

# Análisis del razonamiento utilizado por los alumnos al resolver los problemas propuestos en las actividades de conocimiento físico

Rogério José Locattelli<sup>1</sup>  
Anna Maria Pessoa de Carvalho<sup>2</sup>

Varias reflexiones nos condujeron a la necesidad de establecer si en las clases de ciencias –en las cuáles fueron aplicadas las actividades de conocimiento físico mediante la metodología de enseñanza por investigación– los alumnos del nivel de enseñanza fundamental encontraron condiciones para desarrollar argumentos que concuerden con el patrón “si, y, entonces, y/pero, por lo tanto”, propuesto por Lawson (2002, 2004); razonamientos que con frecuencia están presentes en importantes descubrimientos científicos. Para un análisis más preciso se utilizó el “*layout* de los argumentos”, sugerido por Toulmin (2001). Así fue posible verificar que en las clases llamadas experimentales, el uso por parte de los estudiantes de las preguntas del tipo “¿cómo?” y “¿por qué?” se constituyen en indicios de cómo las explicaciones de los alumnos evolucionan, pasando de la recolección de datos y la formulación y prueba de hipótesis, a la verificación de las relaciones entre las variables y, como lo anota Piaget (1976), a la fundamentación de sistemas de compensación.

Lo anterior sucede, dado que la enseñanza de las ciencias exige que también pensemos en cuáles deberían ser los objetivos metodológicos valorados como fundamentales durante el desarrollo de la clase, con el fin de poder ofrecer condiciones a los estudiantes para que, en un ambiente interactivo, puedan vivenciar y desarrollar importantes aspectos presentes en la cultura científica, en particular la argumentación, el pensamiento hipotético-deductivo y el establecimiento de relaciones de compensación. En el estudio de posibilidades de concreción de tal objetivo, surgió el interés de verificar si las actividades relacionadas con el logro del conocimiento físico, y planeadas para hacer parte del currículo de las primeras series de la enseñanza fundamental (7 a 10 años), ofrecen condiciones para que los estudiantes puedan construir argumentos que expresen en su estructura, el inicio de tales formas de pensamiento.

1 Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada. Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – LaPEF. Correo electrónico: lapef@fe.usp.br

2 Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada. Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – LaPEF. Correo electrónico: ampdcarv@usp.br

Una parte del programa de Ciencias para la Enseñanza Fundamental se refiere al contenido de la Física y para su desarrollo buscamos planear actividades relacionadas con conocimientos físicos (Carvalho *et al.*, 1998) que tienen por objetivo favorecer a los alumnos para que resuelvan problemas del mundo físico. Teniendo en cuenta sus capacidades se propician, de manera sistemática, propuestas de solución y explicaciones a dichos problemas. En la planeación de estas actividades, además de focalizarnos en el conocimiento físico, buscamos también proponer una metodología de enseñanza que tenga en cuenta los conocimientos que han surgido como resultado de las investigaciones en el área de enseñanza de ciencias.

Así proponemos problemas experimentales para que los alumnos los resuelvan en grupos pequeños (4 o 5 niños). En esta etapa, al buscar una solución, los niños actúan sobre los objetos, pero se trata de una acción limitada a la simple manipulación y/u observación; en la discusión con sus pares, ellos reflexionan, elaboran y prueban sus hipótesis; discuten explicando a los otros compañeros de grupo lo que están haciendo. El trabajo práctico es fundamental para la creación de un sistema conceptual coherente y proporciona –cuando los alumnos discuten en el grupo– “el pensamiento que está por detrás del hacer”.

Después de que los grupos han hallado sus soluciones, organizamos la clase en círculo para que los estudiantes puedan relatar a toda la clase lo que hicieron; todo esto sucede bajo la dirección de la profesora, en el momento en que –mediante un ejercicio meta cognitivo– se propicia que los estudiantes establezcan el “cómo” consiguieron resolver el problema y el “por qué” las soluciones encontradas fueron correctas o incorrectas. Ahora, la clase proporciona el espacio y tiempo necesarios para la sistematización colectiva del conocimiento y la toma de conciencia de lo que se realizó. Al escuchar al otro, o al responder a la profesora, el alumno no solo recuerda lo que hizo, sino que también colabora en la construcción del conocimiento que está siendo sistematizado. En este proceso se va requiriendo el desarrollo y sistematización de actitudes científicas (Harlen, 2000); es en esta etapa cuando se presenta la posibilidad de ampliación del vocabulario de los estudiantes, y con la ayuda de la profesora, de mejorar en procesos como la argumentación de sus ideas, propiciando una comunicación real entre ellos (Harlen, 2001). Esto es lo que Lemke (1997) denomina como el inicio del “aprender a hablar en ciencias”.

Pero la ciencia no se elabora solo haciendo y relatando lo que se hizo; es necesario también aprender a escribir ciencia (Sutton 1998). El diálogo y la escritura son actividades complementarias, pero fundamentales en las clases de ciencia. Mientras que el diálogo es importante para generar, clari-

ficar, compartir e intercambiar ideas entre los alumnos, el uso de la escritura se presenta como un instrumento de aprendizaje que exalta la construcción personal del conocimiento. Como lo muestran Rivard y Straw (2000, p. 583): “El discurso oral es divergente, altamente flexible, y requiere de pequeños esfuerzos por parte de los participantes mientras ellos exploran ideas colectivamente, pero el discurso escrito es convergente, más focalizado y demanda mayor esfuerzo del escritor”. Así, nuestras actividades de enseñanza terminan con la solicitud, por parte de la profesora, a los niños para que dibujen y elaboren individualmente un texto sobre lo que se hizo en clase.

Por otra parte buscamos, al momento de planear nuestras actividades acerca de conocimiento físico –para los alumnos pertenecientes a un curso de las primeras series de la enseñanza fundamental–, restablecer tanto el carácter humano como el nivel de incertidumbre que la ciencia conlleva, ya que esta finalmente es producida por el mismo hombre. Fue en torno a este objetivo que organizamos la enseñanza, para que nuestros alumnos experimenten, hipotetizen y argumenten sobre los conceptos científicos. Como lo dice Sutton (1998, p. 32), “Si restablecemos la autoría humana y readmitimos la incertidumbre y la posibilidad del argumento, podemos ayudar a los estudiantes a adquirir una idea de ciencia no fabricada”.

Las clases que planeamos comprenden actividades con agua, aire, luz, equilibrio y movimiento. Estas clases buscan observar, mediante el desempeño en el aula, la formación de los profesores.<sup>3</sup>

Estas actividades se convirtieron en objeto de trabajo de varias investigaciones y tienen la intención de comprender cómo los alumnos construyen conocimiento científico (Carvalho, 2004, 2007, Capecchi y Carvalho 2000).

En el acompañamiento al desarrollo del interrogante sobre cómo los estudiantes construyen el conocimiento científico en el aula, la pregunta que motivó y propició la presente investigación fue: “¿Los alumnos, al resolver los problemas intrínsecos en las actividades, presentaron indicios de la utilización de estructuras hipotético-deductivas y del establecimiento de relaciones de compensación?”

Más adelante estaremos abordando también el papel del profesor y su responsabilidad en la creación de un ambiente propicio, en el cual los alumnos se motiven para exponer sus pensamientos y puedan argumentar a partir de sus propios razonamientos, dentro de las dinámicas del aula, pues como anotan Monteiro y Teixeira (2004), el estímulo, la observación, la

---

3 Grabadas en vídeo y a disposición en la Internet, en la página [www.lapef.fe.usp.br](http://www.lapef.fe.usp.br)

participación y la libre manifestación de las ideas, son actitudes que deben ser garantizadas para que los alumnos puedan construir argumentos según las características de la cultura científica.

En los próximos ítems mostraremos los referentes teóricos que sirvieron de base para el análisis de las clases.

## El pensamiento hipotético-deductivo y un análisis de los argumentos

En esta sección se realizará una síntesis de los patrones de argumentación de Toulmin (2001), una sistematización del trabajo de Lawson (2002- 2004) sobre el pensamiento hipotético deductivo y finalmente una comparación de estos dos trabajos.

### ***Patrón de argumentación de Toulmin***

Presentaremos algunos puntos centrales referidos al patrón de argumentación de Toulmin, extraídos de su libro *Los usos del argumento*. Esta breve discusión tiene como objetivo direccionar nuestro trabajo para el estudio de los argumentos utilizados en el campo de las ciencias, más específicamente los argumentos hipotético-deductivos.

Según el autor, podemos producir argumentos de muchos tipos, pero ciertas semejanzas básicas pueden ser reconocidas, revelando una serie de prácticas distinguidas, teniendo como inicio la presentación de un problema o una pregunta.

El autor hace distinciones entre los fundamentos para la discusión, los resultados y las conclusiones. Este proceso es escrito de forma resumida en la expresión: “si D, entonces C”, siendo necesaria la presencia de proposiciones generales hipotéticas que sirvan como puentes, capaces de establecer una conexión entre los argumentos específicos y su respectiva conclusión. Toulmin (2001) distingue y denomina estas proposiciones como garantías de ser. El proceso en que se utilizan o establecen “garantías” es denominado normalmente como “deductivo” (p. 173).

Si tuviéramos que tener en cuenta estas características para nuestro argumento, el modelo tendría que ser más complejo, por ejemplo, debería presentar la siguiente estructura constituida por los elementos principales: “el resultado”, “la conclusión” y “la justificación”. En el que la estructura básica para presentarse un argumento es: “a partir de un dato (D)”, “desde que la justificación o garantía (W)”, “entonces se llega a la conclusión (C)”. En el caso de un argumento completo, podemos añadir los criterios de eva-

luación (Q) y condiciones de excepción o refutación (R), indicando así un “peso” de plausibilidad en determinada justificación para dar soporte a la conclusión. Así, los criterios y las refutaciones dan los límites de actuación de una determinada justificación, complementando el ‘puente’ entre el resultado y la conclusión.

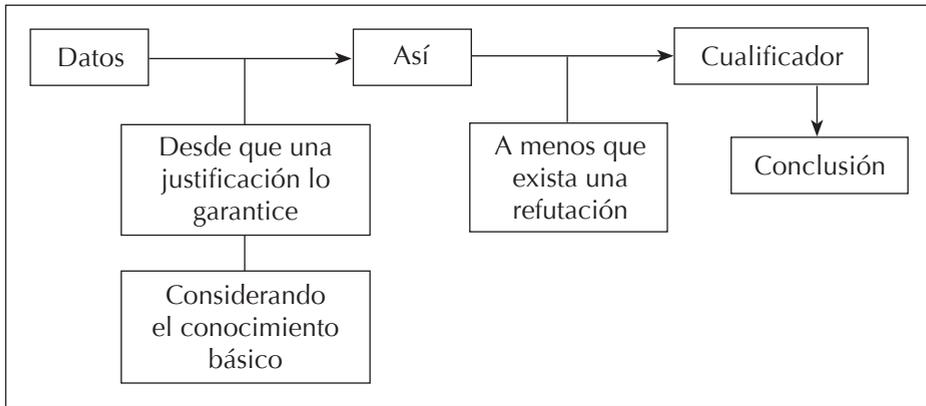


Figura 1. Patrón de Argumento completo propuesto por Toulmin (2001)

### ***El pensamiento hipotético-deductivo en ciencias***

Presentaremos una sistematización de algunos de los trabajos desarrollados por Lawson (2002, 2004) sobre la estructura del pensamiento hipotético-deductivo.

El autor retoma y presenta el pensamiento de Galileo Galilei como ciencia hipotético-deductiva, revelando importantes elementos de la prueba patrón del pensamiento que guió este descubrimiento. Otro ejemplo utilizado es la investigación de Walter Álvarez (1970-1990) sobre una causa sólida acerca de la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años. Lawson (2004) presenta, en ocho episodios en torno al pensamiento hipotético-deductivo, las etapas que corroboran su importancia en los descubrimientos científicos y, por lo tanto, en la cultura científica.

En ambas publicaciones, Lawson desarrolla y estructura los descubrimientos según el patrón, que tiene su inicio en el término “Se...”, ligado directamente a las hipótesis (proposición); el término “Y...” dice respecto al aumento de condiciones de base (prueba); el término “Entonces...” es relativo a los resultados esperados (a las consecuencias esperadas); el término “Y...” o “Más” a los resultados y consecuencias reales y verdaderas. El término “Y...” debe ser utilizado si los resultados obtenidos se relacionan con los esperados y el término “Pero...”, si hay un desequilibrio en los resultados;

de esta forma, el ciclo se reinicia con otras hipótesis y, finalmente, el término “Por lo tanto...” introduce la conclusión a la que se llega. Presentamos a continuación un diagrama que ayuda a sistematizar esa estructura.

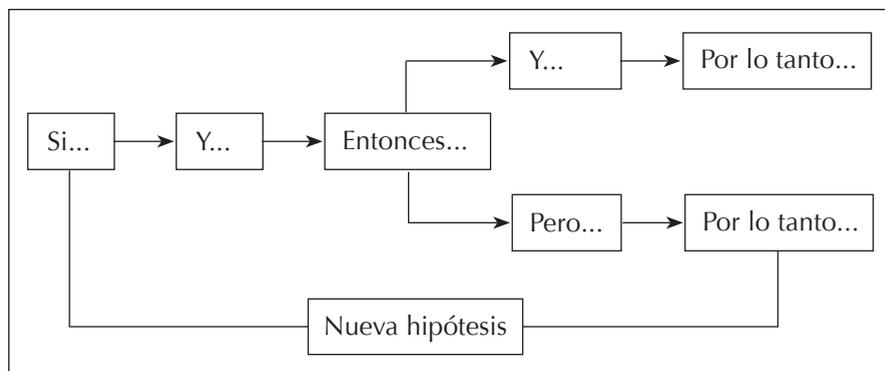


Figura 2. Patrón de Argumento completo propuesto por Lawson (2002, 2004)

Según esa estructura, el autor explica que esos patrones de la razón científica han sido usados para responder una gran cantidad de cuestiones científicas, y que muchos de los descubrimientos científicos son de naturaleza hipotético-deductiva en su esencia.

### **Comparación entre los patrones de Toulmin y de Lawson**

Intentaremos, finalmente, establecer una comparación entre el patrón propuesto por Toulmin (2001) para el análisis de argumentos completos y el patrón de representación del pensamiento hipotético-deductivo propuesto por Lawson (2002, 2004):

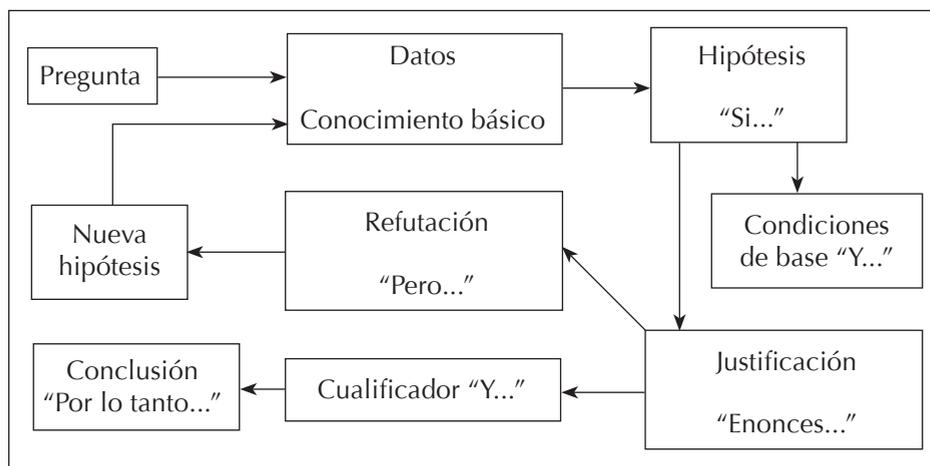


Figura 3. Comparación entre los patrones propuestos por Lawson (2002, 2004) y Toulmin (2001).

Partiendo de una cuestión o pregunta causal, los datos pueden ser extraídos. Es posible formular preguntas que puedan requerir la obtención de datos más precisos.

A partir de una “pregunta o problema” a ser resuelto y de los “datos” extraídos, se intenta formular una primera hipótesis “Se...” con base en los datos y en el “conocimiento previo disponible”. Ese conocimiento previo, junto con algunas condiciones específicas, puede direccionar el aumento de condiciones “de base ‘Y...’”, construyendo, así, la justificación “...” que hará la conexión entre la hipótesis “Se...” y los resultados esperados “Entonces...”.

En los resultados –aquellos que corroboraron la hipótesis– relacionados con el “criterio, ‘Y...’”, aunque atribuyan en un grado a la plausibilidad al argumento, si la hipótesis no es comprobada, deberá ser “refutada, ‘Pero...’”, y una próxima hipótesis tendrá que ser formulada. Finalmente, después de que una hipótesis es aprobada y confirmada, el problema será resuelto y la “conclusión, ‘Por lo tanto...’” será extraída.

### El niño y las relaciones de compensación

---

En este punto intentaremos estudiar el inicio de la construcción del pensamiento proporcional en niños pertenecientes al nivel que Piaget (1976) denomina como concreto (niveles IIA y IIB). Los niños que participaron en las clases, en las cuales las actividades fueron grabadas, están en el rango de edad comprendido entre los 7 y 10 años.

Las relaciones proporcionales involucran multiplicaciones lógicas bastante complejas, sin embargo, Piaget (1973, p. 165) explica el papel de la compensación en la construcción de la proporcionalidad, presentándola como el instante en que el sujeto comprende, frente a dos variables independientes, que “el aumento de una produce un resultado idéntico o contrario de la otra” (1973, p. 165), construyendo, así, un esquema cualitativo de la proporcionalidad.

En tales procesos compensativos, los niños toman conciencia de las variaciones y comportamientos del experimento, secuenciando los extremos: más alto, más bajo, más rápidos, más lentos, llegando a establecer correspondencias término a término, procediendo a través de las relaciones de sustitución, adición o supresión (igualdad de las diferencias). Por lo tanto,

siguen en la dirección de la ley, pero a través de simples correspondencias cualitativas, sin el uso de proporciones métricas (op. cit., p. 131).

La comprensión cualitativa de las compensaciones, verificadas y probadas a partir de una hipótesis, son muy importantes para que los niños, en los próximos niveles, lleguen a construir con éxito sistemas más complejos de compensaciones métricas y correspondencias multiplicativas, denominadas por Piaget (1976) como “proporcionalidad” o pensamiento “proporcional”.

### ***Autenticidad y causalidad en la construcción de las relaciones de compensación***

Partiendo del punto de vista epistemológico, como lo muestra Piaget:

*toda explicación causal acaba por incorporar la noción de estructura al sentido lógico-matemático. (...) Todos los campos de la física actual se constituyen por lo que se ha denominado como estructuras deductivas que tienden a dar respuesta a una necesidad, sin limitarse a la simple constatación o descripción de fenómenos (1977, p. 15).*

La explicación causal no expresa solamente las acciones del sujeto sobre los objetos, sino que también expresa las acciones que los objetos ejercen unos sobre otros (p. 328-329), procediendo así a generalizar las relaciones legales por composición operatoria, atribuido esto al poder real del pensamiento, y reuniendo todos los estados y cambios de estado posibles según un principio de composiciones simultáneas (p. 332-333).

En la causalidad encontramos siempre dos aspectos: una transformación –novedad– y una relación necesaria, que son las exigencias de las operaciones lógico-matemáticas, sin las cuales no hay posibilidad de hablar de causalidad (Piaget, op. cit, p. 16).

Esa interrelación puede ser descrita en dos niveles: inicialmente, la autenticidad, que representa el momento en el que los niños aplican sobre los objetos sus operaciones para que comprendan las relaciones elementales o medidas; y la causalidad, cuando el sujeto proyecta sus estructuras operatorias sobre los objetos.

<b>Construcción de las explicaciones dadas en el aula</b>		
<p>Los alumnos comenzaron a tomar conciencia de las coordinaciones de los eventos reconstruyendo el conocimiento a través de sus acciones y de lo que ellos conseguían observar durante la experiencia (los gestos pueden ser necesarios, ya que el lenguaje científico está siendo construido)</p>	<p>Son realizadas las llamadas conexiones lógicas entre las acciones del sujeto y las relaciones de los objetos establecidos.</p>	
	<p><b>Legalidad</b></p> <p>Relativo a las relaciones repetitivas, obtenidas por la contrastación de los datos, permaneciendo en el dominio de las observaciones;</p> <p>Las representaciones o estructuras de pensamiento son aplicadas a los objetos.</p> <p><i>“... la gente fue colocando...; ... la gente colocaba...”</i></p>	
	<p><b>Se inicia la conceptualización (inicio de nuevas concepciones)</b></p>	
	<p><b>Causalidad</b></p> <p>Atribución de las estructuras operatorias del sujeto al objeto.</p> <p><i>“... el objeto desciende...; ... el objeto asciende...”</i></p> <p>Repasando las observaciones de los niños en busca de una nueva palabra (una novedad) para explicar las relaciones entre las grandezas.</p> <p><i>“... es una presión...; ... es una fuerza...”</i></p>	

Tabla 1. Síntesis de los principales aspectos en los niveles de explicación.

En la tabla anterior señalamos, de manera sucinta, cómo ocurre el proceso de evolución de las explicaciones causales. Para nuestro análisis, verificaremos cómo la evolución de las explicaciones se relaciona con el proceso de construcción de la compensación y del pensamiento hipotético-deductivo por los alumnos durante las clases.

## Metodología de investigación

---

La metodología utilizada en el presente trabajo es del tipo cualitativa, pues estaremos analizando las relaciones establecidas y el razonamiento utilizado por los alumnos a partir de las transcripciones de sus diálogos.

En este contexto, la atención centrada en el diálogo es importante, pues, según Yore *et. al.* (2003):

*el lenguaje es como una ventana, o sea, como una posibilidad de comprender el pensamiento de la persona, haciendo posible la consideración de las asociaciones culturales en la construcción de ideas científicas y que la atención direccionada a esta, podría mejorar la comprensión del pensamiento científico utilizado por el alumno (p. 702).*

Nuestro grupo de investigación utiliza el registro en vídeo, una vez la grabación favorece la recolección de los datos mostrando el aula, su contexto y la dinámica, además de las relaciones profesor-alumno y alumno-alumno (Carvalho, 2005).

Nos enfocaremos entonces en las tres primeras etapas de la clase, es decir, cuando los alumnos están en el grupo pequeño resolviendo el problema y cuando ya, en el grupo grande, están discutiendo bajo la orientación del profesor. Estos son los momentos en que los estudiantes, al intentar explicar el “¿cómo?” y el “¿por qué?”, presentan, por medio de los lenguajes gestual y oral, las estructuras del pensamiento utilizadas para llegar a la resolución del problema propuesto.

Las clases analizadas en el presente trabajo de investigación fueron asistidas varias veces, así como los datos arrojados cuando los alumnos argumentaban en conjunto y que fueron recolectados por medio de transcripciones de las sesiones de enseñanza. Se transcribió tanto el lenguaje oral como la configuración de los gestos utilizados por los alumnos.

Se prestó gran atención al uso del lenguaje gestual, ya que en ese nivel de enseñanza los alumnos tienen cierta dificultad para expresarse haciendo uso del lenguaje científico, pues este, inicialmente, es utilizado de forma confusa e inconclusa (Roth y Lawless, 2002). Por lo tanto, durante el discurso, si los estudiantes ilustraban sus expresiones orales con gestos pertinentes a la comprensión de sus formas de pensamiento, estos eran transcritos en forma de dibujos, guardando la correspondencia con el turno respectivo.

En cuanto al uso del lenguaje oral, y al analizar las participaciones de los alumnos, el parafrasear fue utilizado con la intención de hacer más evidente el patrón de pensamiento, pues aunque el alumno haga uso de tal patrón para estructurar su pensamiento, las palabras por él utilizadas pueden no ser idénticas a aquellas presentadas por Lawson (2002, 2004), aún siendo su sentido coincidente con la propuesta del autor. Utilizamos el símbolo “< >” cuando insertáramos palabras en los diálogos de los alumnos, por ejemplo, “o, y si, y, entonces, pero, por lo tanto” y cuando quisimos utilizar su propio lenguaje para mostrar nuestro análisis.

Señalamos la presencia de las relaciones de compensación, que fueron utilizadas por los alumnos durante las clases de forma cualitativa, o sea, mostrando, por medio del discurso o del lenguaje gestual, las variables involucradas y el proceso por el cual los niños establecieron tales relaciones. Para hacer más evidentes algunos aspectos de nuestro análisis, cada vez que las palabras “mayor”, “menor”, “mientras más” o “mientras menos” sean utilizadas, serán resaltadas con negritas y subrayadas.

En el presente trabajo mostraremos los análisis de datos tomados de dos actividades: “el problema de las sombras en el espacio” y el “problema del submarino”.

## Análisis de los resultados

---

A continuación presentamos los resultados del análisis de dos situaciones: el problema de las sombras en el espacio y el problema del submarino.

### ***El problema de las sombras en el espacio***

La actividad denominada “El problema de las sombras en el espacio” fue desarrollada en una clase de ciencias de la 4ª serie de la enseñanza fundamental (alumnos de 10 años). Cada grupo de alumnos recibió un kit experimental semejante a la figura que se presenta a continuación. El problema que se planteó a los alumnos fue: “¿cómo hacer para colocar todas las piezas dentro de la sombra?”

La profesora presentó los materiales a la clase y los distribuyó en los grupos. Los alumnos iniciaron el trabajo y observaron los colores y las dimensiones de las piezas. Así, el problema fue propuesto en la secuencia establecida en la investigación.

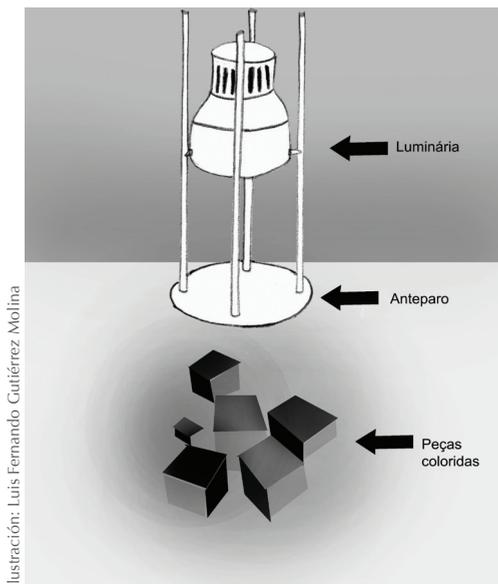


Ilustración: Luis Fernando Gutiérrez Molina

Figura 4. Montaje del kit. El problema de la sombra en el espacio.

Durante la experimentación percibimos, por medio de las acciones realizadas por los alumnos, que diversas hipótesis fueron formuladas, siguiendo la estructura que se presenta a continuación:

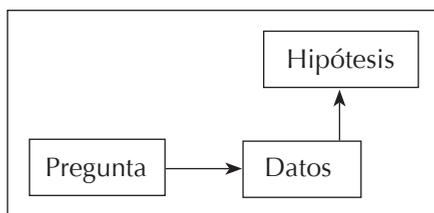


Figura 5 Hipótesis problema de la sombra en el espacio

En el siguiente turno, el alumno verificó, a través de movimientos con la mano, la región de sombra existente debajo de la lámpara.

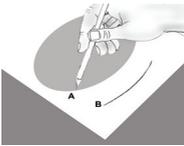
Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
11:12	055	<p>Alumno 7: aquí está muy bonito. ¿Aquí tiene claridad? ¿Tiene claridad? Déjame ver (1). No tiene, no.</p> <p>(1) Alumno colocó la mano en el espacio abajo de la lámpara para observar la existencia o no de luminosidad.</p>	<p>(1)</p>

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
13:45	060	Alumno 10: De modo que esta aquí, va a quedarnos cogiendo la luz (1), entonces yo que tengo que hacer esto aquí... (2) levantar más.	(1) (2) 
13:51	061	La profesora llegó al grupo y preguntó: ¿Por qué usted tiene que levantar más?	
14:53	062	Alumno 10: para que la sombra pueda ser mas grande y caber todas esas piezas. Porque si yo la deajo así, no iban a caber todas esas piezas en la sombra.	

Ilustraciones: Luis Fernando Gutiérrez Molina

En el evento de arriba el alumno argumentó, presentando el inicio de la relación compensatoria, que fue mucho más evidente en el turno (062), en el que el niño, después de corroborar la hipótesis, respondió a la pregunta de la profesora: “¿Por qué usted tiene que levantar más?”, “Para que la sombra pueda ser más grande y caber todas esas piezas. Porque si yo la deajo así, no iban a caber todas esas piezas en la sombra”.

En el otro grupo los integrantes, con el propósito de que comprendieran mejor los resultados observados, registraron los límites de la proyección de la sombra en la cartulina. Esta acción comprueba la afirmación de Capecchi *et al.* (2000), de que los alumnos hacen uso amplio de datos empíricos, una vez que esas actividades son aplicadas sin teoría previa.

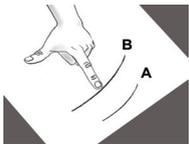
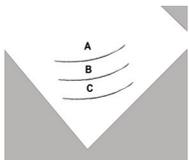
Tiempo	Turno	Discurso / Acciones	Gestos/Figuras
15:59	066	El Alumno 3, con el lápiz, trazó la hoja, contorneando la proyección de la sombra. Inicialmente con la lámpara más alto y después, más bajo.  Alumno 3: Ahora ella es mucho más grande... está viendo... está viendo. Si la gente la baja... ella va a ser... mira vamos a ver la medida, o... ella está AQUÍ... (Marca “A de” la figura). Vamos a bajarla el alumno 2 junto conmigo... ahora vea... ¿Ella donde está? Aquí o... (Marca “B” de la figura). ¿Entendió? Ella está aquí. Mientras más usted baja, ella más va disminuyendo, mientras usted más levanta, ella va... haciéndose más grande, quedando más grande... ¿Entendió?	

Tiempo	Turno	Discurso / Acciones	Gestos/Figuras
16:57	067	Alumno 3: Si yo la levanto hasta aquí, más o menos (1)... ella se va a pasar de la hoja, quedando en el suelo... ¿Entendió? Es eso.	(1) 
17:00	068	Alumno 2: Cada vez que usted levanta, ella se hace más grande.	

Ilustraciones: Luis Fernando Gutiérrez Molina

El alumno 3, en el turno 066, al argumentar: “Mientras más usted baja, ella más va disminuyendo, mientras usted más levanta, ella va... haciéndose más grande, quedando más grande... ¿Entendió?”, se evidenció la utilización de la relación de compensación existente entre las variables: altura de la lámpara y rayo de proyección de la sombra, por medio de asimilación de secuencias (Piaget, 1974).

En los próximos turnos, se hará mucho más evidente la estructura de pensamiento utilizada, una vez que la argumentación de los alumnos comienza a ser presentada de forma más sistemática.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
17:38	073	Alumno 3: Es que esta marca de aquí (“A”) cuando ella estaba allá encima, ella se quedó aquí. Y cuando la gente la bajó, ella se quedó aquí (“B”)... ¿Entendió? Es ese el problema.	
18:18	074	Alumno 4: Pero ella puede hacerse de varios tamaños.	
18:20	075	Alumno 3: PUEDE... si yo la bajo más, ella va a disminuir más, ¿entendió?	
18:27	076	Alumno 3: Ahí o... ¿Dónde ella? Donde ella... aquí mira donde ella ya está, o... aquí, o... aquí, o... de aquí (“A”). Si yo la bajo, ella vino hacia acá (“B”)... yo la bajé un poco más, ella vino hacia acá (“C”)... mientras yo más la voy bajando ella va disminuyendo... ahora si yo la levanto <inaudible>. La luz estará aquí, o... ¿Entendió?	
18:44	077	Alumno 4: Sube, aumenta, se hace más grande.	

Ilustraciones: Luis Fernando Gutiérrez Molina

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
18:46	078	Alumno 3: Eso, cuando sube para arriba, ella se hace más grande... cuando baja ella se hace más pequeña... ¿Entendió? Es ese el cálculo.	
19:06	079	Alumno 4: Entonces, vamos a dejarla grande para que quepan más.	

El alumno 3 retomó su razonamiento e hizo reaparecer la relación de compensación entre las variables utilizando ciclos **“Se..., Entonces...”**. Parafraseando el turno (075): “...si yo la bajo más, ella va a disminuir más, ¿entendió?” o aún, en el turno (078): “Eso, cuando sube para arriba, ella se hace más grande... cuando baja ella se hace más pequeña... ¿Entendió? Es ese el cálculo”.

En el cuadro que se presenta a continuación, el alumno 5 encontró dificultades en corroborar las compensaciones correctas. Sin embargo, la profesora no suministró la respuesta correcta, postura que fue esencial para que los alumnos argumentaran de forma tal que buscaban refutar el argumento del compañero.

Se puede verificar la importancia de la discusión y del cambio de ideas entre los integrantes del grupo para la construcción del conocimiento científico:

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
28:29	117	Alumno 3: Vamos a levantarla hasta aquí.	
28:33	118	Alumno 5: Yo creo que cuando va aumentando va se quedando más claro.	
28:37	119	Alumno 3: No es ó. Cuando ella va aumentando, va haciéndose más grande <mostrando la sombra>.	

El alumno 5, de turno (118), presentó la siguiente hipótesis: *“Yo creo que cuando va aumentando se va quedando más claro”*, refutada por el alumno 3, que intenta persuadirlo por medio de una nueva hipótesis, formulada con base en los datos empíricos observados: *“Cuando ella va aumentando, va haciéndose más grande”*.

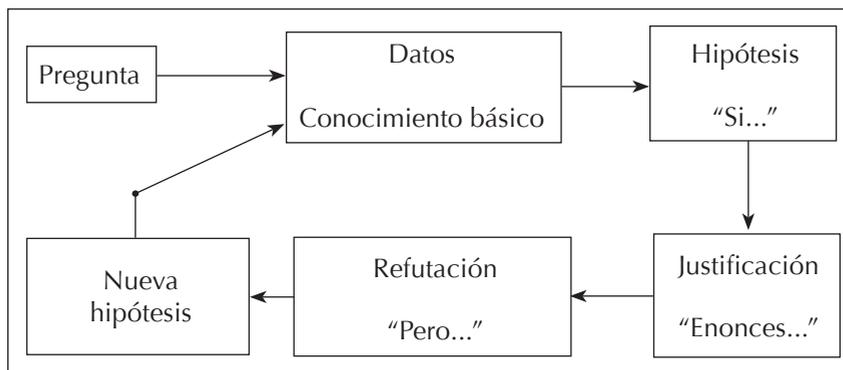


Figura 6. Verificación de las relaciones entre las variables.

En seguida, la profesora formuló preguntas con “¿cómo?”:

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
36:05	157	Alumno 7: Es profesora, cuando levantaba más la luz, el círculo era más grande. Ahí daba para colocar todo. Ahí se colocará.	
36:12	158	Prof.: No entendí, ¿cómo fue que ustedes hicieron?	
36:14	159	Alumno 7: Levantamos más la luz.	
36:16	160	Prof.: Habla más alto.	
36:23	161	Alumno 7: Levantamos más la luz. Para que el círculo se hiciera más grande. Ahí colocábamos todo ordenado. Cuando se baja, el balón me quedaba pequeño y daba para pasar (...) las piezas.	

En los diálogos por turnos presentados arriba, el alumno 7 presentó la compensación, explicando que si aumentáramos la altura de la lámpara, el rayo de proyección de la sombra también aumentaba, y si disminuyéramos la altura, el rayo de proyección también disminuiría. Parafraseando el turno (161), podemos observar que el niño presentó la hipótesis “Si”, en seguida mostró la justificación del resultado esperado: “Entonces” y, por fin, presentó la evidencia que lo llevó a esta justificación: “Y” *Levantamos más la luz. Para que el círculo se hiciera más grande. Ahí colocábamos todo ordenado. Cuando se baja, el balón me quedaba pequeño y daba para pasar (...) las piezas.*”.

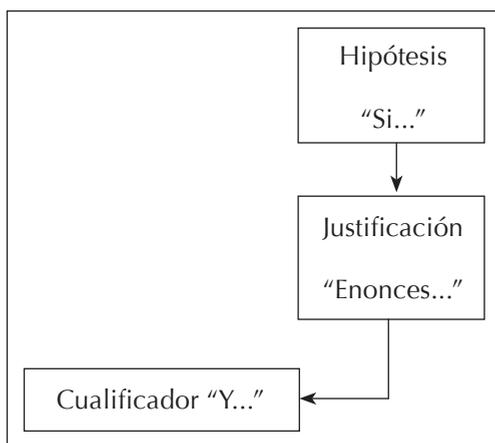
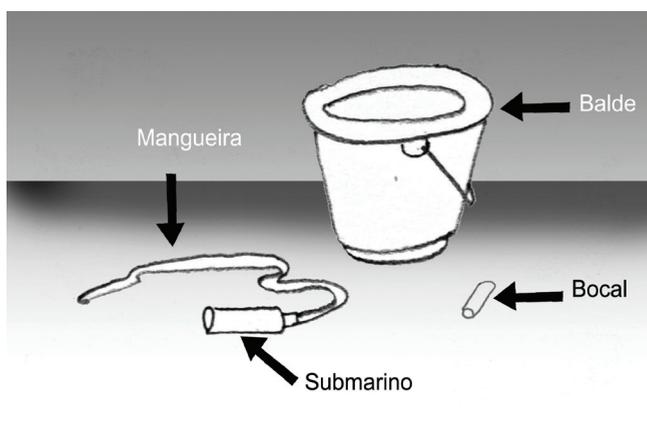


Figura 7. Estructura de argumentación

Es importante destacar que en esta actividad, se otorgó bastante tiempo para la etapa experimental, de esa forma, fueron propiciadas condiciones bastante favorables para el desarrollo de la argumentación por parte de los alumnos.

### ***El problema del submarino***

La actividad “El problema del submarino” fue realizada en una clase de ciencias de la 3ª serie de la enseñanza fundamental (alumnos de 9 años). El problema propuesto a los estudiantes fue: “¿cómo hacer para que el submarino se hunda o flote en el agua?”.



Ilustraciones: Luis Fernando Gutiérrez Molina

Figura 8. Montaje del kit – El problema del submarino.

Al inicio de la clase los materiales son presentados, distribuidos en un Kit para cada grupo de 4 a 5 niños, y es entonces cuando la profesora propone el problema. Los estudiantes trabajaron el experimento y discutieron sobre el problema construyendo su solución.

El alumno 3 formuló la hipótesis de que, para hundir el submarino, debería “succionar” el aire de su interior. Después de realizar la prueba, la profesora enfatizó en el resultado que concordó con la hipótesis formulada.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
08:19	063	La profesora coloca el submarino sobre el agua de tal forma que el mismo quede flotando: Prof.: Ahora lo suelta. Él está en equilibrio, está viendo. Él no está ni muy para encima ni muy por debajo.	
08:45	064	Prof.: Ahora está, está bien. Ahora yo quiero que usted lo hunda.	
08:56	065	Alumno 3: Tiene que succionar el aire, °intenta!	
09:07	066	Alumno 2: Déjame intentar. El Alumno 2 coge el pitillo, e inmediatamente inicia la succión. El Alumno 1 muestra gran expectativa en cuanto a los resultados.	
09:11	067	Prof.: Ahí, mira, bajó de una vez. Mira, ¿está viendo?	

Después de esta validación, el alumno 3 explicó los resultados observados, haciendo uso del término “Entonces...”:

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
09:15	072	Alumno 3: Entonces para ascender tiene que soplar y para descender tiene que succionar el aire.	

Aún después de que el alumno 3 presentara las relaciones correctas sobre sus acciones, la profesora los llevó a continuar experimentando para que los demás alumnos también pudieran observar y construir sus propias explicaciones.

En el turno que se presenta a continuación, el alumno 3 retomó su razonamiento, introduciendo el término “pesado”, sin embargo atribuyó la causa del mayor peso al aire.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
11:49	098	Alumno 3: yo creo que cuando usted succiona el aire, él consigue subir. Debido a que cuando la gente sopla, el aire se queda muy pesado y él no consigue quedarse debajo.	

En los siguientes turnos, podemos observar la importancia de la argumentación y discusión entre los alumnos, pues ambos estaban simultáneamente trabajando en la sistematización de las explicaciones.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Fig.
27:06	197	Alumno 3: Cuando usted sopló, el ascendió o descendió?	
27:13	198	Alumno 1: Él subió.	
27:15	199	Alumno 3: Pero, ¿por qué subió?	
27:20	200	Alumno 1: Porque yo soplé así fu... fu, ahí él fue subiendo y cuando yo coloque el aire, ahí él descendió, fue descendiendo.	

A continuación, el alumno 3 formula una explicación del tipo legal y establece las relaciones entre el aire y el agua, presentándola por medio de dos ciclos “Se... Entonces...”.

Tiempo	Turno	Discurso / Acciones	Gestos / Fig.
30:37	222	Alumno 3: tranquila °espera!... Yo vi que cuando la gente sopla el aire sale bastante, cuando la gente sopla sale toda el agua y cuando la gente succiona el aire, comienza a entrar agua y el aire va saliendo por el tubo.	

Podemos parafrasear el diálogo: "...La gente sopla, sale toda el agua y la gente succiona el aire, comienza a entrar agua y el aire va saliendo por el tubo".

Nuevamente la profesora comenzó a formular preguntas que contenían el "¿Cómo?":

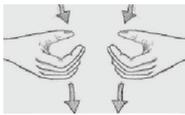
Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
39:34	271	Prof.: ahora quiero saber ¿cómo hicieron ustedes para resolver el problema?	

El alumno 6 explicó haciendo uso de los ciclos "**Se... Entonces**" y "**Se... Y, ... Entonces**" para referirse a las dos situaciones observadas, o sea, cuando el submarino se hundió y cuando quedó en equilibrio; podemos también verificar la construcción de la compensación, en el instante en el que el alumno distinguió que cuanto mayor es el volumen de agua en el interior del submarino, más se hunde.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Fig.
42:44	272	Alumno 6: cuando la gente succiona hacia fuera, nada. No, primero cuando la gente succiona para dentro, el agua, si el agua cubre todo el tubo, él se hunde, ahora si... si cubre hasta la mitad y que tenga un poquito de aire él se equilibra así.	

Parafraseando, obtenemos: "... cuando la gente succiona para dentro, el agua, si el agua cubre todo el tubo, él se hunde, ahora si... si cubre hasta la mitad y al tener un poquito de aire él se equilibra así".

Después de que las relaciones compensatorias son establecidas, el alumno 6, en el turno (287), retoma su razonamiento, haciendo uso de una novedad, como el caso de la influencia del peso sobre el agua, la cual se identifica como la causa del hundimiento o flotación del submarino. La explicación puede ser caracterizada como de tipo causal, presentando las relaciones encontradas por medio de ciclos "Si..., Entonces..." y, finalmente, la conclusión "Por lo tanto...", completando así la estructura del pensamiento.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
45:07	287	Alumno 6: Tiene que ver el agua también. Si... es... cuando la gente coloca mucha (1) agua, se hace más pesado (2), cuando... tiene aire, él se hace más liviano y cuando hay un poquito de agua y un poquito de aire él se equilibra.	<p>Alumno 6 gesticula:</p> <p>(1)</p>  <p>(2)</p> 

Parfraseando, encontramos ciclos “Si..., Por lo tanto...”, “Si..., Por lo tanto” y “Se..., Y..., Entonces...”: “Si... es... cuando la gente coloca mucha (1) agua, se hace más pesado (2), cuando... tiene aire, él se hace más liviano y cuando hay un poquito de agua y un poquito de aire él se equilibra”.

A pesar de que la compensación no queda explicitada de manera clara, pues las cantidades de aire y agua son difíciles de ser observadas, podemos verificar que el estudiante relaciona la cantidad de agua en el interior del submarino y el peso del mismo: “mucha agua, se hace más pesado” y “un poquito de agua y un poquito de aire él se equilibra”. Analizando la evolución de la estructura de pensamiento presente en la argumentación del alumno 6, expresada en los turnos (272) y (287), verificamos que esta presenta la estructura:

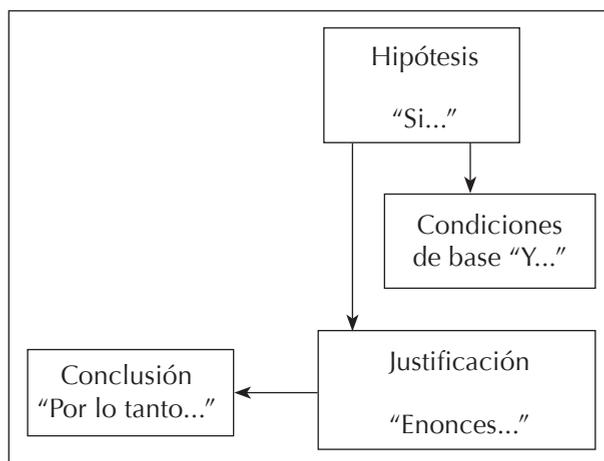


Figura 9. Estructura de argumentación para la explicación de tipo casual.

Es importante resaltar que –en esa clase– la profesora no formuló preguntas que contuvieran el “¿por qué?”; sin embargo, se pudo mostrar que las explicaciones causales fueron bien caracterizadas en los diálogos de algunos alumnos, y solamente en el instante en que ellos atribuyeron al peso la causa del efecto, el término “Por lo tanto...” fue revelado en la estructura del pensamiento utilizado.

## Consideraciones finales

---

Observamos que cuando el profesor crea un ambiente de aprendizaje interactivo, estimulando la participación, proporcionando a los estudiantes tiempo para que reflexionen y formulando preguntas que los lleven a tomar conciencia de cómo lo hicieron y por qué el problema se solucionó correctamente, se puede decir que existen condiciones en el aula de clase para que los estudiantes estructuren argumentos sistematizados y completos.

El análisis de la argumentación de los estudiantes ha revelado que a través del lenguaje oral y gestual, quienes resuelven el problema en pequeños grupos, tienen la oportunidad de formular y corroborar sus propias hipótesis, y que en el grupo principal pueden llegar a explicar cómo resolvieron el problema y por qué estas soluciones fueron correctas, van estableciendo poco a poco relaciones entre las variables del fenómeno estudiado.

En la búsqueda de relacionar estas variables, los alumnos van utilizando –aunque de modo deficiente– dos importantes razonamientos presentes en la cultura científica: el establecimiento de las relaciones de compensación y el pensamiento hipotético-deductivo. Estos razonamientos no aparecen de manera estructurada en las argumentaciones de los estudiantes, sin embargo, en la medida en que van describiendo mejor el problema propuesto, se van estructurando paulatinamente.

El razonamiento compensatorio aparece primero, cuando los alumnos, al responder “cómo resolvieron el problema”, tomando conciencia de sus resultados empíricos, relacionan las variables y la secuencia de cómo obtuvieron dichos resultados cuando realizaban la experimentación en pequeños grupos. Al explicar esta secuenciación, van utilizando el razonamiento compensatorio.

La aparición del pensamiento hipotético-deductivo se hace evidente también en estas primeras explicaciones de los alumnos. Sin embargo, las relaciones “se... están”, que nacen junto con las explicaciones legales, es decir, con el razonamiento compensatorio, solamente van a completarse cuando

los estudiantes buscan una causa para explicar la resolución del problema. Cuando los alumnos explican la relación causal, el razonamiento “si... entonces... por lo tanto” se completa.

## Referencias bibliográficas

---

- Capecchi, M. C. V. M. y Carvalho, A. M. P. (2000). Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. En: *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, 5 (3).
- Capecchi, M. C. V. M. (2004). *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Carvalho, A. M. P.; Barros, M. A.; Gonçalves, M. E. R.; Rey, R. C.; Vanucchi, A. I. (1998). *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione.
- Carvalho, A. M. P. (2004). Building up explanations in physics teaching. En: *International Research in Science Education*, 26 (2), 225-237.
- \_\_\_\_\_ (2005). Metodología de investigación en enseñanza de física: Una propuesta para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje. En: *Enseñanza de la Física*, 18 (1), 29-37.
- \_\_\_\_\_ (2007). Enseñar física y fomentar una enculturación científica. En: *Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (51), 66-75.
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E. y Scott, P. (1999). Construindo Conhecimento Científico. En: *Química nova na escola* (9), 31-40.
- Harlen, W. (2000). *Teaching, learning and assessing Science 5-12*. London: Paul Chapman Publishing.
- \_\_\_\_\_ (2001). *Primary Science, taking the plunge* (2°. Ed.). Portsmouth: Heinemann,
- Jimenez-Aleixandre, M. P. (2006). Argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. En: *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru.
- Lawson A. E. (2002). What does Galileo’s discovery of Jupiter’s moons tell us about the process of Scientific Discovery? En: *Science & Education* (11), 1-24.
- \_\_\_\_\_ (2004). Rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. En: *Science & Education* (13), 155-177.

- Lemke, J. (1997). *Aprendendo a hablar ciências: linguagem, aprendizagem y valores*. Barcelona: Paidós.
- Monteiro, M. A. y Teixeira, O. P. B. (2004). Uma análise das interações em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. En: *Investigações em Ensino de Ciências*, 9 (3). Porto Alegre.
- Piaget, J. (1973). *Biología e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Petrópolis: Vozes.
- Piaget, J. e Inhelder, B. Y. (1976). *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. D. Moreira (Trad.). São Paulo: Pioneira.
- \_\_\_\_\_ (1977). *La explicasse em lãs Ciências*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- Rivard L. P. y Straw S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning Science: An exploratory study. En: *Science Education* (84), 566-593.
- Roth, W. M y Lawless, D. (2002). Science, culture and emergence of Language. En: *Science & Education*, 86 (3), 368-385.
- Sutton, C. (1998). New perspectives on language in Science. En: B. F. Fraser y K. G. Tobin. *International Handbook of Science Education*, pp. 27-38. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Toulmin, S. E. (2001). *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes.
- Yore, L. D.; Bizanz, G. L. y Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science literacy research. En: *International Journal of Science Education*, 25 (6), 689-725.