



FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS

Explicaciones causales en adolescentes bilingües de escuela pública de Ayacucho

Tesis para optar por el título de Licenciado en Psicología con mención en Psicología
Educativa que presenta el bachiller:

Luis Fernando Lam Pimentel

Asesora: Pamela Mendoza Del Solar

LIMA-PERÚ
2014

RESUMEN

La presente investigación busca explorar el desarrollo de las explicaciones causales que elaboran un grupo de adolescentes bilingües de escuela pública de Ayacucho, en relación a diversas tareas relacionadas a la causalidad en fenómenos físicos (ascenso del nivel del agua y flotación). Se compara este desarrollo con el desarrollo operatorio (i.e. la conservación de la sustancia y peso), con el fin de explorar la articulación del desarrollo de la causalidad y el de las operaciones. Se parte del marco conceptual de la teoría de Jean Piaget y de su método “clínico-crítico” para evaluar las explicaciones de los adolescentes. Los resultados corroboran los hallazgos de los trabajos originales de Piaget y colaboradores y sirven de apoyo a la validez de la teoría piagetiana en otros contextos sociales.

Palabras Clave: Explicaciones causales, Jean Piaget, Epistemología Genética, Bilingüe

ABSTRACT

The aim of the present study is to explore the development of causal explanations obtained from bilingual adolescents from a public school in Ayacucho (Perú), concerning multiple tasks related to physical causality (rise in water level and flotation). The development of causal explanations is compared to operations development (i.e. conservation of substance and weight), as a means to explore the way in which the development of causality and operations articulate with each other. The study was based on Jean Piaget’s theoretical framework and the use of his “clinical-critical” method for assessing the causal explanations given by the adolescents. The results obtained corroborate the original findings of the work of Piaget and his collaborators and provide support to the validity of piagetian theory in other social contexts.

Key Words: Causal explanations, Jean Piaget, Genetic Epistemology, Bilingual

Tabla de contenidos

Causalidad	4
Operaciones	9
Relaciones entre las operaciones y la causalidad	11
Método	15
Participantes	15
Técnicas de recolección de información	16
Procedimiento	20
Construcción de secuencias de nivel de desarrollo	21
Resultados	24
Discusión y Conclusiones	39
Referencias	46
Anexo A: análisis individual – ascenso del nivel de agua y conservaciones	50
Anexo B: análisis individual - flotación	84

Causalidad

La noción de causalidad, entendida como la comprensión de las relaciones de causa-efecto en los fenómenos de nuestro mundo (Piaget y García, 1973), ha sido objeto de reflexión académica durante muchas décadas. Diversos autores han elaborado, desde disciplinas como la historia y filosofía de la ciencia, física, psicología, etc., explicaciones acerca de la naturaleza y origen de nuestra capacidad para conocer –y explicar– las relaciones causales. Algunas de ellas son recogidas en *Las teorías de la causalidad* (Piaget, Bunge, Halbwachs, Khun y Rosenfeld; 1977). Sin embargo, ha sido en la psicología que la noción de causalidad, desde una perspectiva de desarrollo, se ha abordado empíricamente. Piaget (1927, 2009) contribuye con algunos de los primeros trabajos sobre la investigación empírica del tema y abre las puertas a una línea de investigación de la causalidad inserta en el marco de su teoría, así como a investigaciones por parte de autores de otros países y perspectivas. Al respecto, un breve recuento histórico es desarrollado por Desrochers (2005).

En la tradición piagetiana el desarrollo del conocimiento de la causalidad ocupa un lugar clave en el proceso de construcción del conocimiento, pues es a través de su construcción que se desarrollan tanto las nociones más elementales como las más complejas del conocimiento científico (Piaget y García, 1973). La presente investigación se enmarca dentro de dicha tradición, por lo que es necesario dedicar unos párrafos a una exposición de ésta perspectiva teórica. Sin embargo, antes de proceder, es necesario señalar que el estudio de la causalidad no fue realizado de manera continua por Piaget. Específicamente, se puede hablar de dos etapas en la investigación de la causalidad: la primera, de los años 20, la segunda, en las décadas de 1960-70.

Primera etapa.

En la década de 1920, Piaget (1927, 2009) describe con detalle el desarrollo de las explicaciones causales que dan los niños al dar cuenta de fenómenos físicos. Define entonces la siguiente progresión (Piaget, 2009):

- *Estadio mágico-fenomenista* (3 a 4 años aprox.): El niño explica los fenómenos en base a una eficacia personal. Por ejemplo, la luna lo sigue mientras camina porque él la comanda. En este estadio el niño no toma en cuenta las relaciones espaciales, por lo que es usual que piense, por ejemplo, que la corriente de viento producida por un ventilador se origina desde afuera de la habitación en la que se encuentra, aun cuando las ventanas estén cerradas y no haya manera de que el viento exterior ingrese a la estancia.

- *Estadio de la explicación moral* (desde 3 a 7-8 años aprox.): esta etapa se divide, a su vez, en dos subestadios. En el *primer* subestadio, el niño cree que las cosas están vivas y obedecen los designios de las personas, o de Dios, al que ven como un hombre. Aquí se observan diversos tipos de explicaciones:
 - *Explicaciones morales*: los niños dan cuenta de los fenómenos en función de un propósito que éstos deben cumplir (el viento se mueve *para* empujar los botes).
 - *Explicaciones artificialistas*: los fenómenos naturales son causados por las personas. Por ejemplo, el viento es creado por gente que “sopla”.
 - *Explicaciones animistas*: dado que las cosas obedecen a las personas, deben estar vivas y ser conscientes de su “deber”. Es así que, para el niño, el viento es algo vivo.

En el *segundo* subestadio, el niño ya no piensa en las personas como la causa de los fenómenos naturales (i.e. el viento, la lluvia, el movimiento de los astros, etc.). Ahora son las cosas mismas las que actúan como agentes causales entre sí. En este subestadio existe una mezcla de cualidades físicas (las piedras mueven el agua del río) y morales (el agua del río se mueve para llevar agua para beber). Aquí el niño piensa en una especie de sociedad de cosas vivas que obedecen reglas. En general, se observa una confusión de leyes físicas con leyes morales/sociales y, si se piensa en un mecanismo físico, éste sólo sirve a la causa moral (el deber o rol que el

fenómeno tiene que cumplir). Hay un antropocentrismo marcado en las explicaciones del niño.

- *Estadio de explicaciones dinámicas* (desde 7-8 años a 10-11 aprox.): En esta etapa el niño piensa que todo movimiento requiere de mecanismos físicos. A diferencia de etapas anteriores, aquí los mecanismos físicos son necesarios, y hasta suficientes, para explicar el movimiento. No obstante, se considera que algunos cuerpos tienen vida o son conscientes. Al mismo tiempo, se atribuye a los cuerpos una especie de fuerza innata que les permite moverse por sí mismos. En este aspecto Piaget (2009) identifica similitudes entre esta “fuerza innata” y el “motor interno” de la física aristotélica. En suma, todo movimiento implica para el niño dos fuerzas: una externa, ya no debida a la voluntad humana sino a causas físicas, y una interna, no explicada ya en términos de un “deber” sino como una tendencia interna a moverse en el objeto. En la concepción del niño, las causas externas son las que “activan” las tendencias internas del objeto en movimiento.

En este estadio el niño puede decir que son los objetos los que generan la causa externa -por ejemplo, puede decir que la nube crea el viento que la empuja. Luego, puede admitir que una nube es empujada por un viento proveniente de otro lugar pero, al moverse la nube, esta refuerza el viento y éste entonces mueve más a aquella. Aún si el niño abandona la idea de que es la nube la que crea el viento, persistirá en la idea de que el objeto -por “reflujo”- produce una corriente de aire y que es ésta corriente lo que lo empuja. A raíz de esto el niño puede concluir que un objeto arrojado en un cuarto sin aire caería al suelo inmediatamente.

También se observa en esta etapa que el niño apela a otros factores físicos para explicar, por ejemplo, por qué una piedra colocada en un recipiente con agua eleva la altura del líquido, aunque sin apelar al volumen de la piedra como el factor causal, sino más bien refiriéndose a su peso como algo que impulsa el agua hacia arriba. Este fenómeno en particular será objeto de análisis en trabajos posteriores (Piaget & Inhelder, 1971; Piaget & García, 1973).

- *Estadio de las explicaciones mecánicas* (desde los 10 años aprox.): Es aquí en donde el movimiento es debido siempre a causas físicas externas, aunque sin necesariamente coincidir con los modelos de la ciencia. Por ejemplo, un niño puede decir que las estrellas son movidas por el viento, lo cual es una explicación mecánica, aunque incorrecta. Ya no son necesarios factores o “motores internos” para explicar los fenómenos. Los movimientos son ahora producidos por factores “externos” a los objetos (i.e. una fuerza, en el sentido físico).

Para resumir, Piaget (2009) menciona que el proceso ya descrito se caracteriza por un progreso en dirección de una objetividad creciente y un subjetivismo decreciente. Es decir, el niño irá explicando los fenómenos desde una perspectiva cada vez menos *egocéntrica*, la cual asimilaba la causalidad a la acción propia y llevaba a que los niños comiencen por explicar las causas como producto de acciones o propósitos. En consonancia con posteriores formulaciones, menciona, además, que las nociones físicas de los niños se irán construyendo deductivamente, lo que les permitirá inferir lo que la percepción directa no permite captar por sí sola, pues la causalidad no es perceptible del mismo modo que estímulos sensoriales como sonidos o colores.

Segunda etapa.

Piaget puso el tema de la causalidad en espera durante años hasta finalmente retomarlo en una segunda etapa en las décadas de los 60 y 70 –nutrido por ideas entonces ya más complejas- y dar pie a un centenar de investigaciones dedicadas al estudio de la causalidad. Dichas investigaciones fueron publicadas en diversos momentos como parte de los *Estudios de Epistemología Genética* llevados a cabo en el Centro Internacional de Epistemología Genética (por ejemplo, Piaget, Bliss, Bovet, Labarthe, Szeminska, Vergnaud, Vergopoulo, 1972). Piaget y García (1973) dedicaron un libro a organizar y resumir los descubrimientos e implicancias de las mismas. En esa obra se constata que la nueva formulación del desarrollo de la noción de causalidad es mucho más rica y compleja que la esbozada en los primeros trabajos.

Cuando se habla de causalidad en esta nueva perspectiva (Piaget y García, 1973), se hace referencia a un sistema deductivo. Esto significa que, al momento de dar cuenta de las causas de un fenómeno, la explicación causal no se limita a establecer una relación de contigüidad o covarianza *-legalidad-* entre las variaciones de dos o más fenómenos, sino que también implica transformaciones, transmisiones (i.e. de energía) y conservaciones de lo que se transmite. Significa, además, que la causalidad implica *necesidad lógica*. Es decir, una explicación verdaderamente causal debe dar cuenta *deductivamente* de por qué un fenómeno dado *tenía que* ocurrir como ocurrió –y no de otra manera- a partir de las condiciones iniciales. Lo anterior (necesidad lógica, implicación, deducción, etc.) alude, además, al papel que juega la actividad organizadora del sujeto que conoce, la cual es posible solamente gracias a un sistema de operaciones lógicas que estructuran su acción (el tema de las operaciones se aborda en la siguiente sección). Una de las implicancias de esto es que la causalidad no puede ser conocida por medio de –ni reducida a- una simple percepción. Podría pensarse que conocer causalmente no es más que percibir una sucesión entre eventos, pero incluso si reducimos la causalidad a una sucesión entre eventos queda implicada una construcción por parte del sujeto. Respecto a esto, Piaget (1978), estudiando el desarrollo de la noción de tiempo en niños, observó que los pequeños mostraban grandes dificultades para ordenar en una secuencia temporal dibujos que representaban etapas de un evento que habían percibido (i.e. las etapas sucesivas del vaciado del contenido de agua de un recipiente sobre otro), lo que solo lograban una vez alcanzadas las operaciones necesarias (como la seriación). En otras palabras, ni siquiera algo tan “elemental” como una sucesión de eventos puede ser directamente percibida como tal (por lo que la causalidad, incluso si se la reduce a una simple sucesión, tampoco lo es) y se requiere de instrumentos operatorios para construir dicha sucesión. Piaget (1978) lo resume con una simple frase: “una sucesión de percepciones no constituye ella sola una percepción de la sucesión” (p. 14).

Para poder explicar un fenómeno causalmente, la nueva perspectiva Piagetiana propone una “atribución” de las operaciones del sujeto a los objetos que interactúan. Piaget y García (1973) distinguen lo que es la *aplicación* de lo que es la *atribución* de las

operaciones. El sujeto aplica sus operaciones cuando organiza su experiencia. Por ejemplo, cuando realiza cálculos aritméticos, cuando estima la conservación del volumen, peso o materia, cuando comprende la igualdad del tiempo transcurrido en el desplazamiento a diferentes velocidades de dos móviles que empiezan a moverse y se detienen a la vez, etc. En todos estos casos, es el sujeto el que impone una organización a los objetos, pero sin modificarlos: contar objetos no los altera, tampoco el ponerlos en relación según su tamaño, así como tampoco estimar que la cantidad de sustancia, peso o volumen de una bola de arcilla se conserva a pesar de sus cambios de apariencia. En cambio, atribuir las operaciones es pensar a los objetos del mundo como si fuesen ellos mismos agentes “operadores” cuya actividad se organiza y estructura de manera análoga a la manera en que se organiza y estructura nuestra propia actividad. Por ejemplo, cuando un dominó cae sobre otro y lo empuja, el sujeto le atribuye una organización a la “acción” de empujar (lo que implica que es el empujón del que cae la causa de la caída del siguiente, lo que se repite de dominó a dominó, conservándose el “empujón” o *momentum*, etc.). Ahora, cuando el sujeto atribuye sus operaciones no pierde su capacidad para aplicarlas al organizar lo que experimenta, por lo que toda atribución de operaciones va acompañada de su aplicación (sin que toda aplicación vaya necesariamente acompañada de atribución). Resumiendo, en el caso de las operaciones aplicadas, es el sujeto el que impone su organización al mundo y los objetos, mientras que en la atribución de operaciones (es decir, en la causalidad) es la naturaleza del mundo y de los objetos la que impone su organización al sujeto –pues los objetos interactúan causalmente con independencia de él e imponen límites a la organización de la realidad que el sujeto puede llevar a cabo.

Operaciones

Las operaciones son definidas como acciones interiorizadas y reversibles organizadas en estructuras de conjunto (Piaget e Inhelder, 2007). Interiorizadas, porque el sujeto las lleva a cabo mentalmente. Reversibles, porque pueden ser anuladas o compensada mentalmente, de modo que se puede conectar dos estados de un objeto o situación según determinadas transformaciones. Por ejemplo, cuando un niño pequeño modifica una bola redonda de plastilina y la convierte en una salchicha, sólo recuerda el

estado inicial (bola redonda) y el final (salchicha) luego de aplicar sus acciones (alargar y adelgazar la plastilina). Dado que sus acciones no están coordinadas en una estructura operatoria de conjunto, el niño pequeño no entiende que a cada alargamiento de la plastilina le corresponde un adelgazamiento proporcional de la misma. Es por eso que no comprende que el volumen de plastilina se mantiene invariante (Piaget e Inhelder, 1971). En otras palabras, las operaciones implican “leyes de composición” o reglas que transforman un estado en otro y que son necesarias para relacionar dichos estados (e invertirlos mentalmente). Sin las operaciones el niño es incapaz de conectar lógicamente el estado inicial y el final. Sólo puede apoyarse en su percepción y esta es insuficiente, e incluso engañosa.

El ejemplo mencionado refiere a una noción típica que surge de las operaciones, que es la conservación. Esta se define como la capacidad del sujeto de comprender que una magnitud se conserva a pesar de sus variaciones perceptibles. Las conservaciones se refieren a diferentes aspectos y fenómenos que juegan un papel fundamental en la ciencia. Como ejemplo están las conservaciones de área, longitud, número, sustancia (la “cantidad” de material se conserva), peso (el peso del objeto no varía según su cambio de forma. Es decir, un objeto en posición vertical pesa igual que en posición horizontal. Lo mismo ocurre si es seccionado en varias partes, etc.), volumen (el espacio ocupado por el objeto no varía - salvo variaciones significativas de presión- aunque se le seccione, aplaste, alargue, etc.), etc. Respecto a las últimas tres conservaciones, se ha observado que los sujetos las logran sólo en una secuencia fija (el orden es sustancia, peso, volumen) (Piaget e Inhelder, 1971). Según Piaget e Inhelder (1971), la explicación de este desarrollo secuencial está en que cada una es necesaria (aunque no suficiente) para alcanzar la siguiente. La conservación del peso se apoya en la sustancia porque esta le sirve de sustrato al peso, en el sentido de que a cada parte de materia le corresponde un peso por efecto de la fuerza de gravedad aplicada a cada parte de materia. Si la sustancia no es concebida como invariante a pesar de los cambios de apariencia la conservación del peso es con mayor razón menos posible. A su vez, las conservaciones de sustancia y peso son requisito para la conservación del volumen, porque la noción de volumen surge de la “resistencia” que el objeto ejerce contra las presiones que se le aplican. Por ejemplo, una bola de arcilla sumergida en agua en

diferentes formas, secciones, etc. (el objeto resiste a la presión y conserva su espacio, desplazando el agua de igual manera). Esta “resistencia” implica una noción de fuerza (en el sentido físico), que es una noción causal que se articula con la noción de peso, pues un peso es la masa bajo efectos de la fuerza de gravedad o “fuerza hacia abajo”. En otras palabras, un objeto sigue ocupando el mismo espacio. Sin conservación de la sustancia no es comprensible que el objeto no desaparezca y sin la conservación del peso (y la noción de fuerza que implica) no es comprensible la constancia de la resistencia del objeto a la presiones.

Relación entre las operaciones y la causalidad

Como mencionamos líneas arriba, la causalidad fue investigada por Piaget desde una perspectiva de desarrollo. En efecto, las nociones de causalidad experimentan una estructuración y complejización progresivas, que, además, son paralelas y solidarias a la estructuración y complejización de las operaciones (Piaget y García, 1973). Es así que, en un principio, la causalidad y las operaciones se encuentran indiferenciadas en la mente del sujeto más joven. Su progresiva diferenciación y coordinación las hace potenciarse en su mutuo desarrollo. De este modo, las operaciones le confieren una estructura lógica y deductiva a la causalidad, mientras que la experiencia de fenómenos causales sirve de estímulo para la construcción operatoria. Un ejemplo de esto está en las nociones de *transitividad* operatoria (si $A < B$ y $B < C$, entonces $A < C$) y de *transmisión* causal (si una canica A empuja y le transmite energía a una B y B hace lo mismo con una C, hay una transmisión de A a C), cuyos desarrollos se enriquecen mutuamente (Piaget y García, 1973). En el plano de la historia de la ciencia, una relación análoga se ven entre las matemáticas y la física: la geometría de Riemann sirvió a Einstein en su concepción del espacio-tiempo; la necesidad de explicar fenómenos físicos llevó a Newton a construir el cálculo.

Críticas recibidas

En las dos etapas mencionadas –década de 1920 y 60’s-70’s- los resultados de las investigaciones de Piaget sobre la causalidad fueron puestos a prueba por investigadores de

otras partes del mundo. En ambas épocas sus resultados fueron cuestionados, aunque a menudo, como menciona Desrochers (2005), debido a una falta de comprensión de la metodología o de la teoría piagetianas. Muestra de ello es que los estudios que han declarado encontrar imprecisiones en los resultados de Piaget padecen de errores en su metodología, como el haber utilizado muestras de niños cuyo rango de edad era inapropiado. Tal es el caso de Deutsche (1937), que usó una muestra de 8 a 16 años de edad, siendo éstas edades en las cuales los niños ya han abandonado muchas de las explicaciones documentadas por Piaget en sus primeros trabajos. También están los casos en que se diseñaron situaciones experimentales que niños más pequeños podían resolver sin necesidad de nociones causales suficientemente desarrolladas. Un ejemplo de esto último es el caso de Shultz (1982), quien dijo encontrar comprensión causal en niños de tres años por ser éstos capaces de preferir una lámpara en lugar de un ventilador como causa de una señal luminosa en una pared. Esto fue cuestionado por Cheng (1993), quien sugirió que la preferencia de los niños por el aparato pertinente revela conocimientos ya adquiridos de las relaciones entre los objetos y no necesariamente una comprensión causal. Según Desrochers (2005), la apreciación de una relación de dependencia entre un aparato y su efecto puede ser explicada por *funciones aisladas* (de carácter preoperatorio): relaciones de correspondencia entre dos conjuntos de elementos, por ejemplo $f(\text{lámpara}) = \text{señal luminosa}$. Básicamente, una simple constatación de regularidades que no requiere estructuras operatorias (Desrochers, 2005).

En ambas etapas, otros investigadores respondieron a los críticos de Piaget, como Laurendau y Pinard (1962) en relación a las críticas de los trabajos de Piaget de la primera etapa (i.e. Deutsche, 1937) y que validaron los hallazgos originales; y Cheng (1993), ya mencionada.

Sin perjuicio de lo anterior, se debe señalar que, si bien Piaget abordó parcialmente temas como la causalidad psicológica, la que refiere a las relaciones entre los estados mentales y la conducta (Piaget, 1972a), la mayor parte de la investigación en causalidad se centra en fenómenos físicos (movimiento, luz, calor, flotación, etc.). Por ello, el presente trabajo se ha enfocado exclusivamente en fenómenos de ese tipo.

Justificación

Investigar el desarrollo de la causalidad es importante en tanto que, al estar entrelazado con el de las operaciones, se convierte en un factor fundamental en la comprensión del desarrollo de las formas más complejas de pensamiento –sin las cuales no es posible examinar la realidad de manera crítica, lógica y científica.

El desarrollo del pensamiento, desde el marco de Piaget, ha sido estudiado en contextos culturales diversos (Bruner, 1966; Piaget, 1966; Bovet, 1974; Price-Williams, 1961; Laurendeau-Bendavid, 1977; Adjei, 1977; Opper, 1977; Dasen, 1984). En Perú, Ecuador y Bolivia se han realizado trabajos relacionados (Gottret, 1994; Meza & Sirlopú, 1997; Sánchez-Parga, 1988; Reátegui, 1990). No obstante, como señalan Greenfield (1976, 1997) y Paz (2004), la investigación se ha encontrado con dificultades metodológicas al momento de aproximarse a contextos sociales significativamente distintos del urbano-occidental o, según Greenfield (1976), se ha enfocado en su mayoría en el período de las operaciones concretas. En Perú, de acuerdo con Paz (2004), esto no ha sido la excepción. En cuanto al estudio específico del desarrollo de la causalidad en grupos diferentes a las muestras utilizadas en los estudios originales, la investigación es inexistente (los trabajos citados se han enfocado esencialmente en aspectos operatorios).

Conocer la manera en que se desarrollan las explicaciones causales en diversos contextos sociales y el modo en que este desarrollo se articula con el desarrollo de las operaciones lógicas es particularmente importante si tomamos en consideración que en el Diseño Curricular Nacional (Ministerio de Educación, 2009), documento que señala los temas a trabajar en las escuelas públicas de todo el país, están consignadas varias nociones causales y diversos fenómenos físicos (i.e. la flotación). Si los resultados de los trabajos originales sobre la manera en que se desarrollan las nociones causales físicas son replicados en contextos sociales y culturales diferentes a los de la muestra original entonces es posible utilizar las conclusiones de dichos trabajos como guía para el diseño de políticas y programas educativos en dichos contextos. Además de lo anterior, la falta de investigación que explore el desarrollo de la causalidad desde la perspectiva Piagetiana en otros contextos es, en sí misma, un llamado a la comunidad científica para llenar este vacío.

En este sentido, este trabajo se integra a la escasa investigación Piagetiana en nuestro medio (por ejemplo, Gottret, 1994; Meza & Sirlopú, 1997; Sánchez-Parga, 1988; Reátegui, 1990), con el fin específico de ser una primera aproximación al tema de la causalidad en un contexto social diferente al de los trabajos originales. Específicamente, el presente trabajo se enfocó en explorar el desarrollo de la explicación causal en estudiantes bilingües de Secundaria de la región Ayacucho, cuyas lenguas eran quechua y español. Se escogieron estudiantes de 3º, 4º y 5º de Secundaria porque se esperaba que, por su edad y experiencia de vida, hubieran mayores probabilidades de encontrar niveles más complejos en el desarrollo de sus explicaciones causales.

Adicionalmente, la investigación evaluó aspectos del desarrollo operatorio (conservación de sustancia, peso y volumen), no sólo para aprovechar la oportunidad de profundizar en investigación Piagetiana en nuevos contextos sociales, sino porque, como se mencionó, se asume que el desarrollo de las operaciones y el de la causalidad están estrechamente ligados. Es así que algunos de los instrumentos que se aplicaron implican aspectos de ambos, por lo que conocer el desarrollo operatorio nos permitiría conocer mejor el desarrollo de la causalidad y viceversa.

Método

Participantes

La muestra está compuesta por 7 alumnos de escuela Secundaria de Perú, ubicada en el centro poblado urbano¹ de Huamanguilla (ubicada a 3276 m.s.n.m.) capital del distrito de Huamanguilla², en la provincia de Huanta, en la región Ayacucho. Los alumnos de Huamanguilla (3 varones, 4 mujeres) tienen como lenguas el quechua y el español y fue en este último idioma en que se llevó a cabo la evaluación. Dado que se trata de escolares, el acceso a la muestra se obtuvo mediante el consentimiento del director de la institución educativa. Todos los participantes accedieron a ser parte del estudio de manera voluntaria y dieron su asentimiento.

Tabla 1

Datos de los participantes

Nombre	Sexo	Edad	Grado
Auc	F	17	5° Secundaria
Gom	M	17	5° Secundaria
Con	F	15	5° Secundaria
Cca	M	14	4° Secundaria
Lil	F	16	4° Secundaria
Riv	M	18	4° Secundaria
Qui	F	15	3° Secundaria

¹ Un centro poblado urbano se define, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, como aquel que tiene como mínimo 100 viviendas agrupadas contiguamente, formando manzanas y calles (INEI, 1993).

² Según el censo del año 2007, la población total del distrito de Huamanguilla era de 5200, de los cuales sólo 1419 vivían en zona urbana y 4065 eran quechuahablantes (INEI, 2007).

Técnicas de recolección de información

Método clínico-crítico Piagetiano.

El método clínico – crítico, utilizado en esta investigación, se inscribe dentro de un enfoque cualitativo. Según Ducret (2004), este método puede definirse como una entrevista con características similares a la entrevista clínica, pero cuyo objetivo está en indagar por las características de la lógica y el conocimiento del sujeto evaluado. El método clínico-crítico presenta al sujeto material concreto (manipulable)³, respecto al cual el investigador hace preguntas referidas a las causas de los fenómenos que ocurren en relación con el material o a aspectos lógico-matemáticos relacionados. Por ejemplo, ante la constatación de que un objeto se hunde en el agua, el investigador puede preguntar: “¿Por qué se hundió?”. El sujeto, entonces, menciona lo que considera son la(s) causa(s) del hundimiento. Ante su respuesta, el investigador puede proponer contra-ejemplos (si el sujeto dice que el objeto se hundió por ser pesado, se le puede presentar un objeto más pesado que flota) con el fin de averiguar cómo el evaluado reacciona ante una experiencia que contradice su conocimiento, lo que ofrece datos sobre el desarrollo de su pensamiento, pues este desarrollo limita la manera en que la nueva información puede coordinarse con los esquemas previos y superar la contradicción. También se puede ofrecer contra-sugestiones, diciéndole al sujeto de evaluación que otra persona dio alguna respuesta alternativa, lo que permite comprobar la consistencia de las respuestas o ver cómo el sujeto reacciona ante otras posibilidades. Por ejemplo, se le puede decir: “un muchacho de tu edad me dijo que esto se hunde porque no hay suficiente agua para empujarlo, ¿Qué piensas sobre lo que dijo? ¿Por qué?”. Antes de manipular el material en las pruebas relacionadas con la causalidad se pidió al sujeto que anticipara lo que ocurriría y se siguió el interrogatorio a partir de lo que respondió. Luego se procedió a realizar la experiencia concreta y manipular los materiales para comprobar o refutar sus previsiones, ante lo cual se proseguía con el interrogatorio.

Por otro lado, la entrevista del método clínico-crítico, si bien puede tener cierto número de preguntas preestablecidas, en la práctica se desenvuelve de manera dinámica y

³ El método usado por Piaget y sus colaboradores se manifestó de diversas maneras durante las décadas, desde una entrevista puramente verbal a una entrevista que utiliza material concreto como apoyo. Aquí nos referimos al método en este último sentido (Ducret, 2004)

en función a las reacciones del evaluado. Funciona como una especie de *mayéutica socrática*, pero con la meta de esclarecer la complejidad del conocimiento del evaluado (Ducret, 2004).

Instrumentos.

Para explorar el nivel de desarrollo de las explicaciones causales se aplicaron instrumentos basados en el método clínico-crítico. Específicamente, para las explicaciones causales, se evaluaron las explicaciones relacionadas al ascenso del nivel de agua y a la flotación en el agua.

También se aplicaron instrumentos relacionados al desarrollo de las conservaciones, lo que nos permitió explorar la relación entre el desarrollo de las explicaciones causales y el desarrollo operatorio, pues en ambos casos los instrumentos utilizados apelan a nociones semejantes, como peso o volumen. Estos instrumentos fueron el de conservación de la sustancia y el de la conservación del peso. La conservación del volumen no pudo evaluarse directamente con la prueba clásica por dificultades logísticas. No obstante, la prueba del ascenso del nivel de agua permitió explorar dicha conservación en menor medida.

Instrumento 1: Ascenso del nivel de agua.

Esta prueba consistió en un recipiente transparente con agua, en el cual se colocaba una botella pequeña de plástico, lo cual elevaba el nivel del agua según el volumen de la botella. Al interior de la botella podían colocarse o retirarse monedas para hacer variar el peso. El nivel de agua se indicó con un marcador al lado del recipiente, de modo que quedaron señaladas las variaciones en los niveles del agua al colocar y retirar la botella y así constatarse que se trataba del mismo nivel de agua al variar el peso de la botella.

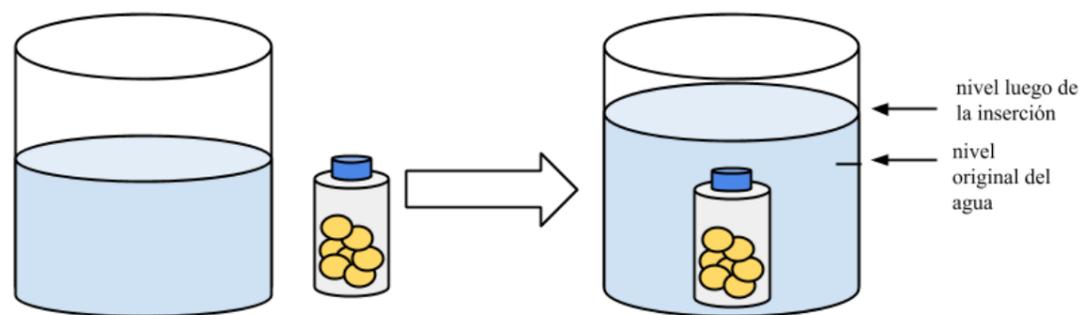


Figura 1. Instrumento del ascenso del nivel de agua

El sujeto debió anticipar –antes de colocar la botella en el agua- qué ocurriría con el nivel del líquido si se colocaba la botella (subiría, bajaría o se quedaría igual) y explicar las causas de lo que anticipó. Luego se colocaba la botella en el recipiente y se confrontaba al sujeto con la experiencia. Después se hacía variar el peso de la botella retirando o agregando monedas, se le entregaba la botella al sujeto para que constataste que su peso había variado y se le pedía que anticipase si al volver a colocar la botella el nivel de agua sería o no el mismo que antes de modificar el peso. La explicación causal está en que al sumergir la botella en el recipiente, ésta desplaza un volumen de agua equivalente a su propio volumen, haciendo que el nivel de agua en el recipiente se eleve. Los cambios de peso de la botella a causa de las monedas no hacían variar su volumen, por lo que el peso no era relevante para el desplazamiento del agua. La diferencia entre nuestra versión de la tarea y la versión original es que en la original se utilizó un guijarro y en el presente trabajo una botella cuyo peso podía ser modificado según convenía debido a las monedas en su interior (que eran retiradas o añadidas frente al participante), lo que permitió explorar el papel que jugaba el peso en las explicaciones dadas.

Instrumento 2: Flotación.

Esta prueba consistía en un recipiente con agua y varios objetos. Estos eran: una bola grande de madera, una bola mediana de poliestireno, una bolita pequeña de plástico, un pedazo de alambre enrollable, cuatro botellas medianas de igual volumen con pesos diferentes (B1, B2, B3, B4), dos botellas grandes de igual volumen y pesos diferentes (A1,

A2), tres pedazos de vela de la misma densidad pero de volumen y peso diferentes (C1, C2, C3), dos llaves de metal idénticas, un recipiente de metal.

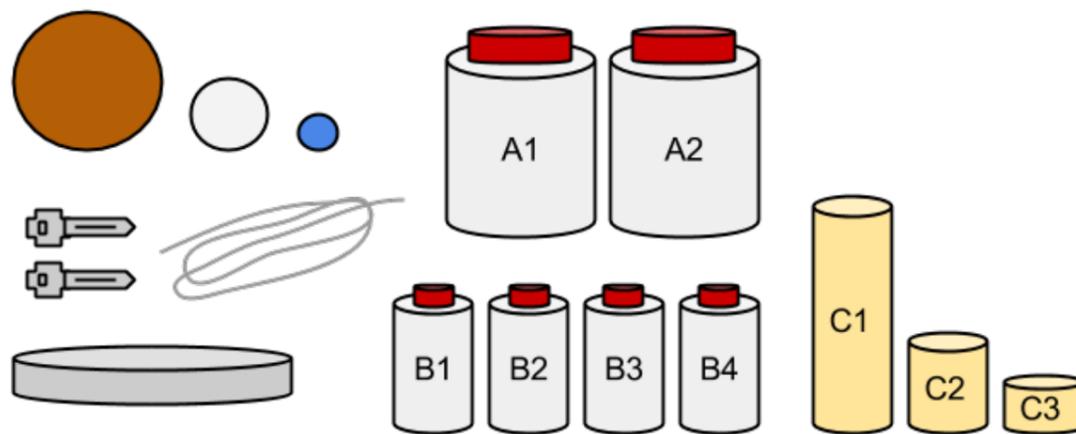


Figura 2. Instrumento de la flotación

La botella A1 y el B1 tenían volumen diferente y peso igual, lo mismo ocurría con A2 y B2. Se ofreció una balanza electrónica para que el sujeto lo compruebe. La bolita pequeña de plástico, el alambre, la botella B1 y las llaves se hundían. Todos los demás objetos flotaban. Inhelder y Piaget (1985) utilizaron un instrumento similar en sus trabajos, pero con otros objetos (no tenían los objetos A, B ni C, que aquí permiten controlar las variables de peso, volumen y densidad con mayor facilidad). Se le pidió al sujeto que anticipase cuáles de los objetos flotarían o se hundirían en el agua y que explicase por qué. Luego, se colocaron los objetos en el recipiente con agua y se pidió al sujeto que explicase para cada objeto por qué flotó o se hundió. El investigador confrontó al sujeto mediante el método clínico-crítico. La explicación causal está en que el agua presiona al objeto sumergido desde todas las direcciones. Mientras más voluminoso sea el objeto, más agua desplazará y tendrá alrededor ejerciéndole presión, por lo que el agua empujará al objeto con mayor fuerza. Si el peso del volumen de agua desplazada es mayor al peso del objeto entonces el agua ejerce mayor fuerza contra el objeto que este contra el agua y el objeto es expulsado y flota. En este sentido, un objeto flotará en tanto sea menos denso que el fluido en el que está sumergido, pues un objeto menos denso desplaza más fluido por unidad de masa/peso, de modo que hay más fluido disponible para empujarlo.

Instrumento 3: Conservación de la sustancia y el peso.

Éstas son las pruebas clásicas de Piaget e Inhelder (1971). Se presentó al sujeto dos bolas de plastilina idénticas y se le preguntó, luego de modificar una de las bolas alargándola, aplastándola o seccionándola en varios pedazos pequeños, si seguía habiendo la misma cantidad de plastilina o de peso en ambas bolas o si una tenía más o menos plastilina o peso que la otra.

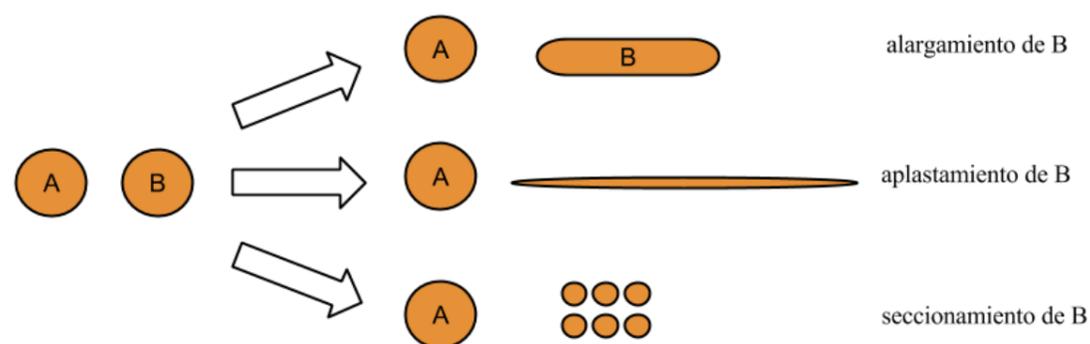


Figura 3. Instrumento de conservación de sustancia y peso

En los primeros niveles del desarrollo los sujetos no logran conservar la cantidad de plastilina o el peso y creen que tras el cambio de forma éstos han variado. Sólo tras sucesivas estructuraciones logran conservar estas magnitudes. Como hemos señalado, la conservación de la sustancia (la cantidad de plastilina) se logra antes (pues es requisito) que la conservación del peso, por lo que un sujeto que conserva la sustancia puede no conservar el peso en el mismo momento de la evaluación (Piaget, Inhelder, 1971).

Procedimiento

Los instrumentos a utilizados fueron previamente sometidos a una aplicación piloto. La muestra piloto consistió en cuatro alumnos de la misma escuela, dos varones y dos mujeres, entre 14 y 16 años. El objetivo de la aplicación piloto fue poner a prueba los materiales empleados en las entrevistas, ver qué tanto permitían evidenciar contradicciones en los participantes, qué tanto facilitaban percibir el papel de las variables involucradas, así como ensayar la aplicación del método clínico-crítico, lo que implicó evaluar la pertinencia

de las preguntas, contra-sugestiones y contra-ejemplos ofrecidos. También se exploró en qué medida el dominio del español por parte de los participantes podía permitir la aplicación de los instrumentos, y que tan familiarizados estaban con la situación de evaluación.

Se realizó la aplicación de cada instrumento de manera individual a un mismo sujeto en un espacio especialmente acondicionado en la biblioteca de la institución educativa. Se presentó primero la prueba del *ascenso del nivel del agua*, luego la prueba de *flotación*, seguidas de las pruebas de *conservación* (primero sustancia, luego peso). Mientras el investigador aplicaba los instrumentos se registró la entrevista con una grabadora de audio - para transcripciones posteriores- al mismo tiempo que un investigador asistente operaba una cámara de vídeo y tomaba notas en un protocolo.

La aplicación se llevó a cabo del siguiente modo (tanto para el piloto como la aplicación final): se guió al participante a la estancia de evaluación y se aplicaron los instrumentos de manera individual. El investigador pidió al sujeto que anticipase qué pasaría si llevaba a cabo una acción relacionada con el instrumento (i.e. colocar un objeto dentro de un recipiente con agua) y que explicase las causas de lo que anticipaba. Luego se procedió a realizar la experiencia y comprobar si la previsión se cumplía o no. En ambos casos, se pidió al sujeto que explicase por qué. Se procedió según el método clínico-crítico ya descrito.

La información de los protocolos y los vídeos fue analizada en el marco de la teoría expuesta anteriormente, tras lo cual se procedió a generar categorías de nivel de desarrollo de las explicaciones causales de cada sujeto.

Construcción de secuencias de nivel de desarrollo.

La elaboración de las categorías que se han construido con los datos obtenidos se hizo en función de un incremento en la complejidad de las explicaciones dadas por los sujetos. Es importante señalar que un nivel de complejidad es siempre relativo a otro nivel y se define en la comparación: no existen medidas absolutas de complejidad. La complejidad se determinó a partir de los siguientes criterios:

- Las explicaciones más complejas descartan las menos complejas, incluso

ofreciendo contra-ejemplos.

- Las explicaciones más complejas resuelven mejor las contradicciones (a partir de una mayor diferenciación y coordinación de aspectos) y son de carácter más general, explicando mayor diversidad de situaciones (por el contrario, las explicaciones menos complejas suelen ser aplicables a situaciones específicas, cayendo en contradicción con otras situaciones). Como ejemplo tenemos la secuencia de las explicaciones de la flotación del trabajo original de Inhelder y Piaget (1985), resumidas en la tabla 2:

Tabla 2

Ejemplo de secuencia de niveles de explicación

Explicación	Complejidad relativa
Peso	1) El sujeto piensa que los objetos pesados se hundan y los ligeros flotan. No logra explicar casos que contradicen esto (objetos pesados que flotan y objetos ligeros que se hundan).
Material	2) Resuelve la contradicción de la explicación anterior (una bola pesada de madera flota por ser de madera, una llave ligera de metal se hunde por ser de metal) pero no logra explicar que un objeto metálico flota (un barco, una tapa cóncava de metal).
Aire	3) Resuelve la contradicción anterior (la tapa metálica cóncava flota porque tiene aire en el área cóncava; la llave no) pero no logra explicar que una botella con aire se hunda a pesar de tener aire. Se llega incluso a afirmar que un objeto pesado flota por estar vacío, aunque el objeto no tenga ninguna cavidad en su interior.
Densidad	4) Resuelve todas las contradicciones anteriores. La tapa cóncava flota porque desplaza una cantidad de agua cuyo peso es mayor que el de la tapa. La botella con aire se hunde porque, a pesar de tener aire, su peso total es mucho mayor que el peso de la cantidad de agua que desplaza.

Debemos señalar que los niveles que hemos construido no son niveles generales de complejidad del pensamiento total de una persona sino niveles de complejidad *de la explicación* para el fenómeno específico que se evalúa. En este sentido, una misma persona puede ofrecer explicaciones de diferente complejidad para el mismo y para diferentes fenómenos, pudiendo predominar una (aunque no necesariamente). También pueden darse transiciones espontáneas entre explicaciones hacia una de mayor complejidad por efecto de las acomodaciones que se dan en ocasión de las contradicciones que hay entre lo que los sujetos predicen y lo que la experiencia con el instrumento les refuta, así como en ocasión de las preguntas del evaluador (es decir, cuando la situación de evaluación genera el desequilibrio faltante).

Resultados

Secuencia de desarrollo – ascenso del nivel de agua

Las explicaciones causales elaboradas por los participantes para la prueba del ascenso del nivel de agua reflejan una secuencia de desarrollo similar y explicaciones semejantes a las encontradas en los trabajos de Piaget y colaboradores (Piaget y García, 1973). Estas explicaciones se presentan a continuación y están organizadas en una secuencia de niveles según el incremento de su complejidad. Debido al rango de edad de la muestra utilizada no se señalan ejemplos de niveles más elementales del desarrollo (los que podrían encontrarse en participantes más jóvenes). La diversidad de los niveles de respuesta no coincide exactamente con la señalada por Piaget y García (1973), aunque la secuencia sigue la misma dirección. Para cada nivel se adjuntan, a modo de ilustración, extractos de citas tomadas de las evaluaciones hechas. La tabla 3 resume esta secuencia. Debemos señalar de nuevo que, en el curso de la evaluación, algunos sujetos realizan transiciones a niveles más complejos de explicación y descartan las explicaciones que previamente dieron, por lo que algunas de las citas presentadas en distintos niveles corresponden al mismo sujeto (en diferentes momentos de la evaluación).

Tabla 3

Secuencia de niveles de explicación – ascenso del nivel de agua

Nivel	Definición
Peso	1) El sujeto piensa que el peso de la botella causa las variaciones del nivel de agua. Predice que un cambio en la cantidad de monedas (peso) de la botella hará variar el nivel de agua.
Volumen (parcial)	2) Considera el espacio ocupado por la botella como causante del ascenso del nivel de agua, pero no descarta que las variaciones de peso tengan una influencia.
Volumen	3) El sujeto comprende que el nivel de agua asciende por efecto del espacio que ocupa la botella. Considera el peso de la botella irrelevante.

Explicaciones según el peso.

Las explicaciones de este nivel proponen el peso de la botella como el causante del ascenso del nivel de agua. Debido a esto, los sujetos que explican el fenómeno según el peso creen (y predicen) que los cambios en su magnitud afectarán el nivel que alcanza el agua al insertar la botella (a mayor peso, mayor altura del nivel del agua; a menos peso, menor altura):

(Riv - 18 años, 4º de Secundaria): *(Tras quitarle monedas a la botella) ¿Adónde crees que llegaría el agua? Llegaría hasta aquí lo que ha entrado o hasta acasito también creo (más abajo). ¿Por qué crees que llegaría hasta ahí? Que el contenido adentro lo sacamos, la mitad le quitamos, ¿no?, ahora pesa menos que antes que pesaba bastante, ahora pesa poco. [...] (Tras poner de nuevo las monedas) ¿Adónde llegaría ahora el agua? Llegaría hasta aquí (señala en el recipiente). ¿Y por qué llegaría ahí de ese modo? Porque contiene más cantidad de peso.*

(Con - 15 años, 5º): *¿Por qué va a subir menos? Ya no tiene el peso que tenía antes, va a ser menos, y el agua que... como el agua se ha subido, ya no va a subir, como ya no tiene tanto peso, el agua va bajando.*

(Riv - 18 años, 4º): *¿Y por qué llega hasta ahí? Hasta ahí que contiene el metal, el metal que pesa, también con la fuerza del peso el agua también se eleva. [...] (Tras indicar al evaluador que el agua se eleva por el peso) Tiene más peso, ya... Con el peso, con la fuerza del peso también el agua se rebalsa. Claro. ¿Qué es lo que hace el peso con el agua? ¿Me puedes explicar? Porque el agua está tranquilo, ahí está tranquilo, ¿no?, cuando le soltamos el, así, un, que pesa, ¿no?, también el agua con todo, con la fuerza que sueltas abajo se eleva.*

Pareciera que en este nivel el ascenso del nivel del agua se encuentra indiferenciado en relación a la agitación que el agua experimenta por efecto del impacto de la botella, lo

que explicaría que se aluda al peso de esta como causante del ascenso del nivel de agua⁴. Podría decirse que los sujetos responden que el peso causa el ascenso del nivel de agua por no haber entendido las preguntas del evaluador. Es decir, por una confusión lingüística entre lo que significan las palabras referidas al ascenso del nivel del agua y las palabras que refieren a la agitación del agua. Pero esa hipótesis queda descartada cuando se analizan otras respuestas. Así, incluso cuando comprueban que el nivel del agua no se ve afectado por los cambios de peso en la botella, pues los sujetos *ven* que el nivel del agua se mantiene en la misma altura tras modificar el peso de la botella (pues este nivel estaba señalado con el marcador en el recipiente), algunos sujetos no logran explicar la situación:

(Con – 15 años, 5°): *(Colocamos la botella en el agua) ¿Hasta dónde llega? Hasta el mismo lugar. ¿Por qué crees que llegó al mismo lugar si tiene más peso? ... (no responde)*

(Qui – 15 años, 3°): *¿Que se te ocurre? ¿Por qué si tiene tanto peso ahora se queda igualito que antes que tenía menos peso? No tengo idea...*

Explicaciones según el volumen (parcial).

En este nivel se supera la indiferenciación entre la agitación del agua producida por el impacto de la botella y el ascenso del agua producido por un desplazamiento según el *volumen* de la botella colocada. Aquí, los sujetos comprenden que, si bien el agua puede elevarse por efecto del impacto, ésta finalmente terminará descendiendo a la altura más baja posible. La aclaración dada a continuación por Cca es bastante ilustrativa al respecto:

(Cca – 14 años, 4°): *Si yo ahora le pongo las moneditas de nuevo, ¿adónde se iría el agua? Más ya. ¿Más? ¿Adónde más? ¿Un poquito más? Espérame, no, ya te digo. Como esto, como le has puesto más moneditas, como ya tiene su peso, al agua lo va, como dices, el agua con fuerza va subir, va a subir con fuerza, pero va a*

⁴ En efecto, un objeto más pesado ejerce una mayor agitación tras impactar con el agua, pero esto no explica el ascenso del nivel del agua, pues éste está determinado por el desplazamiento debido al *volumen* del objeto introducido (la botella). Independientemente de la altura que alcance el agua por el impacto de un objeto, eventualmente ésta regresa a su nivel más bajo posible por efecto de la gravedad, estando dicho nivel determinado por el espacio disponible en el recipiente luego de que el objeto ha sido colocado dentro.

llegar al mismo lugar que cuando estaba con esto, ahí. ¿El peso va hacer que suba más? ¿O no importa? No, no importa, solo que el agua va a salir un poco, como hacia arriba, pero va a bajar, va volver a su normalidad, que es esta línea (señala la línea marcada).

No obstante, en este nivel vemos también que se dan oscilaciones entre la explicación según el peso y la explicación según el volumen. Es decir, a pesar de ofrecer una explicación según el espacio ocupado por la botella (volumen), el mismo sujeto no descarta el papel del peso:

(Auc – 17 años, 5°): Me dices que cuando esto tiene peso, el peso hace que suba el agua. ¿Cómo hace que suba el agua? ¿Qué hace el peso? Porque ya está adentro, está ocupando espacio en el agua eso, hace que el peso suba un poco. El espacio que ocupa. ¿Y el peso hace diferencia? ¿Importa el peso? No. ¿Por qué no importa el peso? Porque igual este pomito va a ocupar el mismo espacio. [...] (Un momento después) Si le meto las moneditas de nuevo, ¿a dónde crees que va a subir el agua? Un poquito más arriba.

Explicaciones según el volumen.

En este nivel podemos observar explicaciones según el espacio ocupado:

(Lil – 16 años, 4°): (Tras aumentar el peso de la botella) Vamos a probar: llegó igual. ¿Por qué llega igual si tiene más peso ahora? En antes sí estaba un poco confundida, pero ahora sí estoy bien. Mira, la misma botella, el mismo peso, pero el mismo [espacio] nomás está ocupando y no aumenta de la misma línea (señalada con el marcador). El mismo nivel nomás, pero si pusieras otro, de otro tamaño, sí aumentaría. No, esto... el peso no.

Otros sujetos ofrecen, desde el principio, explicaciones consistentes del fenómeno, aludiendo desde el primer momento al papel del espacio/volumen como factor explicativo y descartando el papel del peso de manera coherente:

(Gom – 17 años, 5°): *Si yo le quito parte de su peso, ¿crees que subiría igual? ¿O subiría menos? Subiría igual, de igual manera. [...] Si le pongo las moneditas de nuevo, para que tenga más peso, ¿adónde crees que va a llegar? Al mismo lugar. [...] ¿Subiría igual que con estas moneditas adentro? Sí, porque la botellita sigue siendo la misma.[...] ¿Qué es lo que hacía que el agua subiera? Que la botellita ocupa otro espacio más...haciendo que el agua suba más arriba.*

Comparación con el desarrollo de las conservaciones

Se ha encontrado que, aunque las explicaciones causales dadas en el instrumento del ascenso del nivel de agua apelan a nociones como peso o volumen, no se da una correspondencia con el desarrollo operatorio de la conservación de esas mismas nociones. Es decir, el que un sujeto explique el ascenso del nivel de agua según el volumen no implica necesariamente que haya desarrollado la conservación del volumen. Lo mismo ocurre con el caso del peso. La tabla 4 resumen la comparación hecha entre el desarrollo de las explicaciones del ascenso del nivel de agua y el desarrollo de las conservaciones evaluadas.

Tabla 4

Comparación de resultados para el ascenso del nivel de agua y las conservaciones

Participante	Ascenso del nivel de agua			Conservaciones
	Edad	Sexo	Explicación predominante	Conservación máxima
Riv	18	M	peso	sustancia (parcial)
Con	15	F	peso	(no se aplicó) ⁵
Auc	17	F	volumen (parcial)	peso (parcial)

⁵ Al participante Con no se le pudo aplicar directamente el instrumento 3 (conservaciones) por dificultades logísticas.

Lil	16	F	volumen (parcial)	peso (parcial)
Qui	15	F	volumen	peso
Cca	14	M	volumen	peso (parcial)
Gom	17	M	volumen	sustancia

Cca, por ejemplo, aunque logra entender que cambiar de posición a la botella (de vertical a horizontal) no alterará el nivel del agua, sí piensa que se alterará su peso. Además, en el instrumento de la conservación del peso (Piaget, Inhelder, 1971), Cca responde que al cambiar la forma de la bola B de plastilina también se producirá una variación en su peso:

(Cca – 14 años, 4°): *(Al preguntarle si el nivel del agua subiría igual si se coloca la botella en posición horizontal) ¿Por qué crees que sería igual? Mira, esta trayectoria despacio, este... el peso o el bloque que tiene su masa hasta acá, mira, aproximadamente hasta acá sería, ese lugar que ocupó lo expandió, pero también si lo volteas [la botella] esto, como dices, mismo lugar, mismo este va a ser. Pero solo, mira, como me está haciendo así, solo en así, solo variaría en su peso. [...] Y si la ponemos (la botella) en una balanza, ¿qué va decir la balanza? ¿Qué es igual? ¿O que es diferente? Que es diferente. [...] (Al probar la conservación del peso con plastilina) Si yo, por ejemplo, lo aplano así (plastilina B), ¿tú crees que va pesar igual? ¿O va pesar diferente? Va a pesar diferente. ¿Por qué va pesar diferente? Este... a ver...porque el peso ya...porque la masa ya no está unida para que pese más y, este, porque le has extendido y la masa o el cuerpo se ha distinguido (distendido) y los pesos se han separado. Y si hubieran juntado, ahí pesa más.*

Por su parte, Lil, aunque explica el ascenso del nivel de agua según el espacio ocupado, no conserva el volumen de la botella y piensa que si la coloca en posición horizontal ocupará más espacio y hará que el agua ascienda más:

(Lil – 16 años, 4°): *¿Y qué te parece si en vez de ponerla así (vertical), la ponemos así (horizontal)? ¿Va a subir igual? ¿O va a subir diferente? Un poco va a subir. ¿Un poco más? ¿Por qué va a subir un poco más? Porque más espacio va a ocupar.*

El caso más ilustrativo es el de Gom, quien ofrece una explicación del máximo nivel para el instrumento del ascenso del nivel del agua (según el volumen, descartando el peso) y que, al mismo tiempo, no logra conservar el peso en el instrumento de conservación:

(Gom – 17 años, 5°): *(Alargamiento de la plastilina B): Si esta de acá [B] yo la alargo así, ¿cuál va a pesar más? ¿O pesan igual? Va a pesar está [B] un poco. Esta va a pesar más. ¿Por qué piensas que va a pesar más? Porque va a estar larga y va a hacer que... esta va a hacer... pero ésta, como está así distribuida va a tratar de dar un poco más., pues. Entonces si yo las pusiera en una balanza, digamos, este [A] de un lado y este [B] en el otro, ¿estaría así igual o estaría...? No estaría tanto pero esta [B] trataría de jalar un poco con... ¿Esta [B] pesaría más? ¿La larga pesaría más? Sí. ¿Y si yo la regreso [B] a su forma de pelota? Sería lo mismo. ¿Ahí pesarían iguales? Sí.*

(Aplastamiento de la plastilina B): Y si agarro a este [B] y le empiezo a aplastar, ¿pesan igual? ¿O pesan diferente? Pesaría igual. ¿Pesan igual? Así es. ¿Por qué piensas que pesan igual? Porque esta está así tiesa y también esta estaría tiesa pero en cambio si sería como el otro, como está larga hace que se vaya al suelo o algo así y como está así se mantiene así nada más, hace que pese igual. Y si las pongo en una balanza, ¿qué va a decir la balanza? ¿Va a ser igual? No, esta [A] va a pesar más. ¿La redonda va a pesar más? Sí. ¿Por qué va a pesar más la redonda? Porque va a estar solo en un lugar y va a dar el peso, en cambio [B] está estirada todo, así que su peso se aligera.

(Seccionamiento de plastilina B): ¿Y si lo empiezo a cortar? ¿Me ayudas a hacer pelotitas? (Tras hacer pelotitas con los pedazos de B) Ahora, ¿cuál pesa más? ¿Ésta de acá [A]? ¿O todo esto de acá [B]? Esta [A]. ¿Esta [A] pesa más? ¿Por qué

pesa más esa? Porque está mas junto y hace que pese más y en cambio ésta [B] están separadas, haciendo que se aligere y van a estar dispersas. Entonces, si los pongo en una balanza, ¿cómo sería? ¿Este [A] estaría más...? Sí porque estaría en un lugar y hace más peso, en cambio esta [B] como están separadas, se aligeran. Una vez alguien me dijo que no importa que estuviera así separado [B], que igual iba a pesar lo mismo [que A] porque era la misma plastilina. ¿Tú qué piensas de lo que dice? ¿Tiene razón? ¿O no? Depende del material, también sería, porque como [B] está separado, el área hace que el peso se aligere tal vez o tal vez quede igual haciendo variaciones, pero sería que este [A] gana un poco más con el peso porque solo está en un lugar, en cambio esta [B] se aligera un poco, nada más.

Secuencia de desarrollo – Flotación

Las explicaciones ofrecidas por los participantes para el fenómeno de la flotación coinciden con las encontradas en los trabajos originales de Inhelder y Piaget (Inhelder, Piaget, 1985) y parcialmente con el de Moreno, Sastre, Bovet, Leal (1998). No se encontraron niveles de explicación de menor complejidad (que, en los trabajos originales, corresponden a sujetos de menor edad que los de la muestra de la presente investigación) ni se obtuvo la explicación del nivel más complejo (según la densidad). En términos generales, se sigue la misma secuencia que en los trabajos originales. La tabla 5 resume la secuencia de los niveles de explicación encontrados. Luego se presenta dicha secuencia con extractos de las respuestas de los participantes a modo de ilustración.

Tabla 5

Secuencia de niveles de explicación - flotación

Nivel de explicación	Definición/explicación
Peso	1) El sujeto piensa que los objetos pesados se hunden y los ligeros flotan. No logra explicar casos en los que un objeto pesado flota e incluso afirma que si flota es porque pesa poco.
Material	2) Los objetos flotan o se hunden según su material, que contiene o les da peso a los objetos. Los materiales pesados se hunden (relación directa

	entre ser pesado y hundirse o ser ligero y flotar)
“Gravedad”	3) El hundimiento o flotación se debe a una propiedad denominada “gravedad”, que se relaciona al material, pero sin la relación directa entre peso y hundimiento, lo que permite admitir que un objeto pesado flote.
Aire	4) Los objetos pesados flotan porque están vacíos o tienen aire/oxígeno (aunque no necesariamente contenido al interior del objeto), lo que permite compensar su peso y mantenerlos a flote. Los objetos que se hunden están “llenos”.

Explicaciones según el peso.

En las explicaciones según el peso, los participantes explican que los objetos se hunden cuando tienen peso y que flotan cuando pesan poco o no tienen peso. Cuando un evaluado anticipa que un objeto se hundirá por ser pesado y, contrariamente a su anticipación, el objeto flota, no puede resolver la situación o incluso cambia de opinión y dice que el objeto pesa poco:

(Qui - 15 años, 3°): *Me puedes explicar ¿Por qué se hunde esta? Tiene peso. ¿Y por qué tener peso hace que se hunda? No sé... tiene peso y se hunde porque no sé... ¿Qué se te ocurre? No tengo palabras para explicar, pero sí se hunde porque tiene peso. Nada más. [...] ¿Y por qué flota [el alambre]? No tiene peso. [...] ¿Y qué tal este de acá? Tiene peso y se hunde.*

(Con - 15 años, 5°): *¿Me puedes explicar por qué esta se hunde? Porque tiene peso [...] Y por ejemplo, esto de acá, ¿por qué se hundiría? Igual también por el peso que tiene cada uno de estos... ¿Qué te imaginas? ¿Qué es lo que hace el agua, por ejemplo, ahí? No lo trata de sostener algo así porque tiene un peso o podría ser también por... [...] (Sobre la bola de madera) ¿Por qué crees que flotó si es tan pesada? ¿Qué se te ocurre? ¿Por qué te imaginas que está flotando? ...(no responde).*

(Riv – 18 años, 4°): *¿Y qué tal esto de acá? Eso sí flota, eso es, pues no contiene algo de peso, no siente nada, esto le pones encima, normal que flota, que flota, nada, no puede hundirse nada. (Al preguntarle si sería igual al colocar el objeto de costado) Va a flotar, no puede hundirse que no tiene, ¿con qué peso se va a hundir?, nada, si pondríamos estos, se hundiría. [...] ¿Por qué crees que flota? Que también creo, poco contiene también, ¿no?, poco de peso o poco también, mucho no contiene que pesa como otros, ¿no?, pesa poco pero mucho no puede hundirse también. [...] (Al refutarse otra previsión) ¿Por qué crees que flotó? Es porque contiene poco de peso.*

Explicaciones según el material.

En las explicaciones según el material, lo que causa la flotación o el hundimiento es el material del que está hecho el objeto. Así, algunos evaluados creen que todo lo metálico se hunde y que la madera o el plástico flotan siempre. Otros apelan al material indicando que contiene o le da peso al objeto (lo que varía según el material), lo cual se aproxima a la noción de peso específico (peso por unidad de volumen):

(Riv – 18 años, 4°): *(Al colocar un objeto en el agua) Se hundió. ¿Por qué crees que se hundió? Si pesa tan poquito, ¿porque se hundió? Porque tampoco que es descartable [plástico], ¿no?, algo también contiene, creo, para que se hunda adentro, no sé qué... dentro de esa contendrá algo, algo que pesa dentro, un pedazo de un químico, ¿no?, para que se hunda dentro. ¿Me explicas un poquito eso? ¿Cómo es eso de que tiene algo adentro? Dentro del descartable [plástico] está construido, hecho de descartable, ¿no?, encima, ¿no?, y dentro contienen algo, dentro hay algo puesto, como algo que contiene dentro, que hacen, que contienen algo, peso pues, dentro, al momento que nosotros..., dentro del agua se hunde, dentro. [...] Y si esa pelotita, en vez de estar hecho de descartable estuviera hecha de, por ejemplo, de madera, ¿sería diferente? Sí, sería diferente, porque también igual puede flotar. Si es de madera sí puede flotar. ¿Por qué la madera flota?*

Porque contiene poco, poco de peso, contiene poco de algo que no hace nada, que madera también para que flote, para que no se hunda.

(Lil – 15 años, 5°): *¿Y por qué se hunde este alambre? Porque es de metal. Y si lo estiramos así, por ejemplo, ¿se va a hundir igual? ¿O va a ser diferente? Lo mismo. ¿Por qué lo mismo? Porque es de metal. Obvio que es de metal. Algo hecho de metal que sea, se hunde. ¿Siempre? Siempre. Cualquiera que sea de metal. Aunque sea un botón que sea de metal, sí se hunde, pero que sea descartable [plástico], no.*

(Gom – 17 años, 5°): *Este alambre, por ejemplo, ¿por qué crees que se hundiría? Porque es un metal que cuando tiene contacto con el agua se iría al fondo del agua nada más, porque es un material que no tiene... que tiene peso pero se va a hundir nada más. ¿Tú crees que sería diferente si lo pongo así [enredado], que si lo pongo así [estirado]? Aunque lo estires se hundiría nada más, porque el material sigue siendo el mismo. Y estas llaves, ¿por qué se hundirían? Porque también es de metal y también tiene peso y como en el agua, se hundiría nada más. [...] Si tuviéramos, por ejemplo, un objeto igual pero en vez de estar hecho de este material estuviera hecho de otro material, ¿flotaría diferente? Sí. ¿Por qué flotaría diferente? Por ejemplo, en el caso de éste (botella de plástico), con esto; si sería [fuera] de este material [plástico], flotaría solo encima. ¿Mucho más? Sí. Solo más encima. ¿Y por qué? ¿Por qué esa diferencia? Sería por la composición que está hecha. Ya. Que la composición son diferentes, que le dan pesos diferentes a cada objeto. [...] ¿Tú crees que importe el tamaño de los objetos? No. ¿Importa su peso? Su peso tampoco, sino que sería la composición o el material, cómo es. ¿Me puedes explicar eso un poquito? ¿Cómo es eso? Sería como el caso de la pelota, que es un material diferente que agloba dentro de ella un poco de oxígeno y a la vez un poco de peso y como es grande, puede flotar en el agua - no importa cómo sea el tamaño - puede flotar de diferentes maneras. Pero también, como si tuviera la planta, alguna verde, si lo pondrías al agua también se hundiría aunque*

sea pequeña; pero en cambio de la vela que está ahí, flotaría aunque sea de tamaño grande.

Es interesante comparar la insistencia de Lil y Gom en cuanto a que la flotabilidad del alambre no varía según su forma debido a que sigue siendo del mismo material (metal) con el caso de Qui, que no apela al material y piensa que la flotabilidad el alambre cambiará al darle otra forma:

(Qui – 15 años, 3°): Y si, por ejemplo, yo estiro este alambre y lo pongo así. Ya. ¿Va a ser diferente? Sí, en la forma que estaba doblada, sí. ¿Por qué sería diferente ahora? Si está estirado, ¿se hunde? ¿O va a flotar? No, no va a flotar, creo.

Explicaciones según la “gravedad”.

La explicación según la “gravedad” apareció sólo en un participante. Aquí la evaluada no hace uso del término en el sentido físico (i.e. atracción gravitatoria) sino que parece referirse a una propiedad de los objetos que hace que se hundan. Esta gravedad se relaciona con el tipo de material (i.e. metal) y con “tener contenido”, por lo que se asemeja mucho a las explicaciones del nivel anterior. No obstante, esta “gravedad” diferencia más el material y el peso y permite al sujeto explicar que un objeto pesado flote, mientras que la explicación del nivel anterior (según el material) suponía una relación directa entre el peso dado por el material y el hundimiento (el metal es un material pesado = hundimiento; la madera es ligera = flotación).

(Lil – 15 años, 5°): Y estas llavecitas de metal, ¿por qué se hunden? Porque éstas tienen su gravedad y no son como éstas, que se flotan. O ésta se va de frente al suelo [fondo], al “esto”. [...] ¿Por qué se van para adentro [al fondo] los metales? Porque tienen una gravedad, que no pueden flotar ellos. Tienen gravedad de irse adentro y no saben flotar ellos. Y por ejemplo, esta pelota de acá, ¿ésta flota? ¿O se hunde? Ésta flota, porque no tiene peso y no hay gravedad, mucha gravedad. Mientras ésta (señala otro objeto) sí: cuando lo pones, se va adentro. ¿A

*qué te refieres con qué no tiene mucha gravedad? ¿Me explicas eso? Sí, mira: esto no tiene gravedad, no tiene peso, qué diríamos, no tiene nada de objeto que sea algo de metales u objeto que sea algo de madera, algo de así. Porque algo de esto como una botella es: cuando una botella lo pones al mar, flota. No tiene peso ni nada esa botella. Poco nomás tiene, pero no tiene gravedad mucho. [...] **Acá tenemos otra botellita como ésta, ¿ésta se hunde? ¿O flota? Ésta se hunde porque tiene peso porque... así cuando tiene peso, sí se va con la gravedad que tiene esta botella, con el esto... con el contenido que tiene. Porque hay algunos que tiene el contenido, pero no... esto... no se hunde, porque tiene mucho... esto... porque tiene un poco nomás... pero mientras tiene el contenido lleno y mucha gravedad que tenga, sí se va para adentro. [...]** (Al ser confrontada con el hecho de que algo pesado flota y algo que pesa menos se hunde) **¿Por qué, si pesa tanto, flota, y ésta, que pesa menos, se hunde? Pero, siempre en una botella o en un par de cosas, siempre tiene la gravedad que tiene. Son diferentes aunque tenga mucho peso, pero tiene otra gravedad y flota, pero hay otros que pesan más, pero no flotan.***

Esta gravedad, por otro lado, también impulsa a los objetos y les permite flotar:

(Lil – 15 años, 5°): *Tú ves que si yo pongo esto acá y lo empujo hasta que toque, se queda en el fondo [del recipiente], pero si yo lo suelto va a subir, ¿no? ¿Por qué sube? ¿Por qué no se queda ahí abajo? ¿Qué es lo que hace que suba? Que la gravedad que tenga, le impulsa.*

Explicaciones según el aire.

En las explicaciones según el aire/oxígeno (o el “vacío”) los evaluados piensan que los objetos flotan por tener aire o “estar vacíos”, mientras que otros se hunden por “estar llenos” (acercándose más a la noción de densidad). El aire/vacío permite compensar el peso que tienen los objetos:

(Gom -17 años, 5°): **Y, por ejemplo, ésta...** Este hundiría, pero no mucho, solo encima y esta parte haría que flote. **¿Por qué sería así? ¿Por qué no se hundiría mucho?** Porque dentro de ella hay un poco de oxígeno atrapado, que está sellado en un pomo que flotaría encima nada más. **Ya.** Pero hundiría más a la mitad, pero no mucho. [...] **(Tras indicarle que un objeto flota hasta cierto nivel, con una parte bajo la superficie del agua) ¿Por qué se queda hasta ahí nomás? ¿Por qué no es diferente?** Porque el peso, está aligerando hasta aquí nada más, de un peso un poco que hace que hunda, un poco nada más. **Ya.** Y el oxígeno que tiene también lo aligera para arriba, haciendo que no se hunda.

(Auc – 17 años, 5°): **(Respecto a dos objetos) ¿Por qué si pesan igual uno va a flotar y el otro se va hundir?** Es que éste está más vacío y como está más vacío tiene aire, entonces eso hace que flote; en cambio éste está lleno. [...] **Ésta se queda [flotando] en el agua. ¿Por qué crees que se ha quedado arriba?** Porque esté semivacía, no está llena. [...] **(Sobre un objeto que emerge del agua al soltarlo luego de ser empujado hasta el fondo) ¿Qué se te ocurre?** Ese sale, porque tiene el aire adentro y eso hace que no quede dentro del agua. [...] **Y estos pomitos, por ejemplo, ¿por qué crees que van a flotar?** Aunque tengan peso, están bien sellados. **¿Y por qué eso hace que flote?** Porque dentro de acá hay oxígeno, aire; eso hace que no se hunde. [...] **La pelota [bola de madera] pesa un montón más y la pelota [bola de madera] flota un montón más también...** Porque la pelota [bola de madera] es más grande y es más vacía y pesa más. **¿A qué te refieres con que es más grande?** Este [bola de madera] es más grande pero no está casi llena, está más vacía (esta afirmación es falsa: la bola de madera no tenía ninguna cavidad ni espacio dentro). Será por el espacio también. **¿Cómo el espacio?** El espacio que tienen adentro y está vacía.

El aire (o el vacío), no obstante, no necesariamente está contenido al interior del objeto. Así, Auc piensa que si le da forma cóncava a una bola de plastilina logrará hacerla flotar porque empezaría a tener aire, aunque no cambie su peso:

(Auc – 17 años, 5°): *Si tú le cambias de forma, ¿va a pesar igual? ¿Va a pesar lo mismo? Va a pesar lo mismo. Si pesa lo mismo, ¿por qué crees que flotaría convirtiéndolo en esto (barquito)? (No responde)... ¿Por qué crees que se quedó arriba (flotó)? Porque ya está empezando a ocupar aire un poco. ¿Cómo? Porque empieza a tener aire. A tener aire, ¿cómo? Como está, así de esa forma.*

Si bien es cierto que en forma de “barquito” la plastilina sí puede flotar, no se debe a que “tenga aire” (que de hecho no está contenido en la plastilina ni separado del resto del aire de la estancia, como sí es el caso de un frasco sellado) sino por el hecho de que la forma cóncava permite a la plastilina desplazar mayor cantidad de agua (y generar mayor empuje) por unidad de peso.

Discusión

En el presente trabajo se ha explorado el desarrollo de las explicaciones causales en torno a los fenómenos del ascenso del nivel de agua y de la flotación, en una muestra de adolescentes bilingües de una escuela Secundaria en Ayacucho. Los participantes fueron evaluados según el método clínico-crítico piagetiano y sus respuestas fueron analizadas a fin de elaborar una secuencia de desarrollo de sus explicaciones y, para el caso del ascenso del nivel del agua, contrastarlas con el desarrollo de algunas conservaciones.

Los datos obtenidos muestran una secuencia en el desarrollo de las explicaciones causales para la prueba del ascenso del nivel de agua que se asemeja a la secuencia originalmente propuesta en los trabajos de Piaget y colaboradores (Piaget y García, 1973). La secuencia original era:

IA: El nivel de agua no cambia al colocar el objeto. **IB:** El nivel de agua aumenta o disminuye por efecto del movimiento del objeto al descender (si el objeto es colocado de antemano antes que el agua, se anticipa que el nivel de agua no cambiará) **IIA:** El peso hace aumentar el nivel del agua. **IIB:** Reacciones intermedias con peso y “grosor”. **III:** Se comprende el papel del volumen, no el peso, como lo que desplaza el nivel del agua.

La secuencia que hemos encontrado en nuestra muestra es:

Explicaciones según el peso: el peso hace aumentar el nivel del agua.
Explicaciones según el volumen (parcial): Respuestas que oscilan entre el peso y el volumen. **Explicaciones según el volumen:** El volumen hace aumentar el nivel del agua.

Para el caso de las explicaciones en la flotación, se ha encontrado una secuencia de explicaciones similar a la de los trabajos de Inhelder y Piaget (1985).

La secuencia original era:

IA: el sujeto prevé que un objeto particular flotará o se hundirá si lo hizo antes pero no extiende sus propiedades a otros objetos ni ensaya una explicación general. **IB:** El sujeto ensaya explicaciones múltiples pero contradictorias entre sí (según peso, tamaño, etc.). **IIA:** explica según el material. **IIB:** explica según que el objeto esté “lleno” o tenga “aire”. **III:** explica según una coordinación de peso y volumen (densidad).

También hay coincidencias con el trabajo de Moreno, Sastre, Bovet, Leal (1998). Respecto a esto último debemos señalar una diferencia. La diferencia está en que ellas usaron como material dos pedazos de plastilina para indagar sobre la flotación, de los cuales uno en forma de bola se hundía y otro en forma cóncava (“barquito”) flotaba. A raíz de esto, su secuencia muestra un tipo de explicación según la forma (de la plastilina) pero no muestra una explicación según el material (pues no había otro material que la plastilina). Nuestro caso opuesto: ningún objeto (salvo el alambre) cambiaba de forma en nuestro instrumento pero sí teníamos diversos materiales (por lo que no hallamos explicaciones según la forma pero sí según el material). La secuencia de Moreno et al (1998) era:

Modelo Peso: los objetos pesados se hunden y si flotan es que no pesan lo suficiente. **Modelo Forma:** la disposición del material (su forma) causa que se hundan o floten. **Modelo Aire:** la presencia de aire causa la flotación y su ausencia el hundimiento. **Modelo de contraposición entre fuerzas:** la flotación se da cuando alguna fuerza inherente al agua es superior a alguna fuerza inherente al cuerpo; el hundimiento cuando se da al revés. **Modelo densidad:** los objetos flotan cuando el peso del volumen de agua que desplazan es mayor a su propio peso.

La secuencia encontrada en el presente trabajo es:

Explicaciones según el peso: los objetos se hunden o flotan según sean pesados o ligeros. **Explicaciones según el material:** el material determina si se hunde o no porque le da diferentes pesos a los objetos. Hay una relación directa

entre tener peso y hundirse. **Explicaciones según la “gravedad”**: el hundimiento o flotación se da según la “gravedad” (término utilizado por la muestra; no en el sentido propiamente físico) del objeto; no hay relación directa entre tener peso y hundirse. **Explicaciones según el aire**: los objetos flotan si están vacíos o tienen aire aunque tengan peso porque el aire/vacío lo compensa. Se hunden si están “llenos”.

El hecho de que se presenten secuencias semejantes en una muestra de un contexto social diferente al de la muestra de los trabajos originales sirve de apoyo para la validez de la teoría Piagetiana en el tema de las explicaciones causales, al menos en lo concerniente a los fenómenos físicos tratados en el presente estudio.

La convergencia en el desarrollo de las explicaciones causales en el mismo fenómeno físico por parte de grupos sociales y culturales distintos puede explicarse, en parte, como una manifestación del proceso de *equilibración* que regula la construcción de nuevos conocimientos y el desarrollo de la inteligencia en general (Müller, Carpendale, Smith, 2009). En otras palabras, en la medida en que el ser humano intenta asimilar un mismo fenómeno físico, que se rige por leyes universales, independientemente del medio social o cultural y, dado que el desarrollo de la inteligencia y el conocimiento se rigen por las mismas leyes -pues ambos son prolongaciones del funcionamiento biológico, cuyo desarrollo se rige por leyes biológicas comunes también (Piaget, 1972b; Messerly, 1996)-, las posibles explicaciones ofrecidas para un mismo fenómeno físico, si bien podrían ser muy diversas en un principio y verse influenciadas por las cosmovisiones locales, van a tender hacia la misma dirección, pues sólo así es que pueden lograrse explicaciones consistentes y cada vez menos contradictorias (es decir, tenderán hacia niveles crecientes de equilibrio). Esto no implica, sin embargo, que todas las personas en todas las culturas logren ofrecer las mismas explicaciones en el mismo momento de su historia individual o colectiva. Se necesitan de otros factores, además de la tendencia a la equilibración -como la maduración del sistema nervioso, la experiencia disponible y el medio social/cultural (Piaget, 1973)- para poder explicar los ritmos y matices del desarrollo de los

conocimientos. Lo que queremos decir es que, en la medida en que se den ciertas condiciones que faciliten que las personas puedan experimentar, discutir e intentar explicar un mismo fenómeno -del mundo físico, al menos-, se podrá observar una dirección común y convergente (una dirección hacia mayor complejidad y mayor superación de contradicciones). Dada la similitud de las respuestas encontradas con las respuestas indicadas en Piaget y García (1973) y Moreno et al. (1998), es factible suponer que el medio al que pertenecen los sujetos de la muestra cuenta con las condiciones necesarias (disponibilidad de materiales, oportunidades para jugar/experimentar, etc.) para que se dé el desarrollo requerido para explicar las causas de los fenómenos físicos en cuestión.

En lo que respecta a las relaciones entre el desarrollo de las operaciones y el desarrollo de las explicaciones causales, hemos podido ver en los resultados que no se trata de una relación de correspondencia generalizada, en el sentido de que no es lo mismo entender el papel causal del peso o del volumen que tener nociones de conservación de los mismos. En otras palabras, comprender la manera en que el peso o volumen pueden producir efectos en su interacción con otros objetos físicos no implica comprender que el peso o el volumen de un objeto se conservan a pesar de cambios en su apariencia (ni viceversa). Piaget y García (1973) mencionan que los dominios de la causalidad y las operaciones están interrelacionados en su desarrollo y que se potencian mutuamente, pero que, no obstante, son distintos entre sí. Ese “mutuo potenciamiento”, según nos muestran los datos recopilados, no parece ser un proceso automático ni generalizado a todos los aspectos de un fenómeno. En otras palabras, los progresos en un dominio no necesariamente van a acarrear un progreso (o al menos no un progreso de la misma magnitud) en el otro dominio. Para explicar estas diferencias es necesario remitirnos a las pruebas utilizadas. Una posibilidad es que las diferencias de desempeño en ambas pruebas por parte del mismo sujeto se deban a que las pruebas apuntan a aspectos diferentes del mismo fenómeno. La prueba de conservación del peso, por ejemplo, apunta a la comprensión por parte del sujeto de que el peso no varía a pesar de alteraciones perceptibles de la forma de la plastilina, mientras que en la prueba del ascenso del nivel de agua se apunta a la comprensión del peso como un factor cuyas variaciones de magnitud no

inciden en el ascenso del nivel del agua. La prueba de conservación alude a la independencia entre los cambios perceptibles de forma y los cambios de magnitud del peso (es decir, la plastilina mantiene su peso sin importar la forma que se le dé) mientras que la prueba del ascenso del nivel de agua alude a cambios de forma (cantidad perceptible de monedas) que *sí* llevan a un cambio de magnitud del peso. La prueba de conservación requiere diferenciar entre la forma perceptible del objeto y la magnitud de su peso mientras que la prueba de causalidad no requiere esta diferenciación. Entonces, las diferencias de desempeño entre pruebas puede deberse a que los sujetos que han mostrado un desempeño de mayor nivel en el instrumento de causalidad y no en el de conservación hayan tenido más oportunidades para experimentar con fenómenos causales relacionados con el agua y los objetos, no ocurriendo lo mismo en cuanto a su oportunidad para experimentar con los cambios de forma en objetos que no se acompañan de un cambio de magnitud (no logrando, por lo tanto, diferenciar entre ambos).

En cuanto a las implicancias de los resultados obtenidos, podemos resumirlas de la siguiente manera: 1) El hecho de que un fenómeno del mundo implique en su funcionamiento un factor determinado (como el peso o el volumen) no garantiza que el conocimiento de todos los aspectos del mismo factor (e.g. la conservación del peso vs. su papel como factor causal de un desplazamiento) vaya a desarrollarse con la misma complejidad. Por ello, es necesario que en el diseño de procesos pedagógicos se tomen en cuenta de manera explícita los diferentes aspectos de un mismo fenómeno, así como las diferentes relaciones existentes entre esos aspectos y otros fenómenos, para poder asegurar que éste pueda ser comprendido por los alumnos en la totalidad de sus aspectos y no sólo parcialmente. 2) Es necesario identificar las condiciones del medio social y físico que pueden favorecer el desarrollo del conocimiento en el ámbito causal, de modo que nuestra comprensión acerca de la “convergencia” observada en el desarrollo del conocimiento en medios sociales diferentes pueda ser sustentada y explicada a partir de datos más específicos. A partir de los resultados sabemos que los participantes han experimentado las condiciones necesarias para desarrollar los conocimientos que poseen, pero no está claro si estas condiciones son dadas por la institución educativa, su medio social, ambos contextos,

o algo más. Identificar las condiciones mencionadas permitiría poder replicarlas en otros medios, de modo que las instituciones educativas puedan estar mejor equipadas para ofrecer a los escolares las condiciones que su medio social y físico no puede. 3) Si bien se ha encontrado una convergencia en el desarrollo de conocimientos de tipo físico, esto no necesariamente implica que dicha convergencia se vaya a extender a todos los demás dominios del conocimiento. Los fenómenos físicos se rigen por las mismas leyes en todo el mundo (la gravedad acelera los cuerpos de manera proporcional a la distancia entre los objetos, los cuerpos menos densos que el agua flotan en ella, los eclipses ocurren con cierta regularidad, por ejemplo), por lo que es esperable que, en un intento por comprenderlos/asimilarlos, se lleguen a conclusiones similares en diferentes contextos sociales y culturales. Como ejemplo, la ciencia china hizo desarrollos en matemáticas (e.g. su propio “teorema de Pitágoras”) y física (e.g. estudios sobre el magnetismo, la óptica, etc.) de manera independiente a Occidente (García, 2000). En el caso del desarrollo del conocimiento de fenómenos de otro dominio, por ejemplo, el sociológico, podría no presentarse esta convergencia -o tal vez no en el mismo grado-, pues los fenómenos relacionados a lo social (como las instituciones) pueden verse afectados por factores históricos, ecológicos, geográficos, etc. que pueden alterar su naturaleza, mientras que los fenómenos físicos (gravedad, momentum, energía, electricidad, etc.) no se ven afectados por esos factores del mismo modo. En otras palabras, si bien es factible esperar que dos grupos sociales diferentes y desconectados -o poco conectados- entre sí desarrollen un conocimiento físico similar, no necesariamente sería factible esperar que construyan -por ejemplo- un conocimiento sociológico similar. 4) Dado que las explicaciones causales evaluadas en el presente trabajo son coherentes con los datos y la teoría piagetiana es factible apoyarse en las conclusiones de los trabajos originales realizados en otras muestras para informar los procesos pedagógicos y las políticas educativas de los contextos sociales evaluados.

Finalmente, podemos señalar entre las limitaciones del presente estudio lo siguiente:

1) Debido al tamaño de la muestra y a su rango de edad, no pudieron obtenerse todos los matices posibles de las secuencias de desarrollo. Se necesita una muestra más numerosa y

diversa en cuanto a edad para poder constatar la presencia de otros niveles o niveles intermedios que permitan mostrar con más claridad cómo se da la secuencia de desarrollo en los instrumentos utilizados. 2) El presente estudio arroja luces sobre la validez de la teoría en otros contextos sociales, pero se ha confinado a una muestra en una población específica. Es importante que se repliquen estos esfuerzos en contextos distintos y más diversos para contar con datos que permitan realizar comparaciones y generalizaciones (o, también, mostrar particularidades según el contexto local). 3) Los instrumentos utilizados apuntan a ciertos aspectos del desarrollo estructural del conocimiento. Pero las estructuras deben inferirse a partir del cruce de la información obtenida con múltiples instrumentos diferentes que apunten a las mismas estructuras. Se necesita, en este sentido, elaborar nuevos instrumentos cuya resolución requiera de las mismas estructuras, lo que también permitirá explorar con más precisión las relaciones entre el desarrollo de las operaciones y la causalidad (así como corroborar o no las secuencias de desarrollo).

En conclusión, el presente estudio ha permitido obtener evidencia a favor la validez de la secuencia de desarrollo del conocimiento de algunos fenómenos físicos en el dominio de las explicaciones causales. También podemos concluir que el desarrollo de nociones operatorias (como la conservación) y causales no necesariamente se da de manera simultánea para diferentes aspectos del mismo fenómeno (peso o volumen), aunque esto no implica necesariamente que el dominio de las operaciones y la causalidad estén inconexos entre sí. Esto último requiere de mayor investigación que permita ahondar más en la naturaleza de las relaciones entre los dominios mencionados.

Referencias

- Adjei, K. (1977). Influence of specific maternal occupation and behavior on Piagetian cognitive development. En P. R. Dasen (Ed.), *Piagetian psychology: Cross-cultural contributions*. New York: Gardner Press.
- Bovet, M. (1974). Cognitive processes among illiterate children and adults. En: J. W. Berry & P. R. Dasen (Eds.), *Culture and cognition: Readings in cross-cultural psychology*. London: Methuen.
- Bruner, J. (1966). *Studies in cognitive growth*. John Wiley: New York
- Cheng, P.W., (1993). Separating causal laws from causal facts: Pressing the limits of statistical relevance. En: Medin, D.L., (Ed.), *The development psychology of time*. New York: Academic Press
- Dasen, P. (1984). The cross-cultural study of intelligence: Piaget and the Baoulé. *International Journal of Psychology*, 19, 407-434
- Desrochers, S. (2005). La causalité physique chez l'enfant: faut-il abandonner les idées de Piaget?. *Archives de Psychologie*, 71, 25-47.
- Ducret, J.J. (2004). *Methode clinique-critique Piagetienne*. Genève: Service de la Recherché en Education
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción: de las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa
- Gottret, G. (1994). Estructuras cognitivas y afectivas de madres y niños andinos. *Educación, Lengua y Cultura*, 1(1), 18-23.
- Greenfield, P. (1976). Cross-Cultural research and piagetian theory: paradox and progress. En: Riegel, K.F. y Meachan, J.A.(editores): *The developing individual in a changing world. Vol 1 – Historical and cultural issues*. The Hague: Mouton

- Greenfield, P. (1997). You can't take it with you: why ability assessments don't cross cultures. *American Psychologist*, 52, 1115-1124.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (1993). *Manual del empadronador*. Lima: INEI
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). *Censos Nacionales de Población y Vivienda*. Lima: INEI
- Inhelder, B., Piaget, J. (1985). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Barcelona: Paidós
- Laurendau, M. y Pinard, A. (1962). *La pensée causale*. Paris: Presses Universitaires de France
- Laurendeau-Bendavid, M. (1977). Culture, schooling, and cognitive development: A comparative study of children in French Canada and Rwanda. En P. R. Dasen (Ed.), *Piagetian psychology: Cross-cultural contributions*. New York: Gardner Press.
- Meza A. & Sirlopú D. (1997). La investigación psicológica peruana en temas piagetanos. En: Thorne, C. (comp.) *Piaget entre nosotros*. Lima: PUCP
- Ministerio de Educación (2009). *Diseño Curricular Nacional de la Educación Básica Regular*. Lima: Minedu
- Moreno, M., Sastre, G., Bovet, M., Leal, A. (1998). *Conocimiento y cambio. Los modelos organizadores en la construcción del conocimiento*. Buenos Aires: Paidós
- Opper, S. (1977). Concept development in Thai urban and rural children. En P. R. Dasen (Ed.), *Piagetian psychology: Cross-cultural contributions*. New York: Gardner Press.
- Paz, W. (2004). Aproximaciones a la inteligencia del niño andino a través de Piaget. *Boletín IFP*, 2(8).
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: Alcan

- Piaget, J. (1966). Need and significance of cross-cultural studies in genetic psychology. *International Journal of Psychology*, 1(1), 3–13.
- Piaget, J. (1972a). *El juico y el razonamiento en el niño: estudio sobre la lógica del niño*. México: Guadalupe
- Piaget, J. (1972b). *El nacimiento de la inteligencia en el niño*. Madrid: Aguilar
- Piaget (1978). *El desarrollo de la noción de tiempo en el niño*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica
- Piaget, J. (2009). La causalité chez l'enfant. *British Journal Of Psychology*, 100(1a), 207-224.
- Piaget, J., Bliss, J., Bovet, M., Labarthe, M., Szeminska, A., Vergnaud, G., Vergopoulo, T. (1972). *La transmission des mouvements*. París: Presses Universitaires de France
- Piaget, J., Bunge, M., Halbwegs, F., Kuhn, T., Rosenfeld, L. (1977). *Las teorías de la causalidad*. Salamanca: Sígueme
- Piaget, J., García, R. (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1971). *El desarrollo de las cantidades en el niño*. Barcelona: Novaterra
- Piaget, J., Inhelder, B. (2007). *Psicología del niño*. Madrid: Morata
- Price-Williams, D. R. (1961). A study concerning concepts of conservation of quantities among primitive children. *Acta Psychologica*, 18, 297–305.
- Reategui, N. (1990). *Estructuras cognitivas y afectivas de madres y niños andinos*. La Paz: Unicef y Min. Planeamiento y coordinación
- Sánchez-Parga, J. (1988). *Aprendizaje, Conocimiento y comunicación en la comunidad andina*. Quito: CAAP
- Shultz, T.R., (1982). Rules of causal attribution. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 47 (1, Serial No. 194)



Anexo A: Análisis individual – ascenso del nivel de agua y conservaciones

A continuación presentamos los análisis realizados para cada participante en las pruebas del ascenso del nivel de agua y las de conservación de sustancia y peso. Se consigan extractos de las entrevistas y se realiza el análisis según el transcurso de los extractos. Las intervenciones del investigador aparecen en negrita. Para cada participante se presenta primero el análisis de la prueba del ascenso del nivel de agua y luego los análisis de las pruebas de conservación de sustancia y peso. El análisis de las pruebas de conservación se ha limitado a constatar la presencia o ausencia del desarrollo de la conservación, pues lo que interesaba para el presente estudio era simplemente comparar este desarrollo y articularlo con el desarrollo en la prueba del ascenso del nivel de agua (para un análisis más profundo del desarrollo de las conservaciones ver Piaget & Inhelder, 1971). Los nombres de los participantes han sido sustituidos por abreviaturas. Solamente el caso de Con no presenta análisis de las pruebas de conservación porque éstas no pudieron serle aplicadas.

Riv – 18 años – 4° Secundaria

Ascenso del nivel de agua.

Riv piensa inicialmente que un cambio en la posición del pomo afectará el nivel del agua:

*Ahora, si yo lo echo así (horizontal), ¿a dónde crees que subiría el agua?
Llegaría hasta aquí creo. **Menos. Menos.***

Por otro lado, Riv explica el ascenso del nivel del agua en función del Peso del pomo:

*(Tras quitarle monedas al pomo) ¿Dónde crees que llegaría el agua?
Llegaría hasta aquí lo que ha entrado o hasta acasito también creo (Más abajo).
¿Por qué crees que llegaría hasta ahí? Que el contenido adentro lo sacamos, la*

mitad le quitamos, ¿no?, ahora pesa menos que antes que pesaba bastante, ahora pesa poco.

[...]

(Tras poner de nuevo las monedas) ¿a dónde llegaría ahora el agua? Llegaría hasta aquí (señala en el recipiente). ¿Y por qué llegaría ahí de ese modo? Porque contiene más cantidad de peso.

El papel del peso es concebido como algo cuya fuerza eleva el agua:

¿Y por qué llega hasta ahí? Hasta ahí que contiene el metal, el metal que pesa, también con la fuerza del peso el agua también se eleva.

[...]

(Tras indicar que el agua se eleva por el peso) Tiene más peso, ya... Con el peso, con la fuerza del peso también el agua se rebalsa. Claro. ¿Qué es lo que hace el peso con el agua, me puedes explicar? Porque el agua está tranquilo, ahí está tranquilo, ¿no?, cuando le soltamos el, así, un, que pesa, ¿no?, también el agua con todo, con la fuerza que sueltas abajo se eleva.

Vemos que para Riv el peso es el factor que explica el ascenso del nivel de agua. Para él, el Peso ejerce una fuerza y mediante esa fuerza es que el agua se eleva. Pareciera que está asimilando el ascenso del nivel del agua a la agitación que experimenta el líquido al insertarse un objeto rápidamente. Aunque es cierto que al soltar el pomo en el recipiente el agua se sacude, ésta finalmente retorna a su nivel más bajo posible por efecto de la gravedad, alcanzando un nivel más alto una vez que el pomo está dentro porque este ocupa un espacio.

Conservación de la sustancia.

Riv conserva la sustancia para el alargamiento:

¿Me voy a llenar con esta igual que si me como esta? Sí.

Una vez alguien me dijo que acá hay más plastilina porque es más largo, ¿tú qué piensas de lo que dijo? Porque en aquí no es... tiene la cantidad de que... es lo que es su menos que también a lo menos igual como es juntos igualitos eran... los han separado la mitad, así también se puede llenar con eso. ¿Y me llenaría igual con los dos? Claro.

Para el caso del aplastamiento, la conservación no se extiende al caso en que una bola es aplanada en exceso:

Si este por ejemplo yo lo aplasto así en una tortilla, ¿hay la misma cantidad de plastilina en los dos o hay... es diferente? Claro, sí. ¿Igual? Igual. ¿Hay la misma cantidad de plastilina en los dos? Claro. ¿Aún cuando este sea más plano? Si es bien plano no pues. Por ejemplo, si lo aplano así o lo aplasto más... ¿así te refieres? Ajá. Ahora, ¿hay la misma cantidad del plastilina o ya no? Ya no... que ya se vuelve bien delgado. ¿Y en dónde hay más plastilina? Al costado de aquí. Acá, ¿y hay menos acá porque es más... porque es más delgado? Delgado pues. Ya, pero alguien me dijo una vez que este es más delgado pero que también es más largo y que por eso había la misma cantidad de plastilina, ¿tú qué piensas de lo que dijo? No, para mi creo, si es la plastilina está bien delgado ya también se... así bien delgado, la plastilina ya pierde su poco de este... igual ya no es como el otro. Ya, o sea, habría menos plastilina acá. Claro.

En el caso del seccionamiento sí se observa la Conservación:

Por ejemplo, si este de acá yo lo corto en pedacitos ¿Dónde hay más cantidad de plastilina? Aquí pues. Ahí, ¿por qué dices que ahí hay más? Porque es un... tiene unas... cubierto una pelota y acá al costado parece la mitad y ahí también, ahí ya tienen que... si es... aquí tiene más, aquí también contienen el mismo, la mitad repartidos ¿no? le unimos lo mismo también. Entonces, ¿si hay la misma cantidad de plastilina? Claro. ¿Aunque esté así en pedacitos? Sí. Si lo reunimos se forma de

nuevo así ¿no? se vuelve. *Ya, una vez alguien me dijo que acá hay menos plastilina porque son pelotitas más chiquitas, ¿tú crees que tiene razón o que se equivoca? No. ¿No? No. ¿Qué piensas tú? Que en estas plastilinas... aquí están todas, chiquitas o grandes, ¿no?, si le unimos todo ¿no? lo unimos todo que también se convierte así en que tiene igual cantidad de plastilina.*

Conservación del Peso.

Riv no conserva inicialmente el Peso en el alargamiento:

Si esta yo la... la alargo como la otra vez, ¿va a pesar igual que esta o va a ser diferente? Diferente pues, ésta más pesa. ¿Cuál?, ¿la redonda? Claro. ¿Y por qué pesa más? Porque esa es redonda, ¿no? y que esto, que esta la has hecho bien plana, ya lo que tiene de cantidad de lo que pesaba tanto con esto igual, ya pues le separamos en largo, pesa menos pues. Y si por ejemplo yo los pusiera esto en una balanza... tú has visto las balanzas por ejemplo, vienen así con los bracitos, si yo pongo esto en un brazo y este en el otro, ¿va a estar igual o va a ser así o así? Que esto va a ser para abajo pues Entonces, ¿este pesa más? Eso pesa más.

Lo mismo para el aplanamiento:

Si aplasto esta de acá y la hago plana, ¿pesan igual o pesan diferente? Esto más pesa pues, que esto también más ya es un poco delgada, no pesa mucho eso. Pesa más la redonda. Ajá, claro. Ya, ¿y ésta por qué pesa menos, me decías? Ya porque ya le achicamos bien, bien delgada ya no tiene mucho que pesar, ¿no?, pesa poquito. Entonces, si yo lo pongo en una balanza va a estar así entonces (en desnivel). Claro.

En el seccionamiento se observa la misma falta de conservación:

¿Y qué tal si yo la corto en pedacitos como la otra vez? Así, ¿me puedes ayudar a hacer pelotitas? ¿Cuál pesa más?, ¿éstas de acá o ésta de acá? Esta. La

redonda. Ajá. ¿Por qué pesa más? Porque sigue... tiene más que... es que tiene más cantidad de peso, ¿no?, y eso también ya le estamos separando de la mitad, por eso pesa tanto, pesa poquito nomás. Ya, y si yo los pongo en una balanza por ejemplo, yo pongo todo esto en un brazo de la balanza y esto en el otro, ¿va a ser igual o va a ser diferente?, ¿o va a ser así o va a ser así?, ¿cuál piensas? Ese creo. Esta va a pesar más (señala la bola grande). Ajá. ¿La redonda? Claro. Un chico una vez me dijo que las pelotitas pesaban igual que esto porque son... si bien son pelotitas más chiquitas son muchas pelotitas y que por eso pesan igual, ¿tú qué piensas de lo que dijo? No. ¿No? No, ya pues, que... solamente la mitad de eso, que eso sigue el peso lo que tiene y le separaron tanto que ya no va a poder... Ya, entonces, igual pesa más la redonda. Claro.

Con – 15 años – 5° Secundaria

Ascenso del nivel de agua.

Con inicia su explicación del ascenso del agua invocando el peso del pomo:

Si yo pongo este pomito dentro de acá del agua ¿qué crees que va a pasar con el agua? Que se va a subir hacia arriba. ¿Por qué crees que va a subir? Por lo que tiene peso.

Esto se corrobora al comprobar que ella piensa que si el pomo pesa menos, el agua sube menos:

(Luego de quitarle monedas al pomo): Si meto el pomo ahora que tiene menos peso, ¿el agua va a subir igual que si tuviera todas las monedas o diferente? Diferente. ¿Va a subir más o va a subir menos? Menos. ¿Por qué va a subir menos? Ya no tiene el peso que tenía antes, va a ser menos y el agua que... como el agua se ha subido, ya no va a subir, como ya no tiene tanto peso, el agua va bajando.

Del mismo modo, piensa que al colocar más monedas en el pomo el agua sube más:

(Luego de colocar el pomo con menos monedas y marcar el nivel del agua con una liga) ¿Hasta dónde crees que va a subir el agua si le echo de nuevo las moneditas?, ¿va subir igual acá o más? Más. ¿Va a subir más por su peso? Sí.

Asimismo, vemos que Con no conserva el peso del pomo y cree que éste pesa más al estar en posición horizontal:

Y si lo echo, en vez de ponerlo así paradito, lo hecho así en el agua ¿va a ser igual? No, se va a subir más. ¿Por qué se va a subir más así? Porque está... porque va a tener un poco más de peso.

Más adelante colocamos el pomo con más monedas -incrementando su peso- y vemos que el nivel de agua no se ve afectado. A pesar de observar esto, Con no logra explicar lo que ocurre:

(Colocamos el pomo en el agua) ¿Hasta dónde llega? Hasta el mismo lugar. ¿Por qué crees que llegó al mismo lugar si tiene más peso? ...(no responde)

No obstante, empieza a comprender que la posición del pomo no afecta su peso:

Si en vez de ponerlo así (vertical), lo echo (horizontal), ¿a dónde crees que va a llegar? Igual. ¿Igual? ¿Por qué crees que va a llegar igual? Porque es el... creo que tiene el mismo peso.

Sin embargo, todo lo anterior no basta para ayudarlo a superar la explicación en función del peso:

Si le quito moneditas y lo [coloco] echadito también ¿va a llegar igual? No, ya no. ¿Por qué no? Porque el peso que tiene ya va a ser menor.

Vemos entonces que la explicación de Con se basa en que es el peso el causante del ascenso del nivel del agua, incluso a pesar de constatar directamente que el peso del pomo es irrelevante. Esto no debe sorprender, pues la explicación causal de un fenómeno va más allá de la constatación de regularidades (es decir, no basta con observar en múltiples situaciones que las variaciones en peso y posición del pomo no afectan el nivel del líquido).

Qui – 15 años – 3° Secundaria

Ascenso del nivel de agua.

Qui anticipa la elevación del nivel de agua y la explica oscilando entre el Peso y el Volumen:

¿Por qué se elevaría? Es que el pomito tiene peso y... aumenta su volumen, algo así en el agua.

Cuando se le pide una explicación, esboza una definición basada en el espacio ocupado:

¿Me puedes explicar eso? Cuando tú pones, este... Es sobre la materia, creo. Dilo con tus propias palabras. Ya. Cuando tú pones un pedazo o una cosa; no puede ocupar... una materia no puede ocupar en un mismo lugar del otro, como decirte un cuerpo no puedes... por ejemplo, el agua se puede rebalsar, si estaría lleno se podría rebalsar, porque no ocuparía, un cuerpo, ¿algo así?

No obstante, al confrontarla con situaciones en las que el pomo pesa menos o más - pero donde el volumen se mantiene- revela una explicación basada en el peso:

Y, por ejemplo, vamos a hacer esto... yo le voy a quitar un poco de su peso. Ahora pesa mucho menos. Ajá (sí). ¿Si yo pusiera este pomo aquí dentro, subiría igual que si tuviera estas moneditas? No, un poco menos, porque ya tiene peso menos, ¿algo así?

[...]

Vamos a poner de vuelta las moneditas, ya. Ya. Ahora, ya pesa un montón. ¿Puedes agarrarlo? Ya. Si vuelve a su peso de antes. Y si yo lo pongo esto así, ¿adónde crees que subirá el agua? Aquí (señala más arriba que el nivel al que llegó antes el pomo). A ver, ¿me puedes marcar más o menos? ¿Por qué crees que va a subir hasta ahí? Porque tiene más peso. Ajá.

Luego podemos observar un atisbo de oscilación entre las explicaciones según Peso y Volumen:

Y me explicas ¿qué es lo que hace el peso que hace que suba el agua y como funciona eso? Ah... ¿de ebullición?, algo así. Con tus propias palabras. Ah... no puede ocupar... tiene peso y por eso es que sube el agua.

Al ser confrontada con la experiencia y constatar que el nivel del agua no se ve alterado por las variaciones en el peso del pomo, Qui no logra resolver la contradicción:

[El nivel del agua] se quedó igualito, ¿no? Sí. ¿Por qué crees que se quedó igualito? ¡No sé! ¿Que se te ocurre? ¿Por qué si tiene tanto peso ahora, se queda igualito que antes que tenía menos peso? No tengo idea...

Conservación de la sustancia.

Qui conserva la cantidad de plastilina para el caso del alargamiento:

Por ejemplo, ¿si yo agarro esta y la empiezo a alargar así, en dónde hay más plastilina, acá o acá?, ¿o es igual? Es igual. ¿Es igual?, ¿por qué piensas que es igual? Simplemente esto lo has enderezado. Una vez, una chica me dijo que acá hay más plastilina que acá, porque esto es más largo, ¿tú qué piensas? Que están iguales, simplemente lo has enderezado y se ve casi más distante.

Para el caso del aplastamiento no ocurre lo mismo y Qui piensa que el aplastamiento reduce la cantidad de plastilina:

¿Qué tal si yo agarro esta y la empiezo a aplastar así?, la aplasto bastante, ¿hay la misma cantidad de plastilina en las dos o es diferente? Diferente. Diferente. ¿Dónde crees que hay más plastilina? Aquí (la bola). Acá. ¿Por qué dices que en la redonda hay más? Es que esto no está tan machucado que digamos y aquí está muy machucado, y hace que la plastilina se pegue más y se haga más poco. Ya. ¿Hay más cantidad de plastilina acá, me dices? Ajá.

Pero pronto supera esto y logra conservar la cantidad de plastilina:

Una vez una chica me dijo que en realidad eran lo mismo porque, aunque esto está menos machucado, solamente se le ha aplastado nomás y que uno lo podía convertir en pelota de nuevo, pero que siempre era lo mismo. ¿Tú crees que tiene razón o no? Sí. ¿Sí? Entonces, ¿hay la misma cantidad de plastilina acá que acá? Sí. ¿Aunque este esté más aplastado? Claro Si, por ejemplo, le empiezo a aplastar más, así, hasta más todavía. Bien, bien aplastado, ¿ya está?, más aplastado todavía, ¿tú qué piensas, hay igual de plastilina acá que acá? Sí. ¿De todos modos? Sí, no, no se cambia de ninguna manera. ¿Me explicas eso? No, es que, por más que esté más apretado, sigue siendo el mismo plastilina.

Para el caso del seccionamiento Qui logra conservar la cantidad de plastilina:

Y qué tal si este de acá lo empiezo a cortar en pedacitos con esto, ¿me ayudas a hacer pelotitas con estos pedacitos? Acá tenemos todas estas pelotitas, ¿en dónde hay más plastilina?, ¿acá o acá?, ¿o es igual? Igual. Igual, ¿y por qué piensas que es igual? Simplemente lo has partido y sigue siendo igual. Ya, una vez, alguien me dijo que acá hay menos plastilina, que en todo esto hay menos que acá porque son

pelotitas más chiquititas. ¿Tú qué piensas? Sigue siendo el mismo si lo vuelves a juntar, va ser una pelota igual, del mismo tamaño.

Conservación del peso.

Qui comienza conservando el Peso para el alargamiento:

Si yo a esta la empiezo a aplastar así y la empiezo a alargar. ¿Cuál pesa más?, ¿esta o esta?, ¿o pesan iguales? ¿Puedo levantarla? Claro, sí. Iguales. ¿Pesan lo mismo? Sí. ¿Por qué pesan lo mismo? Porque simplemente lo has convertido esta y pesan iguales. Ya, y si lo alargo más todavía. Van a seguir pesando igual.

Aunque su juicio no es estable y piensa que en una balanza la bola pesaría más:

¿Si yo pongo esto en un lado, y este en el otro brazo, va a pesar, se va ver igual?, ¿o va ser así? Este creo que pesa más. ¿La redonda? Ajá. ¿Y por qué piensas que va a pesar más? Es que la redonda tiene más peso y esta está muy largo, y según que se va alargando ¿va a pesar menos?

[...]

Ya, un ratito. ¿Y por ejemplo, si esto lo pongo así parado en la balanza, pesarían igual o pesarían diferentes? Igual. ¿Igual que esta? Así igual de frente. ¿Cuál pesaría más? Esta (la bola). ¿La redonda?, ¿por qué piensas que pesaría más la redonda? Porque sigue siendo lo mismo y esto está cambiando de posición. Entonces, me dices que al final, ¿cuál pesa más de estas dos? Esta (la bola).

Vemos luego que ante una sugerencia contempla la posibilidad de que el Peso sea el mismo:

Una vez, le pregunté esto a un chico y me dijo que en realidad pesaban lo mismo, que esto está más largo, pero que eso no importaba porque siempre iba a pesar lo mismo, no importa que le cambies la forma. ¿Tú qué piensas de lo que dice?

Sí, también puede ser. ¿Puede ser? ¿Cuál crees tú?, ¿cuál va a pesar más? Pesan iguales. Igual, ¿y por qué piensas que pesan igual? Porque lo has convertido así y así; y ¿sigue teniendo espacio?

¿Y si yo los pongo en una balanza, la balanza va a decir lo mismo o va ser uno más arriba que el otro? Sí, igual.

Para el caso del aplastamiento logra conservar el peso:

Y por ejemplo, si esto lo aplasto así, como antes, estoy así. ¿Van a pesar igual o diferentes? Igual. Igual, ¿y por qué pesan igual? Lo has convertido esto y tenía el mismo peso, y por más que lo conviertas, tiene el mismo peso. Ajá, ¿y no importa si lo aplano más? No. Si lo pongo así, más estirado ¿va a pesar igual también? Sí. ¿Y si lo pongo en una balanza?, ¿qué va a decir la balanza? Igual.

Lo mismo para el caso del seccionamiento:

¿Cuál pesa más, estas [pelotitas] de acá o esta grande redonda? Iguales. ¿Igual pesan?, ¿por qué piensas que pesan igual? Porque simplemente lo has convertido esto así, lo has partido nomás. Ya. ¿Y si lo pongo en una balanza, qué va a decir? Iguales. ¿Igual también? Ajá.

En general, Qui logra conservar tanto el peso como la sustancia. Su juicio fluctúa un poco en el caso de la conservación del Peso, pero logra al final la conservación.

Cca - 14 años - 4° Secundaria

Ascenso del nivel de agua.

Cca comienza dando una explicación según el peso. Piensa que el peso “empuja” el agua y que este empujón hace que se desplace el líquido.

¿Por qué subiría? Porque tiene un peso, tiene su cuerpo y peso aproximadamente y al entrar tiene una reacción, diré, en otras palabras, empuja y como el agua no tiene para expandirse para otros sitios, como está [en]cerrada el agua, busca el espacio y reacciona fuertemente hacia arriba y sale.

También indica que la intensidad del peso es lo que influye en el nivel del agua:

También le puedo decir según el peso, si le quitas la mitad, la mitad, por un poco la mitad, un poco bajaría; así no más la mitad, mira...

Además de la intensidad del peso, Cca concibe el efecto del ascenso del nivel de agua como producido también por el movimiento:

Tú me dices que si hay menos peso, ¿cuántos subiría?, ¿subiría lo mismo que si tuviera todas las moneditas? No, disminuiría el este porque todo está puesto acá, tiene una fuerza, tiene una fuerza, pero si está inmóvil esa fuerza no se mueve, no se activa; pero cuando tiene movimiento, por ejemplo, tú lo pones acá la fuerza va reaccionar y al agua la va expulsar, va tratar de buscar espacio; también si le disminuyes no va tener tanta fuerza ya, va tener poca fuerza ya.

Esto se relaciona con el hecho de que Cca crea que si se coloca el agua después del pomo el resultado será diferente porque “el agua tiene menos potencia” y “busca ubicarse despacio”:

(Al preguntarle si el agua subiría de la misma manera si primero se coloca el pomo y luego el agua): ¿va subir de nuevo el agua o va ser diferente? Va subir el agua, ajá, el agua va subir...no porque el agua tiene menos potencia que el “este” y, este, el agua busca ubicarse despacio y como no va a haber tanta fuerza que le expande...

Pero poco después, al preguntarle por la misma situación de poner primero el pomo y luego el agua, cambia de opinión hacia una explicación en función del espacio ocupado y piensa que el nivel del agua no cambiará (correcto):

¿Hasta dónde va llegar el agua?, ¿va llegar el agua hasta acá? Sí, igual. ¿Igual acá o va subir? Sí, igual porque ocupa el mismo este. Solo que, este, el agua, por ejemplo, el agua está normal acá, solo que el agua al reaccionar, cuando pongo el pomo el agua reacciona al buscar su espacio, no va hacer el mismo espacio porque este le está ocupando un lugar en el espacio, en espacio, en el vaso que contiene el agua, por eso si este va ser el mismo, que ocupaba el mismo, le pones agua, lo mismo va a ser.

Es interesante observar que, al preguntarle si un cambio en el peso del pomo tendría efecto en el ascenso del nivel de agua, Cca vacile brevemente, pero regresando con rapidez a la explicación según el espacio ocupado, logrando mantener la coherencia y revelando que ha progresado en el rumbo a superar la contradicción mediante una diferenciación:

Si yo ahora le pongo las moneditas de nuevo, ¿Adónde se iría el agua? Más ya. ¿Más?, ¿adónde más?, ¿un poquito más? Espérame, no, ya te digo, como esto, como le has puesto más moneditas, como ya tiene su peso al agua lo va, como dices, el agua con fuerza va subir, pero si va subir con fuerza, pero va llegar al mismo lugar que cuando estaba con esto, ahí. ¿El peso va hacer que suba más o no importa? No, no importa, solo que el agua va a salir un poco, como hacia arriba, pero va a bajar, va volver a su normalidad que esta línea.

Las palabras de Cca dan cuenta de una nueva construcción. Al principio, Cca pensaba que el peso del pomo era el responsable del ascenso del nivel de agua. Concebía la acción de ese peso como algo que “empuja” el agua y provoca su ascenso al moverse. En parte, esto es verdad, pues un objeto que impacta a una masa de agua (lo cual implica movimiento) provoca una sacudida de la misma, pudiendo hacer incluso que algo de agua

ascienda a niveles altos. No obstante, esta sacudida violenta del líquido no explica el ascenso del nivel de agua, que tras dicha sacudida regresaría a su nivel más bajo posible (por efecto de la gravedad). En la cita que precede podemos ver cómo el mismo Cca se da cuenta de esto, acercándose a comprender que el cambio en el nivel del agua se debe a que el objeto colocado produce un desplazamiento de líquido, siendo este desplazamiento correspondiente al volumen del objeto, no a su peso ni a la magnitud del impacto del objeto arrojado contra el agua.

Por otro lado, constatamos que Cca no conserva el peso del pomo y piensa que cambiando su posición (colocado el pomo en horizontal) se altera su peso (parece no diferenciar entre *peso* y *presión*):

¿Y tú crees que en vez de ponerlo así paradito lo pongo echadito va ser diferente? Sí, sí puede ser porque varía el peso de las monedas, de las monedas, de este peso... porque así al poner está el pesó, así para abajo se va, un sitio nomas; pero de repente si pones acá, va haber varios pesos que va estar este.

No obstante, al preguntarle luego por lo mismo (si el nivel del agua sería diferente al poner el pomo echado) cambia de opinión y explica el ascenso en función del espacio ocupado:

¿Va subir más o va subir menos? Más creo. No, menos, menos como está ahí parado. Sí igual creo. ¿Por qué crees que sería igual? Mira, esta trayectoria despacio, este... el peso o el bloque que tiene su masa hasta acá, mira, aproximadamente hasta acá sería, ese lugar que ocupó lo expandió, pero si también si lo volteas [el pomo] esto, como dices, mismo lugar, mismo este va a ser. Pero solo, mira, como me está haciendo así, solo en así, solo variaría en su peso.

Curiosamente, dicho cambio en el factor explicativo (de peso a espacio ocupado) no va a acompañado de una conservación del peso del pomo.

Hacia el final del interrogatorio examinamos esta falta de conservación y constatamos que, efectivamente, Cca no conservaba el peso a pesar de que su explicación del ascenso del nivel del agua hubiese girado hacia el espacio ocupado por el pomo como factor:

Este pomito, ¿tú crees que pese diferente que si lo pongo así que si lo pongo así? Sí, te dije que pesaba diferente porque al hacer así esta acumulado en un sitio, pero al hacer así está en varios tipos de... por ejemplo, tú estarías en una cama, una cama que sería medio colchón paraíso, tú te paras, tiras hasta dentro, claro, ya también si te echas, un poco, no más. ¿Y si lo ponemos en una balanza qué va decir la balanza?, ¿qué es igual o que es diferente? Que es diferente.

Incluso al comprobar con una balanza electrónica que el peso del pomo se conserva con independencia de su posición, Cca no logra conservar el peso:

¿Por qué pesa igual si está echado, si está parado?, ¿por qué la balanza dice lo mismo? Este, yo como en antes te dije, que si el pomito así sería, yo te dije que, ahora sí ya tengo eso porque al hacer así como está lleno, está lleno de monedas y no tienen espacio, si abro un espacio, al poner así, variaría el peso. Está lleno.

El hecho de que Cca crea que pesa lo mismo porque las monedas “no tienen espacio” y que si al abrir un espacio sí variaría el peso indica que no ha diferenciado entre peso y presión (lo cual le impide conservar el peso).

Comprobamos esta falta de conservación del peso con una bola de plastilina, repitiendo la experiencia clásica de la conservación del peso:

Si yo, por ejemplo, lo aplano así, ¿tú crees que va pesar igual o va pesar diferente? Va a pesar diferente. ¿Por qué va pesar diferente? Este... a ver...porque el peso ya...porque la masa ya no está unida para que pese más y, este, porque le has

extendido y la masa o el cuerpo se ha distinguido y los pesos se han separado. Y si hubieran juntado, ahí pesa más.

La misma falta de conservación se ve cuando preguntamos si la bola de plastilina pesaría lo mismo al partirla en varios pedacitos:

¿Y si esto lo parto en varios pedacitos? Ahí sí va pesar menos. Ya. ¿Me puedes explicar eso? Por ejemplo, cuando estábamos pensando acá más, este se va disminuir el peso, se va disminuir el peso porque está separado, aplanar y al separar ya se está distinguiendo el peso. Pero también en otras formas puede ser igual, tú lo estás separando, si está unido, todo mide ese peso y al separar ya disminuye.

Al parecer, la transición del peso hacia el volumen como factor explicativo del ascenso del nivel de agua no va acompañada de una conservación completa del peso.

Conservación de la sustancia.

No es comprensible para el caso del alargamiento:

Por ejemplo si yo esta de acá la hago así, la alargo y la convierto así, ahora, ¿son iguales o ya no? Sí, igual, solo que la cantidad varia. ¿A qué te refieres con que la cantidad varía?

Solo que por ejemplo en la cantidad acá, está en forma en una bola o en circunferencia que está adentro, ya también si esta sería igual que esta, mira, esta va una cantidad echada y solo que comparando con esta es más alta, más grande, pero si está hecha de las dos cantidades sí son iguales porque este fruto con este fruto son iguales, porque esta fruta al extender por ejemplo al que esta grande la fruta ya tiene este pues, su espacio y contiene adentro...

Para el aplastamiento parece haber conservación:

Qué tal si ahora hago esto de acá, y la aplano, y la deajo así, ¿son iguales o ya no son iguales? El pan, en este tipo, sí son iguales porque, te quiero hacer entender, que primeramente tú me das las plastilinas, ciertas cantidades son iguales pero si tú varias en otras formas de figuras va a ser combinación, va a ser este misma cantidad.

¿Cómo va a ser la misma cantidad?, un chico me dijo que acá había más porque es más así, más largo, ¿tú qué piensas lo que él dijo? No, sobre mi analización para mi, es que son iguales y la misma cantidad sabes por qué, porque varía la figura, la figura y en la grande sabes por qué, porque si yo la aplasto esto también igual va a ser.

En el caso del seccionamiento hay conservación, aunque no estamos seguros por el lenguaje confuso:

Ya, bueno, hemos cortado esto en varias pelotitas, ¿no es cierto?, ahora que está en pelotitas es igual esto de acá que esto de acá. Sí, por supuesto que es igual. Me puedes explicar por qué. Por qué, porque mira si tú lo comes esta, te comes esta, las seis pelotitas te llenas igual que esta, porque tiene la misma cantidad solo que varía en la figura que has hecho. Lo que pasa es que un chico una vez me dijo que acá habían más porque habían más pelotitas, que acá hay seis y acá hay una, ¿tú qué piensas? No, ya también puede ser que como dicen otras formas, que comer poco lento, mira, yo por ejemplo me lo como una por una, lento, por ejemplo si me como un trozaso me lo como, es más que esta así y variable con esta... Sí yo me lo como así de frente. Ahí igual va a ser, mira según los de los chinos, de los japonés, con los palitos comían poco a poco se llenaban menos, en acá comemos mucho con la cuchara y nos aumentamos también.

Conservación del peso.

No hay conservación para el alargamiento:

Qué pasa si yo a esta, así como antes, la alargo así ¿va a pesar igual o va a pesar diferente? Va a pesar diferente. ¿Por qué cree que va a pesar diferente? Porque este como te digo, esto ocupa un espacio en un lugar y esta también, ¿en qué forma me la das?, ¿así o así? A ver, si te la doy así. Ya me la das así, tú al ver mira, el sitio, el lugar o el espacio que tienes acá, el tamaño mira, por ejemplo en un colchón, hay un colchón si yo me echo mi peso va a variar, si yo estoy parado el colchón se va a hundir más igual formas que te digo el peso como las cantidades que tú me diste, el peso de acá, va a variar, ¿por qué?, porque el cuerpo está esparcido, el peso más formas tiene que estar durmiendo, esta echado. Sí me das así, el peso también variaría en acá abajo. Si esto está así parado, ¿cuál pesaría más?, esta o esta. Iguales... espera un rato, déjame pensar. No, está bien dime lo que tú piensas. Esta. Est pesaría más, ¿por qué dices que pesaría más...? Porque tú ves la base, mira, ves como está el cuerpo, está un poco gorda diré esta forma y este está bien derecho y sabes que como el peso está arriba, crece más, con el tamaño o como te expliqué en la primera.

Para el caso del aplastamiento tampoco hay conservación:

Son pelotas, y a esta ahora la aplasto así, ¿cual crees que va a pesar más esta pelota o esto que está aplanado? Esta con este, este de ahí está. Y por qué crees que va a pesar más.

Porque al explicar que esta pelota, mira, como te expliqué en el primero, esta pelota tiene más pendiente y al aplanar más mira, observa, también en otras ocasiones puede ser que mi duda está fallando, sabes por qué, porque voy al ver esta que es más cantidad que puede variar su cantidad que haga adentro o puede alterar un producto acá, por ejemplo mira, compárale, cuál pesa, esta pesa más, porque ésta esta variando su producto y como es una pelota está en circular, mira, y este ya se expandió, si como tú me dijiste antes así creo, ¿cuál pesa más?, esta sabes porque, como te dije antes, ésta esta variada en una así, esta expandida, ya como también me dices que ahora es así, como mediante un pan, esta va a pesar más, sabes por qué. ¿Por qué? Porque sus exteriores al ver que todo está aplanado, entonces esto va a pesar más y va este

*también a ocupar más espacio. Y si por ejemplo lo pusiéramos en una balanza, tú has visto la balanza que tiene dos bracitos, por ejemplo si los pusiéramos este en un lado y este en el otro, ¿cómo se vería la balanza?, ¿estaría igual o sería diferente? Diferente. ¿Cuál estaría más abajo?, ¿cuál brazo estaría más abajo? Según ya, como me dice que son iguales este... **El aplanado.** Espérame un rato... no puede ser que esta o esta, ésta... **La redonda.** Ajá... **Ya y porque...** Ésta sí un poco más.*

En el caso del seccionamiento tampoco hay conservación:

Y ahora qué tal si lo volvemos pelota de nuevo, una vez más... ¿ahora están iguales de nuevo? Ajá. Qué tal si hacemos esto de nuevo, lo cortamos en pedacitos chiquitos, ¿puedes ir convirtiendo esto en pelotitas, esto de acá? Ajá. Acá tenemos esta pelotita y acá tenemos otra pelotita, ¿cuál pesa más? Esta de acá. ¿Por qué esa pesa más?

Porque acá en otras formas sería que tu cuerpo está dormido y en una forma nomá, en un espacio nomá, si esta tú me das así, que las cantidades se dividieron en pocas y por ejemplo está cantidad, esta cantidad, si tu le pones esta va a pesar más, será más o menos así, porque esto se... tú ves que en acá el tamaño, tu lo esparces así, es más grande, si tú ésta, tú lo poner arriba así, así, así, como está esta va a abarcarse el tamaño solo que esta está extendida y ella también está así, por qué, porque estas pelotitas están al costado, están como dije, están propensas, tiene un espacio y en este espacio ocupan y pesa menos a diferencia de esto, pero allá también.

Auc – 17 años – 5° Secundaria

Ascenso del nivel de agua.

Auc comienza explicando el ascenso según el Peso:

Si yo pongo este pomito aquí encima en el agua, ¿qué va a pasar con el agua? Va a subir un poco por el peso que esto se va hundir. (Tras quitar monedas del pomo)

Ahora que pesa menos, si tú lo metes ¿subiría igual que si tuviera todo esto adentro?, ¿a dónde subiría? Un poco menos.

Pero rápidamente opta por una explicación según el espacio ocupado:

Ahora tú me dices que cuando esto tiene peso, el peso hace que suba el agua. ¿Cómo hace que suba el agua, qué hace el peso? Porque ya está adentro está ocupando espacio en el agua eso, hace que el peso suba un poco. El espacio que ocupa. Y el peso hace diferencia, ¿importa el peso? No. ¿Por qué no importa el peso? Porque igual este pomito va a ocupar el mismo espacio.

Pero este cambio en la explicación no es consistente y ella piensa que con más Peso el nivel de agua subiría más:

Si le meto las moneditas de nuevo, ¿a dónde crees que va a subir el agua? Un poquito más arriba.

Al constatar que el nivel del agua no se ve afectado por el Peso, ella empieza a dudar sobre dicho factor:

¿Hasta dónde subió? A lo mismo. ¿Por qué subió a lo mismo si tiene más peso? No sé. ¿Por qué crees tú? Será porque pesa muy fuerte.

Y vemos también que oscila hacia una explicación según el espacio ocupado, pero sin estar segura:

[...] Porque la botellita está ocupando el mismo espacio. A qué te refieres cuando me dices que ocupa el mismo espacio. Tiene el mismo tamaño, tienen el mismo nivel que esto. No sé.

Vemos entonces que Auc acomoda sus esquemas rápidamente para poder asimilar la experiencia y darle sentido al hecho de que el Peso del pomo varíe sin que varíe el nivel al que asciende el agua. No obstante, este cambio aún no es estable y ella misma no se muestra segura, oscilando entre la explicación según el Peso y el espacio ocupado.

Conservación de la sustancia.

Auc logra conservar la cantidad de materia en las bolas de plastilina para el caso en que una es alargada como salchicha. Apela al hecho de que no se ha quitado nada y resiste una contra-sugestión:

Si yo agarro esta y la alargó así, y la convierto así en algo alargado, ¿hay la misma cantidad de plastilina que acá (la otra bola) o es diferente? Sí, hay la misma cantidad porque solamente, no has quitado la plastilina; solamente le has alargado un poco más, esto la pelotita. Alguna vez, alguien me dijo que acá había menos porque es más delgado, ¿tú crees que tiene razón o no? No. ¿No?, ¿qué piensas? Que se tiene la misma cantidad de plastilina, porque no se le quita.

También conserva la sustancia en el caso en que se aplasta la bola:

Si yo la aplano así, la aplasto, ¿habría la misma cantidad de plastilina o sería diferente? Sí tendría la misma cantidad, porque igual esta la aplanamos e igual tiene la misma cantidad, lo ponemos en cualquier forma y tiene la misma porque no estamos quitando la plastilina. Ya, perfecto. Una vez alguien me dijo que acá había menos porque es mucho más delgadito, ¿tú crees que tiene razón o no? No. ¿Qué piensas tú? Que sí tiene la misma cantidad.

Y lo mismo para el caso en que se secciona una bola en varios pedacitos, esta vez apelando a la posibilidad de revertir la acción de seccionar para argumentar que es la misma cantidad:

¿Qué pasa si yo, por ejemplo, lo corto en pedacitos? ¿hay la misma cantidad de plastilina o es diferente? Sí. ¿Igual? Ajá. ¿Y por qué piensas que es igual? Que aunque lo hayas quitado, o sea, lo has hecho, si todo lo juntas, va tener la misma cantidad de plastilina que esta. Una vez alguien me dijo que acá hay menos plastilina que acá, porque acá todas son chiquititas, ¿tú qué piensas de lo que dijo? Sí, mira. Si es solo esta (señala un pedazo individual), entonces, obvio pues, esta tiene menos que esta ya (la otra bola entera). Pero si todo junto tiene igual, la misma cantidad de plastilina que esta grande.

Conservación del peso.

Auc parece conservar el Peso en el caso en que se alarga una bola:

Si yo, por ejemplo, esta de acá la alargo ¿va a pesar igual que esta o va ser diferente? No. Sí, sí pesan lo mismo. ¿Pesan lo mismo? Sí. ¿Aunque esta sea más larga? Sí, sí.

Aunque no ocurre lo mismo en el caso en que la “salchicha” está en posición vertical:

¿Y si lo pongo, por ejemplo, así [en posición vertical]?, ¿va a pesar lo mismo? No, así no. ¿Así no? No, así pesa menos, porque... no, no sé.

Vemos luego que su juicio fluctúa entre la no-conservación y la conservación:

Una vez, alguien me dijo que acá pesaba menos porque es más delgadita. Que acá pesaba menos que acá, ¿tú piensas que tiene razón o no? No, porque así, sí pesa casi similar a esto, ¿no? Pero así pierde un poco de peso. Ya. Cuando lo pones en una balanza, no creo que esta, esta pesaría... si esta paradita no pesa un poco menos que esta. Ya, ¿está pesaría más entonces, la redonda? Ajá. ¿Y si lo alargo más todavía?, más delgadita todavía. ¿Pesan igual o pesan diferente? Sí, pesan igual. ¿Pesan

igual? Ajá. ¿Cómo sabes que pesan igual?, ¿cómo estás segura? Porque tienen la misma cantidad de plastilina que esta.

Observamos algo similar para el caso en que una bola es aplanada. Auc comienza con una aparente conservación del Peso:

Si yo, a esta de acá, la aplasto así, la aplasto bastante para que quede bien delgadita. La aplasto así, ¿cuál pesa más o pesan igual? Sí pesan igual. ¿Pesan igual? Ajá. ¿Aunque ese esté muy delgadita? Sí. ¿Me puedes explicar por qué? Porque tiene la misma cantidad de plastilina.

Pero vemos que también oscila entre la no-conservación y la conservación:

Alguien me dijo una vez, que esta pesaba más porque esta está todo junto, ¿tú piensas que tiene razón o no? Sí, en eso sí. Sí creo que esta pesaría más que esta, porque esta está más junto y esta está más aplanadito. Si yo, por ejemplo, lo pongo en una balanza así, ¿cómo estaría?, ¿estaría igual?, ¿estaría así (un brazo más alto que el otro)? Ésta arriba y ésta un poco abajo. ¿Esta pesaría más, entonces? Digo esta, esta, ahí. ¿La grande pesaría más, no es cierto? Ajá.

[...]

¿Y si lo pusiéramos en una balanza, por ejemplo?, ¿estaría igual entonces? No sé. ¿Cuál estaría más abajo? Creo que un poco esto. Sí está bien, ¿la redonda pesaría más? Ajá.

La misma oscilación se ve en el caso en que se secciona una de las bolas:

Digamos que la cortas así en pedacitos. Entonces tenemos todas esas pelotitas acá, ¿cuál pesa más entonces, esta pelota acá o todas estas chiquitas? Estas chiquitas. Esas pesan más, ¿por qué pesan más? No sé. ¿Qué se te ocurre? ¿Porque

son separaditas? Entonces si, por ejemplo, los ponemos en una balanza, ¿cuál va estar más arriba?, ¿o van a estar igual? Este.

¿Esta va a pesar más, no es cierto? Ajá.

[...]

Una vez le pregunté esto a una chica, y me dijo que pesaban igual. Me dijo que están más separaditas, pero son más [pelotitas] chiquitas también, y que en total, pesan lo mismo. ¿Tú qué piensas? Sí, creo que tiene razón. Ajá, entonces, si lo pongo en una balanza, ¿cómo sería? Sería igual. Sería igual, ¿está bien así? Ajá.

[...]

Ya. Pero también le pregunté esto a otra chica y me dijo que esto pesa menos porque son un montón de pelotitas chiquitas, que esta pesa más porque es una grandota. ¿Tú qué piensas? Creo que pesarían igual porque aunque sean chiquitas, y esta grande, va a ser la misma cantidad que tiene la plastilina de estas chiquitas, aunque la hayamos convertido en chiquititas. ¿Entonces pesarían lo mismo? Ajá.

Podemos constatar que Auc no ha logrado conservar de manera estable el Peso de las plastilina. En algunos casos logra superar la no-conservación pero en otros parece no estar segura.

Lil – 16 años - 4ºSecundaria

Ascenso del nivel de agua.

Lil comienza con una explicación que fluctúa entre el Peso y el espacio ocupado:

¿Por qué sube el agua? Por el peso que tiene, ocupa un espacio...y el agua, no hay más espacio que éste y se va. Más se... qué digamos, más sube y más agua parece.

[...]

(Al ver que el nivel del agua sube tras colocar el pomo) [...] cuando el agua recibe el peso, una ocupación, ya no es como el antes cuando estaba al nivel, sino un poco más.

No obstante, el interrogatorio inicial revela la primacía del Peso como la causa del ascenso del nivel de agua:

(Tras quitar algunas monedas) Ahora ya pesa menos. Si pongo esto en el agua, ¿va a subir el agua igual que antes, cuando tenía esto (las monedas)? No, poco. ¿Menos? Menos nomás ¿Por qué va a subir menos? Porque el peso, por la... qué diríamos, mira, ya, se va, ¿no?, y el agua ya no le esto... qué diríamos, el peso ya no es lo mismo que del antes. Del antes sí un poco se rebalsaba pero ya no con el peso cuando ya lo disminuiste, ya no... el esto, el agua que iba a rebalsarse, ya no se rebalsa. ¿Y hasta dónde llegaría el agua? ¿Llegaría igual que antes o menos? No, menos.

Más adelante, sin embargo, observamos que pasa a explicaciones según el espacio ocupado:

¿A dónde llegará? ¿Va a llegar más, va a llegar menos, o se va a quedar igual?, ¿a dónde crees que va a llegar más o menos? Al mismo, porque el mismo nomás va a ocupar el espacio.

[...]

Si le pongo las moneditas y hago que pese más, ¿el agua llegará igual o va a llegar más, o menos? Igual. ¿Por qué piensas que va a llegar igual? Porque la misma espacio está ocupando. La misma botella nomás, no está tan grande ni...

Sin embargo, la transición no es estable y Lil aún cree que el Peso puede tener relevancia:

Ahora pesa mucho más ¿dónde crees que va a llegar? Un poco más, en esta raya... o en la misma. ¿Cuál crees? En ésta. ¿Más arriba? Ajá ¿Por qué va a llegar más arriba? Bueno, la misma botella pero un poco más de peso ¿entiende? La cantidad de peso, sí pueda que se aumente un poco.

Pero, inmediatamente después de comprobar en la experiencia que el nivel de agua no se ve afectado por el Peso, Lil logra la transición a una explicación según el espacio ocupado, incluso proponiendo como ejemplo que un objeto de un *tamaño* mayor sí podría hacer incrementar el nivel del agua:

Ya. Vamos a probar: llegó igual. ¿Por qué llega igual si tiene más peso ahora? En antes sí estaba un poco confundida, pero ahora sí estoy bien. Mira, la misma botella, el mismo peso, pero el mismo nomás está ocupando y no aumenta de la misma línea, del mismo nivel nomás, pero si pusieras otro, de otro tamaño, sí aumentaría. No, esto... el peso no.

Aunque esta transición no implica por sí sola la conservación del Volumen del pomo:

¿Y qué te parece si en vez de ponerla así (vertical), la ponemos así (horizontal)?, ¿va a subir igual, o va a subir diferente? Un poco va a subir. ¿Un poco más?, ¿por qué va a subir un poco más? Porque más espacio va a ocupar. ¿Cómo así?, ¿me explicas cómo va a ocupar más espacio? Ya. El agua, antes usabas así: la pequeña nomás se utilizaba, esta parte nomás, pero si vas a ponerla así, más va a utilizar el espacio que tiene el agua y... un poco.

Curiosamente, al comprobar luego que el nivel del agua no se ve alterado por la posición del pomo, Lil vuelve a invocar el papel del Peso, lo que revela una transición aún incompleta:

A ver, vamos a probar... ¿hasta dónde llegó? La misma. ¿Por qué llegó a la misma, de haber estado echadita? Porque la misma nomás está. El mismo tamaño y el mismo peso.

Conservación de la sustancia.

En el caso de alargamiento hay conservación:

¿Qué pasaría si yo por ejemplo hago esto? Y la alargo así como una salchicha; ahora, ¿hay lo mismo para comer en los dos o alguien tiene más para comer que el otro? Este más... esto, más largo tiene pero esta no, en forma redonda. Ya, y por ejemplo, si yo me como esta redonda, ¿me voy a llenar igual que si me como esta de acá? Sí. ¿Sí?, ¿por qué sí tiene forma diferente?, ¿me puedes explicar? Sí, en la forma mira, antes de la pelota, bueno, son iguales casi, iguales, similares; si lo conviertes de una pelota a una salchicha, son iguales, nada más se varía en la forma en la que está... en la que lo pusieron en el nombre pues.

Para el aplastamiento hay una confusión, por lo que no estamos seguros de que hay o no conservación:

Algo así por ejemplo, lo dejo así aplanado, ¿son iguales o ya no? No, se ha alargado, se ha anchado más, a este qué diríamos... se ha crecido más pues, que esta, es una pelota más, una redonda, que esta es una plana ya también. Y si yo por... si yo por ejemplo me como esta redonda, ¿me voy a llenar igual que si me como esta de acá? No. ¿No? De esta con su sabor te vas a llenar. Con esta me voy a llenar más, ¿por qué dices que me voy a llenar más con esa? Por el sabor que tiene. Con el sabor... digamos que... por la cantidad de plastilina que hay, ¿cuál me va a llenar más? O por ejemplo, si tú tienes esta redonda y yo tengo esta aplanada, ¿los dos tenemos la misma cantidad de plastilina? Sí ¿Y cómo así? Me puedes explicar porque una vez alguien me dijo que acá hay más plastilina porque está más ancha, ¿tú qué piensas de lo que dijo esa persona? Ah también sí porque quedaríamos cuando hacen una pan una masa, no sé, para que pueda madurar, para que pueda hacer una pan grande y esta sí lo podría hacer.

En el caso del seccionamiento parece no haber conservación, pero la confusión no nos permite estar seguros:

Ahora, igual como estábamos diciendo, si imaginamos que esto se puede comer, ¿qué pasa si yo por ejemplo lo corto en pedacitos? Lo voy a cortar en varios pedacitos... así... por ejemplo, armo pelotitas con esto, ¿me puedes ayudar a armar pelotitas? Ya. Pero... son de diferentes tamaños. Claro, pero imaginemos... si yo me como todo esto, ¿me voy a llenar igual que si me como esta grandota? No. ¿No? Porque esta vas a agarrar y vas a masticar mientras aquí lo vas a masticar así a grandes bocotas, pero mientras que esto con la delicadeza que tiene lo vas a comer. Y si te pregunto, por ejemplo, ¿en dónde hay más plastilina?, ¿acá o acá? Acá. Acá hay más plastilina, ¿por qué hay más plastilina? Porque ahí quedaríamos que lo han separado y que así varias estos... varias pelotitas, que si tú lo masticas agarras uno por uno mientras que en la grande no, te lo comes así.

Conservación del peso.

No hay conservación para el alargamiento:

Si yo por ejemplo esta, así como la otra vez la aplasto, la hago larga como una salchicha, ¿cuál pesa más ahora o pesan igual? Pesa igual. ¿Pesa igual?, me explicas por qué pesan igual. El otro... la misma cantidad son pero varían más en sus tamaños o en su forma que está. Por ejemplo, si yo los pusiera en una balanza estos dos, ¿cuál pesaría más? Que esto tiene equilibrio. ¿A qué te refieres con que tiene equilibrio? Mira, en una balanza lo pones, ¿no?, bueno, lo pones... como es una redonda nada más no tiene esto y esta también tiene equilibrio, de la mitad pesa ya esto, igual para acá igual para el otro lado que tiene equilibrio y acá ya también no, entonces de frente se les... Entonces, tú sabes que las balanzas tienen como que un barcito así; si yo le pongo esta en un brazo y está en el otro, ¿sería así, sería así o sería así? Sería... Ajá, por ahí. ¿Así? O sea, esta pesa más entonces. Que esta tiene equilibrio, tiene forma. Por ejemplo, una vez le pregunté esto a una chica y me dijo

que pesaban lo mismo porque si bien esta es más larga también es más delgada pero que sólo ha cambiado la forma, ¿tú qué piensas de lo que dice ella? Ella decía que... También si está bien esa parte, sí, por lo que diríamos... por el mismo contenido que tiene, que pesa, y mientras esto si lo cambias la forma también pesa igual. Pesa igual, ¿aunque le cambies de forma? Sí, algunas... algunas veces más. Ya, y por ejemplo, si yo en vez de ponerla así, la pusiera así la balanza, ¿pesarían igual o sería más arriba o así? Más abajito y esto más arriba... más arriba... Ya, esto pesaría más, ¿y por qué pesaría más esto? Porque es una redonda. Ya, esta alargada pesaría menos. Ajá, por el este... lo que está...

Tampoco hay conservación para el aplastamiento:

A ver, vamos a convertirlo en pelota de nuevo, ¿no?, para que pesen igual de nuevo... y qué tal si ahora hago esto y lo aplasto así como antes, ¿cuál es más ahora o pesan igual? Cuando tú lo pones en una balanza, ahí porque esta es plana, no pesa de frente mientras que esto sí. Entonces, ¿cuál pesaría más? Esta. La redonda Ajá. Ya, porque pesaría más, me estás diciendo algo de que... me dijiste algo... sobre esta me dijiste algo, ¿qué me dijiste? ¿Del equilibrio? No, de la masa que tiene. ¿A qué te refieres con eso? Me puedes explicar. Que la masa se ha estirado, no está ahí esto que diríamos, no está ahí... cerrado como esto. Ya. Mientras aquí ya también se han esparcido, se han separado.

Para el seccionamiento parece no haber una conservación inicial, pero luego se logra la conservación:

Ya, y que tal si hacemos igual como la otra vez que se recortan en pedacitos... así, chiquitos... ¿me puedes ayudar a convertir eso en pelotitas como la otra vez? Ajá. Ya, listo. Entonces, ahora tenemos todas esta pelotitas acá, ¿no?, ¿y cuál pesa ahora más entonces?, ¿todo esto de acá o esta grandota? Esta grandota. ¿Por qué acá esta pesa más? Porque acá se han separado en varias porciones pero no, son las

mismas pero está más pesa que... en aquí más cantidad tiene sus... más mientras aquí ya tienen separados. Y si los pusieran en una balanza, ¿cuál estaría más arriba o estarían igual? Estarían igual. ¿Pesarían igual? Ajá ¿Por qué pesarían igual? Por la cantidad que tienen. Me explicas eso. Por la cantidad que tiene esta parte, si pesa igual como esta, esta también pesa igual como el otro. Ya, pero tú me habías dicho que esta pesaba más que esa de acá, entonces, si las pongo en una balanza, digamos, si yo pongo esto acá, esto acá... yo lo agarro todo, ¿cuál de los brazos de la balanza estaría más arriba o estarían igual? Iguales. ¿Igual? Entonces, ¿pesan igual o pesan diferente? Pesan iguales pero la otra tiene diferente forma. Diferente forma. Por ejemplo, una chica me dijo que esta pesaba más porque acá había más pelotitas, ¿tú qué piensas de lo que dijo?, ¿tiene razón o se ha equivocado? No sé, comprobarle nomás eso.

Gom – 17 años – 5° Secundaria

Ascenso del nivel de agua.

Gom empieza explicando el ascenso del nivel de agua en función del espacio que ocupa el pomo:

¿Por qué estaría más arriba? Porque esto que pondríamos ocuparía un espacio más haciendo que el agua rebalse un poco.

También podemos ver que descarta el papel del peso e insiste en el papel del volumen:

Ya. Y por ejemplo si yo le quito parte de su peso... ¿crees que subiría igual o subiría menos? Subiría igual, de igual manera.

[...]

Si le pongo las moneditas de nuevo, por ejemplo, para que tenga más peso. ¿Adónde crees que va a llegar? Al mismo lugar.

[...]

¿Subiría igual que con estas moneditas adentro? Sí, porque la botellita sigue siendo la misma.

Y más adelante insiste en el papel del espacio ocupado por la botella:

Ya. Y me decías, ¿qué es lo que hacía que el agua subiera? Que la botellita ocupa otro espacio más. Ya. Haciendo que el agua suba más arriba.

No obstante, la explicación según el volumen no implica que desde el inicio exista una conservación del volumen del pomo:

Ah ya. Y por ejemplo, ¿hace alguna diferencia si yo la pongo, digamos si yo pongo la botellita así paradita es diferente si yo la pongo así? ¿Cuánto subiría el nivel del agua en los dos casos? Un poco menos sería. Un poco menos. Ya, ¿por qué subiría menos si es así? Porque está echada en el camión (¿en cambio?), ocupa más espacio. En la parte de abajo - en la superficie - cuando está parada en los costados hace que suba más el agua. Ya. ¿Y así?, ¿hay alguna diferencia? Sí, aumentaría la intensidad para arriba.

Aunque más adelante supera la falta de conservación que mostraba respecto al cambio de posición del pomo (vertical – horizontal):

¿Y si lo hecho, a dónde va a llegar si lo echo, al mismo lugar, más arriba o un poquito más abajo?... Al mismo lugar. ¿Al mismo lugar también?, ¿por qué al mismo lugar? Porque sigue siendo el mismo. ¿Importa si está echado o no? No. ¿Por qué no importa si está echado o no? Porque sigue ocupando el mismo lugar, porque el pomo sigue teniendo el mismo tamaño.

Conservación de la sustancia.

Gom logra la conservación en el alargamiento:

Si yo agarro esta de acá y la empiezo a aplastar así, la alargo, ¿en dónde hay más cantidad de plastilina?, ¿acá o acá? Sería lo mismo sino que están distribuidas nada más en la manera como están. Ya, ¿y no importa si esta está más larga? Sí. Si yo alargo más con el dedo, ¿habría la misma cantidad de plastilina acá que acá? La cantidad sería la misma pero la forma la haría ver como si estuviera más cantidad pero es lo mismo, contiene el mismo peso también.

Lo mismo para el aplastamiento:

Si yo por ejemplo le aplasto así, la dejo bien plana, ¿hay la misma cantidad de plastilina acá que acá? Sí, sino que lo que hace variar es la forma como está puesta o en la forma como lo has convertido. Una vez un chico me que dijo acá hay menos plastilina porque está muy aplastado y que si la aplastas mucho empieza a haber menos plastilina, ¿tú qué piensas? Sería lo mismo sino que mientras más lo aplastas trata de verse como si hubiese algo poco pero si lo vuelves al estado normal sería como si estuviera lo mismo.

Con el seccionamiento no hay una conservación inicial, pero rápidamente se hace la transición:

Y qué tal si ahora, por ejemplo, lo corto así en pedacitos, varios pedacitos chiquitos, ¿me ayudas a convertirlos en pelotitas? Entonces, acá tenemos todas estas pelotitas, ¿en dónde hay más plastilina?, ¿acá o en todo acá junto? En todo esto junto. ¿Acá hay más plastilina? Sí. ¿Por qué piensas que acá hay más? Porque la cantidad que estaría distribuida a cada uno contendría un poco más o, por ejemplo, acá tendría un poquito más que estas pero en cambio como es esta solo una tiene solo un conjunto, digamos, de peso, pero si juntamos varias sería distinto. Una vez alguien me dijo que en las dos, digamos, acá todo y acá hay igual cantidad de plastilina porque acá hay muchas pelotitas pero que si tú las juntas de nuevo vuelve a ser lo

mismo, ¿tú qué piensas de lo que dijo? Sí sería lo mismo, sí. Entonces, ¿hay más plastilina en uno o son iguales? Son iguales. ¿Y cómo estás seguro? Por ejemplo, porque acá uno ve y ve un montón de bolitas chiquitas, parece que acá hay más, ¿cómo estás seguro de que es lo mismo? Sería lo mismo porque... como eran dos bolas las dos y una de ellas la hemos convertido así en varias bolitas pero como sabemos que los dos eran del mismo peso y lo hemos convertido a uno, si esas bolitas lo volvemos a juntar, sería lo mismo al igual tendría el mismo peso, pero en cambio, si lo retiraríamos uno a esta (el conjunto de bolitas) sería ya distinta pero como no he retirado nada... Ya. Si por ejemplo, hago más pelotitas más chiquitas, ¿igual sería o sería diferente? Sería igual. Igual. Sí. ¿No importa que sean un montón de pelotitas chiquitas? Sí. ¿Y por qué no importa? Porque están separadas de una misma cantidad que está igual con el otro.

Conservación del peso.

Inicialmente no hay una conservación del peso:

Si esta de acá yo la alargo así como la otra vez, así... si yo la alargo así, ¿cuál va a pesar más o pesan igual? Va a pesar está un poco. Esta va a pesar más, ¿por qué piensas que va a pesar más? Porque va a estar larga y va a hacer que... esta va a hacer... pero esta como esta así distribuida va a tratar de dar un poco más., pues. Entonces si... si yo les pusiera en una balanza, digamos, este de un lado y este en el otro, ¿estaría así igual o estaría...? No estaría tanto pero esta trataría de jalar un poco con... ¿Esta pesaría más?, ¿la larga pesaría más? Sí. Y por ejemplo, ¿si yo la regreso a su forma de pelota? Sería lo mismo. Ahí pesarían iguales. Sí.

Tampoco hay conservación en el caso del aplastamiento:

Y si agarro a este y le empiezo a aplastar como la otra vez, sí, le aplasto un montón, si yo le aplasto así, ¿pesan igual o pesan diferente? Pesaría igual. Pesan igual. Así es. ¿Por qué piensas que pesan igual? Porque esta está así tiesa y también

*esta estaría tiesa pero en cambio si sería como el otro, como está larga hace que se vaya al suelo o algo así y como está así se mantiene así nada más, hace que pese igual. Y si lo pongo en una balanza por ejemplo, ¿qué va a decir la balanza?, ¿va a ser igual o va a ser así o así? No, esta va a pesar más. **La redonda va a pesar más. Sí. ¿Por qué va a pesar más la redonda?** Porque va a estar solo en un lugar y va a dar el peso, en cambio esta estirada todo así que su peso se aligera. **Ya, pesaría más la redonda. Sí.***

La misma ausencia de conservación se ve en el caso del seccionamiento:

*Igual, ¿y si por ejemplo lo empiezo a cortar como la otra vez?, ¿me ayudas a hacer pelotitas como la otra vez? Y ahora, ¿cuál pesa más?, ¿ésta de acá o todo esto de acá? Esta. Esta pesa más. Sí. **La redonda. Sí. ¿Por qué pesa más esa?** Porque esta mas junto y hace que pese más y en cambio esta están separadas haciendo que se aligere y van a estar dispersas. **Entonces, si los pongo en una balanza, ¿cómo sería?, ¿este estaría más...?** Sí porque estaría en un lugar y hace más peso, en cambio esta como están separadas se aligeran. **Una vez alguien me dijo que no importa que estuviera así separado, que igual iba a pesar lo mismo porque era la misma plastilina, ¿tú qué piensas de lo que dice?, ¿tiene razón o no?** Depende del material también sería, porque como está separado el área hace que el peso se aligere tal vez o tal vez quede igual haciendo variaciones pero sería que este gana un poco más con el peso porque solo está en un lugar, en cambio esta se aligera un poco nada más. **Entonces, ¿cuál pesaría más? La bola grande. La bola grande. Sí.***

Anexo B: Análisis Individual - Flotación

A continuación presentamos los análisis realizados para cada participante en la pruebas de flotación. Se consiguen extractos de las entrevistas y se realiza el análisis según el transcurso de los extractos. Las intervenciones del investigador aparecen en negrita. Para una comparación con los trabajos originales el lector puede referirse a Inhelder y Piaget (1985). Los nombres de los participantes han sido sustituidos por abreviaturas.

Riv – 18 años – 4º Secundaria

Riv empieza explicando el hundimiento de los objetos según su material (cuya importancia se deriva del peso):

¿Me puedes explicar por qué esto se hunde? Esto es un pedazo de madera, contiene un metal, esto también puede hundirse en el peso. ¿Y por qué su peso hace que se hunda? Porque contiene pues algo adentro, parece una madera, ¿no? y eso igual se puede hacer hundir más.

[...]

¿Me explicas por qué se hunden estas llavecitas? Esos son metal, ¿no?, que contiene algo... es un quím... es un metales que construyen, ¿no?, contiene parte esto parece un fierro, ¿no?, y cuando le sueltas un metal se hunde pe'. ¿Me explicas por qué se hunde el metal? Porque contiene algo de hierro, ¿no?, algo dentro, esos metales del fierro contienen algo químico, así de que construidos son, después cuando sueltas ellos se hunden. ¿Y por qué pasa eso, porque tener...?

Tiene el peso, tiene el peso...tiene más volumen del peso y se puede hundir.

[...]

¿Por qué esto flota? Eso sí flota pues, esto es algo hecho de "eso" pues, ¿no?, lo flotable... de que flota en el agua encima, no, esto contiene algo menos de peso, no tiene nada de, como contiene eso lo que pesa, ¿no?, contiene poco de peso por eso flota.

[...]

¿Por qué flota este alambre? Porque este contiene pues, parece un descartable así, ¿no?, hecho de algo, ¿no?, no es así como esto, construidos, eso contiene poco peso, eso puede flotar. (Al preguntarle si sería igual si estiramos el alambre) ¿Por qué sería lo mismo? Porque también no tiene peso pues, no puede hundirse también... tampoco, en la en sí, en la encima nomás flota.

Luego vemos que explica el hundimiento y la flotación según el peso del objeto:

¿Y qué tal esto de acá?, ¿por qué se ha hundido eso? Es, contiene dentro algo, ¿no?, con el peso...

[...]

¿Y qué tal esto de acá? Eso sí flota, eso es pues no contiene algo peso, no siente nada, esto le pones encima normal que flota, que flota, nada, no puede hundirse nada. (Al preguntarle si sería igual al colocar el objeto de costado) Va a flotar, no puede hundirse que no tiene, ¿con qué peso se va a hundir?, nada, si pondríamos estos, se hundiría.

[...]

¿Por qué se va a hundir eso? Porque tiene... es poco grande, poco grande, tiene peso también, ¿no?

[...]

Y esto de acá, esto ¿porque flota? Es un descartable, un descartable no contiene nada, ¿no?, encima le pones flota, ¿no?, no se puede hundir, no tiene peso nada.

[...]

(Sobre una botella de plástico) Plástico, esta aun contiene poco de peso, no puede es poco o mucho tal vez no se puede hundir, flota dentro encima del agua, eso nomás.

Al refutar su previsión sobre el hundimiento de un objeto, Riv apela a la carencia de peso para explicar la situación:

¿Por qué crees que flota? Que también creo, poco contiene también, ¿no?, poco de peso o poco también, mucho no contiene que pesa como otros, ¿no?, pesa poco pero mucho no puede hundirse también.

[...]

(Al refutarse otra previsión) ¿Por qué crees que flotó? Es porque contiene poco de peso.

No obstante, esto lleva a contradicciones, pues si el tener poco peso explica la flotación, Riv no puede explicar por qué una bolita de plástico muy ligera se hunde. Para resolver esto, aduce que en su interior contiene algo pesado:

Vamos a probar, se hundió, ¿por qué crees que se hundió, si pesan tan poquito porque se hundió? Porque tampoco que es descartable, ¿no?, algo también contiene creo para que se hunda adentro, no sé qué... dentro de esa contenerá algo pe', algo que pesa dentro, un pedazo de un químico, ¿no?, para que se hunda dentro. Me explicas un poquito eso, cómo es eso que tiene algo adentro. Dentro del descartable está construido, hecho de descartable, ¿no?, encima, ¿no?, y dentro contienen algo, dentro hay algo puesto como algo que contiene dentro, que hacen, que contienen algo, peso pues, dentro, al momento que de nosotros dentro del agua se hunde pe' dentro.

Al preguntarle por la hipotética situación de que la pelotita estuviese hecha de madera, Riv dice que sí flotaría por ser de madera (apela al material, y vemos de nuevo que la importancia del material se deriva de su peso específico):

Y si esa pelotita en vez de estar hecho de descartable estuviera hecha de, por ejemplo, de madera, ¿sería diferente? Sí, sería diferente, porque también igual puede flotar si es de madera sí puede flotar. ¿Por qué la madera flota? Porque

contiene poco pe', poco de peso, contiene poco de algo que no hace nada pue' que madera también para que flote para que no se hunda.

Al preguntarle por qué un objeto presionado hasta el fondo emerge tras soltarlo, Riv apela al aire interior:

¿Cómo lo eleva?, ¿qué es lo que hace? Contiene dentro algo eso, ¿no?, contiene un poco de aire adentro, mediante el aire... el agua que está moviendo está flotable que dentro le eleva...rebota arriba, es flotable, lo que pesa se hunde abajo.

En general, las explicaciones de Riv giran en torno al papel del peso del objeto o del material, aunque esto último en función del peso específico del material (es decir, ciertos materiales flotan porque su peso específico es poco, otros se hunden porque es mucho). Esto le permite resolver ciertas situaciones, pero no lo salva de contradicciones (porque hay objetos de metal que pueden flotar, por ejemplo).

Con – 15 años – 5° Secundaria

Con inicia su explicación a partir del peso de los objetos:

A ver, me puedes explicar ¿por qué esta se hunde? Porque tiene peso.

Según ella, el peso impide que el agua sostenga los objetos:

¿Y qué tal estas llaves por ejemplo, por qué estas se hunden? [...] no hace que el agua lo [...] los sostenga, lo haga flotar. ¿Y por qué no hace eso, por qué el agua no lo sostiene? Porque tiene un peso que lo podría...

[...]

Y por ejemplo, esto de acá, ¿por qué se hundiría? Igual también por el peso que tiene cada uno de estos... ¿Qué te imaginas, qué es lo que hace el agua, por

ejemplo ahí? No lo trata de sostener algo así porque tiene un peso o podría ser también por...

Ella concibe la flotación como efecto de lograr que el agua los sostenga:

Y esta tapa por ejemplo ¿se va a hundir o va a flotar? Va a flotar. ¿Tú crees, por qué piensas así? Porque va a hacer que el agua lo levante, lo sostenga.

En otras palabras, Con considera la acción del agua como un factor responsable de la flotación. Es el agua la que sostiene los objetos, los levanta, excepto cuando pesan demasiado. El papel del agua es, efectivamente, un factor que explica la flotación. Es la presión del líquido contra el objeto la que ejerce un empuje. Pero es necesario también considerar la cantidad de líquido desplazado para explicar la intensidad de dicho empuje, por lo que, hasta ahora, la explicación está incompleta.

Al realizar la experiencia y refutar su predicción de que la bola de madera se hundiría por ser pesada, Con no logra elaborar una explicación:

(Sobre la bola de madera) ¿Por qué crees que flotó si es tan pesada?, ¿qué se te ocurre?, ¿por qué te imaginas que está flotando? ... (no responde).

Es interesante observar que el hundimiento de algunos objetos es explicado por la ausencia de peso o “fuerza” suficiente en ellos, como si ese peso/fuerza fuese una magnitud que les confiere la capacidad de mantenerse a flote, aun cuando esto contradiga la explicación anterior de que tener peso provoca hundimiento. Es decir, tener peso hace que un objeto se hunda porque ese peso hace que el agua no logre sostener al objeto, pero el peso también hace que los objetos floten:

O qué tal esa pelotita, puedes poner la pelotita en el agua. Se fue hasta el fondo, ¿por qué se fue hasta el fondo? Porque no tiene peso, porque no es tan... porque no tiene tanta fuerza.

Y vemos la contradicción:

Tú me dijiste que esto se iba a ¿hundir o flotar? Creo que sí se va a hundir. Se va a hundir, ¿por qué se va a hundir? Porque tiene peso.

[...]

¿Por qué piensas que flotan..., por qué flotan estas cosas? El agua lo hace para que, o sea, las cosas que no pesan tanto hagan que se hundan, no sé...

Por otro lado, ella duda respecto a que la cantidad de agua influye en la flotación:

¿Por qué piensas que podría ser? Porque si tú lo pondrías en una tina pequeña, menos que esa, podría ser que la pelotita se hunde, o sea, estaría, o sea, estaría en la base, pero cuando hay poca agua, pero cuando hay...

Esto es coherente con el papel que le atribuye al agua. En efecto, si el agua es la que sostiene los objetos, una variación en su cantidad implicaría una variación en la capacidad del agua para sostener. El error está en que lo que en realidad empuja al objeto no es la cantidad total de agua sino el volumen de agua desplazada por el objeto.

No obstante, ella no está tan segura y empieza a dudar respecto a la importancia de la cantidad de agua (un indicador de progreso en su construcción):

(Con un recipiente más pequeño y con menos agua) ¿Tú crees que va a flotar igual acá en menos agua? No. ¿Se va a hundir? No. va a flotar. ¿Va a flotar también? Sí.

Su duda llega a tal punto que solicita comprobar en la experiencia:

¿Por qué va a flotar si hay menos agua, tú crees que importa el agua, por qué crees que importa el agua? ¿Lo podría comprobar?

Tras comprobar que el objeto flota con menos cantidad de agua empieza a dudar también sobre la relevancia del peso del objeto y enfocarse en el papel del agua:

Lo vamos a comprobar ya, también flota ¿por qué flota igual? Creo yo que el peso no importa. ¿Crees que el peso no importa? No. Entonces, si el peso no importa ¿qué es lo que hace que flote? El agua.

Sin embargo, el papel del peso aún no es totalmente descartado:

¿El agua? Sí, hace que cuando hay más peso el agua lo sostiene, porque no tiene tanto peso o porque tiene peso lo sostiene, lo...

Qui – 15 años – 3º Secundaria

Qui empieza explicando el hundimiento según el peso, aunque no logra elaborar una explicación del papel del mismo:

Me puedes explicar ¿Por qué se hunde esta? Tiene peso. ¿Y por qué tener peso hace que se hunda? No sé... tiene peso y se hunde porque no sé... ¿Qué se te ocurre? No tengo palabras para explicar, pero sí se hunde porque tiene peso. Nada más.

[...]

Ya, ¿y por qué flota [el alambre]? No tiene peso.

[...]

¿Y qué tal este de acá? Tiene peso y se hunde.

[...]

¿Esta pelotita chiquitita? ¿Esa va a flotar o se va a hundir? Se va a hundir.

¿Por qué se va a hundir esa? No sé, tiene un poquito de peso, creo. Se va a hundir.

[...]

¿Y este de acá?, ¿el tazoncito? No tiene peso y es por eso que flota. Ya. Y si lo pones así de costado al agua, ¿se va a hundir o va a flotar? Se va a hundir. ¿Por qué se va a hundir así? Se llena agua y se hunde, si tiene peso se hunde.

También apela al material y al aire interior u oxígeno:

¿Por qué flota esa? No tiene peso y es algo de plástico nada más y siempre está ahí flotando, ¿tiene aire adentro? Quiero que me expliques... Tiene oxígeno adentro creo... Ya. ¿Y por qué hace que flote? No tiene peso.

[...]

Ya y por ejemplo... esas, ¿se hunden o flotan? Se hunden. Tienen peso. No tiene oxígeno.

Asimismo, piensa que la flotabilidad puede variar si se cambia la disposición espacial:

Y si por ejemplo yo estiro este alambre y lo pongo así. Ya. ¿Va a ser diferente? Sí, en la forma que estaba doblada, sí. Ya. ¿Por qué sería diferente ahora, si está estirado se hunde o va a flotar? No, no va a flotar, creo.

Esto último no puede generalizarse, pero es interesante por el contraste respecto a otros sujetos que explican la flotación según el material; para ellos, la disposición del alambre no afecta la flotación porque sigue siendo del mismo material (metal).

Al confrontar sus previsiones con la realidad, Qui apela a explicaciones según el oxígeno contenido:

(Al comprobar que la pesada bola de madera flota, contrariamente a su previsión) ¿Por qué crees que flota, si pesa tanto? Ni idea, ¡tendrá oxígeno adentro!

algo así... ¿Qué hace el oxígeno? ¿Por qué tener oxígeno adentro hace que flote? Así no te puedes hundir más fácil, ¿algo así?

[...]

Y dime, si esta pelota [de madera], esta pesa mucho más que esa de allá, ¿no?

Ajá (sí). Y si esta pesa más, ¿por qué esta flotando? Tiene oxígeno.

[...]

Ya. ¿Y por qué si pesa más se queda arriba y esta se hunde? Tiene oxígeno adentro. Entonces eso hace que flote.

Pero esta acomodación no se generaliza y Qui se queda sin explicaciones en algunos casos:

¿Y qué tal esto de acá? ¿Esto se va a hundir o va a flotar? Se va a hundir. Vamos a probar. Flota, ¿no? ¿Por qué crees que flotó? Ni idea, estoy confundida.

Por otro lado, el oxígeno/aire interior se relaciona con un vacío dentro del objeto (lo cual anticipa la noción de densidad, entendida como qué tan “lleno” está un objeto):

¿Y cómo sabes que esto tiene oxígeno? Hay vacío adentro que... hay aire, algo así que... está vacío adentro, la mitad -nada más- está lleno.

Se observa también que Qui relaciona la carencia de peso con el vacío, lo cual anticipa también la noción de densidad:

(Al preguntarle por qué la bola de madera no se queda en el fondo al ser presionada y otro objeto sí se queda) Si este (la bola) es más grande, ¿por qué salió y este no? Tiene peso y este casi nada, está vacío.

También podemos observar que, aunque Qui ensaya explicaciones según el material, como las que siguen:

¿Tú crees que este de acá se va a hundir o va a flotar? Va a flotar. ¿Por qué flota? Porque el otro también ha flotado. ¿Y por qué el que el otro haya flotado hace que este flote? Es la misma cosa, algo así. ¿Es la misma cosa? O sea, el otro es vela, el otro también, casi similar, algo así.

...el papel del peso sigue vigente en sus explicaciones:

¿Y no importa que este pese más? Si te fijas, las 2 pesan un montón. Sí, esta pesa más y este pesa menos. ¿Y van a flotar igual? No, para mí que se va a hundir, se va a hundir, creo...

En términos generales, Qui explica la flotación según el “estar vacío” y el hundimiento según el peso:

Y en general, ¿por qué crees que algunas cosas flotan o se hunden? Algunos tienen más peso y algunos son vacíos y por eso es que flotan. ¿Cómo que son vacíos?, ¿me explicas eso? Está vacío, o sea, no tiene nada adentro y es por eso que flota.

Cca – 14 años – 4º Secundaria

Cca inicia su explicación de la flotación de una botella apelando al hecho de que, como él dice, no tiene “masa” adentro, en comparación con la bola de madera que sí tiene masa. El tener masa, según dice Cca, incrementa el peso del objeto:

¿Me puedes explicar por qué el que tenga espacio hace que flote? Este...esta botella, por ejemplo, si tú lo pones en el agua va flotar, como dices, ¿sabes por qué? Porque esta [bola de madera] tiene masa y esta [botella] adentro no tiene masa y también al poner masa, al tener masa un poco aumenta su volumen, diré su peso; también como esta no tiene masa por dentro, está por fuera no más, este sería [...] como una cápsula.

La explicación según la “masa” se repite para el caso de la pelotita de plástico:

¿Por qué se hunde? Porque también tiene masa. Ya. ¿Me explicas esto?, ¿cómo que tiene masa? Porque tiene cuerpo adentro, [...] pequeño sería pero tiene su peso, tiene su cuerpo.

Por otro lado, aunque Cca explica el hundimiento según el peso del objeto, concibe al mismo tiempo que algunos objetos pesados floten si es que tienen “poros”:

Ya. Y esta de acá, este grandote [bola de madera], ¿por qué crees que se hundiría? Yo... por eso te digo, este... podría que se hunda a través de su peso, y a través... otro ya también sería que esta no se hunda porque tiene poros. Poros. Poros sería como medio... podría entrar al agua y reaccionar.

Lo mismo para el caso de las llaves de metal:

¿Y estas llaves?, ¿estas por qué se hunden? Las llaves, lo mismo porque tiene su peso, su cuerpo, pesa un máximo peso y tiene su cuerpo, no es poroso. Ya. ¿Y por qué ser poroso...?, ¿por qué el que no sea poroso hace que se hunda? Porque al ser poroso sería que el agua... al ser poroso el agua entra por los huequitos y reacciona, al caer una fuerza como el agua busca el espacio que le esté botando adentro del agua, le estén botando adentro y busca el espacio que tenía, un lugar, y al buscar, al entrar y al rechazar entra por esos poritos y la eleva.

Cca piensa que los objetos pesados y porosos pueden flotar porque el agua entra por los “poros” y los eleva. Es decir, la flotación de objetos pesados se puede dar por efecto de la acción del agua sobre los objetos. Si bien es cierto que la flotación requiere que un objeto sea presionado por el líquido desplazado, ello no implica que este líquido ingrese al interior del objeto, pues si así fuese el volumen de agua desplazada sería menor y la fuerza del

empuje podría no ser suficiente para mantener el objeto a flote. Vemos, pues, que Cca ofrece una explicación parcialmente cierta.

Al colocar la bola de madera en el agua y constatar que -contrariamente a su previsión- flota, Cca opta por una explicación según el material:

Flota, ¿por qué crees que flota?, ¿Por qué no se hundió? Sería en que...sería que tendría otro tipo de materia, pero pesa, pero otro tipo de materia, este tiene otro tipo de materia.

Cca también cree que la cantidad total de agua es un factor que explica la flotación (lo cual es coherente con la idea ya mencionada de que el agua “empuja” los objetos):

¿Cómo la cantidad de agua? Si, la cantidad de agua, por ejemplo, esto pesa un máximo y tú le pones menos cantidad, le pones distancia, poco nomás, también se va hundir. Si ya...por ejemplo, ¿cómo sería? por ejemplo, este si lo llevas al mar no se va hundir, el mar y la fuerza del agua no va permitir.

Del mismo modo, respecto a la acción del agua sobre el objeto, entiende que busca recuperar su lugar:

¿Cómo es eso de que el agua lo eleva?, ¿cómo funciona el agua acá?, ¿cómo funciona? Busca pues, busca su forma, busca su “este” del agua, busca su espacio, su espacio que tenía antes el agua, al normal, antes de poner la bola, antes de poner tenía su espacio y al poner, el agua busca su espacio, como sea, al rechazar, como ha sido rechazado de su mismo sitio quiere volver a su mismo sitio, es rechazado y no tiene que, esta bola, no tiene nada para entrar. También esta, como esta nada, le empuja con todas sus fuerzas y lo eleva.

También vemos que el tener aire dentro es un factor considerado por Cca:

(Sobre la bola de madera): *Este sería... aunque la... por ejemplo, esta madera pesa un cierto peso, pero yo también... adentro tiene un poco de este, espacio, pesa menos adentro, pero ya también en su exterior... sería lento, sería como este... ¿qué forma sería? que adentro tendría poros, huequitos y adentro está guardado algún aire o...*

Y también:

(Sobre un pomo que flota sumergido hasta una parte) *¿Por qué sale hasta ahí?, ¿Por qué no sale más? Ya, yo te digo. Esta hasta acá un cierto... un cierto peso, una cierta masa, si tú lo pones adentro está guardado el aire, está guardando aire, CO₂ o O₂, se va, este, el aire va querer salir, como está con un peso, el aire está para arriba, está empujando y la tierra [dentro del pomo] tampoco equilibra y también a la distancia del agua.*

En general, Cca explica la flotación/hundimiento por efecto del peso/masa, esbozando una explicación según el material (que implica ya un anticipo de la noción de densidad, pues diferentes materiales tienen diferentes densidades, aunque Cca no logra construir la coordinación Peso – Volumen). Asimismo, la mención del aire contenido por el objeto lo aproxima también a una noción de densidad en tanto que un objeto con aire dentro pesa menos que un objeto macizo del mismo volumen. Por otro lado, el papel del agua ejerciendo presión sobre el objeto es considerado por Cca, aunque éste piensa que se trata de la cantidad total de agua y no del agua desplazada. También entiende que el agua desplazada busca recuperar su lugar, lo cual es cierto.

Auc – 17 años – 5° Secundaria

Auc apela al peso para explicar el hundimiento:

¿Por qué crees que esto se va a hundir? Porque tienen peso.

[...]

Y ésta de acá, ¿por qué se va hundir? Esta también tiene peso.

[...]

¿Por qué piensas que se va hundir? Porque pesa demasiado.

[...]

¿Por qué va a flotar? Porque no pesa casi nada.

También explica la flotación por el hecho de que el objeto está “bien cerrado” o porque “no tiene agujeros” o están “vacíos” lo cual se relaciona con que ella piense que tienen aire (el cual los hace flotar):

¿Crees que se va hundir por su peso? No, tal vez flote porque está bien cerrado. ¿Cómo que bien que cerrado? No tiene agujero. No tiene agujero. ¿Por qué eso haría que flote? Porque cuando estaría con hueco entraría el agua y con eso se hundiría pero como no lo tiene. ¿Y por qué el no tener hueco haría que flote? Qué hace, o sea, el que esté cerrado me dijiste. El aire... haría que flote.

[...]

(Respecto a dos objetos) ¿Por qué si pesan igual uno va a flotar y el otro se va hundir? Es que éste está más vacío y como está más vacío tiene aire, entonces eso hace que flote; en cambio éste está lleno.

[...]

Ésta se queda en el agua. ¿Por qué crees que se ha quedado arriba? Porque esté semivacía, no está llena.

[...]

(Sobre un objeto que emerge del agua al soltarlo luego de ser empujado hasta el fondo) ¿Qué se te ocurre? Ese sale, porque tiene el aire adentro y eso hace que no quede dentro del agua.

Incluso, esa cualidad de estar “sellados” y tener “aire” dentro puede contrarrestar el efecto del peso:

Y estos pomitos por ejemplo, ¿por qué crees que van a flotar? Aunque tengan peso, están bien sellados. ¿Y por qué eso hace que flote? Porque dentro de acá hay oxígeno, aire; eso hace que no se hunde.

También esboza explicaciones según el material, a manera de sortear la situación en la que un objeto flote a pesar de ser pesado:

¿Y por qué crees que flotó siendo tan pesada? Será también por el material en que está hecho.

Podemos observar que Auc menciona el tamaño de un objeto como factor, pero no referido al espacio ocupado en el agua sino al espacio vacío interior que permite tener más aire:

La pelota pesa un montón más y la pelota flota un montón más también... Porque la pelota es más grande y es más vacía y pesa más. A qué te refieres con que es más grande. Este es más grande pero no está casi llena, ésta está más vacía. Será por el espacio también. ¿Cómo el espacio? El espacio que tienen adentro y está vacía.

Al pedirle que le dé forma a una bola de plastilina para hacerla flotar (lo cual requiere convertirla en un barquito para que desplace más volumen de agua) ella procede a hacer el barquito:

Crees que hay algo, otra forma que podrías darle que la haga flotar. La vez pasada uno de tus compañeros aquí le dio la forma particular e hizo que flotara.

Uno así (un barquito). ¿Por qué estás tratando de hacer eso? Porque así flota.

Auc también comprende que al cambiarle de forma el peso se conserva, por lo que para explicar la flotabilidad del barquito de plastilina no puede apelar al peso (pues cuando

se trataba de una bola se hundía y pesaba lo mismo). Ante esta situación, intenta asimilar la situación explicando que en la forma de barquito la plastilina “tiene aire”:

Si tú le cambias de forma, ¿va a pesar igual, va a pesar lo mismo? Va a pesar lo mismo. Si pesa lo mismo, por qué crees que flotaría convirtiéndolo en esto (barquito). ¿Por qué crees que se quedó arriba (flotó)? Porque ya está empezando a ocupar aire un poco. ¿Cómo? Porque empieza a tener aire. A tener aire. ¿Cómo? Como está, así de esa forma.

Vemos que para Auc el papel del aire interior es lo que explica la flotación y su ausencia el hundimiento (en el sentido de que sin el aire no puede contrarrestarse el papel del peso). Hacia el final del interrogatorio Auc se aproxima a coordinar el peso de los objetos con su volumen, como vemos cuando trata de explicar la flotación de la bola de madera, pero haciendo dicha coordinación indicando que un objeto más grande tiene más aire dentro. Si bien es cierto que un objeto vacío tendría más aire dentro al ser de mayor tamaño, esta explicación no es del todo acertada para explicar la generalidad de la flotación, pues hay objetos que, sin tener aire (la misma bola de madera es un ejemplo) flotan a pesar de ser pesados. Vemos pues que la explicación según el aire, aunque logra resolver muchas contradicciones, no logra resolverlas todas.

Lil – 16 años – 4º Secundaria

Lil explica el hundimiento según el peso:

Ahora, nos puedes explicar por ejemplo: esta pelota de madera de acá ¿por qué se hunde? Porque tiene su peso.

También apela a algo que ella denomina “gravedad”:

Y estas llavecitas de metal, por ejemplo ¿por qué se hundan? Porque éstas tienen su gravedad y no son como éstas, que se flotan. O ésta se va de frente al suelo, al “esto”.

[...]

¿Y por qué se van para adentro los metales? Porque tienen una gravedad, que no pueden flotar ellos. Tienen gravedad de irse adentro y no saben flotar ellos. Y por ejemplo, esta pelota de acá: ¿ésta flota o se hunde? Ésta flota, porque no tiene peso y no hay gravedad, mucha gravedad. Mientras ésta sí: cuando lo pones, se va adentro. ¿A qué te refieres con qué no tiene mucha gravedad? ¿Me explicas eso? Sí, mira: esto no tiene gravedad, no tiene peso, qué diríamos: no tiene nada de objeto que sea algo de metales o objeto que sea algo de madera, algo de así. Porque algo de “esto” como una botella es: cuando una botella lo pones al mar, flota, no tiene peso ni nada esa botella. Poco nomás tiene, pero no tiene gravedad mucho.

[...]

Y por ejemplo acá tenemos otra botellita como ésta, ¿ésta se hunde o flota? Ésta se hunde porque tiene peso porque... así cuando tiene peso, sí se va con la gravedad que tiene esta botella, con el esto... con el contenido que tiene. Porque hay algunos que tiene el contenido, pero no esto... no se hunde, porque tiene mucho esto... porque tiene un poco nomás... pero mientras tiene el contenido lleno y mucha gravedad que tenga, sí se va para adentro.

Así como apela al material, entendiendo que el peso varía según este:

¿Y me explicas por qué no puede flotar? Porque tiene un poco de peso y no tiene nada que tenga que flote, porque esta llave o metales se van siempre al fondo del mar o de la tierra. Estas llaves no son como botellas. Las botellas son simples y qué diríamos: son descartables (plástico) nomás; mientras esto: plomo y no sé qué cosas más contiene esta llave, que no puede estar flotando como una botella, porque la botella tiene otros pesos. Como a la botella la hacen descartable nomás no tiene mucho peso, pero mientras esta llave sí, porque contiene plomo, a ver ¿qué cosas

más?... algo de así, metales que sacan de las minas y siempre estos objetos o algo que son de metales, se van para adentro (se hunden).

[...]

¿Por qué flota esa [botellita]? Porque no... qué diríamos, está a base de “esto” nomás: descartables y no son como metales. Metales, ya te digo, son diferentes. Éstas nada más en el mar, en el río o en cualquier agua, flota, como en ésta. Ésta también flota.

[...]

¿Y por qué se hunde este alambre? Porque es de metal. Ya. ¿Y si lo estiramos así por ejemplo?, ¿se va a hundir igual, o va a ser diferente? Lo mismo. ¿Por qué lo mismo? Porque es de metal. Obvio que es de metal. Algo hecho de metal que sea, se hunde. ¿Siempre? Siempre. Cualquiera que sea de metal. Aunque sea un botón que sea de metal, sí se hunde, pero que sea descartable, no.

[...]

¿Por qué se va a hundir [la tapita]? Porque está hecho de metal.

Al confrontar su previsión (un objeto se hundiría) con la realidad (el objeto flotó), Lil apela a la “gravedad” que tiene el objeto para explicar la situación:

Tú dijiste que esto se iba a hundir ¿no? Lo ponemos acá y queda ahí: flota. ¿Por qué crees que flotó? Porque no tuvo mucha gravedad...

[...]

(Al ser confrontada por el hecho de que algo pesado flota y algo que pesa menos se hunde) ¿Por qué si pesa tanto, flota, y ésta que pesa menos se hunde? Pero, siempre en una botella o en un par de cosas, siempre tiene la gravedad que tiene. Son diferentes aunque tenga mucho peso, pero tiene otra gravedad y flota, pero hay otros que pesan más, pero no flotan.

En una situación similar apela al material:

Y este de acá, tú me dijiste que iba a flotar ¿no? lo ponemos acá, y ahí se hundió. ¿Por qué se hundió esa? Qué diríamos: algo que, eso está hecho de descartables y de metal también. Hay algunos descartables, así, que no se hunde.

También observamos que anticipa que un objeto va a estar en parte sumergido y en parte por encima del nivel del agua:

¿Y por qué va a flotar? Porque la mitad de su parte va a estar en el agua. La mitad en el “esto”.

[...]

¿Y por qué la mitad?, ¿por qué no se va más al fondo o queda más arriba? ...Porque siempre el “esto”, algo como el balón también. El balón también es así. La pelota. La pelota está en la mitad, en la mitad del agua, como el “esto”. Mientras que tenga un peso como esta bolita... Las personas que están ahogándose, están en el agua hasta que mueran, pero cuando mueren, el agua lo bota. La mitad está en el agua, la mitad está en el agua.

Esta “inmersión parcial” es explicada según diferentes “gravedades” para el mismo objeto:

¿Y por qué pasa eso? Mira, estas velas que tengan pesos o muchos pesos también, hay algunas que siempre flotan, aunque tenga peso. Se van la mitad al agua con la que tenga la gravedad y una gravedad que tenga por afuera. Hay diferentes gravedades.

Lil piensa que la “gravedad” es responsable del hundimiento y flotación. Pero, al ver que un mismo objeto puede flotar parcialmente, atribuye una gravedad diferente a cada parte de acuerdo a su posición respecto al nivel del agua (por debajo – por encima).

Al ser interrogada por el hecho de que un objeto presionado hasta el fondo emerge al soltarlo, Lil lo explica según la “gravedad”, que parece jugar un rol activo impulsando al objeto:

Tú ves que si yo pongo esto acá y lo empujo hasta que toque, se queda en el fondo, pero si yo lo suelto va a subir, ¿no?, ¿por qué sube?, ¿por qué no se queda ahí abajo?, ¿qué es lo que hace que suba? Que la gravedad que tenga, le impulsa.

También vemos que Lil empieza a considerar que un objeto puede flotar aunque esté hecho de metal:

[...] hay algunas hechas de madera y hay algunas hechas de metal. Metales siempre se hunden. Pero hay unas que son metales, aunque sea que lleven un poco, pero están flotando tal vez.

Y vemos que empieza a descartar el peso como factor aduciendo que algunas cosas pueden tener peso y flotar de todos modos y que otras pueden hundirse aunque pesen poco:

[...] aunque sea que pesen, ahí está que floten, como esta madera, éste es de madera, no es de metal, nada. Aunque tenga peso, pero la mitad por ciento está por dentro.

[...]

[...] se hunde por poco peso que tenga, pero no tiene mucho peso esa cosa, ese objeto.

[...]

[...] La pelota pesa, pero la mitad de ella flota y la mitad no.

Al ver varios pomos iguales (mismo volumen) con pesos diferentes (tres flotando a diferentes alturas y uno hundido) Lil explica las diferencias en la flotación según el peso:

Ves que flotan en diferentes niveles ¿no?: este está muy encima, este flota un poquito más, este está en casi nadita y este está hasta el fondo. Es que tiene mucho peso esta parte. ¿Mucho peso tiene? Ajá, mucho peso. Y éste más o menos pesa. Este también, un poco, regular nomás, pero cuando no pesa nada, así es, flota encima nomás.

Pero también apela a las diferentes “gravidades” que tienen:

(Respecto a dos pomos de igual volumen pero peso diferente, que flotan a diferentes alturas) ¿Me explicas? Mira, cuando tiene un poco de peso como en éste [pomo], así está. Nada más un poco se ve. Aquí también así nada más se ve: un poco. Y la mitad, la mitad pequeña nomás está notándose y más de la mitad está en el agua. Mientras aquí ya también, mira, aunque es pequeña, pero lo mismo tiene la cantidad y también acá un poco más, pero no son iguales la gravedad que tienen, son diferentes.

En suma, Lil explica la flotación principalmente según el material del que están hechos los objetos y sus “gravidades”. Ella menciona el peso, pero, a diferencia de otros sujetos, el peso no es en sí mismo un factor explicativo y ella misma reconoce que un objeto pesado puede flotar. Más bien, el peso es puesto en relación con el material y la “gravedad” de los objetos, lo cual indica una coordinación más compleja. Tanto la explicación basada en el material, como la basada en la “gravedad” son ya un anticipo de la noción de densidad (que implica una puesta en relación entre el peso y el volumen). Pero la “gravedad” a la que alude Lil representa un progreso respecto a la explicación basada en el material. En efecto, Lil reconoce que un objeto de metal puede llegar a flotar y que un mismo objeto (hecho todo de un mismo material) puede flotar parcialmente, teniendo cada parte del objeto una “gravedad” diferente que explica su posición respecto al nivel del agua (por encima o por debajo). No obstante, esto último revela que su noción de “gravedad” no coordina completamente el peso del objeto con su volumen, por lo que no llega a la noción de densidad necesaria para explicar la flotación.

Gom – 17 años – 5° Secundaria

Gom empieza explicando la flotación según la ausencia de peso suficiente y por la presencia de oxígeno (siendo el peso y el oxígeno excluyentes entre sí):

Las que flotan. A ver, por ejemplo, me puedes explicar por qué esta flota. Porque dentro de ella no tiene el suficiente peso para que pueda hundirse en el agua. ¿Por qué el tener peso hace que se hunda? Porque dentro de ella, como tiene un poco de oxígeno hace que flote y si tuviera peso no tendría nada de oxígeno, haciendo que se hunde nada más.

Pero también apela al material y sus propiedades:

Y por ejemplo, esta pelotita de acá, ¿por qué ésta flotaría? Porque está... es un material, algo como el aceite que se separa del agua, haciendo que flote. ¿Cómo, o sea, por qué flota ese material? Porque este material no tienen tanto peso. Y es un poco más ligero, haciendo que rebalse nada más encima.

[...]

¿Y esta de acá? Esta no hundiría porque casi no tiene peso, es como una planta de bambú, algo similar, haciendo que flote.

[...]

Este alambre, por ejemplo, ¿por qué crees que se hundiría? Porque es un metal que cuando tiene contacto con el agua se iría al fondo del agua nada más, porque es un material que no tiene... que tiene peso pero se va a hundir nada más. ¿Tú crees que sería diferente si lo pongo así [enredado], que si lo pongo así [estirado] por ejemplo? Aunque lo estires se hundiría nada más, porque el material sigue siendo el mismo. Ya. ¿Y estas llaves por qué se hundirían? Porque también es de metal y también tiene peso y como en el agua se hundiría nada más.

[...]

Si tuviéramos por ejemplo, un objeto igual pero en vez de estar hecho de este material estuviera hecho de otro material, ¿flotaría diferente? Sí. ¿Por qué flotaría

diferente? Por ejemplo en el caso de éste (botella de plástico), con esto; si sería de este material flotaría solo encima. ¿Mucho más? Sí. Solo más encima. ¿Y por qué?, ¿por qué esa diferencia? Sería por la composición que está hecha. Ya. Que la composición son diferentes, que le dan pesos diferentes a cada objeto.

Vemos entonces que Gom concibe el la idea de un peso en función del material del que está hecho un objeto, lo cual es un esbozo del concepto de densidad (pues diferentes materiales poseen diferentes densidades). La importancia del material se ve cuando resiste a la contrasugestión en el caso del alambre (su cambio de forma entre enredado y estirado) e insiste en que es el material lo que causa su hundimiento (otros sujetos, por el contrario, cambian de opinión al cambiarse la disposición del alambre)

Por otro lado, Gom anticipa explícitamente hundimientos/flotaciones parciales (es decir, es consciente de que un objeto puede estar parcialmente sumergido y parcialmente bajo el nivel del agua a la vez), apelando también al oxígeno en el interior del objeto:

Y por ejemplo ésta... Este hundiría pero no mucho, solo encima y esta parte haría que flote. Ya. ¿Por qué sería así, por qué no se hundiría mucho? Porque dentro de ella hay un poco de oxígeno atrapado, que está sellado en un pomo que flotaría encima nada más. Ya. Pero hundiría más a la mitad, pero no mucho.

[...]

(Tras indicarle que un objeto flota hasta cierto nivel, con una parte bajo el agua) ¿Por qué se queda hasta ahí nomás, por qué no es diferente? Porque el peso, está aligerando hasta aquí nada más, de un peso un poco que hace que hunda, un poco nada más. Ya. Y el oxígeno que tiene también lo aligera para arriba, haciendo que no se hunda.

También se observa que Gom atribuye un papel al agua, que actúa contrarrestando el peso del objeto. Pero él considera la cantidad total de agua del recipiente, lo que implica

que un mismo objeto puede flotar o hundirse al variar la cantidad total de agua (lo que es falso):

Y qué tal ésta vela de acá, ¿por qué se hundiría eso? Por el peso que tienen y según la cantidad del agua sería. ¿Cómo que según la cantidad del agua? Porque cuando hay bastante agua flotaría y cuando hay poca agua hundiría nada más, porque el peso es más que el agua. ¿Y por qué el que haya más agua hace que flote? Porque ésta (el objeto), como tiene un poco más de peso, hacía... haría que el agua rebalse un poco, haciendo que este se hunda.

[...]

Dices que sería diferente si hay más o menos agua. Sí. Me puedes explicar de nuevo eso, cómo el que haya diferente agua en este recipiente haría que flote diferente. Sería como cuando hay bastante agua, ésta aligera, digamos, el peso...haciendo que la cantidad del agua haga que flote.

[...]

¿Este se iba hundir o iba a flotar? Cuando hay abundante agua flotaría. En este recipiente, ¿flotaría o se hundiría? Flotaría. Flotaría. Y si hubiera menos agua ¿se hundiría? Sí.

[...]

¿Y por qué flotan en el agua? Porque su material se aligera con el agua, haciendo que el agua impida que se hunda.

Esto es en parte correcto, pues el agua ejerce un empuje contra los objetos en un dirección opuesta a la dirección de su peso (haciendo que su *peso relativo* sea menor, cosa que Gom parece comprender, como cuando dice que “su material se aligera con el agua”), pero Gom no entiende aún que la cantidad de agua que importa en la flotación es la cantidad desplazada por el objeto, no la cantidad total del recipiente.

Al ser confrontado por sus anticipaciones respecto a que un objeto relativamente pesado flote y uno más ligero se hunda, a pesar de haber mencionado que el peso causa

hundimiento, Gom busca resolver la contradicción indicando que el objeto más pesado flota porque el agua no ingresa por falta de agujeros:

Ya. Tú me decías que, por ejemplo, ésta se hundió porque tenía peso, ¿no es cierto?, pero esta pelota tiene más peso todavía, tú me decías que flotaba. ¿Por qué flota ésta si tiene tanto peso y ésta se hunde si tiene menos peso? Esta, porque dentro no puede ingresar nada de agua. ¿Me explicas un poco eso? Porque no tiene nada de algún agujero que haga que ingrese el agua, haciendo que flote.

No obstante, esto no lo salva de caer en otra contradicción, pues hay otro objeto que se hunde y que tampoco tiene agujeros (por lo que, según él, debería flotar). En este caso Gom intenta resolver la nueva contradicción apelando a la cantidad de agua del recipiente:

Ésta de acá, por ejemplo, ¿tiene agujeros? No. Tampoco tiene agujeros. No. ¿Y por qué se hundiría? Sería el mismo caso que el agua, sería ésta, abundante agua también no se hundiría, tampoco también se hundiría.

Luego se le confronta ante el hecho de que un objeto lograra flotar con una cantidad total de agua bastante menor, lo que lo lleva a intentar resolver la situación apelando al material del que está hecho el objeto:

¿Por qué crees que flota si hay tan poca agua? Por el material ¿Cómo, por qué ese material hace que flote? Porque es un material, algo que aligera cuando está con el agua...y lo separa del agua.

Al preguntarle por la importancia del tamaño o peso de los objetos, descarta ambos, indicando que lo relevante es el material de los objetos (ofreciendo algunos ejemplos):

Ya. Y por ejemplo, ¿tú crees que importe el tamaño de los objetos? No. ¿Importa su peso? Su peso tampoco, sino que sería la composición o el material,

*cómo es. **¿Me puedes explicar eso un poquito?, ¿cómo es eso?** Sería como el caso de la pelota, que es un material diferente que agloba dentro de ella un poco de oxígeno y a la vez un poco de peso y como es grande, puede flotar en el agua - no importa cómo sea el tamaño - puede flotar de diferentes maneras. Pero también, como si tuviera la planta, alguna verde, si lo pondrías al agua también se hundiría aunque sea pequeña; pero en cambio de la vela que está ahí, flotaría aunque sea de tamaño grande.*

Finalmente, al preguntarle por qué algunos objetos que son empujados hasta el fondo emergen al soltarlos, Gom apela una vez más al papel del oxígeno y explicita con más claridad cómo actúa el agua:

***¿Por qué sube?, ¿qué es lo que hace que sube?** El oxígeno que tiene dentro. **¿Y cómo hace eso que suba? ¿Por qué eso hace que suba?** Porque el agua trata de, digamos cuando está algo dentro de comprimirlo pero como es oxígeno no puede, haciendo que impulse hacia afuera nada más. **Me explicas un poquito, me dijiste que el agua, ¿qué es lo que hace el agua?** Lo comprime... o sea, lo aprieta. Y como el oxígeno no se puede desaparecer, cuando lo aprieta, el oxígeno sube para arriba, buscando un lugar donde esté.*

Incluso comprende que el papel del agua (que comprime los objetos) no cesa en los casos en que el objeto se hunde (lo cual es cierto, pues el agua nunca deja de ejercer presión sobre el objeto):

***Y por ejemplo, este... con esa pelotita chiquita que está al fondo, ¿el agua la aprieta también?** Sí la aprieta, pero como dentro de ella no tiene nada de oxígeno, se queda ahí tiesa.*