendo las indicaciones de la titular y el acompañante, un mecanismo de Buzo de Descartes y lo hagan funcionar. Una vez la construcción se lleva a término, en plenaria el/la profesor/a reúne nuevamente a sus alumnos para indagar por las explicaciones de por qué ocurre que al presionar la botella el gotero baje. Durante la implementación de la tarea, las hipótesis que se obtuvieron pueden agruparse en dos amplias categorías:

- a) Las que centran su explicación en la entrada de agua al gotero, el peso que el gotero adquiere por el agua y el consiguiente descenso del mismo.
- b) Las que se establecen sobre la base del peso del agua, la compresión del aire contenido en el gotero y su posterior descenso.

La actividad consta de cuatro fases:

- 1) Generación de hipótesis: a través de la demostración se espera que los estudiantes lleguen a establecer hipótesis explicativas del fenómeno
- 2) Diseño de la estrategia de indagación: a partir de la construcción de mecanismos de buzo de Descartes se espera que los niños aprehendan los principios implicados o se aproximen declarativamente a una explicación satisfactoria del fenómeno observado
- 3) Implementación de la estrategia de experimentación: a través de la guía del profesor titular y el acompañante se espera que los niños resuelvan satisfactoriamente preguntas que se les plantean
- 4) Argumentación de resultados, socialización y explicación de hipótesis: en esta fase se espera que los niños, a través del andamiaje efectivo del maestro produzcan, contrasten y evalúen explicaciones que den cuenta de los fenómenos involucrados en la actividad.

6.5 Ambiente experimental: Variaciones al Buzo de Descartes

Grados participantes

Pre-escolar, segundo y cuarto de primaria

Duración estimada

Una sesión programada entre 30 a 40 minutos

Metas de aprendizaje

El objetivo principal de realizar una segunda sesión para la actividad del Buzo de Descartes en primaria y pre-escolar era suscitar en los estudiantes hipótesis alternativas sobre el fenómeno de flotación. El propósito era que sus hipótesis incluyeran más elementos a la luz de la observación de rasgos críticos, tales como la compresión del aire que sería perceptualmente distinguible con las variaciones propuestas. El segundo objetivo era aproximar a los estudiantes a la planeación de cursos de comprobación de hipótesis y evaluación de evidencia. El tercer objetivo era conducirlos a la identificación de las variables implicadas en el fenómeno: relación peso y volumen.

Conceptos y habilidades implicadas

Los conceptos implicados son el volumen, el peso, la densidad y la flotación. Por su parte, las habilidades son la formulación y comprobación de hipótesis, el control de variables, la predicción de resultados, y las habilidades de argumentación grupal alrededor de la construcción de un diseño experimental.

Materiales

- Botellas con agua
- Goteros
- Globos para inflar pequeños
- Gotero tapado o tubitos con tapa

Procedimiento

La actividad se organiza a manera de plenaria, con los estudiantes ubicados en círculo alrededor del maestro. El profesor manipula el dispositivo procurando que todo el grupo tenga la oportunidad de observarlo, al mismo tiempo que conduce ordenadamente las intervenciones de los estudiantes con el fin de promover una discusión entre ellos sobre lo que piensan que suscita los fenómenos observados.

La actividad consta de cuatro segmentos: en la primera parte, el profesor retoma la actividad anterior del Buzo de Descartes y hace un sondeo de las hipótesis de los estudiantes, propuestas en la sesión anterior. A continuación se realiza en el tablero una categorización de las hipótesis planteadas, para que todos sepan cómo se identifica o se diferencia su propia hipótesis de las demás; relación que el profesor debe hacer explícita. En el curso de la actividad el profesor sólo da curso a algunas de estas hipótesis, dando prelación a aquellas que sean tanto pertinentes como fácilmente ejecutables.

La segunda parte corresponde a la fase de comprobación. Dado que en los cursos participantes la hipótesis de que el peso del agua es el responsable del hundimiento del gotero tuvo aceptación generalizada, el profesor centra la atención en ella y conduce a sus

estudiantes a que propongan formas de comprobación de esta hipótesis. La pregunta básica es qué tipo de variaciones pueden hacerse en el dispositivo para generar evidencia que de cuenta de la validez o falsedad de su hipótesis. En esta fase, las condiciones facilitadoras que provee el maestro (i.e., habilidades de andamiaje y normas de socialización) son cruciales para permitir que los estudiantes propongan la primera variación en el mecanismo; por ejemplo, tapar el gotero o introducir en la botella objetos no compresibles (como tubos de perfume). En esta parte sólo se le da a los estudiantes la oportunidad de predecir lo que pasaría al hacer la variación, de lo que se espera que la respuesta sea acorde con la hipótesis de trabajo.

Dado que en la primera parte del Buzo ninguno de los estudiantes hizo referencia al volumen o a la densidad del gotero, variables importantes en la comprensión del mecanismo y que no son evidentes en su funcionamiento, en esta segunda parte se planeó introducir una variación del Buzo de Descartes en donde se mostrara la influencia de estas variables en el fenómeno observado. Esta variación se introdujo en la tercera parte de la actividad en donde se propone a manera de “experimento crucial” en la que se emplea un objeto al que no se le entre agua al igual que el gotero, pero que sea compresible (e.g., globo inflado). En este punto, el maestro debe conducir a sus alumnos a fijar los rasgos críticos de la tarea, es decir, la compresión del aire como responsable de los cambios de densidad en el cuerpo y, por consiguiente, de su flotación.

En la última parte de la actividad se recapitula el procedimiento seguido y se establecen conclusiones finales, haciendo énfasis en las dos variables responsables del hundimiento del gotero: el peso del agua y el volumen del objeto (pues, como se sabe, la variación de cualquiera de ellas genera un cambio en la densidad del objeto).

El indicador de logro más importante es que al finalizar la sesión los estudiantes mencionen de manera explícita la existencia de otra variable distinta al peso; es decir, que durante la actividad reconocieran y comprendieran la relación causal establecida entre la modificación del volumen y el hundimiento del gotero. El reconocimiento de esta relación causal, sin embargo, no debe refutar la hipótesis inicial de los estudiantes, la cual también debe aceptarse como correcta a partir de las variaciones experimentales realizadas. Indicadores de logro adicionales son también los siguientes: Primero, el grado de elaboración de explicaciones con respecto a las que surgieron en la primera sesión del Buzo de Descartes; y segundo, la aplicación, durante la actividad de construcción de embarcaciones, de conceptos implicados en la flotación previamente identificados.

6.6 Ambiente experimental: Construcción de embarcaciones

Grados participantes:

Pre-escolar, segundo y cuarto de primaria

Tiempo estimado

Requiere entre tres o más sesiones según las metas de aprendizaje conseguidas. Cada sesión tiene una duración aproximada entre 30 y 45 minutos y se pueden realizar una o dos por semana.

Metas de aprendizaje

Dado que los ambientes de aprendizaje implementados son conceptualmente similares, el objetivo inicial de esta tarea, al igual que la anterior, es generar en los estudiantes hipótesis sobre el fenómeno de flotación, aunque específicamente en barcos. En particular, se espera que entre las variables enunciadas, se identifiquen las relevantemente implicadas, tales como el peso y el volumen. De acuerdo con las hipótesis planteadas en clase, el propósito central de la actividad es suscitar en los estudiantes la necesidad de comprobarlas empíricamente. Se les propone a los alumnos desarrollar el método experimental como un medio para poner a prueba sus hipótesis. La tarea resalta el proceso de diseño experimental como una forma argumentativa que les permite a los estudiantes apoyar su hipótesis y exponer al grupo las razones por las cuales piensan que es la correcta.

Conceptos y habilidades implicadas

En el transcurso de la actividad, se pretende que los alumnos identifiquen con claridad la relación entre dos conceptos físicos: peso y volumen (densidad) como variables cruciales que determinan la flotabilidad de un cuerpo.

Una de las habilidades que la actividad demanda inicialmente a los estudiantes es la formulación de hipótesis, conjeturas y explicaciones sobre el fenómeno considerado. Una vez se hayan apropiado de su hipótesis, se ven enfrentados a defenderla frente a otras que son distintas o contrarias a ella, lo que los conduce a la necesidad de ponerla a prueba. La fase de comprobación de hipótesis requiere del alumno competencias cognitivas para modificar los factores implicados de manera sistemática. Para ello, es indispensable que los niños distinguan las variables intervinientes y realicen un control cuidadoso de ellas.

Otra de las habilidades científicas que la actividad permite es el diseño y la anticipación de posibles experimentos o variaciones que generen evidencia a favor o en contra de hipótesis y explicaciones planteadas. Ya que el experimento es una situación que simplifica y representa una clase de fenómenos reales sobre los cuales se hacen inferencias a partir de los datos, el estudiante debe establecer relaciones entre el dispositivo experimental y el fenómeno que se desea explicar.

Durante la fase propiamente experimental, se requiere que el alumno ejercite tanto habilidades de observación como habilidades para la medición y el registro permanente de los hallazgos. De igual forma, la actividad exige a los estudiantes ser capaces de dar o replantear explicaciones según los resultados, lo cual por una parte, les demanda habilidades cognitivas complejas en tanto se enfrentan a llevar a cabo un proceso explicativo, y por otra, les permite acercarse a un modo particular de argumentación propio de la lógica experimental.

Materiales

- Recipientes con agua (e.g., peceras, poncheras)
- Plastilina
- Objetos para medir volúmenes de agua (e.g., cucharas, jeringas)
- Serie numerosa de objetos con igual peso (e.g., balines, regletas de la misma medida)

Procedimiento

La tarea consta de tres partes fundamentales: generación de hipótesis, comprobación de hipótesis y diseño experimental; cada una de las cuales se divide en grupos de actividades realizadas en varias sesiones, según se vayan logrando los objetivos específicos de cada momento. En pre-escolar, se distribuyeron de la siguiente forma: dos sesiones para generación de hipótesis, dos sesiones para comprobación y una final para la fase de diseño. Durante el primer momento el maestro hace la introducción de la tarea, señala el curso de la actividad y procede a explorar las hipótesis iniciales de los estudiantes sobre el fenómeno en cuestión. Dado que en las primeras sesiones, los niños de pre-escolar no acudieron a variables distintas fuera del material, se vio necesario realizar una segunda sesión con el propósito de hacer un sondeo más agudo de la manera en que los niños hacen uso de su conocimiento previo para dar cuenta de la flotación de los barcos. Todo esto lo conduce el profesor en forma de plenaria en la que se procura seguir un orden de participación donde todos y cada uno de los estudiantes tiene la oportunidad de presentar sus apreciaciones al grupo, de forma que las intervenciones pueden ser contrastadas.

La segunda parte inicia dándole curso a una o algunas de las hipótesis surgidas, según su pertinencia y posibilidad de ejecutarlas en el aula con los materiales y herramientas a disposición (e.g., una hipótesis que no es de fácil reproducción y, por tanto de difícil comprobación empírica en el salón de clase, es la existencia de “cámaras de aire”). De acuerdo a los resultados obtenidos en la primera fase, se tomó en el curso de pre-escolar la hipótesis del material como la hipótesis inicial de trabajo para el segundo momento.

Con el fin de llevar a cabo un proceso de comprobación, se escogió un material que fuera tanto de fácil adquisición como de fácil manipulación para los niños del grado escolar en el que la actividad se implementa. Conforme al nivel de desarrollo psicomotor de niños de pre-escolar, se decidió que la construcción se hiciera empleando plastilina, con el ánimo de dejar constante el material y que se hicieran evidentes otro tipo de variables implicadas, a saber: la forma y posteriormente el volumen. En esta fase se realizaron dos actividades preliminares que fueran consistentes con el propósito del tercer momento: que los estudiantes identifiquen el volumen como una variable adicional al peso que es determinante en la flotación de los barcos.

Para la primera de estas actividades se distribuyeron los niños en mesas de trabajo y a cada uno de ellos el maestro asignó igual cantidad de plastilina (una barra). Con la condición de usar toda la plastilina y resaltando que todos tienen la misma cantidad, el profesor presenta la consigna: “*Cómo hacer que la plastilina flote*”. El objetivo es indagar la manera como los niños conciben la forma que debe tener un barco para flotar. Luego de que los estudiantes realicen distintas formas, se organiza una plenaria donde el profesor indague posibles predicciones de los niños y luego se procede a probar en un mismo recipiente si realmente flotan o no las figuras hechas por cada uno de ellos. La idea es que todo el grupo observe los resultados y que, con la adecuada conducción del maestro, puedan sacar conclusiones y regularidades entre los cuerpos de plastilina. Se espera que los niños comprendan que manteniendo igual tanto el material como el peso, el cuerpo flota, lo cual los conduce a tener en cuenta otra variable: la forma específica que tienen los barcos para flotar. Dado el caso en que ninguno de los diseños flotara, el maestro debe interrogar aquellas formas que faltaría explorar para llegar a la adecuada.

Puesto que en la sesión anterior, aquellas plastilinas que tenían forma aplanada y que lograron flotar, se hundieron luego de un tiempo por acción del movimiento del agua, se diseñó una segunda sesión para introducir a los estudiantes en la búsqueda de formas que garantizaran resistencia al barco. La actividad fue realizada distribuyendo a los niños en grupos de 3 ó 4, ubicados en mesas de trabajo donde se colocó un recipiente lleno de agua. A cada uno se le asignó tres barras de plastilina y la consigna que se introdujo era hacer un barco de plastilina que siempre se mantuviera a flote, con lo que se pretendía que los estudiantes tuvieran en cuenta en su construcción cosas como: inclusión de bordes y eliminación de orificios que garantizaran la resistencia del barco en el agua. Igualmente, al concluir la sesión se lleva a cabo una socialización de los hallazgos y el profesor retoma el sentido original de la tarea.

Por último, la fase que incluye diseño experimental consiste en proponer a los niños un problema específico: hacer que el barco soporte determinada carga cuyo peso sería igual para todos (e.g., cinco pasajeros representados con cinco balines). La instrucción se enfoca en qué modificación hay que hacerle al barco para que resista más peso, para lo cual se hace necesario introducir procesos de medición (en este caso con elementos sencillos, e.g., cucharas para medir el volumen del barco) y, por consiguiente, de registro. En el caso de pre-escolar, el registro puede ser guiado sobre la marcha por la profesora en el tablero, ya que la inscripción se vería dificultada por el desarrollo de habilidades de escritura. Posteriormente al trabajo grupal, se realizaría una socialización de los resultados donde se contrastarían los datos y se llegaría a conclusiones sobre la variable clave del volumen, haciendo referencia al concepto aunque no se haga explícito con el término técnico.

Se considera un logro primordial que los niños invoquen en su discurso de manera explícita los conceptos referentes al fenómeno de flotación, es decir que acudan no sólo a la variable peso, sino que identifiquen e introduzcan el concepto de volumen del cuerpo como crucial para su flotación (para el caso de niños de pre-escolar). Si la actividad se realiza con niños de mayor edad (e.g., grados de primaria) se desearía que los estudiantes establecieran la relación básica entre peso y volumen. En el transcurso de la actividad, se espera que se haga notoria la aplicación de resultados y conclusiones obtenidos en el Buzo de Descartes al fenómeno de flotación en barcos. Además, se espera un mayor grado de sofisticación en las explicaciones de los estudiantes sobre la flotabilidad; esto es, que sean capaces de integrar la evidencia generada en esta tarea a las explicaciones iniciales de manera que sean reformuladas y contrastadas.

6.7 Ambiente experimental: Línea de flotación de embarcaciones

Grados participantes

Debido al nivel de elaboración y complejidad conceptual que caracteriza el entendimiento de la línea de flotación, esta tarea está diseñada para los estudiantes de séptimo y noveno grados.

Duración estimada

Esta tarea experimental está diseñada para una duración de seis sesiones de aproximadamente sesenta (60) minutos. Sin embargo, el docente puede modificar estos

tiempos dependiendo de la dinámica de cada curso y de la obtención de las metas de aprendizaje.

Metas de aprendizaje

Las metas de aprendizaje a las cuales apuntan las actividades de este ambiente experimental, son consistentes con los dos “espacios” fundamentales de la enseñanza de la ciencia: los dominios conceptuales, por una parte, y las habilidades y competencias en el pensamiento científico, por otra.

En cuanto a los dominios conceptuales, este ambiente se sigue de la tarea del buzo de Descartes y, por lo tanto, los principios conceptuales son los mismos: se pretende que los estudiantes determinen el papel que desempeñan el peso y el empuje del agua como fuerzas implicadas en el fenómeno de flotación y el mantenimiento de la línea de flotación. Es necesario que continúen analizando las diferencias entre los conceptos de peso, densidad, volumen, presión, fuerza de flotación y cantidad de líquido desalojado. En este ambiente se espera que los estudiantes, una vez comprendan la forma como estas variables se relacionan e interactúan para determinar la capacidad de flotación, puedan conceptualizar con claridad la forma en que dicha interacción ocurre y puedan establecer las ecuaciones matemáticas que representan dicha interacción.

De lo anterior se deduce que la medición, el establecimiento de unidades de medida y el paso de los niveles conceptuales verbales a los niveles matemáticos, son habilidades implicadas en esta tarea. Como consecuencia de la habilidad para establecer formulaciones matemáticas, los estudiantes estarán en capacidad de elaborar predicciones y experimentos mentales, que les permitan un mayor nivel de abstracción de los sucesos, fenómenos y formulaciones matemáticas elaboradas en clase, a fenómenos más complejos del mundo en general.

En cuanto a las habilidades científicas implicadas en este ambiente de aprendizaje, cabe destacar que constituyen una solución de continuidad con los objetivos de la tarea del buzo de Descartes, donde se empiezan a afianzar, en los estudiantes, los elementos de la formulación de hipótesis que se habían venido trabajando; se pretende que los estudiantes construyan discursos argumentativos cada vez más claros y conceptualmente precisos, en los que puedan desarrollar a fondo sus hipótesis dentro de los parámetros del discurso en ciencia. Se espera que los estudiantes sean capaces de analizar las hipótesis formuladas por otros e identifiquen en ellas las inconsistencias, de tal forma que generen argumentaciones que les permitan contradecir o apoyar una hipótesis analizada.

Pero los objetivos más precisos de este ambiente están dados por la identificación de las estrategias de recolección de evidencia que resultan válidas para la ciencia. Es importante que los estudiantes identifiquen cuál es la estrategia experimental más adecuada para contrastar y comprobar las hipótesis. Se pretende que los estudiantes establezcan parámetros claros para descartar hipótesis inadecuadas y seleccionar explicaciones adecuadas a partir de los resultados experimentales.

Materiales

Madera de varios tipos, láminas de metal, acetato, icopor, plastilina, arcilla, acrílico, vidrio, pegantes, tornillos, tuercas, arandelas, clavos, remaches, silicona, herramientas. Objetos de medición como escuadras, reglas y balanzas. Recipientes con

agua de diferentes capacidades. Estos materiales se encuentran a disposición de los estudiantes en un salón especialmente acondicionado para desarrollar la tarea, en donde se llevan a cabo los proyectos de los estudiantes.

Procedimiento

Al igual que en la tarea del Buzo de Descartes, la consecución de las metas de aprendizaje de Línea de Flotación se encuentra dividida en diferentes momentos, cada uno con características específicas y con objetivos precisos. A lo largo del desarrollo de la actividad el docente puede incluir cuando lo considere necesario, las socializaciones, que son momentos en los que cada grupo debe dar a conocer al resto de los compañeros de su clase, el desarrollo del proyecto que han llevado, con el fin de permitir ser criticados, estimulados y cuestionados en la forma como están desarrollando el proyecto. A nuestro parecer, la aparición de socializaciones frecuentes facilita al docente las tareas de evaluación del diseño, las hipótesis y las formulaciones planteadas, así como permite a los estudiantes el aprendizaje, no solo de estrategias argumentativas, sino de estrategias de evaluación y crítica de la metodología experimental aplicada y desarrollada por los otros compañeros. Para esta tarea se han identificado nueve momentos, no necesariamente cada uno de ellos corresponde con una sesión, sino que el docente analizará el momento preciso para continuar con el siguiente momento y así desarrollar la actividad.

Momento 1: Presentación de la tarea.

Teniendo en cuenta que en la tarea del Buzo de Descartes se había ya introducido el fenómeno de la flotación, que los estudiantes ya habían formulado sus hipótesis y habían desarrollado discursos argumentativos en los que introdujeron las variables relevantes, este ambiente de aprendizaje aparece como el camino experimental mediante el cual se van a evaluar las explicaciones y las hipótesis anteriormente planteadas en la tarea del Buzo. El profesor debe indicar a los estudiantes la conexión entre los contenidos que se van desarrollando y la necesidad de contrastación empírica de dichas argumentaciones con el modelo experimental que se va a utilizar.

La consigna sobre la cual se monta toda esta tarea es la de “recolectar evidencia que nos permita identificar las variables relevantes en el fenómeno de flotación, determinar la forma en que estas interactúan y poder elaborar una explicación de carácter predictivo sobre la flotabilidad de los objetos.” El profesor debe indicar a los estudiantes que la construcción y desarrollo de la embarcación será entendido como un proyecto a lo largo del curso. El profesor procederá a puntualizar los momentos por que los que se pasará durante el desarrollo de la tarea y mantendrá la atención de los estudiantes en la utilización del camino experimental para resolver las dudas que quedaron en la sesión del buzo. Este momento de la tarea finaliza al solicitar a los estudiantes que, para el momento siguiente, piensen, discutan y decidan el material que el grupo desea utilizar para construir una embarcación cuya característica fundamental es que el volumen sea de un decímetro cúbico.

Momento 2: Construcción del dispositivo experimental.

En esta fase se propone a los estudiantes la experimentación con embarcaciones como una estrategia de modelamiento para comprobar las hipótesis generadas sobre el fenómeno de la flotación y se planea la estrategia general de indagación empírica. Ya en la clase de construcción, el profesor inicia haciendo, junto con los estudiantes, los

cálculos necesarios para poder construir una embarcación de un decímetro cúbico de capacidad. En este momento de la tarea, resulta útil el apoyo de profesores del área de diseño y dibujo. Es importante que los estudiantes reconozcan que, debido a las dificultades para establecer dichos cálculos en embarcaciones de forma irregular, resulta más provechoso la elaboración de una embarcación de forma regular, es decir, un cubo de 10 cm por cada lado, independientemente del material que cada grupo haya escogido para trabajar. Los grupos pasan entonces a la construcción de la embarcación, teniendo claras las medidas y características físicas de la embarcación. Se les permite desarrollar libremente dicha construcción y se finaliza este momento con la obtención de una embarcación cúbica de un decímetro de volumen.

Momento 3: Introducción del sistema de registro (bitácora)

Una vez se ha terminado con la construcción de la embarcación, se procede a explicar a los estudiantes el sistema de registro de información que se utilizará; en este momento se espera que los estudiantes sean conscientes de la necesidad de utilizar el registro en bitácora y que entiendan la forma en que debe utilizarse dicho instrumento.

El profesor establece los tres componentes fundamentales de la bitácora: el planteamiento de hipótesis, donde se deben consignar las ideas iniciales de las que cada estudiante parte y sus predicciones acerca de lo que puede pasar; la estrategia de experimentación, en donde el estudiante debe expresar con claridad la estrategia que va a utilizar para probar cada una de las hipótesis, puntualizando en las características del diseño experimental y los resultados esperados en cada uno de los experimentos; y el análisis de resultados, en donde el estudiante debe contar los resultados obtenidos efectivamente en cada uno de los experimentos y las conclusiones que él puede derivar de los resultados obtenidos.

Debe quedar claro que dicho procedimiento debe ser utilizado siempre que se genere cualquier hipótesis, siempre que se esté planeando hacer un experimento y/o siempre que se encuentre alguna clase de evidencia que permita descartar o reafirmar alguna explicación. Se indica que la bitácora será de utilidad tanto para el docente, como para el grupo investigador, en la medida en que permitirá regresar con frecuencia y claridad a revisar todo lo que ya se haya hecho y todo lo que se esté poniendo a prueba. Si el docente lo desea puede incluso desarrollar un breve esquema de las preguntas que debe hacerse el grupo investigador en cada una de las fases, para mejorar la comprensión por parte de los estudiantes y especialmente la fidelidad en el registro de la bitácora.

Esta fase finaliza dejando clara la utilidad de la bitácora, la forma en que debe ser utilizada y especialmente, señalando que debe ser escrita completamente durante el proceso mismo de elaboración e indagación experimental, y no de forma posterior a la finalización del proceso, ya que en ese caso no se puede seguir el curso del razonamiento del grupo ni le será de utilidad al grupo como estrategia de revisión de la información.

Momento 4: Puntualización de las variables implicadas

Teniendo en cuenta que en sesiones anteriores, específicamente en la tarea del buzo de Descartes, ya se habían identificado las variables implicadas en el fenómeno de flotación, el profesor debe retomar las conclusiones que los estudiantes obtuvieron en dicha tarea, utilizando preguntas a la audiencia se debe señalar de manera clara y precisa, las variables implicadas en la flotación.

Se debe retomar el concepto de volumen, el concepto de densidad, la presión, la fuerza de flotación, el peso, la masa, el empuje y todos los demás conceptos implicados

en el fenómeno de flotación, con el fin de centrar la atención de los estudiantes en esos conceptos, quedando por dilucidar la forma en que estas variables interactúan y el papel que cada una de ellas juega en la capacidad de flotación de la embarcación construida, que serán objetivos de los momentos siguientes de la clase. Este momento finaliza dejando claras las variables que afectan la flotación y solicitando a los estudiantes que analicen la interacción que ocurre entre dichas variables, con el fin de determinar la capacidad de flotación de la embarcación construida por el grupo.

Momento 5: Generación de hipótesis sobre el nivel de flotación.

Una vez se han dejado claras las variables que se ven implicadas en el fenómeno de flotación, pero cuya interacción aun se encuentra oculta, y teniendo en cuenta que la tarea sigue por determinar la forma en que esas variables interactúan y determinan la flotación de un cuerpo; se solicita a cada grupo que trate de determinar la capacidad de flotación de su embarcación. La consigna no solo hace referencia a predecir si la embarcación flota o se hunde, sino a tratar de calcular, *a priori*, la cantidad de barco que queda dentro del agua y la cantidad de este que quedará fuera del agua.

Para poder desarrollar dicha predicción los estudiantes deben generar una hipótesis acerca de la forma en que las variables ya puntualizadas interactúan, la forma en que las fuerzas deben equilibrarse y el papel que cada una de ellas desempeña. Igualmente, los estudiantes deben desarrollar mediciones de la masa de la embarcación, el volumen y de todos los elementos que cada grupo considere definitivos en la predicción del nivel de flotación alcanzado por cada barco. El profesor debe pasar por cada uno de los grupos revisando la hipótesis predictiva, sin hacer sugerencias acerca de la respuesta correcta, pero si evaluando el nivel de elaboración y coherencia de cada hipótesis.

Esta fase finaliza con la consignación de la hipótesis predictiva, en la que importa más que el número o la unidad de flotación predicha, la parte explicativa de la hipótesis, ya que en ella se está dejando clara la interacción que suponen los estudiantes, lo que ocurre entre las variables y así determinar el nivel de flotación. Por último se solicita a los estudiantes que desarrollen una metodología experimental que les permita poner a prueba la interacción que cada grupo sugiere y que sea consignada en la bitácora.

Momento 6: Contratación experimental

Una vez cada grupo ha generado la hipótesis referente a la interacción de las variables que les permite predecir el nivel de flotación de su embarcación, y habiendo señalado una estrategia experimental para comprobar el nivel de flotación, se procederá a dar curso a la estrategia experimental sugerida. El profesor debe supervisar, en cada grupo, la rigurosidad y el buen diseño experimental, así como la recolección de evidencia a partir del experimento desarrollado. El profesor debe plantear preguntas a cada grupo en las que se permita dilucidar los resultados obtenidos, analizarlos a la luz de los resultados esperados según la hipótesis explicativa que fue generada, y obtener conclusiones acerca de la interacción que ocurre con las variables.

Teniendo en cuenta que este momento pretende reconocer la interacción de variables que da cuenta efectiva del fenómeno de flotación, variaciones a la hipótesis inicialmente formulada pueden aparecer, de la misma forma que nuevos experimentos pueden ser desarrollados y nuevas conclusiones pueden ir surgiendo, por lo que este momento resulta ser dinámico y puede repetirse cuantas veces sea necesario hasta lograr

que los estudiantes identifiquen una hipótesis que haya podido soportar la evidencia experimental hallada.

Momento 7: Formulación matemática

Una vez los estudiantes han podido determinar la hipótesis que les permite explicar la forma en que las variables implicadas en la flotación interactúan para determinar el nivel de flotación, el profesor debe conducir la clase a la necesidad de la formulación matemática; esto implica la traducción de las hipótesis, que están desarrolladas en lenguaje natural, en ecuaciones matemáticas que generen un modelo explicativo más preciso.

Mediante la discusión y elaboración de cada grupo, se pueden obtener hipótesis que resultan interesantes de ser discutidas; se solicita a cada grupo que desarrolle dicha hipótesis en términos algebraicos y que se permitan llegar a formular, gracias a las medidas que han tomado y conociendo algunos datos experimentales, a un desarrollo abstracto.

El profesor debe facilitar a los estudiantes las herramientas necesarias para que la formulación matemática de las hipótesis explicativas sea cada vez más elaborada, que no se cometan errores en las unidades de medida, que se incluyan las variables relevantes y especialmente que la formulación matemática alcanzada sea vista por los estudiantes como una representación numérica de la realidad que están experimentando, comprendiendo así el papel que desempeñan las ecuaciones en el quehacer científico y estableciendo en ellas un argumento que sustenta o contradice una hipótesis.

Momento 8: Predicción de peso límite

Una vez desarrollada la formulación matemática, en la que se plasma la interacción propuesta para las variables y los resultados experimentales obtenidos, se someterá a prueba dicha formulación matemática, y la forma de hacerlo será tratando de calcular el peso máximo que la embarcación de cada grupo podría soportar justo antes de hundirse.

Nuevamente, las hipótesis deben ser consignadas en la bitácora y se entenderá el camino experimental para probar las hipótesis. Los estudiantes deben desarrollar una predicción acorde con la formulación matemática obtenida en el momento inmediatamente anterior y especialmente deben justificar matemáticamente la predicción desarrollada para el caso del peso límite.

Este momento finaliza con la formulación matemática de una hipótesis que incluya las razones por las cuales el peso límite de la embarcación construida es ese y el procedimiento seguido para calcularlo. A continuación se procederá a la elaboración experimentos matemáticos que permitan contrastar dicha hipótesis.

Momento 9: Experimentación matemática

Esta es la fase última de la tarea y es la que pretende reconocer el nivel de elaboración que han alcanzado los estudiantes, en este momento las hipótesis han sido planteadas, probadas, formuladas en ecuaciones y ahora se pretende operar sobre dichas ecuaciones. Para ello, el docente introduce como pregunta experimental: “¿Qué se puede hacer para que la línea de flotación se mantenga en el nivel inicial (barco desocupado) a pesar de incluir en él una cantidad de peso determinada”. Esta pregunta deberá ser resuelta inicialmente de forma matemática, es decir en el papel, y su resolución será el producto de las evidencias recogidas con la experimentación que se ha venido desarrollando.

Llegados a este momento, se recomienda que el docente centre la atención y el planteamiento de hipótesis en la formulación matemática desarrollada, dejando indicados algunos experimentos que podrían llevarse a cabo para desarrollar la predicción y obtener un modelo explicativo más estable, pero no dando curso a dichos experimentos, pues el nivel de formalización y de abstracción debe ser lo suficientemente alto como para poder desarrollar experimentos matemáticos. Si el docente considera adecuado continuar con la experimentación para afianzar la aprehensión de la lógica del razonamiento científico, puede dar curso a experimentos especialmente llamativos en los que se ponga en juego variables que no hayan sido profundamente elaboradas por la clase, como la densidad del fluido.

La tarea finaliza con la formulación de estrategias de modificación experimental que permitan alcanzar niveles de flotación altos, a pesar de la presencia de pesos extremos, planteados en formulaciones matemáticas que le llevan al docente a continuar con sus clase, habiendo determinado la forma en que la flotación ocurre y los principios de flotación de barcos que explican su forma y sus capacidades de carga. Incluso si el docente lo considera adecuado, podría embarcarse en cadenas de indagación que lleven a comprender la hidrodinámica de los barcos, siguiendo este mismo procedimiento.

Al igual que con la tarea del buzo de Descartes, los indicadores de los logros de Línea de Flotación están dados por el cumplimiento riguroso y exacto de las metas de aprendizaje nombradas anteriormente y el cumplimiento de dichas metas debe ser el indicador de finalización de la actividad, pues esto se verá reflejado en el desempeño de los estudiantes al tener que desarrollar experimentación matemática y en cada una de las socializaciones que el docente haya incluido. El docente puede saber que la tarea ha tenido éxito en la medida en que:

- Los estudiantes establecen hipótesis predictivas en las que se incluyen los diferentes componentes del fenómeno de flotación y unas tentativas de interacción entre las variables.
- Los estudiantes establecen explicaciones al fenómeno en las que introducen de forma adecuada los conceptos de peso, densidad, volumen, presión, fuerza de flotación y cantidad de líquido desalojado, identificando las relaciones existentes entre ellos y la relación de dichos conceptos con el nivel de flotación alcanzado por la embarcación.
- Los estudiantes construyen discursos argumentativos, según los parámetros de la ciencia, con los que pretenden exponer, a sus compañeros de clase, las hipótesis de las que parten para generar una explicación, las estrategias de recolección de evidencia que fueron utilizadas, la forma en que los resultados son interpretados y las formulaciones matemáticas que les permiten generalizar el fenómeno de flotación.
- Los estudiantes identifican la necesidad de comprobación empírica como estrategia para la evaluación de las hipótesis y el diseño experimental como camino a seguir dentro de la generación de explicaciones consistentes acerca de la flotación.
- Los estudiantes son capaces de desarrollar experimentos en los que se requiere la utilización de habilidades de medición, precisión y claridad de las medidas,

recolectando la evidencia y representando de manera coherente los datos para elaborar explicaciones.

- Los estudiantes están en capacidad de traducir en ecuaciones matemáticas las explicaciones y argumentaciones conceptuales desarrolladas en la tarea anterior, así como las hipótesis de predicción y los resultados experimentalmente obtenidos, donde introducen evidencia experimental siguiendo estrategias de indagación y modelamiento de los experimentos. Reconociendo las evidencias como elementos argumentativos que permiten la aparición de explicaciones consistentes.

7 ANALISIS COMPARATIVO DE LA IMPLEMENTACION DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: EL CASO DEL BUZO DE DESCARTES

En esta sección presentamos, a manera de ejemplo, un análisis de algunas de las sesiones de clase en las que se implementaron los ambientes de aprendizaje propuestos. Más que someter a consideración un análisis exhaustivo de la actividad, nuestro interés es mostrar la manera como una misma tarea, da origen a dinámicas diferentes, dependiendo de la edad y escolaridad de los niños, el dominio disciplinar del docente y las formas de andamiaje propias de cada uno de los profesores. Igualmente, deseamos poner de presente nuestro interés de examinar con lente de aumento lo que sucede en el aula, la manera como el maestro conduce la actividad, las formas de interacción maestro-alumno y las producciones de los estudiantes. Los datos que arrojó nuestra innovación exceden 400 páginas de respuestas escritas y 23 horas continuas de videos en el aula. Disponemos, por tanto, de un corpus que alimentará sendos análisis en lo sucesivo. De allí, nuestro interés en divulgar tan solo una primera aproximación.

Como puede inferirse a partir de la lectura de los análisis, se presentan actividades en el aula que distan de ser perfectas. Algunas de ellas se realizaron con mayor éxito y otras presentaron dificultades evidentes. Lo anterior es, sin embargo, esperable, dada la naturaleza compleja del aula de clases y el carácter innovador de la práctica pedagógica que presentamos.

7.1 Análisis de la actividad en preescolar

Presentación de la tarea

La actividad inicia en preescolar con la presentación de la tarea por parte de la profesora Myriam Martínez. El profesor Eric Tuirán sirvió como docente acompañante. La consigna que utilizó la docente fue la siguiente:

PROFESORA: Hoy vamos a hacer un juguete. Estoy segura que es un juguete que les va a gustar muchísimo. Lo importante es que pongamos muchísima atención a uno que yo ya tengo listo allí, pero después ustedes van a procurar hacer uno parecido y tienen que estar muy atentos a cómo es este juguete que yo les voy a mostrar para que el de ustedes también funcione (...) Luego de que veamos esto le vamos a poner un nombre a

este juguete pero primero lo vamos a ver (...) Es muy sencillo, no necesitamos nada especial: una botella, agua y un gotero. Ahora, ustedes van a mirar qué pasa con este juguete y qué hago yo para que este juguete pueda funcionar. Atención.

Cuando la profesora hace funcionar el mecanismo, de entrada establece como objeto de interés para los niños la relación causal entre apretar la botella y el descenso del gotero:

- 1 PROFESORA: ¿Qué apreté yo?
- 2 NIÑO: El vaso, el tarrito.
- 3 PROFESORA: ¿Y qué pasó?
- 4 NIÑO: Se bajó.
- 5 PROFESORA: ¿Qué se bajó?
- 6 NIÑO: El gotero.
- 7 PROFESORA: Observemos nuevamente, miren con mucha atención.

En este momento la profesora despacha rápidamente el procedimiento a realizar y señala continuamente rasgos críticos de la tarea (línea 7). Al darse esto, las intervenciones de los niños se dirigen a explicar qué ocurre como fenómeno observable:

- 8 PROFESORA: ¿Qué hice yo?
- 9 NIÑO: Aplastarlo.
- 10 NIÑO: Apretarlo con la mano.
- 11 NIÑO: Se bajó
- 12 NIÑO: Cuando le hiciste suavcito se queda arriba, cuando le haces duro se baja.

La profesora pregunta a la espera de que los niños den explicaciones sobre qué ocurre dentro del gotero:

- 13 PROFESORA: ¿Si yo mantengo la botella presionada?
- 14 NIÑO: Se queda abajo
- 15 PROFESORA: ¿Y si empiezo a soltarla?
- 16 NIÑO: Se va subiendo.

Luego de señalar esto, la profesora pide a los niños que armen grupos de tres, se dirijan a las mesas y construyan “*uno igualito*” al que ella muestra. Su fuerte en el manejo de grupo hace que los niños presten atención a los detalles relevantes de la tarea y para la profesora sea fácil diligenciar tal labor. Una vez se ha hecho esto, los niños construyen bajo supervisión de la profesora y del acompañante, mecanismos de Buzo de Descartes que funcionan a las mil maravillas y pide continuamente a los niños que observen qué es lo que ocurre dentro del gotero al aplastar la botella:

- 17 PROFESORA: ¿Qué está pasando dentro del gotero para que suba y baje? Atención. Toca que estén mirando qué pasa dentro del gotero.

Socialización

Los logros en la fase de la presentación (que involucró el examen del dispositivo por parte de los niños) dan paso en plenaria, primero que todo, a que la profesora pida a los niños que recuerden la tarea y luego que expliquen el fenómeno:

- 18 PROFESORA: ¿Qué fue lo que hicimos?
19 NIÑO: A una botella le echamos agua (...) le pusimos un gotero dentro y la tapamos.
20 PROFESORA: Ahora Daniel nos va a contar cómo funciona este juguete.
21 NIÑO: Eh, al espichar la botella se llena el gotero de agua y se baja.

En ese punto, la profesora parafrasea la explicación y de paso aclara la expresión del niño. Se trata de establecer nuevamente una relación causal entre apretar la botella y el comportamiento del gotero. Sin embargo, la profesora no explota la hipótesis del niño y regresa, en la línea 24, a la descripción del fenómeno. Un niño, en la línea 25, insiste en la hipótesis inicial, al parecer relacionada con el peso del agua que el gotero “absorbe”.

- 22 PROFESORA: Muy bien, él nos dice que al presionar (la botella), dice que el gotero toma agua y el gotero se bajaba, ¿cierto? Si dejábamos de presionar la botella, ¿qué pasaba?
23 NIÑO: Se bajaba el agua y (el gotero) se subía.
24 PROFESORA: Muy bien, ahora vamos a ver y vamos a pensar qué es lo que pasa con el gotero cuando apretamos la botella, cuando presionamos, qué pasa con el gotero, pensamos. Si escucharon la pregunta: ¿Qué pasa con el gotero cuando presionamos la botella? ¿Quién puede decir algo? A ver, Irene.
25 NIÑO: Cuando se aprieta la botella el agua se mete en el gotero, que se baja y cuando se baja se engorda el gotero y se sube el agua, se mete en el gotero y eso lo baja.

Aunque parafrasea lo que dicen los niños, habría sido deseable que hubiese vinculado las explicaciones de los diversos niños participantes, de manera tal que se subrayaran las coincidencias y regularidades. Ello habría permitido, por una parte, la contrastación de explicaciones y la apertura de una verdadera cadena de indagación (es decir, un encadenamiento de explicaciones distintas). Hacia el final de la plenaria, la profesora pregunta, indagando nuevamente por explicaciones, pero las contribuciones de los niños, aunque altamente creativas, no son relacionadas entre sí a través de categorías:

- 26 PROFESORA: ¿Por qué pasará eso, por qué pasará que el gotero chupa agua y se baja?
27 NIÑO: Por el peso del agua.

- 28 NIÑO 2: Por el peso del gotero
- 29 NIÑO 3: El caucho, el chupo es lo que hace flotar al gotero
- 30 NIÑO 4: De pronto el agua impulsa hacia abajo y (el gotero se) baja.
- 31 NIÑO 5: El agua le da peso al gotero cuando entra y hace que baje.
- 32 NIÑO 6: Como el agua se mete dentro del gotero, toma más fuerza y se hunde.

Si bien la profesora no lleva la socialización a un punto de discusión en el que las diversas hipótesis se contrasten, es comprensible que así haya sucedido porque, por una parte, es la primera sesión de la secuencia de actividades, y por otra, la profesora misma no estaba, en el momento de la sesión, enteramente familiarizada con los conceptos físicos implicados. Es claro que una mayor apropiación de los objetivos y la fundamentación disciplinar de las tareas implementadas, conduciría a un tipo de socialización más adecuado.

No obstante las limitaciones, como logros podemos destacar muchos aspectos; por ejemplo, la acentuación permanente de los rasgos críticos de la tarea, la orientación de la discusión sobre la actividad que se lleva a cabo, el establecimiento de la relación causal hecho-evidencia (patente en la presentación de la tarea), las peticiones de clarificación (en niños), el buen manejo de grupo y el control de la atención de los niños.

7.2 Análisis de la actividad en segundo grado

Presentación de la tarea

Luego de la implementación del ambiente preliminar “Juguemos con el agua”, donde los estudiantes se aproximaron al dominio físico de los ambientes experimentales posteriores y se familiarizaron con eventos relacionados con el agua, la maestra retoma la actividad para comenzar la primera sesión del “Buzo de Descartes”. En la introducción y a lo largo de la actividad, la maestra procede de acuerdo con las etapas que habían sido diseñadas con el propósito de dar curso a mecanismos más sofisticados de indagación por parte de los niños, que permitieran la generación de hipótesis y explicaciones ante un fenómeno físico a la vez interesante y desafiante.

Antes de establecer las instrucciones de la tarea, la maestra fija normas de trabajo, como la organización de los grupos, y focaliza la atención, eliminando los distractores. A continuación presenta los materiales y construye el artefacto.

- 1 PROFESORA: Hoy vamos a jugar con el agua nuevamente. Recuerden que hemos hecho varios juegos con el agua. -- Guardamos todo por favor -- y luego ustedes van a trabajar esta parte. Yo tengo un recipiente con agua (muestra la botella llena de agua sin tapar). Entonces tengo aquí ...
- 2 ESTUDIANTE: Un gotero!
- 3 PROFESORA: Un gotero, pero resulta que a ese gotero le vamos a cambiar el nombre. Lo vamos a llamar Buzo de Descartes. Va a hacer la función de un buzo dentro del agua. Vamos a observar qué pasa. ¿Listo? Yo lo introduzco y vamos a ver qué pasa. Pero además resulta que para poder ver bien y que no se

nos salga el agua, debemos tapar muy bien el recipiente. Como ustedes observan, debe estar bien tapado. Vamos a observar qué pasa. Cada uno va a tener este experimento en su mesa, por eso vamos a trabajar por grupos. Así no más yo lo tomo y luego presiono y observo a ver qué pasa. Esperemos a ver... listo. Bueno vamos a volver a presionarlo nuevamente qué pasa. Nuevamente hago presión sobre él y observamos qué pasa. Presiono y suelto (pasa por los grupos haciendo la demostración). Cada uno debe estar observando esto muy detenidamente cuando lo estemos trabajando porque además va a haber un momento en el que cada uno va a escribir individualmente todo lo que ha observado. ¿Listo? Volvamos a mirar. Sobra recomendarles que el trabajo en grupo, para que surta efecto, debe estar bien organizado.

La maestra le concede un tiempo considerable a esta primera parte, logrando en los niños un creciente interés por la tarea y estableciendo pautas de orden que se mantendrán durante todo el trabajo. Nótese que pese a la claridad de la consigna inicial, ésta privilegia la observación, la cual constituye un componente básico dentro de la cadena de indagación que involucra la actividad científica; sin embargo, no hace referencia al proceso explicativo, con su doble connotación de ejercicio conceptual y práctica comunicativa, que el proyecto pretende promover a través de ambientes genuinos de experimentación.

Construcción del dispositivo experimental

Durante la construcción del buzo por pequeños grupos, es de destacar la presencia de acciones de exploración interesantes por parte de algunos estudiantes que dan cuenta de las hipótesis de que parten. La siguiente situación ocurre en una de las mesas de trabajo en el momento en que los tres niños integrantes del grupo llevan a cabo una construcción defectuosa del dispositivo.

- 4 NIÑO 1: (tapa la botella) Listo! (presiona)
- 5 NIÑA 3: No baja (2 y 3 observan)
- 6 NIÑA 2: Espíchelo de arriba (señala la parte superior de la botella) (Niño 1 oprime la botella en la parte superior e intenta en otras partes).
- 7 NIÑA 2: Profe, no baja!
- 8 NIÑA 3: Empújelo hacia abajo con el dedo (señala con el índice hacia abajo).
- 1 y 2 oprimen al tiempo. 1 asegura bien la tapa.
- 9 NIÑA 2: Húndalo, húndalo (señala con el dedo) abra la tapa, húndalo. (2 abre la botella y 1 introduce el índice sumergiendo levemente el gotero, al tiempo que 2 intenta tapar rápidamente la botella. Luego 2 insiste de nuevo introduciendo el dedo para hundir más el gotero y tapa.)

La maestra se acerca y pregunta qué pasa, presiona unas cuantas veces, revisa la tapa y el gotero. Finalmente se dirige a otra mesa. El niño 1 manipula realizando varias acciones: presiona con ayuda de 2; asegura la tapa; voltea la botella dos veces; y vuelve a presionar en su posición original.

- 10 NIÑA 2: Uy! (observando que el gotero se desplaza hacia arriba al voltear la botella). Voltéelo (se dirige a 1, quien presiona estando la botella boca arriba; 2 lo toma y le da varias veces la vuelta. Dejándola al revés donde el gotero queda invertido, hasta que termina sumergiéndose).
- 11 NIÑA 2: Ahora se quedó abajo. No, mira profe! (1 y 2 lo sacuden y presionan con insistencia.)

Como se advierte en el segmento anterior, se presentan varias búsquedas de solución por parte de los niños para lograr reproducir el efecto del Buzo con los materiales de que disponen, a saber: presionar la parte superior de la botella, hundir el gotero con la mano e invertir la botella. En primer lugar, cuando la niña 2 indica “espichar arriba” es evidente el empleo de conocimientos previos ante una situación novedosa, manifestándose la confusión entre dos conceptos físicos al atribuir la propiedad de direccionalidad de la fuerza al concepto de presión. En segundo lugar, la acción de hacer hundir el gotero con el dedo, demuestra la dificultad de identificar la relación causal implicada en el fenómeno: la presión ejercida al recipiente y la consecuente inmersión del gotero, lo cual puede ser debido a la ausencia de rasgos críticos durante la presentación de la tarea. Finalmente, tiene lugar otra serie de acciones conjuntas de exploración sin propósitos definidos (voltear y sacudir la botella), más relacionadas con el azar y el juego, que derivadas de una hipótesis concreta, conduciendo en última instancia a otra construcción imperfecta del aparato.

Ante las dificultades del grupo, en una intervención posterior, la maestra intenta propiciar en los niños explicaciones alternativas del fenómeno: ya no por qué ocurre el fenómeno, sino por qué no funcionó, por qué se quedó arriba el gotero y luego por qué se hundió. No obstante, sugiere una nueva construcción del artefacto antes de indagar las hipótesis de los niños. En el siguiente fragmento se evidencia la manera como la maestra rescata el aporte significativo de un niño que se acerca al grupo (N4) y sin solicitarle la formulación de su hipótesis, señala cursos de acción que, aun cuando son adecuados, no se siguen del propio razonamiento del niño. La situación ocurre en la misma mesa del grupo anterior con la intervención de niños de otros grupos.

- 12 PROFESORA: ¿Por qué creen que se quedó abajo?
- 13 NIÑO 4: Porque.... (inaudible)
- 14 PROFESORA: Ah! ¿Por que el tubito tiene agua? ¿sí? ¿y qué pasará si le sacamos el agua? Sácale el agua a ver qué pasa. Mira a ver qué pasa. El niño no la recibe y niega con la cabeza.
- 15 PROFESORA: Entonces pruébalo tú (le entrega a otra niña) a ver qué pasa si le sacas el agua. Sácale el agua y vuelves y lo cambias ahí (señala la mesa)

Posteriormente, la profesora construye de nuevo el buzo, señalando los cambios hechos a los materiales y establece la conexión entre esas modificaciones y la descripción que hace el niño sobre el agua dentro del gotero. Es de destacar en el apartado que sigue la manera como la maestra conduce el discurso, recurriendo a elementos como el parafraseo, es decir retomando las intervenciones de los estudiantes; sin embargo éstas no son reelaboradas, de lo cual no se esperarí el mejoramiento de las producciones de los

niños. Es preciso anotar que este tipo de actuaciones en el aula como ámbito social (en este caso no habituales en el curso) propicia el acceso de los estudiantes a procesos comunicativos particulares, siempre y cuando éstos constituyan una exigencia para el niño, puesto que le demandaría al estudiante ser más explícito, informativo y claro en sus intercambios (Forman & Larreamendy-Joerns, 1998)

- 16 NIÑO 4: Lo que yo dije sí era.
 17 PROFESORA: Lo que tú decías era que....
 18 NIÑO 4: Que se había llenado el tubito de agua....
 19 PROFESORA: ¿Qué se llenó el tubito de agua? (parafrasea)
 20 NIÑO 4: Y el peso no lo dejaba subir
 21 PROFESORA: Y el peso no lo dejaba subir (parafrasea). Entonces ahora ¿qué pasa? ¿tiene agua? (con el gotero en la mano). ¿tiene agua o no tiene agua?
 22 NIÑO 4: No
 23 PROFESORA: Entonces ahora vamos a dejarlo acá (lo introduce en la botella) a ver qué pasa. ¿sí? Vamos a ver por qué él dice que no funcionó: porque el tubito se llenó de agua. Entonces vamos a mirar ¿listo? (tapa y presiona la botella). Déjalo, espérate a ver. ¿Qué pasó aquí? ¿ya? ¿ya bajó? Y ahora suéltalo a ver ¿se quedó abajo otra vez? Otra vez se nos quedó abajo, ¿qué hacemos frente a eso? ¿pero hay algo que pasa dentro del...
 24 NIÑO 5: Se llena el tubito
 25 PROFESORA: Se llena el tubito. ¿cuándo se llena el tubito?
 26 NIÑO 5: Cuando uno lo espicha
 27 NIÑO 6: Cuando está abajo
 28 PROFESORA: Cuando tu presionas ¿se llena? Y si yo lo suelto? ¿por qué será que pasa eso?

En todo caso, es de recalcar la dificultad que tuvo la maestra para lograr una conducción adecuada en el transcurso de la actividad ante los eventos imprevistos, debido a la calidad defectuosa del dispositivo. De esa manera, y dado que la maestra no maneja los principios científicos implicados en el fenómeno y no tuvo el acompañamiento de un profesor del dominio disciplinar en cuestión, se presentaron notorias dificultades en la generación de hipótesis y explicaciones por parte de los niños. En la medida en que no estuvieron expuestos al efecto, la producción fue deficiente, puesto que se fijaron en rasgos irrelevantes y perdieron progresivamente el interés por la tarea.

El siguiente segmento ilustra exactamente cómo los niños de segundo grado (7-8 años) son capaces de identificar rasgos críticos de la tarea, aunque en la consigna no se hicieron explícitos, como la relación causal entre la acción sobre el dispositivo y el efecto. No obstante, el tiempo de interacción de la profesora con los estudiantes no se amplió para llevarlos a elaborar explicaciones sobre lo que observaron. Se hace evidente aquí que más que las exigencias mismas de la tarea, son las condiciones particulares de interacción entre el maestro y los estudiantes las que posibilitan el razonamiento de éstos.

- 29 NIÑO 7: Profe, le quitamos el agua por dentro del envase y a esto también (señala el buzo) y funcionó!
- 30 PROFESORA: Ah! Bueno espíchalo! (toma la botella y oprime dos veces) ¿qué pasa? ¿qué observas?
- 31 NIÑO 8: Yo, yo sé profe. Cuando tu exprimes.....(inaudible) agua se sube y se le mete.... y se baja.
- 32 PROFESORA: ¿A dónde se le mete el agua?
- 33 NIÑO 8: aaaaaah
- 34 PROFESORA: Al buzo. Piensen en eso!

En los minutos posteriores, uno de los practicantes de psicología que colaboran en el proyecto, se involucra en el grupo que mencionamos atrás, intentando indagar y darle curso a las hipótesis de los niños, haciendo uso de normas de socialización, como la coordinación de intervenciones y la contrastación de posiciones. No obstante, se confirma en este fragmento que en ausencia de la observación y exploración directa del efecto, los niños no centran su atención en los rasgos críticos de la tarea, por lo que sus explicaciones son bastante escasas. Por ejemplo, nótese en el siguiente caso la diferencia entre las suposiciones de los niños del grupo que no logró construir el Buzo y aquéllas expresadas por niñas (N9 y N10) de otro grupo al que sí le funcionó el dispositivo.

- 35 PRACTICANTE: ¿Cómo vamos por acá?
- 36 NIÑO 2: Lo vamos a destapar a ver si le podemos sacar este cosito y volverlo a meter
- 37 PRACTICANTE: ¿Cómo para qué pensabas hacer eso?
- 38 NIÑO 2: Cuando lo....
- 39 PRACTICANTE: ¿Por qué será que ahora no está haciendo lo que hacía antes?
- 40 NIÑO 9: Porque resulta que el cosito para chupar se llena de agua y cuando se llena de agua no puede subir.
- 41 PRACTICANTE: ¿Por qué no puede subir cuando se llena de agua?
- 42 NIÑO 9: Porque queda pesado. El agua le pesa.
- 43 PRACTICANTE: Tú decías (se dirige a S2) que era porque la botella estaba llena. ¿cuál será la más verdadera de esas dos cosas?
- 44 NIÑO 9: Que se le mete el agua al tubito
- 45 PRACTICANTE: ¿Qué se le mete el agua al tubito?
- 46 NIÑO 9: Y queda llena
- 47 PRACTICANTE: ¿Por qué será que es más verdadera que la otra?
- 48 Todos:..... no se sabe....
- 49 PRACTICANTE: ¿Por qué ustedes se inclinan más a pensar que se llenó de agua el gotero y no que la botella está llena?
- 50 NIÑO 3: La botella está muy llena porque....
- 51 TODOS: la botella.....
- 52 PRACTICANTE: A ver vamos uno por uno
- 53 NIÑO 3: La botella que está muy llena se le mete el agua
- 54 PRACTICANTE: Si estuviera menos llena...
- 55 NIÑO 2: ...no flotaría y no se le mete el agua

- 56 PRACTICANTE: Tú dices que no flotaría y además que no se le mete el agua. ¿Uds. Qué piensan de eso?
- 57 NIÑO 3: Se le mete un poquito
- 58 PRACTICANTE: ¿Se le mete un poquito y logra flotar?
- 59 NIÑO 3: no NIÑO 9: sí
- 60 PRACTICANTE: ¿De qué dependerá que flote o que no flote?
- 61 NIÑO 10: del aire....
- 62 PRACTICANTE: ¿Por qué se llenó el cosito?
- 63 TODOS:por el agua..... porque tiene....
- 64 NIÑO 10: Cuando va bajando esto se va llenando (gotero) y entonces hace que esto pese un poquito y entonces hace que no pueda subir.
- 65 PRACTICANTE: ¿Quién tiene otra idea de porqué se llenó el gotero?
- 66 NIÑO 10: Porque es que..... mejor dicho porque uno lo llena mucho de agua, el vaso, entonces después de que uno lo vaya espichando entonces se va llenando y más y más, hasta que quede bien lleno y se va abajo.

De otra parte, estas interacciones no tuvieron mucha significancia en la medida en que el diálogo se mantuvo con unos pocos estudiantes de forma desordenada, sin que el grupo completo tuviera la oportunidad de escuchar y seguirlo con atención. Finalmente, no se logra conducir a conclusiones relevantes alrededor del proceso explicativo sobre el fenómeno físico en cuestión; más bien conlleva a interpretaciones incorrectas sobre la falla en el mecanismo y no se concentra sobre el mismo. De este modo, algunos de los niños llegan a establecer tentativas de explicación causal de la forma: si se presiona mucho tiempo el frasco, el gotero se llena de agua y por el peso no sube (ilustrado en el renglón 66 y que sale a relucir posteriormente en la plenaria). En este caso hubiese sido pertinente preguntar la razón por la cual vuelve a subir el gotero, pero eso sólo habría sido posible ante la observación directa del efecto del Buzo.

Socialización

Luego del ejercicio de escritura para responder el cuestionario de manera individual, se organiza una plenaria con el fin de socializar las apreciaciones de los estudiantes y llegar a elaboraciones comunes. Ante la lectura de la primera pregunta por parte de la maestra, las siguientes son las respuestas de algunos estudiantes.

- 67 Cuando uno la oprimía la botella, bajaba el buzo; cuando la soltaba, se subía.
- 68 Cuando uno oprimía en el centro la botella se hundía el buzo y bajaba por el peso.
- 69 Cuando uno espichaba la botella, el agua ya no cabía en la botella y se metía en el buzo por el peso del agua se bajaba.
- 70 Cuando uno espichaba la botella, bajaba, entonces se llenaba más el buzo y cuando se subía el agua se salía.

Nótese que las intervenciones de los niños progresivamente van incorporando más elementos en sus descripciones: primero un estudiante señala la relación causal básica entre la acción de presionar la botella y el efecto de hundimiento del gotero, luego otro

incluye el término presión, posteriormente otro acude a la cantidad de agua en la botella y por último un estudiante indica la segunda parte del fenómeno: el gotero vuelve a flotar y lo relaciona con la “salida” del agua.

En lo que sigue, la maestra intenta orquestar un debate; pero abandona rápidamente el apunte que algunos estudiantes hacen sobre el aire, siendo un elemento crucial que se hubiera podido encausar y aprovechar de manera que fuera incluido dentro de la explicación. Dado que hasta este punto los niños sólo acuden a que el agua se “sale”, en esta ocasión se hubiese podido redirigir la atención hacia la compresión del aire.

- 71 Cuando uno apretaba, se bajaba y cuando soltaba, se subía. Y cuando se iba a empezar a subir hacía burbujitas.
- 72 Cuando el agua se salía del “bufón” hacía burbujitas
- 73 Cuando uno agitaba el frasco y después lo dejaba quieto, el buzo empezaba a dar vueltas y a botar burbujas.
- 74 PROFESORA: ¿Por qué será eso?
- 75 Por el agua
- 76 Por el aire
- 77 PROFESORA: ¿por el aire? ¿están de acuerdo?
- 78 Sí porque cuando uno volteaba la botella, el buzo se quedaba al revés y botaba unas burbujitas

Es de destacar la forma como la maestra logra extraer de los niños aportes e intervenciones acerca de cada una de las preguntas diseñadas, conservando un orden de participación. En el transcurso de la plenaria, la maestra procura vincular los comentarios de los niños, pero las vías que emplea no alcanzan a fomentar una verdadera discusión entre pares. En la sección que sigue, se muestra cómo la profesora, con el fin de continuar el hilo de la socialización, recoge las respuestas hasta el momento mencionadas haciéndolas equivalentes; con todo, sitúa en el mismo nivel las descripciones y las hipótesis de los niños. Aunque la pregunta inicial del cuestionario establece la segunda meta de la actividad: explicar, no todas las respuestas de los estudiantes acuden a principios.

- 79 PROFESORA: La mayoría está de acuerdo con que subía y bajaba, ¿por qué será que quedó abajo?
- 80 NIÑO: Bajó porque se le entraba el agua
- 81 PROFESORA: ¿y por qué se le entraría el agua?
- 82 NIÑO: Porque cuando yo lo saqué, lo llené de agua.....
- 83 NIÑO: Porque como la botella estaba tan llena de agua, yo creo que al buzo se le entraba.
- 84 NIÑO: Si uno presionaba el buzo bajaba y lo dejaba mucho tiempo abajo, se le entraba mucho agua por un huequito.
- 85 NIÑO: Lo mismo que dijo Juan Guillermo.
- 86 PROFESORA: ¿y qué fue lo que dijo Juan?
- 87 Cuando uno presionaba mucho tiempo, se quedaba abajo en el fondo y el agua se le entraba.
- 88El agua quedaba en la mitad

- 89 PROFESORA: ¿qué pasaba cuando había poquita agua dentro del buzo?
- 90 Se hundía
- 91 PROFESORA: ¿se hundía con poquita o con mucha agua?
- 92 Con poquita
- 93 PROFESORA: ¿cuándo se hundió totalmente?
- 94 Con harta agua

Al plantear la segunda pregunta que señala rasgos críticos de la tarea, las intervenciones de los niños no son distintas a las que se habían dado en la pregunta inicial.

- 95 PROFESORA: ¿y qué pasaba con el buzo?
- 96 Se llenaba de agua
- 97 PROFESORA: ¿Por qué?
- 98 Cuando oprímia la botella, el campo que había cuando uno espichaba se quedaba dentro del buzo.
- 99 Se llenaba el buzo de agua
- 100 PROFESORA: ¿Se llenaba solito?
- 101 Cuando uno presiona entonces se va abajo y allá se llena.
- 102 PROFESORA: Si lo mantengo presionado, ¿y si lo suelto?
- 103 Se va el agua
- 104 PROFESORA: ¿Para dónde?
- 105 Se va saliendo el agua del buzo
- 106 PROFESORA: ¿Se va saliendo? Pensemos
- 107 Cuando presionaba, el agua se impulsaba mucho hacia arriba y se metía muy rápido dentro del buzo y bajaba. Y cuando se quedaba abajo era porque el agua no podía salir.
- 108 PROFESORA: No podía salir ¿por qué estaba qué?
- 109 Porque el huequito del tubito quedó contra el fondo de la botella
- 110 En el buzo lo único que pasaba era que se llenaba y se bajaba. Y no sé por qué pero nunca se podía vaciar cuando estaba dentro del frasco. Siempre quedaba muy poquito.
- 111 PROFESORA: Muy poquita agua pero ¿tú no te dabas cuenta que variaba esa cantidad de agua dentro del tubo? ¿cuándo era que variaba?
- 112 Cuando lo espichaba
- 113 PROFESORA: ¿Será que hay una razón?

Se destaca la intervención de una niña, Maria Paula, quien es la única que introduce el concepto de presión, pero la maestra no sigue la cadena de indagación para hacer evidente el proceso de razonamiento interviniente.

- 114 MARIA PAULA: Que cuando se espicha hay tanta presión en el frasco que se empieza a llenar el buzo y cuando uno lo suelta, se libera la presión y sale.

Ante la tercera pregunta que demanda cierta manipulación para un propósito específico y que brinda la posibilidad de originar nuevas explicaciones, no se obtuvieron nuevas producciones puesto que no estaba presente el dispositivo.

- 115 Sí, porque cuando se le mete el agua se va al fondo
- 116 Cuando uno aprieta entonces se mete el agua, entonces el buzo pesa más y se va bajando y cuando uno suelta la botella, el agua se va saliendo del buzo y el buzo sube.
- 117 Cuando uno aprieta, el buzo coge una posición en la que se queda quieto en un punto
- 118 PROFESORA: ¿Por qué será que coge esa posición?
- 119 Porque de tanto tiempo apretado hace que ya no se le pueda salir el agua
- 120 PROFESORA: Exactamente eso fue lo que nos dimos cuenta. Cuando una compañera se quedó oprimiendo demasiado el frasco y se llenó rápido el buzo y se quedó cómo?
- 121 TODOS: Abajo
- 122 PROFESORA: ¿Se quedó abajo? Entonces ya vimos la razón por la que el buzo se quedó abajo ¿porque estaba qué.....?
- 123 TODOS: Lleno de agua

Finalmente, se concluye la sesión haciendo énfasis de nuevo en la consecución defectuosa del dispositivo que no permite identificar los conceptos implicados en el fenómeno. En consecuencia, los niños se centraron en aspectos irrelevantes de la tarea por lo que hubo dificultad en la orientación hacia la meta de aproximar a los estudiantes a los conceptos de compresión del aire, cambio de volumen (por tanto de densidad) y flotación. Más bien, se reafirmó y se otorgó valor de verdad a una idea errónea que elaboraron los niños sobre la falla en el Buzo (líneas 119 y 120).

7.3 Análisis de la actividad en cuarto grado

Presentación de la tarea

La profesora inicia la clase mostrándole a sus alumnos el dispositivo del Buzo de Descartes, les dice cómo utilizarlo y les pide que observen con atención lo que sucede cuando ella presiona la botella. Luego de ver el dispositivo, los alumnos se organizaron por grupos para construir su propio Buzo de Descartes, mientras esto sucedía la profesora pronunció la siguiente consigna para dirigir la actividad: "más importante que hacer el juguete es observar, aprecien lo que ustedes tienen ahí, por qué ocurre ese fenómeno, traten de conversar entre ustedes por qué ocurre, por qué baja, por qué no, lo que ustedes suponen desde luego, mírenlo bien." Una vez contruidos los dispositivos, la profesora repartió los cuestionarios a todo el grupo y pidió a sus alumnos que respondieran las preguntas teniendo en cuenta lo que habían conversado entre ellos.

El resto de la actividad se dividió en dos partes; la primera fue la socialización de las respuestas que los alumnos dieron al cuestionario; y la segunda fue la introducción por parte de la profesora de un diseño experimental que pretendía dar cuenta de la compresibilidad del aire. A continuación presentamos la transcripción de la socialización junto con algunos comentarios.

- 1 PROFESORA: ¿La pregunta hace alusión a qué? Explica lo que ocurre con el Buzo de Descartes, explica, la palabra dice claramente explica, la palabra

escrita en el texto dice explica lo que ocurre con el Buzo de Descartes.
¿Quién quiere empezar? A ver, escuchemos todos a Joshua y vamos a tratar de opinar de acuerdo a lo que él nos diga.

- 2 JOSHUA: Consiste en un juego y un experimento de medir el peso, pero no tanto el peso sino Más bien la presión. Al espichar la botella el gotero se llena de agua y ahí se hunde.
- 3 PROFESORA: Quisiera que alguien me aclarara lo que dijo Joshua, si está de acuerdo o no.
- 4 DANIEL: (inaudible)... al presionar la botella el gotero se va ha llenar de agua y el gotero baja.

La explicación del fenómeno observado se realiza hasta este punto. Se conduce la actividad no sólo a observar sino a explicar por qué el gotero se hunde al presionar la botella. Los niños responden de manera adecuada, y proponen la siguiente hipótesis: *al presionar la botella el agua entra al gotero, se vuelve más pesado y por lo tanto se hunde*. La profesora intenta poner en relación las hipótesis de los niños, pero no logra extender la discusión ni profundizar en la explicación dada, y rápidamente se centra en otro problema.

- 5 JOSHUA: Una intervención corta. Hay goteros que al dejarlos flotar no están ni llenos completamente ni vacíos completamente, pero al uno espichar y hundirse hay goteros que no se llenan completamente.
- 6 PROFESORA: ¿Ustedes creen que esto no está lleno de nada?
- 7 ESTUDIANTE 1: Sí, de agua.
- 8 PROFESORA: ¿Qué pasa con el aire que había en el gotero al momento de echarle agua?
- 9 ESTUDIANTE 1: El aire se baja pues al llenarse de agua el aire fluye y se sale.
- 10 PROFESORA: ¿Pero por qué, qué ocurre con el gotero, le pasa algo, se modifica, alguna variable?
- 11 ESTUDIANTE 1: El aire también ocupa espacio.
- 12 PROFESORA: El aire también ocupa espacio, ¿pero una vez ha presionado qué va a ocupar el espacio?
- 13 ESTUDIANTE: El agua.
- 14 PROFESORA: ¿Y qué cambia en el gotero?
- 15 DAVID: Se hunde.

La profesora aprovecha la intervención de Joshua para dirigir la atención de los estudiantes hacia la compresión del aire, que es el fenómeno al que Joshua hace referencia de manera implícita. Esta pequeña discusión, sin embargo, no logra continuar con la elaboración del concepto de compresión debido a dos problemas; primero, los estudiantes no parecen comprender la pregunta formulada; y segundo, la profesora no continua indagando lo que sus estudiantes piensan a partir de las respuestas que proveen, como se observa en la línea 9 en donde se manifiesta la idea de que el aire se escapa cuando entra el agua al gotero.

- 16 PROFESORA: ¿Y por qué se hundirá?
- 17 DAVID: Porque se vuelve más denso.
- 18 PROFESORA: David dice que se vuelve más denso y se hunde ¿pero qué quiere decir esa palabrita denso, quiero que me la aclaren? Explícame tú mismo ¿qué es para ti densidad?
- 19 DAVID: ¿Como fluir?
- 20 PROFESORA: ¿Qué diferencia hay entre fluir y densidad? Vamos a centrar el debate ¿qué es fluir?
- 21 ESTUDIANTE 2: Fluir es correr.
- 22 PROFESORA: Fluir es correr, bien, pero el nos habló de que se hace más denso ¿será eso?
- 23 ESTUDIANTE 2: No, se hace más pesado.

La profesora dirige la discusión a aclarar el concepto de densidad que uno de los niños introdujo como la causa del hundimiento del gotero. En las respuestas que ellos dan se hace evidente que aún no dominan dicho concepto y que lo traen a colación sólo como un dato memorizado: se hunde porque se hace más denso.

- 24 PROFESORA: ¿Por qué? ¿qué diferencia hay entre el agua y el aire?
- 25 ESTUDIANTE 2: En el peso.
- 26 PROFESORA: ¿El aire no pesa nada?
- 27 ESTUDIANTE 2: No
- 28 PROFESORA: ¿Quién está en acuerdo o en desacuerdo con él de que el aire no pesa nada?
- 29 ESTUDIANTE 3: Yo estoy en desacuerdo.
- 30 PROFESORA: Pero explica por qué.
- 31 ESTUDIANTE 3: no, no
- 32 PROFESORA: Pero da la razón. Tú, dime por qué, estas en desacuerdo de que el aire no pesa, para ti.
- 33 ESTUDIANTE 4: No pesa. No, bueno para él no pesa. ¿Para Daniel?, para Daniel sí pesa, ¿pero por qué?
- 34 DANIEL: (inaudible)
- 35 PROFESORA: Porque el aire tiene partículas.
- 36 DANIEL: (inaudible)

Dado que los niños retornan nuevamente al peso del agua como la causa del hundimiento del gotero, la profesora indaga si ellos piensan que el aire no pesa. Luego intenta poner en relación las hipótesis que sus alumnos sugieren al respecto, para tal fin divide dos grupos de niños: los que están de acuerdo con que el aire no pesa y los que están en desacuerdo. El resultado de esta sección de la actividad no fue muy alentador por dos motivos; primero, porque los niños prácticamente no estaban participando, hasta el punto que en ocasiones la misma profesora les sugería las respuestas a las preguntas que planteaba; y segundo, porque la discusión no condujo a ninguna conclusión verídica; las apreciaciones de los alumnos no son trabajadas como hipótesis que deban ser

comprobadas, sino como creencias que son aceptadas por ser visiones personales de un mismo fenómeno.

- 37 PROFESORA: el introdujo otro concepto, vo-la-til, miren de cuantas cosas hemos hablado hoy: volátil, fluir, denso; pero denso no entiendo, ¿qué quiere decir para ustedes denso ¿qué piensan que paso con el gotero al llenarse de agua?
- 49 ESTUDIANTE 1: Pesó más.
- 50 PROFESORA: ...pesó más dice...
- 51 ESTUDIANTE 1: y flotó
- 52 PROFESORA: ¿y por qué?
- 53 ESTUDIANTE 3: Flotó por el peso
- 54 ESTUDIANTE 4: Al presionar la botella el agua se sube y se llena el gotero y se hunde por lo pesado.
- 55 PROFESORA: Pero hay una relación, ¿qué hiciste para que se suba el agua?
- 56 ESTUDIANTE 4: Presioné la botella
- 57 PROFESORA: Presionaste la botella para que se subiera el agua. El gotero se hunde, según algunos no todos, porque para algunos el aire no pesa, para otros si pesa, porque el agua es más pesada que el aire.

La profesora nuevamente retorna al concepto de densidad y pide a sus alumnos que lo aclaren, pero ellos insisten en que es el peso lo que hace que el gotero se hunda. Luego, la profesora intenta aclarar la relación causal establecida (entre presionar y el hundimiento), al parecer, con el objetivo de conducir a los niños al concepto de densidad, pero ni este objetivo es claro para ellos ni la profesora profundiza en las respuestas dadas.

- 58 JOSHUA: voy hacer una pregunta, cuando el gotero estaba arriba y estaba de lado, pero al sólo espichar el gotero se enderezaba, ¿por qué?
- 59 PROFESORA: Lo que él pregunta es que cuando él metió el gotero, el gotero estaba doblado, inclinado, y gracias a la presión el gotero se enderezó, ¿por qué ocurre eso?
- 64 JOSHUA: El gotero sólo estaba inclinado a un lado, porque hay veces que uno espicha y se va para el otro lado, debería haber una presión estable en los dos lados.
- 65 PROFESORA: tú dices que para que esté bien derecho debe haber dos fuerzas ¿será que sólo necesita de dos fuerzas? ¿Tú que dices Daniel?
- 66 DANIEL: Al presionar la botella el agua se puede compactar más y por eso pudo enderezar el gotero.

Un estudiante plantea la pregunta de por qué su gotero se endereza una vez él presiona la botella; esta pregunta desvía a la profesora de su foco de atención original, y el curso se centra en un fenómeno totalmente irrelevante para responder la pregunta de por qué se hunde el gotero. Sin embargo, la profesora aprovecha esta pregunta para interrogar a los niños sobre cómo piensan que la fuerza que ellos ejercen se distribuye en el fluido. En sus respuestas se hace evidente que ellos piensan la presión en términos

vectoriales (mencionan la existencia de dos o cuatro fuerzas ejercidas sobre el gotero), así que la profesora intenta hacerlos dudar de la veracidad de esta concepción, y les plantea la pregunta de si es posible que existan más de dos o cuatro fuerzas en el fluido. A pesar de que la profesora inicia de manera adecuada la discusión sobre la concepción errónea de presión que se revela en las preguntas de sus alumnos, esta se ve interrumpida por la introducción que otro niño hace del concepto de compresibilidad.

67 PROFESORA: Compactar, ¿será que el agua se puede compactar?

68 VARIOS NIÑOS: Sí (al unísono)

69 PROFESORA: ¿Y el aire, será que el aire se puede compactar? ¿Qué diferencia hay entre lo que ustedes llaman compactar, la compactación digamos, aunque esa palabra no existe, qué otro sinónimo hay de la palabra compactar? ¿cuándo compacto que estoy haciendo?

70 VARIOS NIÑOS: Comprimir

71 PROFESORA: entonces compactar es sinónimo de comprimir ¿será que el agua se puede comprimir?

De manera similar a lo que ocurrió en la discusión sobre el peso del aire, la profesora aceptó a título de creencias lo que cada niño pensaba sobre la compresibilidad del agua y del aire. Dado que la mayoría de los alumnos pensaba que el agua se podía comprimir, la profesora decide introducir una experiencia demostrativa para que los niños se den cuenta de que el agua no se puede comprimir mientras que el aire sí. Sin embargo, la profesora no hizo explícito el por qué de la introducción de esta actividad.

Más allá del aprendizaje de un concepto en particular, lo que esta socialización muestra es la manera como la profesora y sus alumnos intentan hacerse partícipes del discurso científico. En la socialización no sólo se traen a colación las preconcepciones de los niños y un conjunto de términos físicos; lo que se juega aquí es también un conjunto de normas que regulan el proceso de indagación de los fenómenos observados, la manera como se construye y se interpreta la evidencia, y la forma específica como los niños deben argumentar sus respuestas. El análisis del protocolo de la clase debe entonces arrojar luz sobre las normas que regulan la participación de los alumnos en el discurso científico, y sobre el tipo de andamiaje que la profesora provee para que tales normas sean comprendidas y seguidas por sus alumnos. Estos dos aspectos son analizados a continuación:

Normas de socialización: El establecimiento de normas de interacción que posibiliten el aprendizaje del pensamiento científico depende de tres variables que el maestro debe tener en cuenta al momento de implementar este tipo de actividades en el aula, y cuya influencia es palpable en el protocolo transcrito atrás. Primero, esta la *visión epistemológica* que el maestro tiene de la ciencia; las actividades de interacción se estructuran alrededor de la concepción del maestro de qué significa hacer ciencia y qué es pensar científicamente, y en particular, de la relación que él sostiene con este discurso. Un ejemplo positivo de la incidencia de este factor se encuentra en el inicio del protocolo, en donde la profesora hace una clara diferenciación entre lo que es describir y lo que es explicar, y centra la atención de los estudiantes en el segundo aspecto, pues lo considera algo característico de la actividad científica. También encontramos en el protocolo un

ejemplo negativo, cuando la profesora no clarifica la diferencia que existe en ciencia entre lo que es una creencia y lo que es una hipótesis: entre las líneas 24 y 36 ante visiones contrarias de un mismo fenómeno (el peso del aire) la profesora no se preocupa por resolver la contradicción y deja las observaciones de los niños en el rango de simples creencias subjetivas.

La segunda variable concierne al *conocimiento disciplinar* que el maestro tiene de la tarea. El conocimiento de los principios físicos subyacentes al funcionamiento del Buzo, le permitió a la profesora interpretar lo que sus alumnos decían sobre los fenómenos que observaron, y le permitió también hacer las preguntas adecuadas para continuar con la discusión. Un ejemplo de la importancia del conocimiento disciplinar se encuentra cuando Joshua dice que "hay goteros que no se llenan completamente" al presionar la botella; la profesora reconoce la importancia de esta intervención al relacionarla con el fenómeno de compresibilidad del aire, vital para comprender el cambio de densidad que ocurre al interior del gotero.

La tercera variable a tener en cuenta es el establecimiento de *normas de socialización* acordes con los fines de aprendizaje. Por normas de socialización entendemos el conjunto de reglas que regulan la interacción entre pares y entre el maestro y sus alumnos, que tienen por objetivo reproducir un ambiente de aprendizaje que posibilite la indagación propiamente científica. Se trata entonces, por un lado, de reproducir formas de socialización utilizadas en las comunidades científicas, y por otro lado, de las estrategias "metaconversacionales" (Forman & Larreamendy, 1998) que utiliza el maestro para promover la utilización de las normas de socialización. A continuación presentamos algunas de estas normas que fueron implementadas en el desarrollo de la tarea del Buzo, junto con las estrategias de andamiaje utilizadas.

- a) **Discusión entre pares:** El discurso científico se caracteriza porque cualquier tipo de hipótesis y explicación es sometida a discusión por una comunidad científica; sin embargo, en la clase esta característica sólo se reprodujo de manera parcial, en ocasiones los niños hacían preguntas que dirigían a sus demás compañeros, quienes intentaban dar una respuesta; pero en la mayor parte de la discusión, las intervenciones de los niños estaban dirigidas a responder las preguntas de la profesora, lo cual restringió la apertura de una verdadera discusión grupal.
- b) **"Normas de evidencia":** Para que una comunidad científica se constituya como tal deben establecerse normas que regulen qué cuenta como evidencia y la manera como esta debe ser construida. En la última parte de la socialización se hace patente la manera como las normas de evidencia son obviadas por la profesora, no hay ningún tipo de discusión entre los alumnos sobre la manera como ellos pueden obtener la evidencia necesaria para sustentar sus hipótesis, no hay discusión sobre si la evidencia presentada es válida o no, y tampoco hay instrucción explícita por parte de la profesora sobre el rol del experimento como medio para obtener evidencia.

Respecto a las estrategias de andamiaje utilizadas por la profesora, nosotros encontramos una amplia utilización de las siguientes.

- a) Parafraseo para mostrar la relevancia: La profesora continuamente parafraseó las hipótesis de los niños que ella consideró relevantes en el momento, para tratar de centrar a los estudiantes en la discusión de esa hipótesis o idea.
- b) Parafraseo para aclarar: En algunas ocasiones, la profesora parafrasea las preguntas de los niños, con el fin de hacerlas entendibles para el resto del grupo.
- c) Pedir aclaración: En varias oportunidades, especialmente en la 1ª parte de la socialización, la profesora pidió a sus estudiantes que aclararan lo que acababan de decir para que sus compañeros comprendieran lo que dijo y tuvieran la oportunidad de opinar al respecto.

7.4 Análisis de la actividad en séptimo grado

Presentación de la tarea y construcción del buzo

Se presenta a continuación un análisis pormenorizado de la actividad del Buzo de Descartes en séptimo grado. La actividad fue dirigida por el profesor Harold Machado, quien contó con la colaboración de varios maestros en calidad de docentes observadores. La actividad fue videograbada por los practicantes de psicología, posteriormente transcrita y analizada.

En la primera sesión desarrollada con séptimo grado el profesor inicia la construcción del Buzo de Descartes; en una ocasión anterior, había solicitado que los estudiantes, en grupos de a tres, llevaran a esta sesión una botella plástica transparente, un pitillo plástico, unos clips, cinta pegante y un par de tijeras. A continuación presentaremos la forma como el profesor introdujo la construcción del buzo y la consigna de la tarea:

- 1 PROFESOR: Como les comenté la vez pasada y ahora les dije, la actividad de
 2 hoy (...) es la construcción de una especie de juguete que le vamos a llamar el
 3 Buzo de Descartes o el buzo cartesiano.
 4 ESTUDIANTE: fuchinsky.
 5 PROFESOR: O también le podemos llamar el fuchinsky y para eso vamos a
 6 utilizar los materiales que habíamos pedido (...reestablece el orden...) el pitillo, las
 7 tijeras, unos clips, con eso básicamente... Lo que vamos a hacer en la primera
 8 parte es construir el buzo cartesiano y en la segunda parte, los compañeros (NB:
 9 refiriéndose a los profesores observadores y a los practicantes de psicología)
 10 trajeron unas guías para hacer unas preguntitas y entonces nosotros queremos que
 11 ustedes las contesten y queremos escucharlos, queremos saber la explicación que
 12 cada uno tiene sobre el funcionamiento del buzo cartesiano...

En las líneas 1 y 2 observamos que el profesor retoma la idea de los materiales que les había solicitado, aclarando el nombre técnico que recibe el dispositivo. En la tercera línea encontramos que ya algún estudiante conoce el nombre con el cual este dispositivo ha sido comercializado y en las líneas 4 y 5 el profesor centra la atención en los materiales que se necesitan. En la línea 6 comienza la consigna real de la tarea: el profesor indica el curso general que seguirá la clase, indicándoles las secciones en las que

está dividida y enfatizando en que el centro de interés en la tarea es la explicación que los estudiantes formulan en torno al funcionamiento del buzo de Descartes. Encontramos que la forma en que se introdujo la tarea deja en claro, desde el comienzo de la actividad, tanto la estructura de la clase, como la necesidad de los estudiantes de explicar el funcionamiento.

A continuación el profesor describe con claridad y rigurosidad, la forma como el buzo es construido:

10 PROFESOR: En la primera etapa vamos a construirlo, simplemente ahora cuando
11 salgamos (...) Vamos a ir a los baños, llenamos la botella, en principio la botellita que
12 trajeron (...) Llenamos la botellita hasta el tope, bien, bien llenita, cortamos el pitillo a
13 unos 5 centímetros. (...) El pitillo lo podemos cortar ahora, cortemos el pitillo con una
14 media en principio de unos 5 centímetros aproximadamente (...) Luego le doblamos la
15 cabecita, más o menos midiendo un centímetro doblamos el pitillo para que no haya
16 escape de aire y con cinta sellamos la cabecita, o sea, cortamos 5 centímetros,
17 doblamos la cabecita y nos debe quedar algo mas o menos así. Es decir, unos cuatro
18 centímetros de pitillo con el centímetro que ya doblamos amarradito. Muéstrenme a
19 ver yo reviso cómo van en las mesas (... supervisa la construcción...) bueno, el paso
20 siguiente (...) Una vez tengan el pitillo con el pico doblado, (...) llenan este vasito, lo
21 llenan con agua y de una vez traen la botella llena con agua y tapadita (...) traen el
22 vasito desechable con agua y le vamos a colocar clips al pitillo de tal manera que
23 logremos que el flote en el vaso, ojalá con la cabecita a ras de la superficie, me
24 entienden?, o sea, bien la cabecita así y la superficie cubriendo completamente la
25 cabecita del pitillo, y una vez que lo tienen así, lo metemos en la botella y empezamos
26 a apretarla y a liberarla para ver lo que va a suceder... (... se hace la construcción por
27 grupos...).

En las líneas 10 a la 17 se describen los detalles técnicos de la construcción del buzo; el profesor va indicando los pasos, al tiempo que él mismo va construyendo un buzo; los estudiantes siguen las instrucciones y obtienen retroalimentación constante en el proceso de construcción; en ocasiones (como puede verse en la línea 17), el profesor supervisa a cada grupo para asegurarse de que se encuentra al mismo nivel que los otros. En las líneas 14 y 15 el profesor incluye una explicación acerca de necesidad de sellar el pitillo “para que no haya escape de aire”; esto de alguna manera indica a los niños la importancia de la compresión del aire en el funcionamiento del buzo.

La clase continúa con la construcción del buzo. Los estudiantes salen a los baños y llenan sus botellas de agua, agregan clips hasta que los pitillos quedan flotando a nivel y tapan la botella. Comienzan la observación al oprimir y liberar la botella con la mano y encontrar que el buzo baja y sube con cada movimiento. El profesor pasa por cada mesa a consultar los estudiantes acerca de lo que pasa y plantea algunas preguntas que subrayan los rasgos críticos de la tarea: “¿Por qué se hunde el pitillo al oprimir?” “¿Cuándo entra el agua?” y “¿Qué se hace el aire?” Los estudiantes proporcionan algunas explicaciones y finaliza esta sección de la actividad. Posteriormente el profesor reparte el cuestionario de las tres preguntas y solicita que lo resuelvan individualmente; una vez lo han resuelto, se organizan en mesa redonda e inicia la plenaria, en la cual van a exponer a los demás compañeros las conclusiones obtenidas a partir de las experiencias.

- 25 PROFESOR: Bueno, ahora sí, quiero que bien calladitos, escuchemos las
26 opiniones de los compañeros, la primera pregunta decía: Explique que ocurre con
27 el buzo de Descartes (...) bueno, entonces a ver levanten la mano quienes quieren
28 empezar la explicación, qué es lo que sucede con el buzito, por que al oprimir la
29 botella, al ejercer presión sobre la botella, el buzito baja y por qué al soltarlo,
30 liberarlo, se devuelve, quien empieza? (...) Escuchemos a Nicolai, ¿cuál es tu
31 explicación?, si quieres con el buzito en la mano.
- 32 NICOLAI: pues no, es, cuando uno ejerce una presión sobre la botella, el agua, al
33 estar llena al tope la botella y tener una tapa que limita el desplazamiento del
34 agua, como el pitillo esta lleno de aire, el agua intenta entrar al pitillo,
35 suprimiendo el aire, por lo tanto el muñeco, o el pitillo, se vuelve mucho más
36 denso que el agua, o no mucho, pero empieza a bajar, ya que todo objeto más
37 denso que el agua baja. Al soltarlo el agua vuelve a su lugar ya que tiene de nuevo
38 el espacio para estar en ese lugar, y el objeto vuelve a tener el pitillo lleno de aire,
39 por lo tanto vuelve a ser menos denso y empieza a flotar.
- 40 PROFESOR: Yo me quedé con una pequeña duda con la palabra... Nicolai dijo
41 una palabra, “suprimir” el aire; ¿qué quieres decir con “suprimir el aire”?
- 42 NICOLAI: Suprimir no, más bien, no sería suprimir, sino como arrinconar el aire.
- 43 PROFESOR: Ah, como amontonarlo.
- 44 NICOLAI: Comprimir.
- 45 PROFESOR: Ah, ah bueno... bien, entonces bueno, Jonathan, que yo también lo
46 vi muy interesado con su buzito, dime Jonatan, ¿qué te parece la explicación de
47 Nicolai?
- 48 JONATHAN: Pues yo estoy de acuerdo con él porque, al ejercer una presión,
49 hace que el muñeco baje y al uno soltarlo, o sea ya cuando tiene la presión, el
50 pitillo se vuelve denso y es así que flota.

La plenaria se inicia con una puntualización del profesor acerca del objetivo de la plenaria; el profesor les aclara que el propósito es que todos escuchen las explicaciones formuladas por los demás compañeros. Lee la primera pregunta que tenía por objetivo resaltar la meta inicial de construcción y el profesor encuentra relevante plantear una pregunta más específica (líneas 27 a 29), en la que se describe lo que ocurre y con la que señala a la audiencia la importancia de trascender de la observación a la explicación.

Con la primera participación, entre las líneas 31 y 37, se muestra el nivel de elaboración conceptual que alcanzan los estudiantes de séptimo grado; la participación incluye el problema de la transmisión de fuerza que hace entrar el agua, la compresión del aire, y las diferencias de densidades que lo hacen bajar y volver a subir; se trata, como puede verse, de una explicación bastante completa. A pesar de la elaboración de la respuesta, hay algo de imprecisión conceptual. De tal suerte que entre las líneas 38 y 42 el profesor, quien obviamente entiende el sentido de lo que quiere decir el estudiante, aprovecha para solicitar una explicación articulada en un lenguaje más disciplinario: Plantea una pregunta de aclaración para eliminar la ambigüedad de términos, pasando de la “supresión” a la “compresión” del aire.

Esta primera parte finaliza con una pregunta que pretende contrastar la posición inicialmente planteada por el estudiante y la explicación de otro estudiante (líneas 43 y 44). Nótese que el profesor no le solicita al estudiante que explique, sino que plantee su posición acerca de una explicación ya ofrecida, con lo que conecta dos explicaciones.

Jonathan expresa su acuerdo con la explicación anterior y la parafrasea, señalando la densidad como causante del hundimiento del buzo.

El profesor continúa la clase en las líneas 47 y 48, pasando a la tercera y última pregunta del cuestionario que ya resolvieron. Es interesante analizar (en la línea 55) que, ante la respuesta negativa del estudiante, el profesor plantea una pregunta que solicita evidencia para sostener la explicación. Posteriormente el profesor parafrasea la explicación señalando la relevancia que tiene dicho comentario en la discusión que se está desarrollando (líneas 61 a 63) y explica al resto de la audiencia lo que quería decir el estudiante. Se encuentra en la línea 67 y 68 que el profesor utiliza la respuesta de otro estudiante para introducir el papel de la fuerza que se hace sobre la botella mediante una pregunta por la relevancia y por el control que se ejerce de la presión.

El profesor establece ante la audiencia una conexión entre la respuesta dada por el primer estudiante a esta pregunta y la ofrecida por el segundo estudiante, finalizando con una conclusión en la que se comentan con fines aclarativos los elementos comunes de las dos explicaciones (líneas 73 y 74).

- 47 PROFESOR: Bueno. Hay una pregunta aquí que dice, que dice, es posible
48 presionar la botella de tal manera que el buzo se quede sumergido y quieto a un
49 nivel determinado? Andrés.
50 ANDRES: No es posible porque...
51 PROFESOR: No, dijiste no?
52 ANDRES: No
53 PROFESOR: No es posible?
54 AUDIENCIA: (expresión de asombro)
55 ANDRES: Porque uno no puede hacer la misma fuerza a la botella todo el tiempo.
56 PROFESOR: Tu intentaste mantener el pitillo en una posición?
57 ANDRES: (aceptación)
58 PROFESOR: Y no lo pudiste hacer...
59 ANDRES: No.
60 PROFESOR: ¿Cuál es la razón de que no es posible?
61 ANDRES: Porque uno no puede hacer la misma fuerza siempre.
62 PROFESOR: Ah, porque uno puede hacer siempre la, la... pero
63 momentáneamente lo pudiste tratar de... Porque lo que Andrés está diciendo es
64 que es imposible mantener una misma fuerza, porque la está variando
65 continuamente, pero instantáneamente se puede detener, es lo quieres decir... a ver
66 Camilo.
67 CAMILO: Yo digo que sí se puede, cuando, bueno, ya se me dañó, pero cuando
68 yo intenté sostenerlo en un punto intermedio y con una misma fuerza que yo
69 siempre le estaba haciendo...
70 PROFESOR: Y que estabas controlando tu con esa presión que ejercías...¿qué
71 estabas tratando de hacer para que se quedara?
72 CAMILO: No, pues, simple, uno nunca, pues uno nunca le va a hacer duro porque
73 si no se va a ir totalmente al fondo; uno tiene que mantener una presión media
74 para que pueda quedarse en un punto, en el punto en el que uno... puede quedarse
75 tanto más arriba que más abajo, uno puede controlar eso.
76 PROFESOR: De cierta manera Andrés Felipe decía algo parecido, solamente que
77 lo que él habla es de que por largo tiempo es imposible, pero que
78 instantáneamente se puede lograr.(...)

En este punto ya se había recorrido la totalidad del cuestionario; se había indagado por las explicaciones y pareciera que la actividad habría podido llegar a su final. Sin embargo, el profesor decide explorar otras explicaciones que los estudiantes ofrecen al problema de la flotación; es así como en las líneas 75 a 77, decide introducir a las niñas en la discusión, preguntándoles directamente por la forma como ellas explican el fenómeno. El profesor parafrasea, en la línea 79, la acción relevante en la explicación de la niña y ella continúa la explicación.

Aparece en la línea 81 un término sobre el cual el profesor centra la atención: “la equivalencia”, que es indagada en las líneas 83, 85, 87 y 88, donde el profesor utiliza preguntas de aclaración, pidiendo cada vez una mayor precisión a la audiencia y solicitando que le expliquen con exactitud la clase de equivalencia a la que se está haciendo referencia y los elementos involucrados. Derivado de tal discusión, surge otro concepto en la línea 88, que es indagado inmediatamente por el profesor, quien plantea en la línea 90 una pregunta de aclaración directa.

En la línea 92, el profesor decide incluir a toda la audiencia en la discusión, estrategia esta que permite ampliar en riqueza y elaboración la tarea planteada; adicionalmente, realiza un comentario sobre la relevancia de la discusión y en las líneas siguientes plantea una pregunta para seguir el debate. Dicha pregunta que le lleva, en la línea 95, a la introducción de otro término relacionado; sin embargo, este término se aleja un poco de la temática central de discusión, por lo cual el profesor decide, en las líneas 96 a 98, reformular la pregunta, centrando la atención en las fuerzas que están interactuando en este fenómeno.

- 75 PROFESOR: A ver, una de las niñas que nos de otra explicación; la explicación
 76 de Nicolai fue completa, pero ¿habrá alguna otra explicación que ustedes tengan?
 77 Ya te doy la palabra Andrés, pero, a ver, una de las niñas?
 78 ROCIO: Pues al contraer el aire, uno espicha, oprime...
 79 PROFESOR: Contraer el aire...
 80 ROCIO: Presiona y el agua actúa como una presión y entra dentro del pitillo y el
 81 aire se queda arriba; entonces yo creo que se forma como una equivalencia, se
 82 forma una equivalencia para que se quede quieto, una equivalencia tal de que ni...
 83 PROFESOR: Una equivalencia entre quién, entre qué y qué?
 84 ROCIO: Entre la presión y el agua o entre el aire, por que hago así...
 85 PROFESOR: Entre la presión... piensa bien lo que vas... a ver Michael.
 86 MICHAEL: Era como que una equivalencia entre el agua y el aire o sea, dentro
 87 del pitillo.
 88 PROFESOR: Pero bueno, bien, a ver, aclaremos las cosas: una equivalencia entre
 89 el agua y el aire, o entre qué propiedades de ese agua y de ese aire?
 90 AUDIENCIA: De la fuerza
 91 PROFESOR: ¿De qué fuerza estamos hablando?
 92 AUDIENCIA: De la fuerza que hacemos cuando lo oprimimos...
 93 PROFESOR: Porque, a ver, qué opinan ustedes de eso, porque ellas nos están
 94 diciendo una equivalencia entre el agua y el aire, pero ¿de qué magnitud estamos
 95 hablando? Una equivalencia ¿de qué magnitud del agua? ¿Entre qué?
 96 ESTUDIANTE: Presión.

- 97 PROFESOR: ¿Presión? O cuando el busito intenta bajar o subir, ¿qué fuerzas,
 98 como qué fuerzas están haciendo que ese bucito haga esos dos movimientos?
 99 ¿Cuál fuerza es la responsable de que el buzito baje?
 100 ESTUDIANTE: La presión.
 101 PROFESOR: Pero la presión...
 102 AUDIENCIA: Pues el agua que lo está comprimiendo
 103 PROFESOR: Si, pero ¿cuál es el nombre, común y corriente, de la fuerza que está
 104 haciendo bajar al buzito? ¿Cuál es el nombre que la gente común y corriente da a
 105 esa fuerza que está haciendo bajar al buzito?
 106 ESTUDIANTE: Presión.
 107 PROFESOR: ¿Presión? Pero luego ¿presión y fuerza es la misma cosa?
 108 AUDIENCIA: No
 109 PROFESOR: No? ¿Cuál es la diferencia entre presión y fuerza?
 110 ROCIO: Que... tienen otra magnitud pues son diferentes...
 111 PROFESOR: Pero por qué, son diferentes, pero por qué?
 112 ROCIO: Porque la presión, digamos... no se como explicarlo, porque la presión
 113 no es una fuerza.
 114 PROFESOR: La presión no es una fuerza (...) la presión no es una fuerza,
 115 entonces, ¿qué es la presión? (...) a ver, dime Ana Lucía.
 116 ANA LUCIA: La presión es fuerza sobre área.
 117 GERMAN: Una fuerza distribuida sobre un área.
 118 PROFESOR: Ah bueno, o sea que la presión dice Ana Lucía es una fuerza y dice
 119 Germán ejercida sobre un área.
 120 GERMAN: Esa presión se distribuye en esa área.
 121 PROFESOR: Ah, la presión es una fuerza distribuida en un área determinada.
 122 Entonces, ¿a qué llegamos? ¿Es lo mismo la presión que la fuerza?
 123 AUDIENCIA: No.
 124 PROFESOR: No. Bueno, Pero entonces, ¿cuál es la fuerza que hace que el buzito
 125 baje?, ¿cuál es el nombre de esa fuerza? ... A ver? ... Ni idea?... Entonces, ¿cuál es
 126 la fuerza que hace que el bucito suba?

La audiencia insiste, en las líneas 99, 101 y 105, en introducir la presión como explicación global del hecho de que el buzo se hunda; sin embargo, el docente esta analizando la forma como esa presión se traduce en el hundimiento del buzo, proceso que para los estudiantes no es evidente; por ello el profesor decide indagar por las fuerzas que se ejercen en el buzo, encontrando que al preguntar por la fuerza (en las líneas 100 y 102), la audiencia confunde la fuerza con la presión. Por ello decide hacer una cadena de preguntas de aclaración directa acerca de la ambigüedad conceptual presente: en la línea 106 pregunta si son lo mismo, en la 108 y 110 puntualiza la diferencia, y en la línea 112 desarrolla exclusiones conceptuales al parafrasear que la presión no es una fuerza y puntualizar una definición específica para la presión.

Planteada así la cadena de indagación, se obtiene una definición más puntual acerca de la presión que es parafraseada por el profesor para mostrar la relevancia que esto tiene en la discusión. Es evidente que el profesor tiene muy claro el punto al cual desea llegar y si bien se abre una ramificación para discutir el problema de la presión, la meta se mantiene a la vista. Por ello, una vez el profesor considera que ha quedado claro que la respuesta a su pregunta no es “la presión” (en un sentido global), por que la presión no es una fuerza, vuelve a plantear la pregunta. En las líneas 122, 123 y 124,

debido a que la audiencia no atina a nombrar la fuerza que hace que el buzo baje, el profesor recurre a otra estrategia de debate que consiste en formular la pregunta inversa: pasa a preguntar por la fuerza que hace que el buzo suba.

- 127 AUDIENCIA: La del agua, la del aire...
- 128 ÁNGELA: La de la flotación.
- 129 PROFESOR: ¿Fuerza de flotación? Ah bueno!, ahí, oigan que ya aparece una
130 palabra nueva, una fuerza de flotación. ¿Cuánto vale esa fuerza de flotación? o
131 ¿cómo se puede evaluar? Quién me...
- 132 NIÑO: Por el aire...
- 133 PROFESOR: Denme una...
- 134 SERGIO: La fuerza de flotación vale la cantidad de líquido que se desplazó... o
135 sea, el agua que entró en el pitillo; esa es la fuerza de flotación que ejerce el agua
136 sobre el pitillo.
- 137 PROFESOR: Vamos a escu...quiero que todos le pongan mucha atención a lo que
138 dijo Sergio, Sergio dice que lo que vale la fuerza de flotación es lo que vale el
139 agua, el peso del agua que entró al pitillo. Alguien tiene una objeción con eso, o
140 están de acuerdo? La fuerza de flotación depende de cuánta agua hay dentro del
141 pitillo, ¿si o no?
- 142 MICHAEL: No, porque si se pone un pitillo más grande, pues entonces, ¿va a
143 flotar mas? No, no es lógico.
- 144 PROFESOR: Ah bueno, o sea que, o sea que no es lógico que dependa de la
145 cantidad de agua que hay dentro del pitillo, sino ¿de qué cosa?
- 146 MICHAEL: No por que el cosito está flotando entonces y siempre el tamaño del
147 pitillo es igual, entonces no, no hay como coherencia en lo que él dice.
- 148 PROFESOR: No encuentras coherente lo de Sergio. Sergio o alguien más tiene...
149 ¿de qué dependerá esa fuerza de flotación? Sergio decía de que de tanta agua hay
150 dentro del pitillo, pero pues, lo que dice Michael me parece coherente... Pues no
151 se, piensen. A ver tu qué dices?
- 152 MICHAEL: El dice que el agua va dentro del pitillo, entonces si uno agranda el
153 pitillo pues es más la flotación; no porque el pitillo siempre permanece flotando.
- 154 PROFESOR: O sea que debe haber, debe haber algún errorcito, pero entonces (...)
155 a ver, qué opinas tu?
- 156 ESTUDIANTE: A mi me parece que eso depende de qué tanto aire y agua hay
157 dentro del pitillo
- 158 PROFESOR: De qué tanto aire y agua, bueno, voy a escucharlos.

Frente a esta nueva pregunta, surge otro concepto importante en la línea 126, que es parafraseado en la línea 127 por el profesor, quien señala la relevancia que este concepto tiene en la discusión y plantea una pregunta acerca de la magnitud de esa fuerza en la línea 128. Gracias a esta pregunta se introduce una definición teórica en la línea 131, analizada por este estudiante de acuerdo con lo que ocurre dentro del pitillo, afirmación que resulta definitiva para el debate, por lo que el profesor decide parafrasear para centrar la atención en la afirmación y señalar la relevancia de la explicación, lo que ocurre en las líneas 133 y 134.

Lo más interesante en este punto es que el profesor somete a discusión la afirmación; el profesor sabe con anterioridad lo adecuada o inadecuada que es esa afirmación y aun así decide someterla a análisis. De seguro, si el profesor solo

parafraseara la afirmación, se daría por sentado que es cierta; pero él decide preguntar si alguien tiene una objeción al respecto (líneas 135 y 136). Producto de esta estrategia asistimos a uno de los sucesos más interesantes de un debate, caracterizado por un razonamiento en grupo, pues al escuchar la afirmación, una de las estudiantes plantea su desacuerdo con lo que se dice. Ella misma afirma lo contrario, explica su posición y muestra con un contra-ejemplo la fuerza y razón de su argumentación; lo que ocurrirá a continuación será todo un proceso de argumentación (líneas 137, 141 y 146) con el que se pretende dilucidar la magnitud de la fuerza.

Utilizando el parafraseo y algunos comentarios el profesor señala la distinción entre las dos posturas y solicita a la audiencia que tomen partido de la situación (líneas 143 a 145 y 148) Sin embargo, aparece una tercer apostura en la hay una interacción entre el aire y el agua, donde se estanca un poco el debate por la falta de elaboración de los estudiantes (línea 149).

- 159 ROCIO: (...inaudible...) Entre más agua le entra es mayor el peso y mas rápido
 160 baja)
 161 PROFESOR: Con el clip? Ah, una pregunta que se hacían varios es, díganme una
 162 cosa, y esta es... ¿cuál es el oficio del clip en este trabajito?
 163 ESTUDIANTE: Añadirle peso al pitillo
 164 PROFESOR: Ah bueno, o sea que ahí hay una fuerza de la que hace un rato
 165 queríamos hablar. ¿Cuáles son las dos fuerzas importantes allí, me dijeron que la
 166 fuerza de flotación y cual es la otra?
 167 ESTUDIANTE: La gravedad
 168 PROFESOR: O digámosle con un nombre muy común, el peso, o sea que el oficio
 169 del clip, era... ponerle uno, ponerle dos, o ponerle tres, ¿en qué afectaba al pitillo?
 170 ¿Qué, qué, qué fuerza se estaba haciendo mayor al colgarle más clips?
 171 ESTUDIANTE: El peso.
 172 PROFESOR: ¿Cuál fuerza?
 173 ESTUDIANTE: El peso.
 174 PROFESOR: El peso. Entonces hay como un juego entre dos fuerzas, el peso, y la
 175 fuerza de flotación... quedamos en que aún estamos charlando de qué depende, si
 176 depende del aire adentro, si depende del agua o del aire, o de ambas como dice
 177 Andrés. (...) una última intervención y dejamos ahí por hoy (...)

Debido a que la indagación por la fuerza de flotación produjo buenos resultados en cuanto al debate, pero mostró una baja elaboración y conocimiento por parte de los estudiantes acerca de la forma en que esta fuerza actúa, el profesor decide de manera genial reintroducir el problema del peso, preguntando en la línea 152 y 153 el papel que desempeña el clip en el funcionamiento del buzo, camino por el cual los estudiantes sí logran identificar la segunda fuerza (línea 154); el profesor decide retomar toda la discusión que se había presentado en torno a la primera fuerza, la de flotación, y desarrolla comentarios y parafraseo que señalan la relevancia del peso en la línea 155 y 156. Aparece la gravedad como nombre de esta fuerza y el profesor la modifica para llegar a la idea de peso, aspecto que fue modificado mediante los clips (líneas 158 a 160).

En las líneas 164 a 167 el profesor cierra de manera muy adecuada esta primera sesión, haciendo un pequeño resumen de la forma como se desarrolló la discusión, recogiendo las fuerzas implicadas y concluyendo en la necesidad de seguir indagando los determinantes de la fuerza de flotación para determinar la hipótesis más adecuada.

- 169 NICOLAI: Yo tengo es una duda y no se si alguien pueda decirme lo que pasa.
170 PROFESOR: Bueno, Nicolai tiene una duda que quiere que alguien la responda.
171 NICOLAI: Bueno, los muñecos suben y bajan, pero, cuando hago esto (agita
172 lateralmente el bazo con la mano) cuando lo revuelvo determinado tiempo ya no,
173 dejan de flotar.
174 PROFESOR: Escuchemos a Ángela y de paso terminamos con eso...
175 ANGELA: Lo que sucede es que cuando, el aire, o sea digamos que dentro del
176 pitillo cuando uno dobla la punta del pitillo y le coloca la cinta, ahí queda un aire,
177 ahí queda aire, entonces, cuando uno lo hace así (agita la botella), entra agua en el
178 pitillo y se ven las burbujitas que salen y no funciona porque ya no hay aire.
179 PROFESOR: O sea que lo importante en la fuerza de flotación ¿qué viene siendo?
180 ÁNGELA: El aire.
181 PROFESOR: El aire. Nicolai, ¿estás de acuerdo con ella?.
182 NICOLAI: No la escuché.
183 PROFESOR: Ella dice que... debes mirar que cuando lo sacudes salen burbujitas...
184 Bueno, vamos a dejar hasta hoy por hoy (...) y seguiremos trabajando sobre esto.
185

En términos generales, la actividad se desarrolló de manera adecuada, se partió de unos objetivos claros y el profesor fue desarrollando a lo largo de la plenaria una interesante discusión que se dirigía a comprender el principio de flotación implicado en el buzo de Descartes; fue necesario introducir discusiones de apoyo y aclaraciones conceptuales, destinadas todas ellas a la obtención de una explicación más completa, sin perder nunca el rumbo de la actividad.

Es importante resaltar que a lo largo la sesión, el profesor no ofreció explicación teórica: se limitó a orientar a través de preguntas clave, a retomar lo que los estudiantes estaban pensando y a devolverlo a los estudiantes para que fueran ellos quienes elaboraran las explicaciones pertinentes.

8 ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: VARIACIONES DEL BUZO DE DESCARTES

8.1 Análisis de las variaciones del buzo de Descartes en pre-escolar

Presentación de la tarea

Luego de la sesión en la que se introdujo el Buzo de Descartes, se programó una segunda actividad, destinada a efectuar variaciones sobre el mecanismo. La profesora empieza preguntando qué ocurre con el aire que está dentro del gotero en el buzo original:

PROFESORA: ¿Qué pasa con el aire dentro del gotero?

NIÑO: Se hace más pequeño, se encoge.

NIÑO: Cuando el gotero se llena, pesa y se baja.

PROFESORA: La mayoría de ustedes decían que el peso del agua era lo que hacía bajar el gotero. Ahora, si se quisiera saber que no es el peso del agua lo que hace bajar al gotero, ¿qué podríamos hacer?

NIÑO: Taparle el huequito.

PROFESORA: ¿Por dónde entra el agua al gotero?

NIÑO: Por un hueco, por allí entra el agua al gotero.

PROFESORA: ¿Qué se podría hacer para que no le entre agua al gotero?

NIÑO: Taparle.

NIÑO: Si se tapa el huequito, no entra agua y no se baja porque no está cogiendo peso. Como no puede entrar el agua (el gotero) no coge peso, luego no se puede bajar y se queda arriba.

Efectivamente ocurre que tapando el agujero del gotero, éste no baja; pero para demostrarle a los niños que no solamente es el peso del agua el que hace bajar los objetos contenidos en el fluido, se introduce la variación con la bomba tapada pero llena de aire para que los niños aventuren explicaciones sobre el volumen como variable, y ya no solamente el peso:

PROFESORA: Y qué pasa cuando... Resulta que otro niño me dijo a mí que él sabía que no solamente el peso era lo que hacía bajar al gotero, que hay otra cosa que hace que el gotero se baje. ¿Qué creen ustedes que es eso que hace que el gotero baje?

NIÑO: El aire.

Pero esta intervención no se vincula con las explicaciones anteriores y no se le da curso a la argumentación. Dado que esto no resulta porque no genera debate, cuando la profesora introduce la botella con la bomba para ver si esta vez sí se logran explicaciones satisfactorias, pregunta a los niños:

PROFESORA: Si yo oprimo la botella, oigan una cosa, ¿qué pasa en la bomba?

NIÑO: También se baja

NIÑO: ¿Pero como baja si tiene tapado el huequito?

PROFESORA: Ah! Muy bien, oigan lo que dijo Sharon, ¿cómo Sharon?

NIÑO: Tiene tapado el huequito

NIÑO: Está tapada y no se le está entrando el agua

PROFESORA: Ese peso que está ahí, fíjense que, a pesar de tener ese peso ahí, está flotando (refiriéndose a un clip que sirve de contrapeso al pequeño globo dentro de la botella)

NIÑO: Sí, porque tiene aire adentro

NIÑO: Si no tuviera esa cosa que pesa, también se podría bajar sin que se le entre el agua.

Una intervención en este punto reorienta la atención del grupo hacia el aire:

NIÑO: Tiene aire adentro

PROFESORA: ¿Qué tiene aire adentro?

NIÑO: La bomba

NIÑO: La bomba tiene aire adentro

NIÑO: Se le va (hace el gesto de que se va reduciendo el aire dentro de la bomba)

En este momento, la profesora pide a los niños que vean qué pasa con la bomba cuando se oprime la botella:

PROFESORA: Miran primero, observan muy bien y luego hablamos. ¿Qué cosa le pasa a la bomba cuando yo oprimo la botella?

Centra la atención de los niños en la actividad y empieza la plenaria.

Socialización

La profesora empieza la plenaria recordándole a los niños sus hipótesis sobre el aire:

PROFESORA: La mayoría de ustedes dijeron que era el aire lo que hacía bajar la bomba, el aire es lo que hace que baje, cuando el aire se encoge también baja, cuando deja de tener peso sube, cuando el aire se hace más grande entonces se encoge

Llegados a este punto, los niños tienen algunas ideas sobre qué ocurre con el aire contenido en la bomba:

NIÑO: La botella tiene harto aire adentro

NIÑO: Cuando se aprieta la botella el aire se le va a la bomba

NIÑO: La bomba se encoge y se baja; cuando se vuelve a inflar se sube

NIÑO: (La bomba) se infla con el aire; cuando se aprieta se va haciendo más pequeñita; cuando se va soltando el aire, va haciendo que la bomba se infle porque el aire la está empujando.

PROFESORA: ¿Qué pasó con la bomba cuando yo apreté la botella?

NIÑO: El aire se le fue a la bomba

PROFESORA: Oigan lo que dice Andrés Felipe. Cuando yo apreté la botella aire se le fue a la bomba.

En este momento de la plenaria habría sido deseable que la profesora capitalizara en las explicaciones de los niños relativas al comportamiento del aire en diferentes condiciones de presión. Así, por ejemplo, habría sido importante hacerles notar que el aire no se estaba saliendo (como podía colegirse de la ausencia de burbujas) y que “algo” estaba pasando con el aire en el interior de la bomba. De hecho, uno de los niños (línea 64) menciona la palabra empuje, que parece indicar su atención al comportamiento del fluido. De todas maneras, es claro que los niños están viéndoselas con una contradicción importante: hay aire en la bomba y sin embargo se hunde.

En el siguiente fragmento, aunque de manera muy elemental, los niños parecen acercarse a una relación causal entre la variación del volumen del aire y la flotabilidad de la bomba. En tal sentido, puede decirse que la actividad ha sido exitosa.

PROFESORA: ¿Qué dices tú, Jennifer?

NIÑO: la bomba se encoge y se baja

PROFESORA: eso está muy bien, oigan lo que dice Jennifer. A ver, dilo más duro

NIÑO: la bomba se encoge y se baja

PROFESORA: La bomba se encoge y se baja y cuando se vuelve a inflar se sube...

NIÑO: Se infla con el aire porque cuando uno espicha la bomba el aire se le va apretando y queda más pequeñita la bomba

PROFESORA: (El aire) se le va apretando, ¿cierto? Y cuando se suelta, ¿Qué pasará con el aire que está en la bomba?

NIÑO: Hace que se infle la bomba

PROFESORA: Sí, pero qué pasa, el aire está apretado cuando espichamos (sic), soltamos, vuelve y otra vez...

NIÑO: Se infla.

NIÑO: Se llena de aire.

NIÑO: Se va inflando la bomba porque el aire la está empujando.

Para finalizar, la profesora recuerda a los niños qué se ha obtenido:

PROFESORA: Recordemos. La mayoría de ustedes dice que el peso del agua hace bajar el gotero, pero ustedes sí se fijaron en una cosa y es que cuando apretamos la botella, la bomba se encoge, se espicha y cuando dejamos de espichar (sic) la bomba vuelve a ser grande. Tenemos dos cosas muy importantes: El peso hace bajar el gotero. También cuando el aire se encoge también se baja. Cuando deja de tener peso se sube y lo mismo pasa que cuando el aire se hace más grande, entonces se sube. Muy bien, listo.

Los niños establecen una relación causal entre apretar la botella y que la bomba baje, como en el buzo original, pero además diferencian variables relevantes, peso y volumen.

8.2 Análisis de las variaciones del buzo de Descartes en segundo grado

Introducción y formulación de hipótesis

La maestra comienza la sesión recapitulando el fenómeno observado en el Buzo de Descartes, con el fin de suscitar en los estudiantes nuevamente las hipótesis propuestas. Para ello, los niños se encuentran ubicados en círculo alrededor de la maestra, quien es la encargada de conducir las intervenciones ordenadamente de manera que se diera lugar a una discusión entre ellos. Como podemos observar enseguida, la hipótesis que surge en esta primera parte de la actividad es aquella que había sido formulada en la sesión anterior: el peso del agua al interior del gotero.

M: ¿recordamos esto?

Grupo: sí, claro ...

M: ¿y qué era lo que pasaba allí?

Se hundió y se ahogó

M: qué más pasaba, ordenadamente haber, vamos a escucharnos todos. ¿listo?

Que el Buzo de Descartes bajaba y subía a la presión porque el agua que entraba al tubito cuando uno espichaba....

M: otra idea a ver Juanita

Juanita: (inaudible)

M: Juanita dice que por lo que presionábamos, el agua se entraba en el buzo y hacía que pesara más. A ver tú

Pues cuando el buzo de Descartes bajaba, el agua se metía en el buzo de Descartes. Y cuando subía el agua se salía.

M: Tú tienes otra idea.

.....Cuando uno lo soltaba el agua se salía.

M: Cuando lo soltabas se subía. Pero por qué es entonces que se bajaba?

Porque se le metía el agua al buzo

M: ¿Y qué pasaba entonces?

Que tenía más peso.

Es de resaltar que las primeras respuestas de algunos estudiantes consistían en meras descripciones del fenómeno que habían observado, que aun cuando son acertadas, no dan cuenta del porqué piensan que eso ocurre. Es a partir de las preguntas de la maestra que las respuestas de los estudiantes comienzan a incluir otros elementos hasta llegar a la formulación de la hipótesis como tal. En este caso, no se dio la necesidad de hacer un proceso de categorización de hipótesis, ya que hubo consenso entre los estudiantes en trabajar sobre esa idea y no surgieron hipótesis adicionales

Fase de comprobación

A continuación, la maestra procede a dar curso a la hipótesis del peso preguntando por las posibles formas de comprobarla. La siguiente es la consigna que la maestra empleó para inducir cursos de acción en los niños sobre el dispositivo experimental, que pusieran a prueba su hipótesis inicial sobre el mecanismo.

M: Bueno ahora como ya vimos que esa es la hipótesis de cada uno de uds. que dicen que por el peso es que hace que el bucito baje. ¿cierto? Y que no flota. Ahora vamos a hacer otro intento a ver qué pasa. ¿cómo creen uds., qué podríamos implementar para buscar otras ideas más? ¿qué podemos hacer? ¿qué variación le podríamos poner a esto si se le metiera agüita y qué podríamos hacer entonces respecto a esto? Pensemos en otra idea cómo logramos hacer que el peso, si es el peso o no, para comprobar si es el peso o no del bucito que hace que.... uds. dicen que es el peso. ¿cómo haríamos?

Primera variación

Ante la solicitud de la maestra por el tipo de modificaciones para generar evidencia que diera cuenta de la validez o falsedad de su hipótesis, una estudiante propone la primera variación en el mecanismo. Esto es, tapan el gotero tal como se esperaría de acuerdo al proceso de razonamiento seguido de la hipótesis inicial. Enseguida de la respuesta de Maria Paula, la maestra parafrasea lo que la alumna ha dicho para asegurar que todo el grupo escuche y redirige la pregunta a la audiencia con el fin de promover en los demás estudiantes justificación de la plausibilidad o no de la variación planteada.

1. M: Bueno vamos a ver lo que dice Maria Paula. ¿Están de acuerdo? Ella plantea la posibilidad de tapanle el orificio por donde entraba el agua para saber si es el peso o no. Vamos a mirar esa parte.

Posteriormente, se le da a los estudiantes la oportunidad de predecir lo que pasaría al hacer la variación. Si los niños tienen presente la hipótesis, se esperaría que su respuesta fuese acorde con la relación causal que aquélla establece, es decir que los niños establecieran la relación condicional: si el gotero se hunde por el peso del agua que entra; entonces si no entra agua al gotero y el peso es el mismo, entonces no se hunde el gotero. Sin embargo, algunos de los niños no respondieron de acuerdo a eso.

M: Entonces ahora imagínense uds. que tenemos aquí un qué?

Un frasco

M: Bueno entonces qué vamos a hacer más. Después entonces como qué elementos podríamos. Le vamos a tapar....

M: entonces vamos a mirar que por dentro. Este es un tubito qué tiene acá?

Un huequito

M: ¿qué pasará si le tapamos un huequito? Y tapamos también el otro huequito? ¿qué pasará?

Se hunde

M: se tapan los dos huequitos, cierto? Y qué pasará? Si lo metemos al agua se hundirá?

Algunos: no, no..... Otros: si, si....

M: A ver tú dices que no por qué? Si yo tengo los dos orificios tapados y lo introduzco en el frasquito, ¿qué pasará?

Se hunde

M: sí, si flota? Y por qué crees tú que flota?

(silencio)

Se llena de aire

Se hunde

M: por qué se hunde a ver?

Esos dos plásticos que tiene ahí...

M: Será esos dos plásticos lo que lo hace flotar?

Algunos: sí sí Otros: no

M: Qué habíamos visto antes, ¿qué era lo que lo hacía flotar?

El cosito

M: Pero si lo meten así solo...

Lo que en el segmento anterior se observa es que algunos niños acuden a otras hipótesis, como el material o la presencia de aire dentro del tubo, las cuales se harán presentes más adelante en la discusión. Por tanto, no es claro para ellos el resultado de la variación derivada de la hipótesis de trabajo elegida si tienen en cuenta otras conjeturas distintas. Sin embargo, la profesora no indaga sobre ellas ni le da curso a ninguna, e introduce los materiales que componen el dispositivo con el propósito de que todo el grupo tenga la oportunidad de observarlo. No sin antes demandar de ellos predicciones de lo que ocurrirá al construir el Buzo con un objeto no compresible al que no se le entra el agua. Para ello se utilizó un tubo de perfume con tapa cuya apariencia es similar a la del gotero.

M: sí pues metamos a ver qué pasa (introduce el gotero sin la parte de caucho en la botella con agua). Se hunde ¿cierto? Dijimos que lo vamos a tapar, ¿verdad? Pero entonces como no lo podemos tapar por ambas partes, resulta que yo me encontré con un tubito de estos (señala el frasco de perfume). Y aquí está tapado (señala un extremo). Solamente tiene un orificio. Bueno tengo que buscar una manera para tatarlo. Lo estoy tapando, observa Christian (le coloca la tapa). Este tubito va a hacer las veces del buzo que teníamos acá que vimos que se hundió que tenía orificios por ambos lados. Vamos a ver qué pasa con este. Quién dice qué pasa cuando yo lo meto?

Daniel: Se va para el fondo

M: tú que dices Christian?

Christian: que queda flotando

M: por qué crees que queda flotando

C: porque no le entra el agua que es el que lo hace caer

M: el agua es el que hace...

C: porque pesa.

M: Tú dices que es el peso, tenlo en cuenta. Tú dices que no se hunde (se dirige a otro niño) o que sí se hunde?

Sí si se hunde

M: Bueno a ver quién más

Juan Guillermo: al momento que se tapa...

M: al momento que yo lo tapo entra un poquito de aire dice Juan. Maria Paula, estás escuchando lo que estamos diciendo? Él dice, Juan Guillermo dice que flota si yo lo meto en agua, él dice que porque cuando yo tapo entonces tiene aire, un poquito de aire, y lo tapo y por eso flota. Estás de acuerdo con esto o tienes otra idea?

MP: estoy de acuerdo.

M: por qué?

MP: (inaudible)

M: el aire flota a cualquier superficie dice MP. Quién tiene otra opinión? (desorden)

M: pongámosle orden. Mira ya te di la palabra, escuchemos que él va a hablar. Y así nos escuchamos todos.

Vemos que en esta parte la maestra conduce ordenadamente las intervenciones de los estudiantes con el fin de promover una discusión entre ellos sobre lo que piensan que ocurriría en la botella. Gracias al manejo de ciertas normas de socialización, como por ejemplo contrastar posiciones entre ellos, el grupo logra entablar una discusión centrada en la predicción: flota (según la hipótesis inicial) versus se hunde (que dan cuenta de otras hipótesis alternativas). La respuesta da Christian ejemplifica el resultado que se puede anticipar a la luz de la hipótesis del peso. Luego, la maestra da la palabra a otro niño que señala la predicción contraria, aunque no indaga con profundidad el

razonamiento subyacente. Posteriormente se manifiesta otra hipótesis que enfatiza la presencia de aire como responsable de la flotación de los cuerpos.

De igual forma, en la sección que sigue de la discusión se introduce otra hipótesis alternativa que alude al material como variable determinante de la flotabilidad de los cuerpos.

Niño 1: (inaudible)... dos materiales

M: ¿dos materiales? Éste (muestra el tubo de vidrio) y éste (la tapa de plástico). Y qué pasa entonces?

N1: El plástico que está ahí... (inaudible)

M: Pero nosotros vimos acá que sí flotaba el vidrio con el buzo cuando subía y bajaba...

N1: (inaudible)

M: (negando con la cabeza) qué era lo que vimos que era lo que pasaba cuando le hacíamos la presión (silencio) Se llenaba, cierto? Entonces ahora estamos en la otra hipótesis que dijeron que vamos a taparlo.

N2: (inaudible)

M: no porque tenemos es que descubrirlo. Tratemos de darle ideas a ver cómo llegamos a eso.

Luisa: como tú has dicho, creo que es el vidrio el que flota.

M: será el material que hace que flote? Ya no es el peso como decían uds.? ¿no?

Luisa: de pronto sí.

M: bueno, quién tiene otra idea.

N4: Es que cuando tú lo tapas y lo metes al agua, como tú lo tienes tapado entonces el agua no se puede meter por donde (cabía) entonces..... se baja.....

M: pero eso es en el caso del buzo; pero este aquí no tiene orificio por ningún lado porque el único que tenía era este y lo acabo de tapar. Entonces lo que estamos pensando es qué pasará. Sí flotará, no flotará. Vamos a manejar las ideas que presentó Maria Paula que dice que es... que sí flota o que no flota? Que sí flota dices tú. Por que qué?

MP: porque el aire flota.....

Niño: no deja entrar el agua

M. a ver la otra hipótesis que se manejaba aquí cuál era? Que sí flota? Pero el único que dice que se hunde eres tú cierto Andrés? Ya cambiaste de decisión al escuchar a tus compañeros?

N5: no yo también digo que se hunde

M: y todavía no cambias de decisión como Andrés? Tú sigues con la misma idea? (se dirige a N5). Ramón por qué se hunde?.

Ramón: por lo que tiene el hueco abierto.....

M: pero uds. parece que no han escuchado que yo tapé el huequito. No hay hueco para que entre el agua.

N6: (inaudible)

M: no hace peso? Entonces qué pasa?

N6: (inaudible) no hace que se hunda.

Finalmente la maestra redirige la plenaria hacia la variación propuesta según la hipótesis del peso y conduce a los estudiantes a generar la predicción correcta. A continuación la maestra procede a realizar la primera variación al Buzo de Descartes.

Construcción

La profesora pasa por los puestos de los niños para que sean ellos mismos los que manipulen el artefacto y observen con atención los rasgos críticos, es decir los cambios respecto a la situación inicial. Procura sobre todo que observen aquellos niños que señalaron la predicción incorrecta para confrontar su hipótesis y generar un replanteamiento de ella a la luz de los resultados.

M: bueno vamos a observar. ¿listo? Este es el recipiente y vamos a colocarlo. Qué pasa entonces? Presiónale a ver (a una niña) Qué observas?

Niña: nada

M: nada observas? Para los niños que dijeron que era el peso el que hacía que se hundiera. Ah! tú que estabas con la duda. Tú decías que sí se hunde. Compruébalo (hacia el N5). Tú eres el único que dice que se hunde. Tú dices que se hunde al presionarlo, esa es tu idea. N5 lo manipula.

M: qué pasó? Sigues con la misma idea?

N5: cambio

M: por qué crees que no se hundió?

N5: por el tapón

M. qué pasa con el tapón?

Niño: que no deja entrar el agua.

M: está hablando él.

N5: (inaudible)

M: a ver tú vas a hablar (hacia Luisa)

Luisa: lo que dijo Ramón, el agua no entra por eso con el Buzo de Descartes cuando uno lo apretaba bajaba y se.... no puede entrar el agua al tubito entonces no baja.

M: a ver aquí tenemos algo importante, Daniel escuchaste lo que dijo Luisa? Qué dijo? A ver lo que ella dice es que flota porque están los orificios tapados y qué pasaba?

Luisa: que no entraba el agua y como el agua pesa, entonces no entraba y no hacía que bajara el tubito.

Se advierte cómo la participación activa de la maestra permite orientar a los estudiantes en la identificación de explicaciones y genera en ellos progresivamente a lo largo de la actividad una especie de audiencia crítica que intenta sentar parámetros de evaluación de la evidencia y la consiguiente reconsideración de sus explicaciones. De esa forma, los niños llegan a concluir que la hipótesis del peso se corrobora, como lo afirma Luisa.

Segunda variación

No obstante, los estudiantes no hicieron referencia al volumen o a la densidad del gotero en la primera variación del Buzo, las cuales constituyen las variables importantes en la comprensión del mecanismo; pero no son evidentes en su funcionamiento. Por tal razón y teniendo en cuenta las metas de aprendizaje establecidas de la tarea, se introdujo una segunda variación del Buzo de Descartes en donde fuese perceptualmente evidente la influencia de dichas variables en el fenómeno observado. En esta variación la maestra propone un “experimento” crucial en la que se emplea un objeto al que no se le entre agua al igual que el gotero, pero que sea compresible, en este caso se empleó un globo inflado

M: entonces ahora como ya vimos que esa era la idea que teníamos nosotros cuando hicimos el experimento anterior del trabajo que hicimos con el buzo e Descartes, ahora vamos a mirar con un nuevo material y con unas nuevas cosas. Haberes como más novedoso, vamos a mirar también qué pasa. Qué podemos observar en él. Porque resulta que yo después de escucharlos a uds. también me encontré con un amiguito allí en el patio y me contó una cosa. Me contó que el bucito de Descartes no se hundía por el peso sino por qué era, qué otra cosa. Tenemos que buscar la otra cosa que hacía que se hundiera el bucito. Entonces vamos a compartir esa experiencia con ellos, con el niño que me dicen vamos a buscar cuál es la otra cosa que hace que el bucito baje y suba. Tenemos un recipiente como el que teníamos anteriormente pero este con mayor amplitud, vamos a utilizar este señorcito lo vamos a llamar Buzo de Descartes sigue siendo, pero entonces lo vamos a construir con una bomba. Y la bomba la vamos a amarrar, está bien amarrada y luego le vamos a colgar una cosa, algo que le va a ser peso. Y vamos a ver qué creen uds. que pueda hacer que esto suba o baje o flote. Ya vieron cómo está construido? Tiene una diferencia grandísima al anterior. Entonces ahora qué creen uds. observándolo así como observamos el otro, el bucito de Descartes. Qué creen uds. que puede pasar, qué pasará. Así como le dije yo al niño que me encontré en el patio que había descubierto otra cosa, que ya no era el peso sino otra cosa. Entonces tenemos que mirar...

La maestra entonces muestra el dispositivo ya armado y menciona cómo fue construido. Enseguida plantea una pregunta con el fin de guiar al grupo en la generación de predicciones, de las cuales se esperaba se desprendieran directamente de la hipótesis del peso.

Niña: era el aire

M: será? Probemos a ver. Tú por qué dices que es el aire? Pruébalo, míralo y mira a ver qué puedes hacer, si será el aire o no. (la niña manipula la botella). Vuelve a hacerlo a ver. Qué ves ahí. Vuélvelo hacer Las veces que tú necesites. Sigue pensando qué fue lo que pasó ahí (le da la botella a Maria Paula).

MP(inaudible)

M: El aire sube y qué hace?

MP: el aire sube y hace que la bomba baje.

M: Y hace que la bomba baje? Pero mira, observa no más al presionar aquí (señala la bomba) qué pasa.

MP: la bomba se chupa (inaudible)

M: pero ponle cuidado si yo oprimo se chupa y qué pasa sin embargo?

MP: se baja

M: y tú qué pensabas

MP: que se bajaba por que se subía el aire

M: por lo que subía el aire o por lo que qué?

Natalia: (inaudible) dentro de la bomba

M: dentro de la bomba, y tú cuando presionas qué pasa?

MP (inaudible)

M: vamos a pasar allá (se dirige a otra parte del salón). Vamos a escuchar lo que dice Maria Paula. Ella dice que cuando lo oprime que hay aire, y que el aire hace que baje. Entonces miremos a ver qué pasa. La bomba se hunde por qué?

Juan Guillermo: que el agua sube (inaudible) y el campo

M: será el campo el que hace que baje?

Ramón: el agua sube y (inaudible)

JG: (inaudible)le presionamos acá

M: se cierra el aire y baja. Tú dices (haciendo la demostración) que cuando yo presiono se cierra el aire y baja?

JG: sí porque no tiene aire para que flote.

M: no tiene aire para que flote. Aquí sí tiene (señala el globo flotando) y aquí no tiene (muestra el globo abajo). Bueno vamos a mirar. Eso está bien esa idea.

Niño 7: (inaudible) espichando más el globo va bajando más.

M: tú vuelves con la misma idea pero no te hace cambiar la idea que dio JG. Cierto?

Niña 8: yo antes cuando MP que yo veía que por ejemplo yo la espichaba y (inaudible)

M: escuchen lo que dice ella. Que la bomba se infla, por dónde entra el aire. Por dónde entra el aire para que se infle la bomba si está amarrada?

Luisa: (inaudible)

M: tú no estás de acuerdo con que se le entra el aire como dice Juanita?

L: no porque ahí tiene un nudo y cómo se le puede entrar el aire. De pronto baja por... tiene algo muy pesado, o... porque uno presiona. Y no el agua va como o sea bajando un poco y también o sea, hace que la fuerza del agua baje y también baja con la bomba.

M: bueno yo quiero que volvamos a retomar la respuesta que dio JG. Que él pensó en otra idea, cómo fue JG que tú dijiste que al oprimirla qué pasaba?

JG: el campo que había acá (inaudible) se cierra

M: cambiaste de idea. A ver tú

Niña 9: que el aire (inaudible)

M: no alcanza a entrar el aire pero qué pasa si no entra el aire, sí flota o no flota? Ayúdale tú.

Niño 10: es que mira. Cuando uno lo espicha entonces se le acumula (inaudible) entonces por el peso del cosito (señala el metal amarrado a la bomba) baja

Niño 11: cuando uno espicha el agua no le queda más campo al aire, cuando uno espicha el agua (inaudible) hace flotar a la bomba y aquí se le acaba el aire y hace que esto baje.

En esta secuencia, la maestra intenta orquestar un debate muy interesante en el que los estudiantes reorganizan sus explicaciones y acuden a nuevos elementos, como por ejemplo, la hipótesis de la presencia de aire surge como apoyo para dar cuenta del mismo fenómeno enmarcado en una nueva situación experimental. Es a partir de esta idea que la profesora procura conducir a sus alumnos a fijar un rasgo crítico de la tarea, a saber, la compresión del aire como responsable de los cambios de densidad en el cuerpo, por tanto, de su flotación. Aunque los estudiantes le conceden un papel principal al aire en la explicación del fenómeno, no se evidencia algún tipo de aproximación al proceso de compresión que altera el volumen; más bien se cuestionan cómo el aire puede estar en un principio y luego “salirse” para de nuevo volver a “entrar”, lo cual hubiera sido una buena oportunidad para indagar sobre ese aspecto: que, en efecto, el aire no tiene por dónde escapar, por tanto que cuando no se hace visible es porque se encuentra comprimido. Pese a eso, es de destacar la intervención de un niño que al incluir al término “campo” sugiere la noción de volumen; sin embargo, no se ahonda en su explicación. En lo que sigue, la maestra intenta llevarlos a la identificación del cambio en el tamaño de la bomba.

Niña 12: (inaudible) (manipulando)

M: se achicó y bajó y qué pasó? Pero cambió el tamaño o no o volvió a quedar igual? Se volvió cómo?

Niña 12: grande

M: grande. Cuando tú presionas se cambia el tamaño y qué? miremos aquí algo importante que ha cambiado es el tamaño. MP presiona y observa el tamaño de la bomba a ver qué pasa.

MP: que se desinfla acá abajo.

M: y por qué crees tú que baja?

Natalia (inaudible)

M: Ella dice que cuando ella presiona el volumen de la bomba se hace más pequeño. Y que qué pasaba?

N: y el peso que tiene lo hace bajar.

M: quién quiere probar. Observa lo que dijo ella, que el tamaño cambia. Vuélvelo a hacer. Cambia el tamaño?

Niña 9: se desinfla un poco y vuelve a hacer grande.

M: a ver quién más? tú qué dices?

Niña 13: que la botella no se (inaudible) sino que (inaudible)

M: ella dice que cuando oprime la botella, la bomba se achica. De acuerdo?

Todos: sí si si

En efecto, los estudiantes logran reconocer la relación causal entre la modificación del volumen y el hundimiento del gotero. Sin embargo, es claro que la identificación de esta relación causal, no refuta la hipótesis inicial de los estudiantes sobre el peso ni la posteriormente planteada acerca de la presencia de aire, las cuales de cierta forma deben aceptarse como correctas a partir de las variaciones experimentales realizadas.

Conclusiones

En esta última parte se recapitula el procedimiento seguido y se establecen conclusiones finales con el propósito de continuar trabajando sobre los mismos principios físicos comprendidos en los fenómenos de flotación. La maestra hace énfasis en el hallazgo de otra variable responsable del mecanismo: el volumen del objeto, aun cuando los alumnos no hubiesen llegado a establecer la relación peso-volumen como tal.

M: qué conclusiones podemos sacar al respecto entonces? unos niños dicen que cuando se presiona cambia el tamaño de la bomba. Qué otro cambio hay?

MP: el tamaño de la bomba no...

M: ella ve que cuando presiona hace que el tamaño de la bomba cambie, pero que lo que verdaderamente hace que se sumerja es el aparatejo que tiene abajo sí? Que es el aparatejo el que hace que baje

M: vamos a retomar. Anteriormente cuando teníamos el buzo decíamos que era por el peso, que se entraba el agua y que por el peso hacía que bajara y subiera. Pero aquí vemos que hay peso, pero qué pasa. Entonces dijimos, uds. encontraron un cambio en el tamaño de la bomba, cierto? Vamos a seguir buscando nuevas ideas y nuevos ensayos para buscar nuevas variantes a ver qué es lo que hace que flote un objeto.

Luisa: cuando la bomba baja, apreta y baja, la bomba como se.... desinfla

M: cómo lo podríamos llamar, que se desinfla la bomba

Niño: se oprime

M: se oprime! Y qué más (a Luisa)

L: cuando sube ahí si se infla un poco más

M: vuelve a su tamaño; en cambio cuando baja es un poco más pequeña

M: se hace un poco más pequeña cuando baja. Eso me da una idea también. Dice que cuando se hace más pequeña baja. Será?

L: no, cuando baja se hace más pequeña.

M: por eso. Tú dices que cuando baja se hace más pequeña. Por eso mira se hace más pequeña esa bomba (le hace la demostración). Es que aquí es donde se observa. Bueno, entonces más adelante nosotros vamos a seguir sacando ideas a ver cómo realmente cuál es la otra variante que hace que flote. Se acuerdan que dijimos que era el peso y que otra cosa más era la que faltaba. Entonces resumimos diciendo que para algunos es el tamaño y vamos a seguir comprobando esa idea que tenemos ahora que es el tamaño...

JG: el espacio

M: y el espacio, entonces ya tenemos para una próxima actividad vamos a seguir trabajando esto.

Durante la tarea, se hace evidente que más que un conjunto de procedimientos para llevar a cabo una actividad en el aula, se requieren además unas condiciones particulares en la práctica social que posibilite a los estudiantes arriesgarse a formular hipótesis, producir evidencia y explicar, condiciones como las que aquí hacen posible la generación de un debate en el que los estudiantes adoptan ciertas formas de proceder que podemos atribuir como propias de la dinámica científica: los niños de este grado son capaces de generar hipótesis, ponerlas a prueba, contrastar posiciones e identificar variables.

8.3 Análisis de las variaciones del buzo de Descartes en cuarto grado

La segunda parte del Buzo de Descartes fue planeada para que los niños realizaran diseños experimentales para comprobar las hipótesis que habían sugerido en la clase pasada. Por este motivo, la profesora comenzó la actividad recordándoles a sus alumnos todas las ideas que habían surgido en la primera parte de la actividad, haciendo, una vez más, una clara diferenciación entre describir y explicar los fenómenos. Las ideas que recordó fueron la "fluidez" y "direccionalidad del gotero"; luego, diferenció estas ideas de las hipótesis propuestas; la primera, según la cual el gotero se hunde por el peso; y la segunda, según la cual se hunde por el aumento de la densidad. El siguiente aparte muestra la manera como se recordó esta última hipótesis:

P: esa es la palabrita que dijeron antes. Lo que él dice es que el goterito al llenarse de agua, al apretarlo, se baja por el peso. Otros niños, creo que eran tú y tú, David, dijeron otra palabrita ¿qué palabrita era? ¿se acuerdan?

David: denso

P: denso, exacto; yo quiero que me expliques que es para ti denso, sin pena, vamos.

David: (inaudible)

P: ¡ahhh!, para él denso, estoy aclarando porque él habla muy pasito, es ser más espeso, Entonces él dice que cuando es denso es algo más espeso. Entonces la otra hipótesis es por aumento de densidad. ¿cómo explicaste tú densidad en el dibujo? ¿tú hiciste un dibujo la vez pasada verdad? A ver has el dibujo, sin pena.

En esta primera parte de la actividad hay que resaltar la diferencia que hizo la profesora entre una hipótesis y una simple idea sobre el mecanismo, dándole más importancia a la primera. Esta diferencia no había sido establecida claramente en la primera actividad. Recordar las ideas sobre fluidez y direccionalidad le permitió a la profesora evitar que en las partes subsecuentes de la actividad los niños se enfocaran en aspectos irrelevantes de la tarea, que fue uno de los problemas más notorios en la actividad anterior. En el siguiente fragmento la profesora se centra en el problema de la compresibilidad de los fluidos y les pide que creen formas de comprobar las hipótesis que tienen al respecto:

Separadas y cuando es más denso están más juntas, se hace más pesado y por eso se hunde. Pero ustedes se han preguntado qué pasa con el agua. ¿Cuando ustedes

tratan de... de apretar... el agua se podrá comprimir, apretar o espichar como dicen algunos?

A: (inaudible)

P: Ahora quiero que ustedes prueben... ¿el agua se puede comprimir?

!No! (responden varios niños al mismo tiempo)

P: ¿pero por qué no? ¿cómo lo podemos comprobar? Miren, aquí tengo un poco de cosas, aquí tengo hasta bombas. Vamos a jugar a la evidencia, escuchen, ¿cómo podría demostrar...? escuchen, escuchenme, ¿cómo podría...? escuchenme, si no me escuchan no me entienden y nos dispersamos. ¿cómo podría demostrar que el agua se puede o no comprimir y que el aire se puede o no comprimir? ¿cómo lo harían? Quiero que piensen, les doy unos segundos, no quiero una respuesta apresurada.

Natali: (inaudible)

P: ella dice que el agua busca un método, nosotros podríamos decir una forma de salir. ¿Te gustaría hacerlo? ¿con qué? ¿cómo lo harías?

Natali: con una botella que... (inaudible)

P: con una botella donde se haya abierto. Ella quiere demostrar que el agua busca su propia manera de salir y que necesita un recipiente destapado. (Natali toma una botella destapada y llena de agua, la aprieta y se riega algo de agua) Miren la evidencia que nos presenta Natali. Duro. Ella misma la saco. Según Natali el agua busca su propio método o manera de salir, y cómo podríamos comparar esto con el aire por ejemplo. Pero quiero que otra persona participe. A ver Camilo, escuchemos a Camilo. A ver vamos a escuchar una evidencia que él hizo.

Camilo: (inaudible)

Joshua: el día que hicimos el experimento del gotero en grupo no quería funcionar porque la botella se había arrugado de tanto espicharla, y hubo un momento en que espichamos tanto tanto la botella que al espichar !plum! salía toda el agua.

P: él dice que ese día presionó tanto la botella que explotó la tapa. Como dijo Natali, el agua busca su propio método de salir

A: pero el aire también

P: !ahh! el aire también busca su propio método de salir ¿cómo sale el aire? ¿cómo fluye? Pero quiero escuchar a otra persona, dónde están esas cabezas que piensan tanto, Natali ya preguntó, quiero escuchar a otra persona.

A: el aire aquí está atrapado y cuando hago esto el aire fluye, se sale todo

P: ahora yo quiero que vean acá que no se comprime el agua. Hay alguien que dijo que el agua no podía ser comprimida. Bueno, creo que fue Jhon Edison el que me dijo que el agua no se podía comprimir, cierto.

Joshua: no se puede comprimir

P: No se puede comprimir ¿por qué?

Joshua: porque siempre que uno lo intenta comprimir intenta salir por la presión.

P: ¿y en el aire que pasa? ¿qué pasa en el aire?

Joshua: el aire no sale como el agua, porque él está en todas partes

P: pero... infla esta bomba (no puede inflarla) Prueba con esta otra bomba que ya la tengo lista, comprímela, ¿se puede comprimir? ¿qué pasa ahí?

Joshua: intenta salir el aire

P: intenta salir el aire, ¿pero qué pasa ahí? A ver tú Daniel, ¿quieres decirme qué pasa?

Daniel: se comprime

P: ¿se qué? ¿Se comprime? ¿qué quiere decir eso? Vamos a escuchar a Mateo, ustedes saben que él necesita que lo escuchen.

Mateo: (inaudible)

P: como que se junta, como que se junta, como que se junta. Escuchemos ahora a Natali

Natali: (inaudible)

P: el aire se junta y trata intentar salir

Daniel: (inaudible)

P: entonces miren la curiosidad que surgió ¿el aire se puede comprimir?

!Sí! (varios niños al unísono)

P: ¿y el agua se puede comprimir?

!No! (varios niños al unísono)

Dado que la meta de la profesora es que a través de la actividad los niños comprendan que el factor clave en los fenómenos observados es la diferencia de densidades, ella dirige a los niños a que se pregunten por la compresibilidad del agua y del aire, a manera de un paso intermedio. La actividad está bien orientada, pero presenta una falla cuando se le pide a los niños que comprueben sus hipótesis sobre compresión: en ningún momento la profesora promueve una discusión en torno al valor de la evidencia que proveen sus alumnos; es decir, si el diseño experimental permite realmente responder a las preguntas planteadas (en especial con la comprobación que realiza Natali, líneas 74-84). En el siguiente fragmento la profesora introduce un mecanismo modificado del Buzo, con el que pretende trabajar la hipótesis del "aumento de densidad".

P: quiero que observen bien lo que les voy a mostrar (muestra la modificación del Buzo con un globo en su interior). Bien, aquí tenemos una hipótesis, primero lo Describen. Algunos se fijaron en lo que ocurría en el gotero, que le entraba aire o agua y eso es cierto; es decir, hay una relación de... cuando uno aprieta y... le entra agua, y eso lo vieron eso está ahí y es verdad. Luego hablaron de la dirección del gotero, que subía y bajaba. Pero cuando les dijimos explica por qué, es aquí cuando viene la discusión: algunos dijeron que por el peso y dos niños que ya señalé quienes fueron dijeron que por el aumento de densidad. Vamos a ver qué vieron ustedes que ocurrió en el gotero. ¿quién quiere intervenir? Alguien que no haya intervenido me gusta. ¿tú cómo viste el gotero? Escuchemos a Diana, ustedes saben que ella habla pasito, así que vamos a escucharla.

Diana: (inaudible)

P: cuando uno oprime la botella la bomba se presiona ¿y por qué se presiona?

Diana: porque el agua se quiere salir

P: porque el agua se quiere salir. Entonces hay como un agua que quiere salir. A ver, ¿qué pasa con la bomba? ella dice que es por la fuerza

Diana: (inaudible)

P: esa bomba no está muy inflada dice ella. Algunos allí dicen que de pronto aun cuando aquí en el gotero sí había entrada de agua o aire, aquí tú ya viste que está cerrada, que no hay entrada de agua, que aquí hay aire.

A: el aire quiere salir

P: el aire quiere salir ¿por qué?

A: porque hay presión en el agua

P: ¿y en dónde se ejerce la presión?

A: en el globo

P: ¿en el globo se ejerce la presión?

A: no, en el agua para espichar el globo.

P: el agua espicha en cierta forma al globo y hace que baje ¿y entonces por qué baja la bomba?

Joshua: ¡presión y peso!

P: dice Joshua que es el peso. A ver escuchemos a Oriana ¿por qué baja?

Oriana: (inaudible)

P: el aire se comprime y se ha vuelto menos qué

A: ¡denso!

P: ¿menos denso para ella, eso fue lo que me dijiste? ¿se comprime y se ha vuelto menos denso?

Oriana: (inaudible)

P: se comprime y, ella aclara, rectifica, se vuelve más denso y luego baja. Natali quiere hacer una pregunta

Natali: (inaudible)

Dado que el mecanismo funciona a pesar de que no hay entrada de agua en el globo, parece contradecir la hipótesis inicial de que es el aumento de peso (por la entrada de agua) lo que hace que el gotero se hunda. Para que los niños comprendan lo que pasa, la profesora establece una relación causal entre lo que la persona le hace a la bomba al presionar la botella y lo que le sucede al fluido que está en su interior. Pero esta relación causal se logra establecer sólo gracias a la noción de compresión del aire que había sido trabajada en la sección anterior de la actividad. A pesar de la correcta explicación que da Oriana del fenómeno, en la discusión se hace evidente que la gran mayoría de los alumnos no logró comprender la relación causal (compresión → aumento de densidad → aumento de peso relativo al sistema), e insistían en que si se hundía era porque pasaba más, como es el caso de Joshua (entre líneas 149-151). Este inconveniente se ve acentuado en la última parte de la discusión cuando los niños dicen que la bomba se hunde a causa del "peso" que tiene incorporado en su parte inferior; cuando la profesora le quita el "peso", la predicción de los niños de que no se hundirá se cumple en efecto, resultado que parece invalidar la hipótesis de la densidad:

P: tú crees que es por el "peso" (se refiere al objeto de metal que está atado en la parte inferior del globo) ¿le quitamos el peso? Vamos a probar la evidencia de

ellos (la profesora infla un globo y lo introduce en otra botella) Fíjense que no se hunde ¿para qué necesitará esta cosita?

Sin duda la lógica de la actividad estaba bien estructurada: se enfocó el problema en los elementos críticos, se hizo énfasis en la explicación, se trabajó la comprensión de los fluidos y el concepto de densidad, se introdujo un mecanismo modificado que parecía contradecir la hipótesis inicial, y finalmente el curso de la actividad estaba orientado de tal manera que los niños pudieran reconstruir la relación causal arriba anotada. Pero a pesar de que la actividad tenía esta estructura la mayoría de los niños no lograron comprender la manera como la diferencia de densidades provocaba el fenómeno observado. Nosotros pensamos que se hubieran producido mejores resultados si la profesora hubiera utilizado estrategias instruccionales adicionales para facilitar el aprendizaje. Es difícil que conceptos de la complejidad de "presión" y "densidad" sean adquiridos sólo a partir de experiencias de demostración pues no compromete al estudiante en la resolución de un auténtico problema. Por lo tanto, pensamos que una mayor promoción por parte de la profesora de una discusión grupal (tendiente a resolver los desacuerdos), el establecimiento de normas de evidencia y el énfasis en el rol del experimento como medio de argumentación, hubieran sido mecanismos apropiados para conseguir los objetivos de aprendizaje planeados.

9 ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES EN PRE-ESCOLAR

Mediante la narración de una breve historia que enmarca el fenómeno de flotación en barcos dentro de un contexto relacionado con uno de los proyectos del curso, la profesora le va dando continuidad a la actividad a lo largo de todas las sesiones. Durante esta primera fase, la maestra introduce la tarea y suscita la generación de hipótesis a través de la lectura de una carta enviada por un grupo de piratas.

Introducción de la tarea

A continuación se presenta la manera en que la maestra narra la historia focalizando el interés de los niños por la actividad y manteniendo permanentemente su motivación.

PROFESORA: Resulta que cuando yo entraba tempranísimo al colegio antes de que llegara cualquiera de uds. habían dejado en la portería del colegio, vino un cartero. Qué traen los carteros?

TODOS: cartas!!!

PROFESORA: dejaba una carta para uds. Cuando yo entré la celadora me dijo: ud. es la profesora Myriam de transición A?, yo le dije que sí qué se le ofrece,

entonces me dijo: es que ayer vino un cartero y me dejó esta carta aquí. Y esta carta en el sobre dice: niños y niñas de transición A, colegio...

TODOS: IPARM

PROFESORA: Uds. podrán imaginar quién envió esta carta? Mirémosla con detenimiento (se acerca al grupo y la muestra)

NIÑO: Un pirata! un pirata! un pirata!

PROFESORA: bien. Oigamos lo que dice el remitente. El remitente es quien manda esta carta. Dice remite Piratas Ingleses. No es uno, son varios.

(gritos)

PROFESORA: Vamos a escuchar. Vienen de la Isla Perdida. Vamos a abrir esta carta porque viene sellada, como viene sellada entonces yo se las voy a leer (la abre). Escuchemos con atención. Estos piratas de dónde son?

NIÑO: De la Isla Perdida!

PROFESORA: dice: Isla Perdida, agosto 20 de 2002. Hoy estamos a 30 de agosto

...

NIÑO: Sí sí!

PROFESORA: hace 10 días mandaron esta carta. “Queridos niños y niñas de Transición A. somos un grupo de piratas ingleses, estamos muy preocupados por algo que nos sucede y a lo cual no le hemos podido dar solución”. Tienen un...

NIÑA: problema. Nosotros los podemos ayudar.

PROFESORA: “escuchemos primero a ver qué es lo que nos van a contar. Imagínense que hace ya varios días, zarpamos de Inglaterra con nuestro majestuoso barco Tesoro, con el propósito de asaltar toda embarcación que se atravesara en nuestro camino. Saquearla y coger todas las riquezas. Obtener riquezas a montón. Pero algo terrible nos sucede: una noche muy oscura, se desató una fuerte tormenta en medio del mar. Y las gigantescas olas golpearon al barco de tal manera que lo averiaron, lo rompieron. Y naufragó. Llegamos lograr nadando hacia una isla...”

NIÑO: la Isla Perdida

PROFESORA: “así salvamos nuestras vidas; pero desafortunadamente perdimos a Tesoro”. Qué es Tesoro?

NIÑO: el barco, el barco donde tenían todos los baúles que estaban llenos de

PROFESORA: bien, vamos a seguir escuchando. “Nuestra preocupación desde ese día es cómo salir de ahí. Estamos sin comida, con ansias de conseguir riquezas pero no tenemos embarcación. Hemos tratado de hacer varios barcos; pero cuando los echamos al agua, se hunden. Ya estamos perdiendo la esperanza de salir con vida de aquí, regresar a Inglaterra y llevarle tesoros y oro a la reina”. Ah! Aquí viene algo. “Queremos saber si uds., que saben de nuestras andanzas y saben que para nosotros es indispensable tener por lo menos un barco, pueden recomendarnos qué debemos tener en cuenta al construir una embarcación. Por favor, dicen los piratas, es urgente. Cuéntenos cómo debemos hacer ese barco para que flote”.

NIÑO: con madera!!

PROFESORA: “quedaremos muy agradecidos con sus recomendaciones. Sus amigos piratas ingleses en apuros”. Está grave el problema?
TODOS: siiiii

Identificación del problema

Al finalizar la historia, la maestra comienza a plantear preguntas de comprensión y enfoca la atención de los estudiantes en el problema central, esto es, *cómo deben hacer para construir un barco que flote*.

PROFESORA: haber primero que todo, quiero saber cuál es el problema que tienen los piratas.
ANDRÉS FELIPE: que los barcos se les hundan.
PROFESORA: que siempre los barcos se hundan.
CARLOS MARIO: que los barcos se rompen muy fácil con las olas.
NIÑA: que no saben cómo salvar sus vidas.
NIÑO: que no construyeron bien.
PROFESORA: no construyeron bien los barcos, estamos seguros porque siempre que hacen uno...
NIÑO: Se les destruye
PROFESORA: no se destruye. Qué pasa?
NIÑO: Se hundan
PROFESORA: se hunde en el agua! Vamos a pensar por qué
MARIA CAMILA: están perdidos porque no saben por dónde ir.
PROFESORA: será ese el problema que tienen? que no saben por dónde ir?
ALGUNOS: No, nooooo
PROFESORA: cuál es el problema?
NIÑA: que.... que no tienen barco
PROFESORA: ése es el problema. Por qué no han podido tener barco?
DANIELA: porque les pesa el barco

Generación de Hipótesis

Una vez ellos sitúan el problema, la maestra aclara la consigna que busca centrar a los niños en el tipo de variables que deben tenerse en cuenta para que los barcos floten. Cabe anotar el tipo de preguntas que la profesora emplea (renglón 40): desde el porqué se hundan los barcos de los piratas, o mejor, por qué no les flotan, pasa luego a reformular la cuestión central a partir de un enunciado general: *qué le permite a un barco flotar*.

Enseguida, la profesora procede a explorar las hipótesis iniciales de los estudiantes sobre el fenómeno en cuestión, conduciendo la sesión en forma de plenaria donde los estudiantes tienen la oportunidad de presentar sus apreciaciones al grupo. La profesora procura seguir un orden de participación, promoviendo en los niños el respeto de turno y una escucha atenta, donde ella guía y da pautas pero también permite la interacción entre

los mismos alumnos. Ella parafrasea las intervenciones para asegurar que la información llegue a toda la audiencia y señala aquéllas que son equivalentes.

En el segmento que sigue se observan algunas respuestas de los niños a la pregunta central, en las que hacen uso de concepciones erróneas, como el caso de acudir a la presencia de motor, de velas, de ancla o incluso de remos como elementos responsables de la flotación de un barco. Sin embargo, la conducción del discurso es adecuada de tal modo que la maestra señala la distinción básica, que hasta ahora los niños habían pasado por alto, entre lo que le permite a un barco avanzar y lo que garantiza su flotabilidad.

PROFESORA: vamos a pensar por qué será que se les hundan esos barcos. Por qué no flotarán? Cada uno piense antes de levantar las manitos. Qué será lo que hace que un barco flote. Qué es lo que tienen que pensar esos piratas para que ese barco que hagan flote. Piensen primero.

SERGIO: que tienen que hacerlos con motor

PROFESORA: los barcos tienen que hacerlos con motor dice Sergio. Pensemos en una cosita. En una isla, podrán conseguir cosas para construir un barco con motor?

TODOS: no

PROFESORA: están perdidos por allá lejísimos.

NIÑO: un ventilador

PROFESORA: pensemos.

IRENE: que... que si .. que tiene que haber viento.

PROFESORA: viento? En dónde viento?

IRENE: en las (mueve las manos)

NIÑA: las velas.

PROFESORA: pero yo pienso...

MARIA CAMILA: las velas lo hacen andar

PROFESORA: eso sí. Lo que dice Maria Camila es cierto. Las velas le sirven a los barcos para avanzar. Pero será que las velas lo hacen flotar?

ALGUNOS: noooo

PROFESORA: pensemos. Lo que estamos preguntando es cómo el barco flota; no como avanza.

ANDRÉS: un ancla.

NIÑO: el ancla lo para y si la ponen se hunde.

PROFESORA: el ancla lo que hace es parar el barco, para que no siga avanzando. Qué debemos hacer para que el barco flote?

NIÑO: que... que el viento sople las velas y ahí...

PROFESORA: tú no estabas prestando atención a lo que dijo Maria Camila, que las velas lo que hacen es que el barco avance.

ANGIE: (inaudible)

PROFESORA: darle pedal al barco. Eso lo que hace es avanzar. Imagínense, cierren los ojos. Imaginen un barco. Qué debe ser ese barco para que flote.

NICOLÁS JOEL (inaudible)

PROFESORA: él dice que algo para que manejen. Para que avance o para que no se hunda?

IRENE: Para que no se hunda

Una vez los niños comprenden la diferencia entre el fenómeno de desplazamiento del barco y el de su flotabilidad, comienzan a originarse hipótesis iniciales sobre flotación de embarcaciones propiamente dichas.

MARIANA: de madera?

PROFESORA: por qué crees tú que el barco debe estar hecho de madera?

MARIANA: porque la madera puede flotar en el agua.

PROFESORA: porque la madera puede flotar en el agua dice Mariana. Quién dice algo más?

NIÑO: tronco!

ANDRÉS: el metal también puede flotar?

PROFESORA: no sé...

UNOS POCOS: nooo LA MAYORÍA: sí, sí

CARLOS MARIO: los barcos de metal flotan como el de Titanic.

PROFESORA: oigan lo que dice CM los barcos de metal también flotan. Entonces necesariamente tiene que ser hecho de madera?

IRENE: también podrían ser de metal.

Lo que se observa es que los niños encuentran el material como variable principal que determina que una embarcación flote, materiales que identifican recurriendo a la experiencia: hay barcos de madera y hay barcos de metal. En este punto hubiera sido pertinente llevar a cuestionarlos qué regularidad encuentran en esos dos tipos de barcos. Ya que había desacuerdo entre los niños acerca de si un barco de metal puede o no flotar, podría indagarse qué clase de razonamiento subyacente hay, es decir, si un niño no está seguro que un barco de metal pueda flotar, puede ser porque hay premisas previas, como suponer que el metal es muy pesado, por un lado, y afirmar (a manera de “principio fenomenológico”) que todo lo pesado se hunde, por otro lado. Preguntar sobre esto hubiese conllevado a identificar posiblemente otras variables implicadas, como el peso.

En el siguiente fragmento, la maestra dejando constante el material, plantea entonces la pregunta a seguir, *qué debe hacerse al material para que flote*, con el propósito de explorar ideas alternativas. Es de desatacar aquí la forma en que la profesora ha ido manejando un hilo discursivo con los niños bastante consistente en relación con el objetivo propuesto para esta primera parte, que radicaba en fomentar en los estudiantes la producción de hipótesis iniciales sobre la flotabilidad de los barcos. De modo que para mantener dicha orientación, la profesora va introduciendo nuevas preguntas que intentan promover en los niños un proceso de identificación de regularidades sobre el fenómeno en cuestión, y su posterior elaboración en enunciados de carácter hipotético.

PROFESORA: qué le deben hacer a esa madera para que el barco flote.

NICOLÁS JOEL: cortarla

MIGUEL: construir bien el barco

PROFESORA: y cómo sería construirlo bien? Qué es construir bien un barco para que pueda flotar?
SERGIO: que no le dejen un agujerito
PROFESORA: que no le dejen ningún agujero en dónde?
NIÑO: en el barco
NIÑO: en el centro
SERGIO: debajo
PROFESORA: debajo, por qué sería?
ANGIE: porque se hunde
PROFESORA: se hunde. Por qué se hunde?
JOSEP: porque se le mete el agua.
PROFESORA: en dónde se le mete el agua?
NIÑO: por al agujero!
JAIME: se hunde porque el agua se le entra y se va hundiendo
JENNY: cuando se entra el agua al barco por el agujero, lo que pesa, el agua, es lo que pesa del barco es por eso que se hunde.
MIGUEL: Es lo que hace pesar al barco

Vemos pues que la pregunta formulada llevó al grupo a reconocer nuevos factores implicados que hasta el momento no se habían hecho explícitos. Dentro de los elementos que los niños identificaron aparte del material, encontramos que hacen referencia a cosas indispensables en su construcción como la eliminación de orificios que garanticen la resistencia del barco en el agua. Es de destacar la intervención de Jenny (renglón 93) en la que amplía la condición de los agujeros que nombraron sus compañeros, formulando una explicación e introduciendo la variable del peso: si el barco tiene agujeros por donde ingrese el agua, entonces el peso del agua hace que el barco se hunda. Por su parte, la maestra redirige la socialización hacia la mención de otras variables implicadas en el fenómeno. Ella parafrasea la explicación de Jenny y guía al grupo a focalizarse de nuevo en la pregunta antes mencionada, reformulándola a partir de las intervenciones recientes.

PROFESORA: bueno listo, no le pueden dejar agujero porque se le entra el agua, va a pesar mucho y se hunde. Qué otra cosa tienen que recomendarles? Pensemos qué otra cosa hay que tener en cuenta para que no se hunda, para que flote. Qué otra cosa diferente de los agujeros.
NIÑO: que la madera no esté tan..... gorda
IRENE: tan gorda
PROFESORA: tan ancha? Por qué
NIÑO: porque se hunde el barco.
PROFESORA: por qué?
IRENE: porque... porque no puede ser ancha porque entonces coge mucho peso y no importa que no tenga agujero, igual se baja con el peso.
PROFESORA: Irene está diciendo que el peso de la madera será lo que hace hundir al barco. Uds. qué creen, quién puede decir algo sobre eso?
NICOLÁS JOEL (inaudible)

PROFESORA: blandita la madera? por qué crees tú que la madera no debe ser blandita?
NJ: porque se hunde
PROFESORA: pero sí se hunde, pero por qué se hundirá por ser blandita?
MIGUEL e IRENE: no, no, no...
MIGUEL: no porque flota más bien
IRENE: ahí no coge peso.
ANDRÉS FELIPE: ése es el consejo que les debemos dar.
PROFESORA: cuál?
AF: que dejen la madera bien flaquita para que no se les hunda así
Daniel: profe!
PROFESORA: oigamos lo que nos va a contar Daniel
DANIEL: (inaudible) entonces el peso de ellos hace hundir el barco.
PROFESORA: si colocamos la madera muy delgadita, dice Daniel, el peso de los piratas va a ser que se hunda el barco.
ALGUNOS: nooooo

En el fragmento anterior, la discusión se ha encaminado a caracterizar cómo debe ser la madera para que el barco en efecto flote. Es así como la secuencia de intervenciones conduce a los niños a identificar una relación entre el grosor del material y su peso, de acuerdo con un razonamiento de la siguiente forma: si las paredes de madera son delgadas, el barco flota; de lo contrario el peso lo hace hundir. Razonamiento al que un alumno, Daniel, hace una objeción interesante: pero si las paredes de madera son muy delgadas, no van a soportar el peso de los piratas.

Enseguida, la discusión se dirige a invocar otro tipo de mecanismos, como el aire o el agua, momentos en los que la maestra intenta jalonar explicaciones más claras e informativas; les demanda no sólo una participación activa, sino les exige elaborar razones que den cuenta de sus creencias.

PROFESORA: por qué no se va a hundir. Por qué, pensemos por qué no se hunde así se metan los 15 piratas allí, por qué no se hundirá ese barco?
IRENE: porque el viento lo está flotando.
PROFESORA: porque el viento lo está flotando?
IRENE: no, no, no, porque el agua (mueve las manos empujando hacia arriba)
PROFESORA: el agua qué?
IRENE y otras dos niñas: el agua flota... el agua lo
ANGIE: lo hace flotar.
MARIA CAMILA: el agua lo hace mover.
PROFESORA: no estamos hablando de que lo hagan mover sino flotar.
IRENE: tienen que ponerse... que partirse los piratas unos en un lado y otros en otro; porque o si noel barco.
PROFESORA: Irene dice que tienen que repartir el peso de los piratas para que no estén todos en un solo sitio si no se nos hunde el barco. Será cierto? Piensen si será eso así.

UNOS: sí OTROS: no
PROFESORA: pensando, no es decir sí o no porque sí sino una razón por la cual.
Qué dices tú Mariana?
MARIANA: (inaudible)
JENNIFER: tienen que hacer un barco más grande.
PROFESORA: tienen que hacer un barco grande.
NIÑO: grande y con hartas cosas.
NIÑO: fuerte
PROFESORA: fuerte
(hablan al tiempo)
PROFESORA: que no se parta. Pero el problema que ellos tienen es que se les hunde

En el segmento anterior, se evidencian alusiones interesantes por parte de algunos estudiantes a otro tipo de factores como peso, “grosor” del material, aire e incluso el agua “que empuja” el barco (en este caso no se clarificó el significado del término, si empujar es sinónimo de avanzar o de mantener a flote); pero no se tuvo la posibilidad de encausarlas sobre la marcha. Dado que en la primera sesión, los niños de pre-escolar no acudieron explícitamente a variables distintas fuera del material, se realizó una segunda sesión con el propósito de hacer un sondeo más agudo de la manera en que los niños hacen uso de su conocimiento previo para dar cuenta de la flotación de los barcos.

En esta situación, la maestra los conduce a formular nuevas explicaciones cuestionando por qué hay materiales de los que nombraron que son pesados y, sin embargo, los barcos contruidos con ellos flotan. El objetivo era inducirlos a hallar regularidades entre los diferentes casos.

PROFESORA: entonces ya tenemos que pueden ser de madera y de metal.
ANDRÉS FELIPE: de vapor
PROFESORA: pero el barco está hecho de vapor?
ALGUNOS: noooo
NIÑO: de ladrillo?
PROFESORA: uds. han visto alguna vez un barco de ladrillo?
TODOS: nooo
NIÑO: no porque se hunde
PROFESORA: por qué se hundirá?
NIÑA: porque es muy pesado.
PROFESORA: pero acaso el metal no es pesado?
ALGUNOS: nooooo
OTROS: sí, sí es pesado.
PROFESORA: qué piensan uds? si un barco de madera que dicen uds. que no pesa tanto, la vez pasada me decían eso, flota y ahora uno de metal, a pesar de que es pesado, también flota. Entonces qué será lo que hace que flote?
NIÑO : el aire!
PROFESORA: cuál aire?

IRENE: el aire que hay en el, agua, o el agua...

PROFESORA: el agua?

NIÑO: el que empuja el barco....

PROFESORA: qué otra cosa hará que ese barco no se hunda? Ya dijimos que si es de madera o se hunde, si es de metal tampoco se hunde. Qué es lo que hace que los barcos permanezcan flotando? (silencio) Qué será lo que le permite al barco de madera y al barco de metal que no se hunda? Cómo tendrán que hacerlo?

NIÑO: grande

PROFESORA: grande? Pero hay barcos pequeños que también flotan.

TODOS: sí

PROFESORA: esos barcos sean grandes o sean pequeños flotan, barcos pesados y más livianos también flotan. Qué será lo que los hace flotar.

Con esta pregunta en la que se contrastan distintos casos de barcos según las características que los mismos niños han identificado, la maestra da por concluida la sesión luego de que algunos estudiantes hacen de nuevo referencia a los mismos elementos que ya habían señalado en el transcurso de la actividad de generación de hipótesis. Aunque no se pretendía hacer un análisis exhaustivo de nociones previas sobre flotación, las sesiones realizadas dan cuenta de la posibilidad de introducir a niños de preescolar en actividades en las que se fomentan habilidades de generación de hipótesis sobre un fenómeno específico en el terreno científico. En efecto, fue notorio aquí que los niños son capaces de formar parte activa en intercambios comunicativos en los que, bajo una adecuada orientación por parte de la maestra, manifiestan sus posiciones y en ocasiones son capaces de argumentar a favor o en contra de las intervenciones de sus compañeros (es ilustrativo el caso de Daniel).

Establecimiento de la hipótesis de trabajo

Dado que hasta el momento la hipótesis claramente identificada hacía referencia al material, en una sesión posterior, se intenta partir de esa idea inicial, introduciendo la plastilina como material para la construcción, ya que es de fácil manipulación para los niños de este grado. El objetivo en este caso era conservar constante dicha hipótesis e introducir una consigna más específica: *Cómo hacer que la plastilina flote*; con el fin de lograr que los niños identificaran la implicación de otras variables.

Nótese aquí que la consigna se centra en lo que hay que tener en cuenta para que la plastilina flote; mas no se menciona ninguna instrucción aún de construir una embarcación. Consideramos esto como un paso intermedio a partir del cual podía encausarse a los alumnos hacia la tarea propiamente establecida.

Para introducir el material, la profesora recurre a una actividad previa relacionada con uno de los proyectos curriculares, de la cual retoma las experiencias de aquellos niños que elaboraron barcos empleando plastilina. La maestra entonces resalta que en este caso se construirán barcos con el mismo material, pero esta vez con la condición de que permanezcan a flote en el agua.

PROFESORA: Unos decían que los barcos los podían hacer de metal, puede ser de madera o de metal, ahora vamos a ver otra cosa.... quiero que levanten la mano los niños que hicieron barcos el día , para la maqueta que hicimos para la presentación se acuerdan donde estaban los indios los piratas todo eso? Quiénes hicieron barcos? quién mas hizo barcos..... de que hicieron esos barcos?

NIÑA: De plastilina.....

PROFESORA: De

AUDIENCIA: Plastilina....

PROFESORA: Si se acuerdan no? Que los teníamos allá en una maqueta muy linda que nos quedó que un día de estos les traigo unas fotos para que las vean y esos barcos estaban hechos de plastilina.... Bien hoy, antes de cualquier cosa quiero que piensen... si yo a ustedes les entrego una barra de plastilina qué pueden hacer con esa barra de plastilina, cómo la pueden trabajar...cómo pueden hacer que esa barra de plastilina flote... que la barra de plastilina flote... a ver Nicolás Joel tu que crees?

NICOLÁS: hacer un barco de plastilina.

En lo que sigue, una vez establecida como línea de base el trabajo con un material determinado, la profesora dirige la atención de los niños hacia la variable forma, con el objetivo de indagar la manera como los niños conciben la forma que debe tener un barco para flotar. Es así, como formula una nueva pregunta: *qué forma le damos a la plastilina para que flote*. Ella entonces hace un sondeo de las distintas formas que los niños señalan y las recapitula de la siguiente manera:

PROFESORA: oigan lo que está diciendo Daniel, que no la dejen tan gruesita, aquí Nicolás nos dice que una arepita, Daniel que no dejen tan gruesa la plastilina, Jason opina que no sea tan ... que ... tan pesada.... y Sergio que fue lo que nos dijo?

SERGIO: que no quede tan aplastada.

Tal vez hubiera sido preferible que esta fase se diera con mayor profundidad, promoviendo en los niños la generación de predicciones acordes con su hipótesis de forma. De hecho, no se realizó un proceso de categorización de las respuestas de los estudiantes ni se les condujo a preguntas referentes a argumentar las razones por las cuales tal o cual forma sí flotaría o por el contrario se hundiría. En esa medida, la socialización posterior hubiese sido más enriquecedora para el grupo, ya que se enfrentarían ellos mismos a cambiar sus ideas iniciales o a reformularlas en virtud de los hallazgos revelados en la fase de comprobación.

Diseño y prueba de hipótesis

Con el fin de llevar a cabo un proceso de comprobación, se distribuyeron los niños en mesas de trabajo y a cada uno de ellos la maestra asignó igual cantidad de plastilina (una barra). Con la condición de usar toda la plastilina y resaltando que todos tienen la misma

cantidad, la profesora presenta la consigna: *Darle una forma a la plastilina para que flote.*

PROFESORA: (...) Vamos a mirar las que tenemos aquí... todas esas barras de plastilina, las que va a tener cada uno de ustedes... cada uno va a tener la misma cantidad de plastilina, cierto? Si salen de la caja las barras de plastilina todas vienen iguales de tamaño, cierto? Y todas traen la misma cantidad de plastilina cierto? Yo les quiero pedir un favor, que a esa barra de plastilina no le quitemos ni un pedacito, vamos a utilizarla toda, no le podemos quitar ningún pedacito, por que si yo le quito un pedacito, vamos a tener menos plastilina que la que tiene mi compañero cierto? Muy bien, otra cosa que vamos a hacer, cada uno se va a sentar en su puesto, (...) le van a dar la forma que ustedes creen que de esa manera la plastilina va a flotar, y vamos a colocar las peceras que usamos el otro día y vamos a hacer la prueba de si la plastilina en esa forma que ustedes le dieron flota, una sola vececita, si no flota no importa, después vamos a pensar en otras cosas, entonces una sola vececita le van a dar la forma que ustedes creen y la vamos a poner dentro de la pecera en el agua, se van a fijar muy bien porque después nos van a contar qué forma le dieron y cómo la hicieron, acá en el tapete, la plastilina se queda en el agua, acá en el tapete nos cuentan cómo hicieron, qué forma le dieron, a ver si flotó o no flotó, pero tenemos que pensar en qué forma creen ustedes que deben darle a esa barra de plastilina para que pueda flotar, ese es el propósito, que la forma que ustedes le den a la barra de plastilina sea la forma adecuada para que flote.... les voy a entregar a cada uno su radiografía y su barra de plastilina, fijémonos que todas tienen el mismo tamaño, la misma forma y la misma cantidad de plastilina y cada uno toma su plastilina y la radiografía. Pasan a sus puestos y se sientan allí.

Se desataca la claridad de la instrucción dada por la maestra, al establecer de entrada una equivalencia entre las distintas características del material que les ha sido asignado, tales como: la cantidad, el peso y el tamaño; está haciendo explícito el hecho de dejar constantes las distintas variables, de manera que los estudiantes focalicen su atención y manipulen una sola, en este caso, la forma.

Socialización

Luego del trabajo de diseño donde cada uno de los estudiantes realizó determinada forma y procedió a probar su flotabilidad en un recipiente con agua, se organizó una plenaria en la cual la profesora los condujo a hacer públicos los diferentes diseños y a establecer regularidades entre ellos. Los siguientes son algunos apartados ilustrativos de esta fase. Se muestra cómo la maestra pregunta a aquellos niños a quienes les flotó la plastilina, cuál fue el procedimiento de elaboración, sin cuestionar las razones por las cuales ellos eligieron esa forma y no otra. Es evidente aquí que la regularidad se encuentra en las formas aplanadas; pero aún no se ha hecho explícito en el grupo.

PROFESORA: Los de las mesas se dieron cuenta que algunas flotaron y otras se hundieron. Yo quiero saber, por ejemplo, la de Miguel flotó, qué forma le diste tú Miguel para que flotara, cómo la hiciste.

MIGUEL: Hice una bolita y la hice así con los dedos, le hice así y flotó.

Pr: Y flotó, yo Quiero saber la de Nicolás como la hiciste?

Nicolás: Hice una bolita, luego la aplasté

Durante esta secuencia de preguntas, surge una experiencia interesante de un niño, quien encontró que su forma, al igual que las anteriores que se nombraron, flotó temporalmente pero luego se hundió a causa del movimiento del agua. Se resalta porque más adelante ese hallazgo guiará a los niños a mejorar su diseño teniendo en cuenta la resistencia de la plastilina en el agua.

PROFESORA: a quién más le flotó, allá en esa mesa, que pasó con la de Carlos Mario, como la hiciste?

CARLOS MARIO: yo la hice como un círculo y la aplasté, la puse en el agua y flotó

PROFESORA: Y flotó, y que pasó después?

CM Que se movió y se entró el agua y se me hundió.

PROFESORA: De que se llenó entonces?

AUDIENCIA: De agua.

Enseguida, la profesora pregunta a quienes, por el contrario, se les hundió la plastilina, sobre qué posibles variaciones le harían a sus diseños, teniendo en cuenta los hallazgos. En el siguiente fragmento se muestra cómo algunos alumnos identifican en efecto que una forma aplanada es adecuada para procurar que se mantenga a flote. Sin embargo, podríamos afirmar que ésa es una conclusión a la que llegan con base en algunos pocos casos particulares, pero no se hace evidente una cadena de indagación que conduzca a los niños a elaborar explicaciones sobre lo que encuentran.

PROFESORA: (...) a ver si a los niños que se les hundió la plastilina, tienen una idea de cómo deben hacerla para que flote, quien me puede contar, a ver Jairo tú.

JAIRO: sin huecos, una bolita, la aplasto y le subo un poquitico alrededor y ya

PROFESORA: él dice que hacer una arepita y subirle un poco a los laditos, así cree él que le flota

PROFESORA: (...) Vamos a pensar que forma tiene que tener para que flote a esos que no les flotó, que como la hacemos ahora para que si flote

NIÑO: Hacer una bolita y aplastarla un poco

Variaciones al diseño

De nuevo se replantea a los alumnos que varíen su diseño en función de lo obtenido; sin embargo se incurre una vez más en que las modificaciones que los niños realizan se

desprenden del nivel observacional hasta a hora logrado, pero no se alcanza un ámbito explicativo propiamente dicho.

PROFESORA: (...) Entonces todas esas ideas que ustedes dijeron ahora de como pueden variarle la forma las vamos a hacer, cada uno con cuidado va a tomar su plastilina y mira a ver qué forma le da, teniendo en cuenta las recomendaciones que se han dicho acá. (...) Qué forma le vas a dar ahora, esa no funcionó y ahora tienes que modificarla de acuerdo a lo que dijeron, para que ahora sí flote.... los que ya les flotó, desármela y vuélvana a hacer, para saber si con la misma forma les puede volver a flotar. Bueno, vamos a ver si ahora sí flota.

Evaluación de la evidencia

De nuevo en plenaria, la profesora finaliza la sesión promoviendo en los niños conclusiones sobre el procedimiento seguido luego de la comprobación de los diseños modificados.

PROFESORA: Ahora, por último, vamos a pensar cuál es la forma que realmente permite que flote, qué es lo que se necesita para que flote? Qué forma le diste ahora tu jairo para que flotara?

JAIRO: La hice así, le aplasté y le subí así alrededor y ahora si flotó

PROFESORA: Muy bien, ahora con mucho orden vamos a pasar mirando que forma tienen las que sí flotaron y qué forma tienen las que no flotaron... Vamos a pensar por qué esa es la forma que les permite flotar y por qué las otras no pueden flotar, que pasó para que ellas se hundieran después?

Por último, el grupo concluye que manteniendo la forma plana, es que la plastilina logra flotar. Aun cuando los niños fueron capaces de manipular dicha variable, se esperaba además, y como logro crucial, que hubiesen comprendido que dejando constantes tanto el material como el peso, el cuerpo flota, en tanto se modifique su forma adecuadamente; sólo así los estudiantes podrían establecer relaciones entre el dispositivo experimental y el fenómeno que se desea explicar.

10 ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LOS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: EL CASO DE LINEA DE FLOTACION

10.1 Análisis de la actividad en séptimo grado

Presentación de la tarea

En las sesiones realizadas por curso, se siguió el mismo procedimiento: una sesión donde se planteó el objetivo global de la actividad (identificar variables relevantes en flotación de embarcaciones y el mantenimiento de la línea de flotación), otra sesión dirigida a

construir las embarcaciones (donde se destaca de modo sobresaliente el diseño planteado inicialmente, donde se privilegia la forma elegida) y una última donde de la observación primera se procede a la explicación por parte de los estudiantes del fenómeno implicado, la predicción y la postulación de hipótesis, la medición y la socialización de explicaciones sobre la línea de flotación. Previo a esta sesión, el profesor de Física Harold Machado había propuesto a los estudiantes la construcción de una “embarcación”, esto es, un objeto que flotara, para que a ella se le pudiera calcular la línea de flotación. Para eso se diseñaron cubos de diferentes materiales (vidrio, acetato, madera, latón), contando con la asesoría del profesor de Tecnología Alvaro Lemus y otros docentes en calidad de observadores. Una vez se tenían los cubos, el profesor procedió a plantear los objetivos de la sesión:

Profesor: Nuestra actividad de hoy se llama “Flotación de Embarcaciones”, ya la vez pasada habíamos hecho una preactividad, en la que ustedes construyeron sus embarcaciones (...) todos sabemos que este modelo no sería el modelo ideal para ser una embarcación funcional. La vez pasada ustedes me dieron unas razones por las cuales los barcos potencialmente no tienen esta forma cúbica. ¿Cuáles fueron esas razones? A ver Andrés.

En las líneas anteriores el profesor se hace eco de actividades realizadas anteriormente, como la construcción de la embarcación, previa a esta fase del ambiente, para proponer una dinámica de trabajo entre los alumnos y pregunta las razones por las cuales la forma elegida para la embarcación no es funcional. En las siguientes líneas, el profesor implica conceptos de la física de la situación y aclara el uso de un concepto:

P: Ah! Para que la fricción del agua no lo detenga mucho. Eso es lo que primero Andrés llama de una forma muy técnica la dinámica de la embarcación. A ver Víctor...

V: La forma de al frente para que flote...

En la línea 63 relaciona las intervenciones; de esta manera espera que todos se centren en la explicación más adecuada y en la línea 64 pide intervenir para que se destaquen más variables:

P: Que tendría mucho que ver con lo que Andrés Felipe está diciendo. Una forma plana no tendría mucha facilidad de conservar, ¿qué cosa?

Estudiante: Velocidad...

El profesor retoma la intervención, la conecta con otras intervenciones y compromete a los estudiantes con sus explicaciones. Destaca las variables con el objetivo de definir con las que se va a trabajar: velocidad, rapidez, fricción, forma de la embarcación, peso, equilibrio, pero teniendo en cuenta que no hay embarcaciones de ese tipo. Lo que quiere es que una vez se identifiquen las posibles variables se trabaje con ellas y se vea la embarcación flotando en equilibrio a partir de una forma elegida, y no navegando:

P: Velocidad y, ¿qué cosa? Velocidad y rapidez: La velocidad está compuesta de dos cosas: velocidad y dirección. Básicamente no podría mantener una dirección y pues el comandante de la nave no podría fácilmente manipularlo. Dime Angela.

Angela: La forma...el peso...porque la forma ayuda a romper olas y que así el barco se pueda mantener flotando...

P: Bueno es muy interesante lo que Angela dice, la distribución del peso tiene mucho que ver; sin embargo pues esta forma no sería, digamos que a uno al principio no le parecería mala para ese problema de la distribución del peso. Uno podría, y eso es lo que vamos a mirar ahora, ver cómo es la distribución de masa en esta distribución cúbica, si el barquito lo vamos a ver estable en el agua o si se va a inclinar.

Una vez se tienen las razones de la poca funcionalidad del barco cúbico, el profesor vincula intervenciones y pasa a destacar el equilibrio como principio de flotabilidad:

Laura: La forma del barco no deja que vayan varias personas....en los bordes...

P: Es parecido a lo que Angela dice, tendrían que tener las personas unas posiciones estables porque si se mueven, es posible que el barco empiece a ladearse y se voltee. Bien, tú tienes razón en lo que dices, no digamos en la distribución de peso, sino de masa.

El profesor rescata una contribución en la que se destaca una variable del ambiente: Cuánto puede hundirse la embarcación hasta encontrar su equilibrio y qué interviene para que eso se de:

Andrés: Hay que tener en cuenta la presión...

P: ¡Ah! La presión, ¿por qué?

A: Porque eso lo hace hundir o flotar...

Una intervención que se dirige a explicar el punto de flotación es rescatada por el profesor, haciendo que todos dirijan su atención a ella:

P: Escuchen lo que Andrés dice que me parece muy interesante. Entre más se hunda el barco pues la zona que quede bajo la superficie del agua va a estar soportando una presión mayor, ¿están de acuerdo?

Con la estrategia de preguntar sobre si están o no de acuerdo, el profesor espera que haya intervenciones. Como no se dan, continúa y aclara un punto concerniente al sumergibles: entre más profundidad logre el objeto mayor presión soporta y devuelve la pregunta:

P: O sea entre más profundo esté el barco, una presión mayor va a soportar. Hasta ahí entendemos muy bien eso, pero, ¿qué tiene que ver eso con la forma cuadrada? Sí tiene que ver pero trata de... pero, ¿por qué? Sí tiene que ver pero, ¿por qué la forma cuadrada o la forma plana no sería conveniente?

A: Porque le hace presión... En cambio le hace presión...

El profesor hace una intervención de puntualización y destaca un rasgo crítico de la tarea:

P: Porque tal vez hay bastante área que va a estar expuesta, por lo tanto la fuerza que va a recibir esto puede ser mayor, que si tiene la forma que tradicionalmente tienen los barcos que es de menor área expuesta en la parte que va chocando contra el agua...

Destaca un rasgo crítico el de presión sobre la superficie del barco y aclara:

Alvaro: En este caso la presión que se hace en esta parte plana va a ser diferente a la que se hace acá en toda la arista...

P: O sea que entre más el barco esté hundido mayor presión va a soportar el fondo del barco; pero además hay más área expuesta también que si fuera una forma puntuda....

Alvaro: O sea que la presión es uniforme en cada punto....

El profesor obvia esta intervención y pasa a otro aspecto de la actividad, hace que la atención se dirija a encontrar semejanzas entre las formas de las embarcaciones:

P: Bueno, hagamos un par de preguntas más para que se pongan a trabajar. Si yo quiero estudiar la flotación, ah! bueno las embarcaciones que construyeron con el profe Alvarito, que dijimos que nos son los modelos ideales sino que lo hacemos para facilitar el trabajo... ¿qué tienen en común todas las embarcaciones que ustedes construyeron?

Todos mencionan varias cosas, destacando las variables implicadas que interesan en los presupuestos del ambiente, identificación de variables relevantes de ambiente y solicita a quienes intervienen que detallen magnitudes:

P: Varias cosas, a ver Michelle...

Michelle: la forma, el área, el diámetro, el perímetro...

P: La forma, ¿cuál?

Estudiante: Cúbica

P: ¿Qué más tienen en común?

Estudiante: El área

P: El área, ¿cuál área?

Estudiante: Eeeehhhh...

En este punto es importante la aclaración de cada punto para que no haya dudas sobre los conceptos utilizados, pide a los alumnos que hagan uso de unidades e identifica semejanzas:

P: ¿El área de...? El área de la superficie. El área superficial. Porque, ¿cuánto es el área?

Algunos: ¡¡¡Diez!!!

P: Diez es la medida de esta arista

Algunos: ¡¡¡Cien!!!

P: ¿Cien qué?

Estudiante: Cien centímetros

P: Cien cm. cuadrados. La unidad para medir áreas es cm. cuadrados. Bueno entonces tienen en común:

- la forma,
- el área superficial,
- la medida de la arista,

¿Qué otra cosa?

Estudiante: el perímetro

Una vez hecha la aclaración, introduce la variable que faltaba:

P: Pero el perímetro se refiere básicamente, es una medida lineal, o sea que sería la suma de los laditos de las caras. Y la otra a la que debemos apuntar que nos hace falta es, ¿cuánto es el volumen de los cubos que construyeron?

(Todos hablan)

P: Mil cm. cúbicos, o dicho en una palabra más simple también...

Estudiante: Un decímetro cúbico.

Hay un primer momento de la predicción:

P: Muy bien. Bueno, si este barquito se sumergiera completamente en el agua, ¿cuánta agua podría entonces desalojar?

Estudiante: Un decímetro cúbico

Da la palabra y espera intervenciones eficaces:

P: Muy bien. Si yo quisiera saber si este barquito puede o no flotar, ¿qué variables físicas serían importantes? Vamos a escuchar a uno por uno.

Angela: La forma del objeto, el material del objeto, la masa y si el objeto tiene en su interior cantidad de masa, cantidad de átomos.

Recoge la magnitud importante y espera que ellos la mencionen:

P: Bueno, Angela apuntó casi todo lo que dijo a una misma magnitud, ¿a cuál?

Estudiante: La masa

Una vez identificada, es el momento de introducir medición:

P: A la masa, porque ella decía si tiene objetos por dentro, de qué está hecho, el material, en últimas todo eso es la masa. ¿Con qué medimos la masa?

Estudiante: Con la balanza...

Introduce medición para efectos de continuar la actividad (líneas 270 a 272):

P: Y aquí está la balanza y los instrumentos de medición para que cuando necesiten pensar o saber sobre la masa, pues simplemente vienen a las balanzas y hacen sus anotaciones. A ver Ana Lucía, ¿qué otra cosa?

Ana Lucía: El peso

P: ¿Con qué tiene que ver el peso?

El profesor espera que los estudiantes sean capaces de identificar y diferenciar peso de masa, correspondiendo tal discriminación al punto geográfico donde se sitúan:

Ana Lucía: Con la masa

P: Con la masa y con la gravedad, o sea que esa magnitud.... Bueno hay una pregunta que se hace comúnmente: ¿cuál es la magnitud que para un físico es más importante: la masa o el peso?

Algunos: la masa

El profesor destaca la importancia del peso en la tierra y la masa en un determinado espacio y define condiciones de trabajo en el aula:

P: ¿Por qué la masa? ¿Quién me da una razón? ¿Por qué a un físico le es más importante la masa que el peso?

Estudiante: Por su manejo...

P: Pero eso depende del lugar donde se encuentre, de la gravedad del sitio. Como todos vamos a estar en el mismo salón y en la misma tierra, pues vamos a tener la misma gravedad entonces en ese caso no va a ser tan importante la diferenciación entre peso y masa más que en un factor de diez.

Para el profesor resulta importante que los alumnos lleguen ellos mismos a dar las razones del uso de instrumentos de medición, de conceptos implicados, de modos de razonamiento que sigan una lógica científica, por eso retoma y devuelve las intervenciones una vez los estudiantes participan, es ese el objetivo de la reiteración y la devolución de las intervenciones, a la vez que permite que ellos mantengan el interés en la actividad. Continúa:

P: Entonces, ¿cuántas magnitudes me dijeron que hay que tener en cuenta en el problema nuestro? ¿Una? (masa y peso) ¿Con cuál trabajamos mejor?

Todos: Con la masa ... con el peso...

El profesor acompañante induce a los alumnos a pensar sobre el material para que piensen el problema de la densidad del material y el profesor mejora la pregunta:

Alvaro: Si van a trabajar la masa, fíjense que habría otra variable que implicaría ahí. ¿Conocen las características del material? ¿Las propiedades del que está compuesto?

P: ¿Qué propiedad caracteriza a los materiales?

Estudiante: La densidad

El alumno identifica de la variable importante y el profesor lo resalta indagando si eso es posible de medir:

P: Excelente, ¿yo podría saber la densidad de esta cajita de madera?

Estudiante: Sí.

El profesor introduce nuevamente medición recalcando la necesidad de que ese procedimiento se realice:

P: ¿Cómo harías tú para saber la densidad de esta cajita de madera usando instrumentos de laboratorio?

Estudiante: Primero miro el volumen, también miro en el agua...

P: Ya sabes el volumen, ¿qué más te haría falta para averiguar la densidad?

Estudiante: La masa

P: ¿Y cómo podrías saber la masa?

El profesor en este punto introduce uno de los elementos más cruciales de la tarea, a saber, la necesidad de la medición. Igualmente, resalta la experimentación como forma de proceder e introduce una última variable que estaba quedando relegada, pidiendo a una alumna que intervenga:

Estudiante: Con una balanza.

P: Y experimentalmente se puede hacer, muy bien. Entonces nos falta una última cosa. Hablamos de la masa y del peso, otra cosa fundamental que falta: El empuje.

¿Qué es el empuje? A ver, Laurita...

Laura: ¿El empuje? La fuerza que hace hacia arriba un cuerpo, igual...

Un estudiante interviene para ayudar a su compañera a dar una definición adecuada de lo que el profesor está preguntando:

Carlos: El peso del líquido desalojado por el objeto sumergido. ¿De acuerdo?

Estudiante: Sí

Predicción y Socialización

En la parte de predicción matemática y anotación en la bitácora el profesor va a plantear a los alumnos el uso correcto de la bitácora para que consignen sus impresiones, cálculos, notas, ideas y para que luego vuelvan a ellas una vez hayan probado si su predicción fue correcta o no. Por cuestiones de tiempo, en las bitácoras se consignaron procedimientos matemáticos y elaboración de ideas. Esta parte es un poco caótica, porque los alumnos se enfocaron a consignar sus procedimientos, pero no retomaron luego las hipótesis planteadas para ver si estaban en lo correcto o no. Para efectos de análisis, hay que decir que fue conveniente, por parte del profesor, no retomar las bitácoras y socializarlas, ni intercambiarlas en los grupos para que fueran ellos los que ejercieran un control riguroso de los procedimientos de los demás, ya que él consideró que no eran lo suficientemente relevantes para continuar la actividad, razón por la cual decimos que fue una actividad esbozada:

P: Como veo que todos ustedes están tan pilos para esto entonces vamos a desarrollar la actividad en dos partes, la primera parte ustedes se reúnen antes de meterlo en el agua, hacen sus consideraciones, trabajan, disfruten. Entonces, si yo tengo el barco este se va a hundir tantos centímetros, es decir, van a predecir antes de ir a la experiencia hasta donde este se hundiría o se hundiría completamente. Van a registrarlo todo y una vez que lo registren, escrito, vamos a hacer las pruebas que sean necesarias en la pocetica de agua que tienen allí. Van escribiendo, hacen diagramas, predicen y luego lo comprueban, lo más organizadamente posible porque los compañeros de la cámara los van a escuchar en su trabajo.

Socialización y Explicación

El profesor pasa a una alumna al tablero para que haga la demostración matemática del procedimiento pedido. Supone esto que se tienen que registrar en el tablero las predicciones establecidas en la bitácora:

P: Vamos a escuchar a Michelle que le ha trabajado mucho al problema, a los demás, ahora les doy la oportunidad. Michelle, tú vas a pasar allí al tablero a explicarnos cómo ha sido tu trabajo.

La alumna pasa al tablero y consigna sus hallazgos:

Michelle: Es porque hay una fuerza que el agua le hace al cuerpo y con eso no deja que se hunda. Pero para saber cuánto es la fuerza del empuje y cuánto es el peso del mismo cuerpo, entonces para saber primero cuánto es el empuje se necesita saber primero masa, el peso de la masa desalojada por la gravedad.

El profesor repite y parafrasea la intervención, para que no queden dudas respecto procedimiento:

P: Para calcular el empuje dice ella se va a pesar el líquido que se desaloja. Se va a medir lo que pesa el líquido que se desaloja

Michelle: Y se multiplica por la gravedad. Como no sabemos cuál es la masa del líquido desalojado entonces se multiplica la densidad del líquido por el volumen del líquido y por la gravedad. Escribe: $M_{\text{desalojada}} \times g = \text{empuje}$

P: Eso te va a dar el empuje, eso es, si sabes la masa del líquido que se desalojó, lo multiplicas por la gravedad te va a dar lo que pesa el líquido que se desalojó, y ese es el empuje.

Michelle: Pero como no sabemos cuál es la masa desalojada entonces para saber cuál es la masa desalojada se tiene que saber cuánto es la densidad del líquido, multiplicado por el volumen del líquido y por la gravedad.

Michelle: La densidad del cuerpo son mil kilogramos sobre metro cúbico.

El profesor solicita aclaración en el uso de conceptos y una nueva intervención de aclaración por parte de él:

P: ¿La densidad del cuerpo?

Michelle: No, del líquido.

P: Que es la densidad del agua dulce. Mil kilogramos por cada metro que uno tenga. ¿Y cómo haces para saber el volumen?

M: El cubo se hundía un centímetro a lo alto, entonces se multiplicaba diez por diez y lo alto del centímetro.

El profesor abre la pregunta a la audiencia con la intención de que haya intervenciones:

P: El volumen del agua que ha sacado el cubo es $10 \times 10 \times 10$, o sea 1000 cm. cúbicos. Pero, ¿quién me cuenta un problema de la postulación matemática?

Michelle: Está en medidas chiquitas entonces tiene que pasarse a metros cúbicos. Entonces esto se convierte en medidas grandes, metros cúbicos por metros cúbicos, se multiplican 10 por mil, se corren tres ceros. Entonces quedaría 0.1 y se multiplica por diez, entonces da diez.

Aclara un hallazgo físico propuesto de la alumna y pregunta sobre continuidad en el procedimiento. La alumna pregunta sobre la pregunta para aclararse a ella misma si entendió lo que el profesor preguntaba:

P: O sea que Michelle encontró que si su cubito se hundía un centímetro era porque estaba recibiendo un empuje de un Newton. Ahora la pregunta es, ¿entonces qué?

Michelle: ¿Qué fuerza falta?

P: ¿Cuánto te debería pesar el cubo? Si pesara 10 Newtons hubiera flotado como ella lo vio flotar, se hundiría o flotaría si el empuje que recibe es de 1 Newton. Una fuerza de 10 hacia abajo y de uno hacia arriba...

P: Si flotó es porque el peso, ¿cuánto debería ser entonces?

Estudiante: Más o menos equivalente.

La estudiante midió, pesó, comparó y obtuvo un procedimiento exacto:

Michelle: Yo fui y lo pesé en las balanzas, entonces me dio, para averiguar el peso del cuerpo que le hace, porque pues ya sabemos cuánto es el empuje, entonces necesitamos saber cuánto vale el peso. Para saber el peso entonces es: masa por gravedad, entonces es: (escribe). Masa, no la sabemos, y gravedad es diez ($w=x10$), entonces fui y la pesé y me dio 157,5 gramos. Eso se multiplica por diez de la gravedad.

Igualmente aclara y dirige la atención de todos hacia el procedimiento correcto:

P: Dense cuenta que Michelle aún cuando hizo un cálculo rápido se dio cuenta que si el cuerpo pesaba 1,5 Newtons, este trataba de hacer un empuje similar a su cuerpo. Haciendo cálculos muy rápidos, Michelle mostró que el empuje es de 1 Newton y que el cuerpo pesaba más o menos un Newton, no tan exacto

Michelle: Si el peso es de 1,57 lo que sea, pues el empuje también tiene que ser 1 algo, pues tiene que ser equivalente y si no...

De manera precisa, el profesor cierra la actividad explicando qué ocurre en la flotación de la embarcación en dos líneas, reforzando la actitud de la alumna y dando por concluido este apartado (línea 595).

P: Por eso lo que él (el barco) hace es buscar hasta dónde hundirse y lograr el empuje suficiente para poderse (sostener)... Muy bien, te felicito eres una niña muy juiciosa. (Aplausos)

Tablero 1:

Flotación de la embarcación

1: material 2: dimensiones cubo= $10 \times 10 \times 10$ 3: peso 4: masa

Tablero 2:

$E = M \times g$ $W = m \times g$ $E = P \text{ líquido}$ $V \times g \times w = x10$
 $E = 1000 \text{ Kg/M}^3 \times 100 \text{ cm}^3 \times 10 \text{ M/s}^2$ $0,157.5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$
 $0.000100 \text{ m}^3 \times w = 1.575 \text{ N}$ $0.1 \times 100 \text{ 1N}$

El procedimiento en el tablero resultó ser preciso. En el primero de ellos, el profesor hizo una lista de variables intervinientes. El segundo fue el procedimiento de la alumna, en el que se detallan ecuaciones y fórmulas en uso de la formalización matemática. La formalización matemática, unida a la conducción y la forma de cerrar la actividad que hace el profesor aclaran dudas y logran el objetivo para la actividad, que es dar explicación sobre cómo mantener la línea de flotación a partir de una predicción. Lo que se esperaba (que los alumnos predijeran, midieran, formalizaran, explicaran) se logró, pidiendo a los alumnos que mantuvieran la línea de flotación sin importar el peso que incluyeran sobre la embarcación, lo mismo que en el uso de las bitácoras y su posterior análisis. Algunas de ellas contienen hipótesis no exploradas en la actividad porque como tal eran irrelevantes para la conducción de la actividad y el profesor, por cuestión de disponibilidad, no regresó al análisis de las hipótesis planteadas en las bitácoras por considerarlas poco atinentes para la continuidad de las actividades. El profesor llevó la actividad de tal modo que fueran los alumnos, a partir de su guía como docente y experto en el dominio específico de la física de fluidos, quienes dieran explicaciones a partir de la evidencia, el paso de la observación a una explicación coherente del fenómeno, destacando las variables relevantes implicadas en el mismo. Es necesario anotar como observación que las intervenciones de los alumnos fueron coherentes con los objetivos del ambiente y eso habla de la necesidad de implementar este tipo de actividades como alternativa pedagógica frente al modo tradicional en que se desarrolla el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia.

10.2 Análisis de la actividad en noveno grado

Presentación de la tarea

Siguiendo el procedimiento llevado a cabo en séptimo, el ambiente Línea de Flotación en noveno inicia con la invitación que el profesor hace a los estudiantes para retomar las ideas importantes del Buzo Cartesiano para llevar una línea de continuidad entre las actividades planteadas en este momento. Arranca puntualizando que su preocupación es el razonar científico, una visión que muestra la evolución de la ciencia. Retoma las explicaciones dadas por los estudiantes en las sesiones del buzo y recupera para la clase las ideas centrales sobre el por qué del hundimiento del gotero para hacer el empalme con Línea de Flotación. Propone que se haga en tiempos pequeños de las clases. En un primer momento, el profesor contextualiza a la audiencia sobre los logros específicos en identificación de variables (presión, peso, volumen) y hace ver que la actividad anterior tenía mucho que ver con lo que sigue, que tiene los principios implícitos involucrados en el Buzo de Descartes. Para efectos del análisis retomamos la actividad en el momento en el cual el profesor pide a los alumnos que recuerden lo ocurrido en el buzo:

HAROLD: Creo que hasta ahí llegamos todos, pero nos quedó un paso para pensar. Resumen: (en el buzo) produzco un cambio de presión, el cambio de presión se transmite, ese cambio de presión produce disminución de la cantidad de aire, por lo tanto aumento de la densidad, como decíamos ayer... y ahí decíamos: “y por lo tanto se hunde”, pero ahí viene mi pregunta: ¿Por qué? Ese

pedacito nos queda: ¿por qué se hunde cuando el aire se comprime? Esa todavía es la pregunta... Aunque ustedes quedaron en que iban a pensarlo ¿la pensaron? ¿Qué tienen que decir?

David: Que de pronto al disminuir el volumen, el espacio que ocupa tiene menos aire, y el agua le hace menos fuerza hacia arriba.

Esta intervención del alumno hace que Harold de entrada introduzca la variable implicada y haga uso del concepto indicado en Línea de Flotación, preguntando a la clase:

HAROLD: Es perfecto lo que acaba de decir David, que al disminuir el volumen disminuye la fuerza del agua hacia arriba. ¿Cómo se llama la fuerza del agua hacia arriba? Hay dos respuestas, vamos con la primera. ¿Cómo se llama la fuerza hacia arriba que los líquidos ejercen?

Adolfo: Fuerza de Flotación, flotabilidad.

Al preguntar a la clase, el profesor no necesita hacer una aclaración conceptual, ya que para la clase es evidente de lo que el profesor está hablando. La respuesta del alumno así lo hace ver. Por tanto Harold hace el empalme con Línea de Flotación, a partir de un concepto principal en flotación, como es el Empuje, a la vez que contextualiza históricamente el desarrollo del concepto implicado, centrando la atención de los alumnos sobre lo que va a hacerse:

HAROLD: O Empuje, también se le llama, eso depende del líquido que esté desalojado, por eso lo que dice David es perfecto. Lo estudió por primera vez Arquímedes, ¿en qué época? Siglo IV antes de Cristo, más o menos cuatro siglos antes de Jesucristo ¿Ni idea? ¿En qué año estamos?

David: 2003...

HAROLD: Veinticuatro siglos antes de 2003, más o menos, ¿cuántos son?

Alumnos: (Se ríen, no responden a la pregunta)

HAROLD: Más o menos pongámosle 2400. Hace 2400 años la humanidad tenía claridad de cómo las cosas podían flotar, quiero que le pongan atención, lo vamos a dejar como tarea. Ahí es donde quiero que empalmemos esto con lo que quiero proponer ahora: ¿Por qué creen ustedes que Arquímedes tenía interés en la flotación, en la flotabilidad, en esas cosas, cuál era el interés en ese momento?

Al preguntar, el profesor hace ver que la ciencia se enmarca en un contexto histórico determinado y que hay una ligazón entre lo que se descubre y lo que se aplica, que hay una relación directa entre las investigaciones y sus efectos prácticos a la vez que la intervención del alumno puntualiza la forma de proceder de Arquímedes:

David: La navegación

Diego: Arquímedes se hizo una pregunta: ¿Por qué los barcos siendo tan grandes y tan pesados no se hundían y cuando metían una embarcación chiquita si se hundía?

El profesor complementa la intervención anterior y hace que la clase tenga claridad sobre el hecho de que los descubrimientos científicos ocurren en un momento determinado y por una razón específica:

HAROLD: Además, según dice la historia, que puede que no sea cierta, había la invasión del Imperio Romano a la isla donde vivía Arquímedes. ¿Recuerdan el nombre del Rey? Hiperón de Siracusa; Arquímedes era encargado por el rey para averiguar el principio de la navegación.

Es el momento importante de la actividad, introducir la tarea a realizar, a partir de una serie de actividades a realizar:

HAROLD: La propuesta que les vamos hacer es para que piensen. El trabajo consiste, pónganme bien atención, en construir un barco absolutamente rústico, pero fácil para medir y estudiar, ahora me dicen ustedes por qué flotan los barcos. Vamos a construir un barco de la forma más arbitraria. Poco funcional.

Pide explicaciones a los estudiantes:

¿Cuál sería poco funcional?

Ana María: Una canoa

Al aclarar que una canoa no es poco funcional, porque en efecto si lo es, tanto así que hay canoas y se utilizan, explica la forma que se espera realizar para que pueda medirse línea de flotación, a la vez que hace ver que la ciencia no siempre experimenta manteniendo la congruencia con la realidad; está implícito en su intervención que el experimento conserva los elementos necesarios para que se pueda operar con él y hay otros que obvia. En este caso mantiene la forma de la embarcación. Puntualiza las dimensiones que debe tener, aunque ya están construidos, se usan los elaborados por los alumnos de séptimo:

HAROLD: Una canoa no es poco funcional. Vamos a hacer un barco de forma cúbica (...) uno poca veces va a ver eso (...) vamos a hacer un barco de esta forma (muestra un cubo), escúchenme bien porque quiero que me entiendan, ya con otros estudiantes construimos un cubo. Vamos a hacer un cubo con estas dimensiones: 10 cm. por cada lado, 10 de largo, 10 de alto, 10 de fondo, por lo tanto, ¿cuánto va a tener de volumen? ¿De cuántos centímetros?

Las siguientes intervenciones muestran que los estudiantes tienen uso de unidades:

David: 1000cm^3

HAROLD: Y en un volumen de 1000cm^3 , si yo lo llenara de agua, ¿cuánta capacidad en unidades de litros? ¿Cuánta agua cabría?

Germán: Un litro

Con su pregunta, el profesor hace que la atención del curso se concentre en una variable que va a trabajarse y que va a ser la clave para poder realizar la actividad:

HAROLD: Un litro pero, ¿cuál es el peso? Lo que queremos es hacer un ejercicio, lo que se llama un experimento mental, lo vamos hacer todo pensado; la idea es nosotros vamos a medir estos cubitos (señala cada uno de los cubos que ha dibujado en el tablero) vamos a hacer los cubos de diferentes materiales. ¿Qué materiales? Por ejemplo de metal, de vidrio, de madera, de acetato, de cartón, de diferentes materiales; cuando digo diferentes materiales es que vamos a variar, ¿qué cosa? ¿Qué magnitud vamos a variar si los hacemos de diferentes materiales?

Las respuestas no se hacen esperar:

Diego: El peso

Germán: La densidad

Es necesario por parte del profesor establecer si hay claridad en la diferencia:

HAROLD: ¿El peso o la densidad?

Adolfo: El peso

HAROLD: el peso, bien, y por lo tanto, ¿qué otra propiedad?

David: La fuerza

Ana María: La masa

Puntualiza qué características de la realidad se van a manipular y cuáles van a dejarse de lado:

HAROLD: La masa va a variar pero, ¿qué magnitud voy a mantener constante?

Diego: El volumen

En las intervenciones precedentes, el profesor espera que los alumnos tengan en cuenta cierto control experimental, al identificar las variables que van a manipularse, cuáles van a mantenerse, cuáles van a variar. Al hacerlo, introduce algo de metodología, al tratar de inculcarles rigurosidad (al definir las variables a usar), elimina los problemas del diseño al establecer las dimensiones del cubo y puntualiza las características de la construcción:

HAROLD: Entonces si aquí hay un dm, aquí hay otro y aquí otro (señala las tres caras del cubo), ¿cuál es el volumen?

Estudiante: un decímetro cúbico

HAROLD: Dicho de otra manera (escribe en el tablero) 1 dm^3 . Eso es como claro para todos. ¿Cuál es la otra magnitud que tienen en común todos los cubitos estos que tenemos aquí? ¿Cuál sería la otra magnitud, bueno esta no sería tan común? (compara un cubo de madera con uno de cartón). Pensaba yo que era común pero

aquí podemos ver que no. La otra magnitud que vamos a hablar es la capacidad que está muy relacionada con el volumen, o sea cuánto le cabe. ¿Es lo mismo por ejemplo en estos dos casos?

El profesor introduce capacidad interna del cubo para que los estudiantes vean que no en todos cabe el mismo volumen de líquido y para que tengan en cuenta el grosor de las paredes a la hora de hacer mediciones:

Todos: No

HAROLD: ¿No? ¿Por qué no es lo mismo?

Varios hablan (inaudible)

HAROLD: Eso perfecto. Por el espesor de las paredes. O sea que el espesor de las paredes es diferente, por lo tanto su capacidad no es la misma. Si no hubiera espesor la capacidad sería de ¿un qué? La capacidad es una unidad muy relacionada con el volumen y si las paredes tuvieran un espesor despreciable sería de un...

(Inaudible)

Harold utiliza un ejemplo de la realidad para que para los estudiantes sea claro de lo que se está tratando:

HAROLD: Litro (anota en el tablero 1lt). Y eso es lo que uno llama un litro. Cuando uno compra un litro de leche básicamente es eso, es decir en una cajita de un decímetro cúbico llenarla hasta el tope y vaciarla en una caja o en una... Eso es un litro. O sea que lo que le cabe a esto si lo lleno de agua es un litro. Bueno esas son las magnitudes comunes.

Identificadas las variables implicadas, el profesor los dirige a pensar en las que aparecen comúnmente:

HAROLD: ¿Cuáles son las magnitudes diferentes? Pues las básicas las podemos ver.

Estudiante: Material

HAROLD: Bueno, el material es una característica. Pero cuál magnitud... el material lógicamente es diferente. Tenemos de madera, de metal, por acá tenemos uno de acetato, teníamos uno de vidrio también. ¿En qué afecta el material, a cuál magnitud física?

Estudiante: peso

Estudiante: Densidad

HAROLD: Las dos están bien. Me dicen el peso y me dicen la densidad. Bueno la densidad, pero hay una más inmediata.

HAROLD: El material

HAROLD: La masa (va anotando) que está directamente relacionada con el peso. ¿Cuál de las dos magnitudes es inherente al cuerpo, o sea es del cuerpo como tal: la masa o el peso?

Varios: La masa, la masa...

El profesor aclara, tal como había ocurrido en séptimo, un posible equívoco entre magnitudes y pregunta para que los estudiantes identifiquen las condiciones externas al objeto y su ubicación geográfica:

HAROLD: La masa porque la masa es propiedad del cuerpo. El peso, aunque lógicamente tiene que ver con el cuerpo, tiene más que ver, ¿con qué?

Estudiante: Con la gravedad

HAROLD: Con la gravedad, o sea con el lugar con que me encuentre. Sabemos que aunque la masa sea la misma, el peso no será el mismo de este cuerpo. ¿O será lo mismo si lo tuviera en la tierra y si lo llevara a la luna?

Algunos: No

HAROLD: Si lo llevara a la luna, ¿qué variaría?

Todos: El peso

HAROLD: En cuánta proporción, o sea, ¿cuatro veces, seis veces?

La intervención del profesor y su remisión al libro lo que hace es responder a algo para lo cual no hay evidencia inmediata, casi como diciendo pasemos a otra cosa, aunque también podría verse como un argumento de autoridad (*magister dixit*). Lo que se ve aquí es que el profesor cierra una posible vía por donde la atención de los estudiantes puede irse. Cita el libro y detiene en una frase un distractor poderoso: el problema de la gravedad. No da curso para centrar la atención, mostrando que clases tradicionales de este tipo siguen cualquier rumbo, pero él centra la cuestión en lo que es. La meta de aprendizaje guía el proceder del profesor. Inmediatamente después introduce una pregunta sobre la actividad que involucra a los estudiantes con el desarrollo de la misma:

HAROLD: Dicen los libros que más o menos 6 veces. Entonces viene la primera pregunta, que quiero que empecemos a pensar. Vamos a pensar. El ejercicio va a ser muy simple y ahorita los dejamos trabajar. La pregunta es si sumerjo estos dos (señala dos cubos, uno de acetato y otro de vidrio), si sumerjo los dos en agua, piénsenlo a ver porque es un experimento imaginario, así como están, ¿cuál de los dos se hundirá más?

ESTUDIANTE: El de vidrio

HAROLD: El de vidrio dicen y eso lo vamos a pensar. Parecería, uno contestaría, ahora lo miramos, el de vidrio se hundiría hasta una profundidad mayor. Bueno ahora voy a hacer una pregunta para que la piensen. La primera pregunta es por qué se hunde más el de vidrio, pero traten de darle una respuesta física. Piénsenlo y levanta la mano el que tenga una idea ya completa. O sea por qué este (señala el de acetato) no necesita hundirse tanto como este otro que es de madera más pesado, digamos. Si los pusiera en el agua, ¿cuál sospechan ustedes que se

hundiría más: el de acetato, el de madera o el de vidrio? Tócalo. ¿Cuál sospechas tú?

ESTUDIANTE: El de madera

HAROLD: Pero el problema sería como que uno de ellos necesita sacar más agua. Sería como ése (señala el de madera) pero, ¿por qué? Esa es la pregunta.

ESTUDIANTE: tiene el mismo volumen pero el peso es mayor, entonces para hundirse más necesita desalojar más...

Varios hablan a la vez.

HAROLD: uno por uno. Adolfo cuál es tu opinión?

A: que para al punto de flotabilidad tiene que desalojar un poco más de agua que el otro por la diferencia de densidades.

Diego: tiene que desalojar exactamente lo mismo en agua que el... volumen....

Algunos: noo

Todos hablan

ESTUDIANTE: no que el volumen porque el peso... si lo vas a meter en el agua...

A: es que el volumen es el mismo pero el peso varía por la densidad.

ESTUDIANTE: el peso y el volumen.... es igual. El área del volumen desalojado....

HAROLD: esperemos a ver. Escuchemos uno por uno. Ya escuchamos a Adolfo. Entonces Diego?

D: lo que dice A. que para que quede en un punto de flotabilidad, el cuerpo tiene que desalojar en agua el mismo volumen que el objeto

HAROLD: el mismo volumen?

Algunos: nooo

ESTUDIANTE 1: es que no... si lo metes en el agua tiene que desalojar el mismo volumen, pero no lo estás metiendo; lo estás poniendo encima del agua (varios hablan al tiempo)

HAROLD: pero el mismo volumen de él?

ESTUDIANTE 2: no porque todos tienen el mismo volumen

HAROLD: Espérate porque yo creo que hay una palabra que estamos usando mal

A: sí pero el peso es distinto por la densidad. El material es distinto...

ESTUDIANTE 2: entonces eso no explicaría por qué se hundén....

HAROLD: bueno, todos estamos de acuerdo que como el material es diferente, el peso es diferente. Creo que todos estamos de acuerdo en que el volumen que desalojan, es igual o es diferente?

Algunos: es diferente

HAROLD: el volumen que desalojan es diferente, es decir al meter este (señala el cubo de madera) le quita el puesto a una cantidad diferente de agua a la que este (señala el de acetato) le quita el puesto...

ESTUDIANTE 3: lo que pasa es queel equivalente....el peso

ESTUDIANTE: no el peso, el volumen

ESTUDIANTE 3: tiene que sacar agua tanta como pese lo que ocupa el cubo, si me entiende?

HAROLD: yo te entiendo pero trata de aclararlo mejor. El dice tiene que sacar tanta agua, un volumen de agua...

ESTUDIANTE 3: igual al peso del...

ESTUDIANTE: que pese tanto como...

ESTUDIANTE 3: que pese tanto como el cubo

HAROLD: por la palabra que ayudó, eso con lo que están diciendo Ingrid y Piedad. Que pese tanto como pesa él. Eso es lo que tú quieres decir con la ayuda de ellas. Lo que él necesita es sacar tanta agua como sea necesario para que ese peso de esa agua que saca...

ESTUDIANTE: sea igual...

HAROLD: Iguale al peso de él. Cuando él logre eso, qué sucede?

Algunos hablan

A: llega al punto de flotabilidad

HAROLD: se queda quietico ahí porque logra su cometido. Lógicamente eso le deja a uno claro por qué este no necesita (muestra el cubo de acetato) sacar tanta agua. Porque él con un poquitico de agua que saque, como uds. me decían, ya ese poquito de agua pesa lo que él mismo pesa. La pregunta sería, y esa es la pregunta que vamos a trabajar hoy, será posible sin hacer el experimento, predecir hasta dónde se va a hundir el cubo?

ESTUDIANTE: sí

HAROLD: tenemos el cubo y cojo un papel y de pronto un instrumento, tienen derecho a escoger un instrumento...

Necesidad de la medición:

A: Eeeeehhhh, un, una, una balanza

HAROLD: Eso. Un instrumento de medida. ¿Cuál escogerían?

Hablan al tiempo: La balanza...

HAROLD: La balanza. Es un instrumento de medida para registrar básicamente qué magnitud?

ESTUDIANTE: el peso

HAROLD: la masa, más exactamente. Pero bueno al tener la masa, lógicamente qué magnitud tenemos?

ESTUDIANTE: peso

HAROLD: El peso porque son proporcionales por la gravedad. Podríamos decir que son 10 veces, tomando la gravedad como 10, podríamos decir que si la masa es de 1 Kg, cuál sería entonces el peso?

Hablan entre ellos

ESTUDIANTE: 10

HAROLD: 10 qué?

ESTUDIANTE: Newtons

HAROLD: 10 N. desde pequeños hemos hecho una relación: por cada kilogramo que uno levante la fuerza que uno hace es de más o menos es de 10 N

aproximadamente. La fuerza no? Cuando uno dice peso en física está hablando de la fuerza, o sea está pensando en la tracción que ejerce la tierra. Cuando uno dice masa está hablando más del cuerpo como tal pero sin pensar en el sitio donde está: en el espacio, en la tierra, en la luna. Entonces yo les daría la balanza y con ella qué van a medir?

Algunos: la masa

HAROLD: la masa, y por lo tanto van concluir el peso en la tierra. Bueno y con eso podrán predecir hasta dónde se va a hundir?

Todos: sí sí

ESTUDIANTE: sí porque si se supone que...

ESTUDIANTE: ...porque es proporcional...

HAROLD: pues bien, se van a reunir en grupos. Les damos una hojita y una balanza por grupo, así pueden discutir unos minutos. En el papel pueden anotar todas sus ideas, si quieren pueden hacer un diagrama del problema. Por ejemplo, (dibuja en el tablero un cubo) qué fuerzas tenemos actuando en ese cuerpo cuando lo tenemos sumergido en el agua?

Todos hablan

HAROLD: cuál? Bueno, empecemos en orden de jerarquía. Cuál sería la primera, como la más evidente?

ESTUDIANTE: gravedad

ESTUDIANTE: resistencia

HAROLD: pues la gravedad es una aceleración y la masa... pues; pero cuál es la fuerza?

ESTUDIANTE: el peso, el peso

HAROLD: el peso (dibuja la fuerza W en dirección hacia abajo). Y si sólo estuviera el peso, habría razón para que él estuviera ahí paradito en el agua si no hubiera más fuerzas?

Algunos: no

A: la resistencia del agua

HAROLD: tiene que haber una resistencia del agua; claro que ahí hay que tener cuidado con dos fuerzas parecidas. Una sería la resistencia del agua si el barquito intenta navegar

ESTUDIANTE: empuje

HAROLD: pero hay otra que es la que me dicen que es el empuje (la dibuja en dirección hacia arriba), ¿o también llamada cómo?

ESTUDIANTE: flotabilidad

HAROLD: fuerza de flotación o fuerza de flotabilidad, que es la que me están diciendo ustedes que es la que él busca tratando de sacar agua para como sostenerse. Quién estudió por primera vez ese asunto de que los cuerpos trataban de sacar agua?

Algunos: Arquímedes

HAROLD: Arquímedes sí. Ahora, una pregunta que está fuera de contexto. Por qué este barquito no sería práctico para navegar, ¿por qué los barcos no los hacen de esta forma?

ESTUDIANTE: por la forma

HAROLD: sí, ¿qué pasa con la forma cuando intente navegar?

Todos hablan (inaudible)

HAROLD: eso, ofrece bastante resistencia por toda el área que.... pero entienden que la forma simple no es para pensar en el barquito navegando sino para pensarlo flotando, sostenido. Bueno ahora trabajen en grupos, hacen su análisis, escriben. Luego volvemos a organizarnos y escuchamos las opiniones. Está también la bitácora, es un término muy de moda entre los grupos experimentales porque siempre es muy importante registrar la información y las opiniones, las hipótesis de uds. (lee fragmentos de la guía para la bitácora)

HAROLD: La pregunta hasta hoy es ¿cómo construir, cómo flota, hasta dónde flota un barco? Piénsenlo. Los veo la próxima.

Harold lleva la actividad mostrando cómo funciona el mecanismo e incita a los alumnos para que digan qué ocurre dentro del gotero. Al hablar de eso, pide que imaginen lo que ocurre: no es sólo un gotero bajando; es un principio que tiene aplicación en muchos ámbitos de la vida cotidiana y eso es lo que quiere que tengan en cuenta. El profesor introduce la actividad de embarcaciones a partir de la demostración del buzo de Descartes, ya que supone que eso ha sido suficientemente trabajado por los estudiantes de noveno. Como tal, no hubo construcción del dispositivo del buzo de Descartes, pero sí pidió a los alumnos que dieran explicaciones sobre lo que ocurre en él. Lo próximo que ocurre en el trabajo del profesor es la relación que esto tiene con la flotación de las embarcaciones. A partir de los diseños elaborados por los alumnos de séptimo, la fase de construcción en noveno deja la actividad esbozada para ser retomada luego.

Predicción

La actividad comienza con el profesor explicando las características de la embarcación y la decisión frente a la forma elegida:

HAROLD: Tenemos un cubo con lados de 10 cm, en lo alto, lo largo y lo ancho. La forma sabemos que no es la más conveniente para construir embarcaciones comerciales, pero como les digo permite realizar mediciones exactas. Es lo que tenemos aquí. Las magnitudes implicadas aquí son capacidad que es de un litro, el peso que es un decímetro cúbico. El material afecta a la masa, porque no todos pesan igual. La masa es inherente al cuerpo, el peso tiene que ver más como con el ambiente donde lo realicemos y es producto de la gravedad...

Como se justifica en la presentación del ambiente, la forma cúbica fue elegida para que se pudieran realizar mediciones exactas, aunque sabemos que no es la más conveniente para construcción, porque la forma ofrece mucha resistencia al agua y su desplazamiento se hace difícil, pero para el caso que nos ocupa, importa para los presupuestos de la

actividad a realizar, ya que esta forma simple no es para pensar en el barquito navegando, sino en el barquito flotando, sostenido.

Luego de esto, el profesor hace la primera pregunta:

HAROLD: Bueno, teniendo esto claro vamos a la primera parte de la actividad, la pregunta es la siguiente, atención: Si yo sumerjo estos dos (muestra al auditorio un cubo de acetato y uno de vidrio) en agua, piénsenlo a ver porque es un experimento mental, si los sumerjo en agua, cuál se hundirá más?

Todos: el de vidrio...

HAROLD: Y eso por qué? Si los suelto en el agua, ustedes dirán que cuál se hundiría más? Traten de dar su respuesta en términos físicos. Entendieron la pregunta: ¿Por qué necesita hundirse más el de vidrio? Piénsenlo a ver. Una respuesta completa. A ver.

Todos: El de vidrio porque pesa más.

HAROLD: Vayan más allá. ¿Por qué *necesita* hundirse más?

Diego: Porque necesita desalojar más agua hasta llegar a encontrar su línea de flotación, lo que permite que se equilibre en el ancho mar de los Sargazos...

Una respuesta ajustada a la definición pedida; lo que se ve con esto es la identificación de las variables relevantes en flotación de embarcaciones: peso, equilibrio, línea de flotación ... a más peso, más agua desalojada para hallar el punto en el cual puede flotar sin hundirse. Harold continúa:

HAROLD: El problema del peso que ustedes acaban de mencionar se puede mejor plantear como que el que tiene más masa necesita sacar más agua, el problema sería que como que uno de ellos necesita sacar más agua, sería como la cosa que veríamos acá, ¿no les parece? Pero por qué esa sería como la cuestión. Piénsenlo a ver y lo dicen

Adolfo: Para hallar el punto de flotabilidad tiene éste (señala el de madera) que desalojar un poco más de agua que el otro (muestra el de acetato) por la diferencia de densidades...

Camilo: Tienen que desalojar exactamente su mismo peso en agua para que encuentren el punto de flotabilidad y esto les permite hacer aguas, esto es, flotar. Lo que dice Adolfo, pues para que quede en un punto de flotabilidad tienen que desalojar en agua el mismo volumen del objeto, digo el mismo peso.

Se presenta una discusión intensa entre alumnos ya que no están algunos de ellos de acuerdo con la explicación:

PIETA: No su mismo peso, porque para eso necesitarías introducir *todo* el objeto en el agua y eso no lo vamos a hacer, simplemente colocarlo en agua sin añadirle peso adicional. Lo que ocurre es que (el cubo) halla la línea de flotación al colocarlo en la superficie, realmente no lo vamos a meter todo en el agua...

HAROLD: Todos estamos de acuerdo en que como el material es diferente el peso es diferente, lo que no cambia es el volumen, ¿cierto? El volumen que desalojan los diferentes materiales es lo que cambia, quiero que tengan eso claro.

La explicación es la siguiente: Los diferentes cubos tienen que sacar un volumen de agua que pese tanto como pesan ellos, lo que el cubo necesita es sacar tanta agua como sea necesaria para que el peso del agua que saca iguale el peso del cubo. Cuando eso sucede, ¿qué ocurre? Llega a su punto de flotabilidad. Con la identificación de las variables relevantes el profesor pasa a plantear la actividad central de la sesión:

HAROLD: La pregunta sería: ¿Será posible, sin hacer el experimento, predecir hasta dónde se va a hundir el cubo? Cogiendo un papel y registrando podrán hacerlo, hasta tendrían derecho a escoger un instrumento para medir... La balanza, esto con el propósito de que predigan hasta dónde se hundirá el cubo que escojan, que seleccionen. Reunidos en grupos, les damos un papel donde tratan de escribir todas sus ideas acerca del fenómeno que observaremos luego: es importante que tengan claro y que anoten hasta dónde se va a hundir el cuerpo porque luego lo comprobaremos y lo discutiremos...

Harold plantea la actividad orientándola hacia la identificación de los principios relevantes en flotación de embarcaciones. Continúa hablando de la bitácora:

HAROLD: La bitácora es un término de moda entre los grupos experimentales, ha tenido un auge inusitado entre los grupos de investigación, ya que es muy importante registrar lo que se piensa, la información, las opiniones y las hipótesis...

Los estudiantes se organizan en grupos de cinco personas para que se permita el registro; de modo general, las discusiones en grupo quedaron consignadas en la bitácora.

En la siguiente sesión, la actividad empieza con Harold explicando el uso del cubo como embarcación y enunciando el principio de Arquímedes.:

HAROLD: Sus dimensiones son 10 cm de alto, 10 de largo y 10 de ancho. Las magnitudes presentes son: el volumen = 1000 cm^3 ; la masa, que puede calcularse con la balanza y la capacidad, que puede variar por el grosor de las caras, pero que en general resulta ser de un litro o un dm^3 . Recuerden que al hundirse, los cuerpos desalojan un volumen de agua igual al peso de sí mismos (para equilibrar empuje y resistencia), para hallar el punto de flotabilidad. Teniendo esto, nuestro problema era calcular: si yo cogiera el cubo y lo sumergiera, ¿qué cantidad de agua desplazaría y hasta dónde se hundiría? No todos se hundirían, algunos flotarían. Lo que nos interesa es el Empuje (que ejerce el agua sobre el cuerpo), no la Resistencia (fuerza adicional presente si intentamos desplazarlo, moverlo). El objeto logra flotar cuando Empuje iguala Fuerza $E=W$, anulando una a la otra.

HAROLD: ¿Cuándo logra el cuerpo flotar?

Adolfo: Cuando las fuerzas se anulan, cuando es la misma fuerza la que se hace hacia arriba (empuje) y hacia abajo (resistencia o trabajo).

HAROLD: ¿cómo es el asunto?

Algunas explicaciones de los estudiantes fueron:

Luis Antonio: El cuerpo desplaza un volumen de agua igual a la , bueno, una masa de agua (por lo tanto un volumen) igual al peso del agua que el volumen desplaza, que el objeto desplaza. ¿Quedó claro?

Diego: Cuando entra el cubo, el cubo desplaza una cantidad de agua igual al peso del cubo, a la masa, a la masa no, igual al peso de agua al del volumen del cubo.

Pietá: Para que el objeto flotara la fuerza de empuje que el agua le hiciera hacia arriba tendría que ser igual a la fuerza que el cubo le hiciera al agua Empuje=Fuerza.

Esta explicación de Pietá da cuenta del efecto físico que resulta cuando un barco flota: el equilibrio, la igualación de fuerzas entre empuje del agua y peso del objeto, logrando en su explicación identificar las variables físicas que dan cuenta del fenómeno. Para ejemplificar que no solamente superficies regulares pueden medirse y calcularse su resistencia, empuje y fuerza de flotación, Harold introduce una embarcación tipo, producto del trabajo de un grupo de alumnos en la clase de Tecnología.

HAROLD: La pregunta va hacia si es muy difícil llegar a saber hasta dónde puede hundirse esta embarcación. ¿Ustedes qué creen que se podría hacer? ¿Qué necesitaríamos saber para poder calcular hasta dónde se va a hundir? Las respuestas no se hicieron esperar:

Luis Antonio: Sí, sería más difícil porque el cubo tiene sus lados iguales, creemos que su área difiere en mucho de lo que habitualmente conocemos. Pero para saber hasta dónde se hunde, ¿si me entiende?, sería saber cómo puede hallarse el área de cada uno de sus lados.

HAROLD: ¿En qué cambiaría el problema? ¿Cómo se calcularía el área de esa forma?

Pietá: Dividiéndolo en formas conocidas, regulares: triángulos, cuadrados, rectángulos...se podría hacer calculando áreas de tales figuras y luego sumar, restar, operar numéricamente.

HAROLD: Exactamente. Tendríamos que hacer más cálculos y operaciones, pero en general se podría calcular su línea de flotación

Luis Antonio: Además que las magnitudes que se trabajan en el cubo son mucho más fáciles...

HAROLD: Eso era lo que quería, sigan a ver. Lo que quería era comparar el cubo con un barco que tiene más forma de barco. Listo. Volviendo a la actividad, ¿qué dicen?: ¿Se puede predecir hasta dónde se puede hundir el barco? Era la pregunta. Andrea pregunta: La pregunta era: ¿Cuánto creen que se hundiría el barco, el cubo?

La actividad desde aquí se dirige a comprobar la predicción supuesta anteriormente (eso con ayuda de una pecera y una regla) y luego en una hoja que registren matemáticamente lo que están midiendo y lo que predijeron. Consignadas en la bitácora, predicciones y posteriores explicaciones dan cuenta del fenómeno implicado: *los barcos flotan porque se igualan las fuerzas: el peso que hace el cubo al sumergirse en el agua y el empuje que el agua le hace al cubo.*

Explicación

A partir de las predicciones y medición establecidos en las etapas anteriores, el profesor Harold realizó esta actividad con el fin de encontrar en las respuestas que los alumnos identificaran las básicas de la flotación, a saber, peso y volumen. Es importante anotar que esta sesión contó con la activa participación de los estudiantes, quienes vieron que seguía los lineamientos de un trabajo realizado antes, es decir, los ambientes preliminares del buzo y construcción de embarcaciones. La tarea empieza con el profesor explicando los presupuestos de embarcaciones:

HAROLD: Bueno teníamos el buzo cartesiano, lo analizamos, miramos a ver los principios del funcionamiento de él; después que lo tuvimos discutimos el problema del buzo cartesiano para pasar luego a plantearnos el problema del análisis de la línea de flotación de una embarcación, y para el modelo usamos un cubo. Hoy lo que queremos simplemente es escucharlos acerca del último problema, es decir, Cuál fue la predicción, cuáles fueron los resultados obtenidos en la medición y a qué se atribuyen las posibles diferencias. Como hay varias ideas planteadas entonces los vamos a escuchar. Entonces empezamos. Luis Antonio, tu predicción, desarrollo y resultados, prontito en el tablero y a qué se atribuyen los cambios formalizados...

Luis Antonio: Lo que queríamos comprobar era si se podía medir cuánto se hunde al colocar el cubo en el agua. Supuestamente todos los cubos de todos los grupos eran iguales en la forma y en el volumen y pues cambiaba el peso y la masa

$$V = 1000\text{cm}^3$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

$$\text{Masa} = 30 \text{ gr.} = 0,3 \text{ Kg} = 0,3 \text{ N}$$

Una regla de tres simple:

1 Kg-----10 N
0,3 Kg-----X

Lo primero que quisimos saber era qué fuerza debía hacerse de empuje y qué fuerza debía, tenía que hacer el cubo para que se igualara y el cubo quedara en flotación. La ley es que cuando entre el cubo al agua para que quede en flotación debe desplazar una cantidad igual al peso que tiene el cubo pero en agua, se tiene que desplazar una cantidad igual, o sea que si la fuerza que hace el cubo es de 3 N; si no es así, entonces el cubo no flota. Entonces el paso siguiente es saber cuánto es lo que se hunde. Sabemos que si cada lado del cubo mide 10 cm, es decir, que si éste mide 10 cm y éste 10 cm la altura (h) que se va a hundir es tanto. Entonces el resultado es:

$(1000)(10)(100h) = 0,3 \text{ N}$
Densidad del agua gravedad volumen del cubo

HAROLD: Densidad por volumen, eso es masa, y masa por gravedad, eso es peso, ¿sí? La masa que tiene por esta gravedad, eso da peso, entonces eso da Newtons a este lado, entonces Peso=Peso.

Luis Antonio: Que equivale a 0,000003 m. Luego pasamos a comprobar si eso es cierto, si la experiencia que habíamos hecho matemáticamente sí da físicamente.

HAROLD: La primera pregunta que yo tengo es: ¿Esperaban ustedes poder medir ese número que tenían predicho?

Luis Antonio: No, por supuesto que no, porque es algo que no se ve al ojo, o sea, debe verse casi invisible, como si estuviera encima...

HAROLD: el ojo humano no es una herramienta útil en estos casos. Una regla corriente, ¿hubiera sido herramienta para medir esto?

Todos: Noooo...

HAROLD: ¿Hasta dónde? Una regla de colegio mediría hasta uno, dos ceros (señala el número de derecha a izquierda y se detiene en el segundo cero) ahí todavía tenemos cero, o sea que ahí todavía no. ¿Qué aparato han escuchado ustedes que podría de pronto registrar una medida de esa o de pronto de longitudes tan pequeñas? A punta de láser. Por lo tanto nuestra experiencia en ese registro no iba fácilmente a conducir a un punto satisfactorio. Pero bueno, ¿Qué observaron?

Luis Antonio: El cubo de nosotros era de balsa, que es una madera que tiene mucha flotabilidad. Entonces, el cubo se veía como si estuviera encima, como si no se hundiera nada, luego lo mojamos y vimos que se hundía más, pero eso es obvio porque la madera absorbió el agua, entonces se volvió más denso el material y ahí sí se pudo vislumbrar cierto movimiento.

HAROLD: Eso me parece excelente, muy bien. Yo esta mañana ví el desarrollo que hizo María Alejandra y quiero que lo veamos porque es una visión muy diferente de esta visión formal, es una visión personal del problema, entonces la quiero también que la veamos a ver. Pongámosle mucha atención al razonamiento a ver cómo lo vemos.

María Alejandra: Lo que yo hice fue dividir el cubo por caras (extenderlo). El cubo logra estabilizarse cuando relación masa-volumen del cubo que se sumerge iguala a la relación masa-volumen del agua es constante. Bueno, el procedimiento matemático es:

10cm---- Altura de la pared del cubo
Hcm----- fracción sumergida

Cubo desplegado

23.3gr. es el peso del cubo de acetato. Se divide por 5 (número de caras)= 4.66gr (peso de cada cara).

Peso Agua= $1\text{gr}/\text{cm}^2 = 4.66 + 1.864h/100\text{cm}^2 \cdot h$

$$100\text{cm}^2 \cdot h = 4.66 + 1.864$$

$$100h = 4.66 + 1.864$$

$$100h = 4.66 + 1.864$$

$$98.136h = 4.66$$

$$h = 4.66/98.136$$

La predicción sobre cuánto va a hundirse la embarcación es 0.0475cm y si se pasa a mm sería 0.475mm que es casi medio milímetro en un cubo de acetato. Cuando lo puse en agua, quedó casi sobre la superficie. No fue posible medir si la predicción fue acertada o no. Eso fue lo que hice.

HAROLD: Bueno, la solución de María Alejandra me parece, independientemente de si vamos a juzgar si correcta o no, pero es una visión, eso es lo que yo quiero, lo que he buscado, una visión un razonamiento, un procedimiento para llegar a una predicción. Yo le decía la miré, la miré no es simple de entender pero es su forma de solucionarlo. Eso queremos y es a lo que apunta el proyecto. Muchas gracias.

La primera fase de este proyecto de innovación, aunque no de forma anticipada, hizo visible la necesidad de una comunidad de docentes y, simultáneamente, contribuyó a constituir la, cuando menos en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Como cabría esperar, fue un proceso dispendioso, con avances puntuales y retrocesos evidentes. Se trata, hay que advertir, de un proceso lento, cuyos resultados pueden tomar tiempo en evidenciarse. Sería de esperar que una intención más explícita y más consciente de los participantes en relación con este aspecto, promoviera la consolidación de un grupo de trabajo cuyas metas podrían exceder las impuestas por el proyecto del IDEP.

En el contexto de la construcción de una tal comunidad, fueron especialmente significativos los procesos de “negociación del sentido” del lenguaje que empleamos y que constituyó nuestro más inmediato referente. Ante la propuesta, aparentemente simple y traslúcida, del diseño de ambientes de aprendizaje sobre el concepto de presión, surgieron inquietudes sobre el significado, no sólo de términos técnicos en física, sino también de nociones que inicialmente parecerían pertenecer más al terreno de lo obvio y no de lo debatible: ciencia, método, conceptos, conceptos científicos, conceptos espontáneos, razonamiento infantil y experimento, entre otras. Dichas inquietudes nos obligaron, a comienzos de nuestro proyecto, a interrumpir el diseño de los ambientes de aprendizaje y embarcarnos en un prolongado examen de la significación de la ciencia en la enseñanza primaria, de la naturaleza misma de las prácticas científicas y de la relación entre el desarrollo cognitivo y el pensamiento científico. Se juzgó necesario llegar a acuerdos de trabajo sobre qué concepción de ciencia estaba siendo favorecida en el proyecto y en qué medida los estudiantes estaban en posibilidad de razonar científicamente. En retrospectiva, el tenor de los debates demuestra cómo, a pesar de existir perspectivas compartidas sobre la ciencia, la cognición infantil y la pedagogía en general, existían en el grupo desacuerdos puntuales acerca de temas que son auténticos pilares del proyecto: ¿Es razonable comparar al niño con un científico? ¿Debe esperarse hasta que el niño desarrolle las operaciones formales para que se le instruya en ciencia? ¿Qué tipo de conceptos manejan los niños? ¿Pueden ellos comprender los rudimentos de la lógica científica? ¿Se oponen el conocimiento y el pensamiento científicos a otras formas de conocer y actuar en el mundo (como la narrativa y la imaginación)? ¿Es deseable enseñar ciencia a niños pequeños? ¿Siguen las ciencias métodos de indagación prescriptivos? ¿En el contexto de la enseñanza de las ciencias, son la demostración y la experimentación equivalentes?

Los anteriores interrogantes suscitaron debates álgidos, aunque productivos. Productivos en la medida en que permitieron reconocer diferencias en las formas de concebir el objeto de nuestra innovación pedagógica y porque hicieron evidente la necesidad de llegar a acuerdos mínimos sobre epistemología, psicología y pedagogía. Fueron productivos, además, porque nos mostraron cómo las concepciones individuales perseveran, muchas veces a pesar de la lectura de documentos comunes, o de la participación en conferencias informativas.

A través de las discusiones grupales, llegamos a una concepción de la enseñanza de las ciencias que no va en contravía de otras formas de conocimiento y que no necesariamente le impide al niño el desarrollo de sus habilidades narrativas y su

imaginación. Fue importante, así mismo, reconocer que, a pesar de las diferencias obvias, el niño pequeño dispone de las herramientas cognitivas para emprender razonamientos científicos y que, adecuadamente guiado, puede comprender aspectos esenciales de la empresa científica, tales como la experimentación y, obviamente, la relación hipótesis-evidencia.

Desde el punto de vista de la eficiencia, habría sido deseable que todos hubiésemos estado de acuerdo en lo que dichos términos significan e implican. Pero, nuevamente, se trata de la construcción de una comunidad que respalde la innovación, y no de una innovación que exista al margen de los agentes que la piensan y la implementan. Por ello, estas “negociaciones de sentido” hacen parte substancial de la innovación.

Tenemos así mismo que mencionar la manera como a lo largo de las reuniones del equipo de trabajo, los énfasis temáticos se transformaron en respuesta a la importancia de ciertos aspectos de la innovación. En particular, hubo un tránsito, no muchas veces conspicuo, de un énfasis en el contenido de la innovación (es decir, la presión) a un énfasis en el razonamiento científico (que esperamos los ambientes de aprendizaje promuevan) y, más recientemente, a un énfasis en las condiciones de interacción entre el maestro y los Estudiantes que posibilitan dicho razonamiento. Dicho de otra manera, el contenido de la tarea no por ser “científico”, sea en su forma o en sus referentes, garantiza que los Estudiantes adopten una perspectiva científica. Es necesario tomar en consideración las características del pensamiento de los Estudiantes, su desarrollo cognitivo y sus herramientas intelectuales. Sin embargo, el pensamiento científico no es un simple epifenómeno del desarrollo intelectual como tampoco el resultado de un ejercicio solitario. Es, ante todo, una actividad social que implica argumentación. En tal sentido, las actividades propuestas deben no sólo ser adecuadas desde el punto de vista conceptual, sino también desde la perspectiva social.

En este contexto, cabe preguntarse, entonces, qué es una tarea. No es, sin duda, un conjunto de procedimientos para llevar a cabo una actividad en el aula, como tampoco una situación objetiva, con sus materiales didácticos y apoyos pedagógicos. Una tarea es la interacción entre un problema y quienes participan en su resolución, bien para orientar (como es el caso del maestro), bien para aprender (Estudiantes). Las tareas cambian dependiendo de quiénes participan en ellas, de cuál es el conocimiento que los participantes traen al aula, de cómo interactúan entre sí y de qué manera conceptualizan el problema y sus eventuales soluciones. En tal sentido, la originalidad de las tareas no reside sólo en el dispositivo físico que permite hacer visibles ciertos fenómenos relativos a la presión, sino también en la dinámica interpersonal que anima a los Estudiantes a preguntarse, formular hipótesis, producir evidencia y explicar.

Respecto a la efectividad de los ambientes y al aprendizaje mismo de los estudiantes, es claro, a partir de las transcripciones de clase, así como de los reportes de los docentes, que los niños tuvieron la oportunidad de observar, formular preguntas, arriesgar hipótesis y plantear explicaciones. Las transcripciones dan cuenta del nivel conceptual de las participaciones de los estudiantes y de la manera como los docentes, principalmente a partir de preguntas y paráfrasis, los llevaban a articular mejor y más coherentemente sus opiniones. Es difícil estimar, con base en la evidencia disponible, si

los estudiantes en promedio cualificaron de forma significativa su comprensión de los fenómenos de presión y en particular de la flotación. Desde luego, es posible que hayan participado en las dinámicas de manera adecuada, pero que algunas preconcepciones persistan. Sin embargo, tenemos la certeza de que se involucraron en una forma de aprendizaje que, cuando menos en relación con las ciencias naturales, fue novedosa para ellos. Adicionalmente, los ambientes fueron, en nuestra opinión, altamente coherentes desde el punto de vista temático y le permitieron a los niños volver una y otra vez sobre fenómenos familiares. Por ello, es muy probable que hayan tenido un aprendizaje significativo en relación con los mecanismos de la flotación y sus nexos con la presión.

Finalmente, deseáramos dedicar unas palabras a la interdisciplinariedad como un componente esencial de nuestro proyecto. Es habitual que en las instituciones educativas exista una brecha entre los docentes de primaria y los de secundaria. En muchos casos existen percepciones erróneas sobre la complejidad de las labores que los docentes de dichos niveles desarrollan, o sobre su competencia conceptual. Ello se traduce, en la mayoría de los casos, en un aislamiento que arruina la continuidad entre los dos ciclos educativos y que ignora el hecho de que existen ejes (como, por ejemplo, la enseñanza de las ciencias) que atraviesan los años de formación escolar. Algo parecido sucede con la relación entre el psicólogo y los docentes. La psicología es concebida como una disciplina más relacionada con la excepcionalidad y los problemas de aprendizaje que con la cotidianidad de la enseñanza y el aprendizaje en el aula. Como consecuencia, el psicólogo escolar rara vez participa en el diseño de nuevas estrategias pedagógicas y los maestros rara vez adoptan una perspectiva psicológica que podría enriquecerlos.

En nuestra innovación participaron docentes de primaria y secundaria, y junto a ellos, profesionales de la psicología. Contamos con expertos disciplinarios (en física), al igual que con participantes que no habían entrado en contacto con la física durante muchos años. Se trató, como puede verse, de un grupo altamente heterogéneo. Como se dijo más arriba, ello obligó a dedicar muchísimo tiempo a una labor de concertación de intereses y saberes. Sin embargo, lejos de ser una dificultad, esta heterogeneidad abrió las puertas a un trabajo interdisciplinario que para muchos de los participantes fue muy valioso. Desde luego, como cabría esperar, el trabajo interdisciplinario no está exento de conflictos y está, de hecho, influido por las mentalidades, las actitudes y los valores propios de las disciplinas en encuentro. Pero, insistimos, ello constituye más una oportunidad de crecimiento que una limitación.

Gaea Leinhardt, una renombrada investigadora educativa, señalaba en alguna oportunidad que una innovación pedagógica requiere entre tres y diez años de trabajo continuo y colaboración para consolidarse. No queremos tomar ese estimativo como una excusa; simplemente, como un motivo para, en lo posible, continuar lo que hemos iniciado, más allá de nuestro compromiso inicial con el IDEP.

Aunque la explicación de María Alejandra resulta ser errónea, como propuesta, su explicación matemática contrasta fuertemente con la acertada explicación de Luis Antonio, pero a la hora de juzgar explicaciones Harold tiene razón al afirmar que es posible darle campo a todo tipo de conjeturas y formas de solución, porque su presupuesto es que la Ciencia se hace conjeturando (equivocándose), quizás proponiendo alternativas metodológicas y por qué no, dando explicaciones personales a fenómenos generales observables.

La actividad de medición conduce a la predicción, la predicción a la experimentación y ésta a la explicación, objetivo central de las actividades realizadas en este lugar. Sin embargo, habría sido deseable que Harold indagara más sobre las formas de explicación, porque esto redundaría en una mejor comprensión, por parte de los alumnos, de las categorías discursivas y de argumentación que se ponen en juego cuando de “dar cuenta de” (Bazerman, 2000) se trata.

11 CONCLUSIONES GENERALES

La primera reflexión que desearíamos adelantar en este aparte se refiere a las dimensiones organizacionales de la innovación pedagógica. Una reflexión seria sobre el curso de nuestro proyecto nos enseña que una innovación pedagógica no se reduce a la elaboración de prescripciones curriculares o a un simple diseño de tareas. Una innovación pedagógica es un continuo de procesos que va desde el establecimiento de condiciones laborales que permitan e incentiven el intercambio académico, hasta el diseño colegiado de ambientes de aprendizaje, pasando por la constitución de auténticas comunidades de aprendizaje. Los maestros, con el respaldo, pero sobre todo con la participación de la administración, deben constituirse en comunidad, crear espacios para la comprensión y explicación del pensamiento de los estudiantes, establecer nodos de interés comunes, escucharse mutuamente en sus prácticas pedagógicas y dejarse incidir por la experiencia de otros. En tal sentido, es difícil que se diseñen contextos efectivos para el aprendizaje de los estudiantes, si los maestros mismos no constituyen una comunidad de aprendizaje que delibere alrededor de metas específicas.

Como señalan Lauren Resnick y Megan Williams, “es necesario crear organizaciones de aprendizaje: organizaciones capaces de mejorar su desempeño mediante la creación de nuevas modalidades de trabajo y el desarrollo de las capacidades requeridas para dicho trabajo. El contexto organizacional en el cual los educadores laboran afecta profundamente lo que sucede en las aulas. Los maestros y los investigadores educativos no pueden llegar muy lejos con una idea educativa a no ser que la escuela en su conjunto adopte un curso compatible” (1998, p. 108). Por ello, empleando una expresión inglesa, “it takes a village to move a feather” [“Se requiere toda una aldea para mover una pluma”]. Lo anterior, desde luego, no implica ignorar la iniciativa personal, pero sí comprender que los cambios educativos reales son cambios que ocurren concertadamente.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brewer, W. F., Chinn, C. A., & Samarapungavan, A. (2000). Explanations in scientists and children. En: F. Keil, & R. A. Wilson (Eds.), *Explanation and cognition*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Bruner, J. S., Goodnow, J. S., & Austin, G. A. (1956). *A study of thinking*. New York: John Wiley & Sons.

Carey, S. , & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28, 3, 235-253.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive Models of science: Minnesota Studies in the Philosophy of Science* (pp. 129-186). University of Minnesota Press: Minneapolis, MN.

diSessa, A. (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. En. D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Forman, E., & Ansell, E. (en prensa). *Creating mathematics stories: Learning to explain in a third grade classroom*.

Forman, E., & Larreamendy-Joerns, J. (1998). Making explicit the implicit: Conversational implicatures and classroom explanations. *Mind, Culture and Activity*, 5, 2, 105-113.

Gee, P. (1994). *Science talk: How do you start to do what you don't know how to do?* Trabajo presentado en el Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, Estados Unidos.

Goldman, A. I. (2002). Knowledge and social norms. *Science*, 296 , 2148-2149.

Gordon, S. & Gill, R. . (1997). Cognitive task analysis. En Caroline Zsombok & Gary Klein (Eds.), *Naturalistic decision making*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Karmiloff-Smith, A. (1992) *Beyond modularity: A perspective on cognitive science*. London: MIT Press.

Krummheuer, K. (1995). The ethnography of argumentation. En P. Cobb & H. Bauersfeld (Eds.), *The emergence of mathematical meaning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Kuhn, D. (1989). Children and adults as cognitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.

Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lehrer, R., Schauble, L., & Petrosino, A. (2001). Reconsidering the role of experiment in science education. En: K. Crowley, C. D. Shunn, & T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday classroom, and professional settings*. Mahawah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Lemke, J. (1990). *Talking science: language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex.

Longino, H. E. (2002). *The fate of knowledge*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

O'Connor, M. C., & Michaels, S. (1996). Shifting participant frameworks: Orchestrating thinking practices in group discussion. En D. Hicks (Ed.), *Discourse, learning, and schooling*. New York: Cambridge University Press.

Ohlsson, S. (1991). *Young adults' understanding of evolutionary explanations: Preliminary observations*. Technical Report. Learnig Research and Development Center, University of Pittsburgh.

Piaget, J. & Inhelder, B. (1970). *De la logique de l'enfant á la logique de l'adolescent*. París:P. U. F.

Puche, R. (2001). *La metáfora del niño como científico: metodologización o reconstrucción de la racionalidad?* Trabajo presentado en el II Congreso Brazilerio de Psicologia do Desenvolvimento, Niteroi (SP), Julio, 2000.

Puche-Navarro, R., (2000). *Formación de herramientas científicas en el niño pequeño*. Arango Editores: Bogotá.

Resnick, L. & Williams, M. (1996). Learning organizations for sustainable education reform. *Daedalus*, 127, 4, 89-119.

Ruffman, T., Perner, J., Olson, D., & Doherty, M. (1993). Reflecting on scientific thinking: Children's understanding of the hypothesis-evidence relation. *Child Development*, 64, 1617-1636.

Séré, M. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8, 4, 413-425.

Séré, M. (1989). El estado gaseoso. En R. Driver (Ed.), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

Siegler, R. S. (1983). Information processing approaches to development. En P. H. Mussen (Ed.), *Handbook of Child Psychology*, Vol. 1. New York: Wiley.

Simon, H. A. (1989). *Models of thought* (Vol. 2). New Haven: Yale University Press.

Stavy, R. (1995). Conceptual development of basic ideas in Chemistry. En: S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Warren, B., & Rosebery, A. (1996). "The question is just too easy": Perspectives from the classroom on accountability in science. En L. Schauble & R. Glaser (Eds.), *Innovations in learning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Wells, G. (1993). Reevaluating the IRF sequence: A proposal for the articulation of theories of activity and discourse for the analysis of teaching and learning in the classroom. *Linguistics and Education*, 5, 1-37.