

# CONCEPCIONES ALTERNATIVAS SOBRE REPOSO Y MOVIMIENTO, MODELOS HISTÓRICOS Y DEFICIENCIA VISUAL

CAMARGO, ÉDER PIRES DE<sup>1</sup>, SCALVI, LUÍS VICENTE DE ANDRADE<sup>2</sup> y BRAGA, TÂNIA MORON SAES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencia. UNESP. Bauru. SP, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Física. Facultad de Ciencia. UNESP. Bauru. SP, Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Educación Especial. UNESP. Marília. SP, Brasil

camargoep@dfq.feis.unesp.br

scalvi@fc.unesp.br

braga.icm@icm.com.br

**Resumen.** El enfoque actual sobre las concepciones alternativas de los estudiantes muestra, entre otros aspectos, la superación del paradigma tradicional de la enseñanza, que despreciaba tales concepciones clasificándolas como erróneas. A partir de los últimos 35 años, el estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes respecto de conceptos físicos comienza a tomar forma y a ganar atención entre educadores constructivistas que buscaban una mejoría en su práctica pedagógica. Ese estudio muestra las diferencias entre el pensamiento científico actual y las nociones espontáneas de los estudiantes, indicando las fallas de la instrucción formal tradicional para la superación de tales nociones. En el tema aquí abordado, se realiza un análisis de las concepciones alternativas de un tipo particular de estudiante –el deficiente visual total– al mismo tiempo que se realiza una comparación de tales concepciones con la física aristotélica y con la física medieval del ímpetus. Se espera que ese análisis pueda tener utilidad en la enseñanza de la física para personas ciegas ya que, a partir de los resultados presentados y discutidos, el profesor que lleve a cabo su trabajo con esas personas podrá obtener beneficios indispensables para su práctica.

**Palabras clave.** Enseñanza de física, concepciones alternativas, deficiencia visual, reposo, movimiento.

## Alternative conceptions on rest and movement, historical models and visual deficiency

**Summary.** The traditional education paradigm, which practically ignores alternative pupil ideas and concepts, has been overcome by the great attention given to those ideas and concepts by researchers. In the last 35 years, the observation of the pupil alternative ideas and concepts about Physics theory has become a very important topic of discussion among constructivist educators who want to improve their work. Such observation shows the difference between the current scientific knowledge and the spontaneous pupil thought, pointing out failures in the traditional method of learning. In this work we analyse alternative ideas and concepts of a very particular kind of student –the blind– and relate their thinking to Aristotelian Physics and Physics of Impetus, in order to help teachers to improve the Physics teaching for blind people.

**Keywords.** Physics teaching, alternative conceptions, visual deficiency, rest, movement.

## INTRODUCCIÓN

### La enseñanza de la física y los portadores de deficiencia visual: una temática poco explorada

El análisis de la bibliografía especializada sobre el deficiente visual mostró que su desarrollo y aprendizaje son definidos a partir de patrones adoptados para los videntes (Camargo, 2005). Se verificó que el «conocer» esperado en la educación del deficiente visual tiene como

presupuesto el «ver» y que, por lo tanto, no se toman en cuenta las diferencias de percepciones entre el deficiente visual y el vidente (Masine, 1994 y 2002). Inclusive, tomando como base un referencial constructivista, la enseñanza actual de la física en la óptica tradicional se torna inviable, no sólo para los videntes, sino también para los ciegos, pues enfoca la física descontextualizada, no considera el conocimiento previo de los alumnos y no

tiene como objetivo trabajar con cuestiones conceptuales (Brown y Clement, 1987).

Como ejemplos, pueden ser citados los trabajos de Linn y Thier (1975), Baughman y Zollman (1977), Weens (1977) y Sevilla et al. (1991), preocupados con la enseñanza de la física para las personas ciegas, que han contribuido básicamente con una adaptación de materiales de laboratorio para enseñar a esas personas; sin embargo, en ningún momento esos trabajos presentan información relativa al conocimiento previo de los deficientes visuales. Este hecho está vinculado, según Masine (1994), a una falta de atención al mundo de los deficientes visuales, proveniente de la instauración de una «cultura de los videntes».

En los últimos 35 años, se han llevado a cabo un gran número de estudios (Eckstein y Shemesh, 1993; Camargo, 2000; Camargo y Scalvi, 2001) vinculados con la temática de los conocimientos previos o concepciones alternativas, y como resultado de esos trabajos, se constató la divergencia entre las visiones de los estudiantes y el pensamiento científico actual (Twigger et al., 1994). Podemos analizar el problema de acuerdo con el constructivismo, considerando algunos puntos, tales como la necesidad, por parte de los estudiantes, de comprender el mundo a su alrededor, necesidad que produce análisis e interacciones sensoriales y sociales, que resultan en el surgimiento de las concepciones alternativas (Lochhead y Dufresne, 1989). Por lo tanto, de acuerdo con el referencial constructivista, los estudiantes necesitan analizar sus propios conceptos para que, una vez probada su ineficiencia, puedan ser interrogados y substituidos por otros nuevos conceptos. Robin y Ohlson (1989) afirman que los cambios conceptuales en ciencias no pueden ser comprendidos sin el conocimiento de los contenidos y de las estructuras de las ideas iniciales de sentido común que, a su vez, servirán de referencia para la construcción de actividades de enseñanza.

No obstante, estudios recientes sobre cambio conceptual se preguntan acerca de algunos aspectos de su eficacia, estableciendo críticas a su metodología, así como a los resultados finales de ese modelo de enseñanza. El proceso de «identificar los conocimientos previos, proponer preguntas que los cuestionen y, mostrada su ineficacia, introducir los modelos científicos», puede, de acuerdo con Mortimer (1995), producir cambios conceptuales, pero raramente alteraciones radicales de pensamiento en su uso más amplio. Gil-Pérez et al. (1999) sugieren la asociación de construcciones de conocimiento a los problemas, esto es, se deben tomar las ideas que son consideradas más seguras y obvias como simples hipótesis de trabajo, forzando al aprendiz a imaginar otras. Esto concede un estatus diferenciado a las situaciones de conflicto cognitivo, pues ya no suponen para el estudiante la duda externa de las ideas personales, ni la reiterada aceptación de las insuficiencias del propio pensamiento. De esa forma, no se eliminan los conflictos cognitivos, pero se evita que adquieran el carácter de controversia entre las ideas propias y los conocimientos científicos.

El trabajo presentado en este artículo pretende identificar las concepciones alternativas acerca del movimiento de personas deficientes visuales totales y establecer relaciones

entre tales concepciones y los modelos históricos de reposo y movimiento propuestos por antiguos filósofos (Camargo, 2000 y 2005; Camargo y Silva, 2003 y 2004). Pretende también comprender de qué manera la ausencia de visión puede interferir (o no) en el pensamiento espontáneo de un individuo ciego, ya que éste no posee el sentido que lo pone en contacto con muchos fenómenos observables principalmente a través de la visión (Camargo et al., 2001).

### **Algunas características de la física aristotélica y de la física del ímpetus**

Muchas de las ideas propuestas por los antiguos filósofos acerca del movimiento están bastante presentes en la manera de pensar de las personas inexpertas en física. Según Cohen (1967), «la física aristotélica es conocida a veces como la física del sentido común, porque es la especie de física en que la mayoría de las personas creen y por la cual se guían intuitivamente, o la especie de física que parece interesar y agradar a cualquier individuo que use su inteligencia natural pero que no haya aprendido los modernos principios de la dinámica». No obstante, investigaciones en el área de las concepciones espontáneas han demostrado que la física de sentido común mantiene estrechas relaciones con la física aristotélica y/o con el pensamiento medieval del ímpetus. Como apunta Peduzzi (1996), «en términos didácticos y teniendo en vista la construcción del conocimiento por el alumno, parece no sólo inevitable sino también necesario establecer algunas analogías entre la ley de movimiento de Aristóteles y ciertas concepciones alternativas sustentadas por el estudiante de cualquier grado de escolaridad sobre fuerza y movimiento».

De acuerdo con las observaciones de Koyré (1991), Aristóteles de Estagira (384-322 a. C.) se volvería, durante la segunda Edad Media, el representante exclusivo de la verdad, el punto culminante y la perfección de la naturaleza humana. Atento observador, sus constataciones sobre lo que veía ocurrir en la Tierra y en el firmamento lo llevaron a realizar afirmaciones sobre la naturaleza de las cosas y a formular un modelo del universo. Propuso que tal universo debería ser limitado y centralizado en la Tierra. Separó la física celeste de la física terrestre, basándose en observaciones de fenómenos que ocurrían en la Tierra y en el cielo. Asoció los cambios observados en la Tierra con alteraciones en el clima, en el nacimiento y muerte de los seres humanos, entre otras, a un mundo imperfecto, corrupto, sujeto a continuas modificaciones (Peduzzi, 1996). Al contrario de la Tierra, en el cielo Aristóteles veía la perfección, la armonía y los ciclos repetitivos como características eternas (Cohen, 1967).

Hechos como éstos llevaron a Aristóteles a organizar su mundo físico de la siguiente manera: el mundo material terrestre estaba constituido por la mezcla de cuatro elementos corruptibles básicos: el elemento tierra, el elemento agua, el elemento aire y el elemento fuego. Y los cuerpos celestes estarían constituidos por una quinta sustancia incorruptible, el éter, un elemento puro, eterno, inalterable, no sujeto a cambios, y por lo tanto, diferente a los elementos terrestres (Peduzzi, 1996). Su modelo físico distinguía dos tipos de movimiento: los movimien-

tos naturales (por ejemplo, el movimiento de cuerpos celestiales u objetos en caída) y los forzados (por ejemplo, un caballo que tira una carroza o el lanzamiento de una piedra). Todos los objetos, de acuerdo con Aristóteles, poseen un lugar natural en el universo; el movimiento natural es la propensión de los objetos a moverse en dirección a su lugar natural (Koyré, 1986).

Sin embargo, para que ocurra un movimiento forzado, debe haber un motor que provoque que el objeto se ponga en movimiento. La física aristotélica no contiene ningún concepto de acción a distancia. La noción de gravedad es literalmente inexistente en el sistema aristotélico; de esa manera, el movimiento de una piedra lanzada a un precipicio sería explicado, en condiciones aristotélicas, como debido inicialmente a la acción de un motor (la fuerza aplicada a la piedra), a una fuerza continua de movimiento y al movimiento natural descendiente de la piedra (Gardiner, 1986). El mecanismo de la fuerza responsable de mantener el movimiento es bastante complejo: el objeto que está en movimiento perturba el medio, que entonces continúa dando fuerza al objeto, provocando de esa manera la continuidad del movimiento hasta que la fuerza cesa; tal proceso es denominado antiperístasis (Franklin, 1978). «Cuando se pone en movimiento, el proyectil pasa a ocupar el lugar que antes era ocupado por el aire que había en su frente. Este mismo aire, a su vez, fluye en torno de la piedra para ocupar el espacio vacío dejado por la misma. Con este movimiento el aire impulsa el objeto hacia delante... tal proceso es imperfecto y la fuerza sobre el proyectil gradualmente se extingue y él para» (Peduzzi, 1996).

Los adversarios de la dinámica de Aristóteles siempre basaron sus críticas justamente en el concepto de *antiperístasis* y, como apunta Koyré (1986), la respuesta a las explicaciones aristotélicas a los movimientos continuos de la rueda, de la piedra, de la flecha (Piaget y García, 1982), está presente en sus críticos, que van desde Hiparco y Philoponus a Buridan, y de Nicolau Oresme y Alberto de la Saxonia a Leonardo da Vinci, Benedetti y Galileo. Tal crítica, establecida inicialmente por Hiparco (siglo II a. C.) y Philoponus (siglo V d. C.), se fundamentaba en el concepto de *fuerza impresa* (Stinner, 1994), que más tarde fue denominada *ímpetus* por Jean Buridan (siglo XIV d. C.).

A pesar de que la teoría del ímpetus ha continuado fiel al principio aristotélico de que la fuerza produce velocidad y no aceleración, no puede negarse que este principio representó un avance conceptual en relación con las ideas propuestas por Aristóteles para explicar el movimiento de objetos, ya que de acuerdo con esa teoría, el medio pasa a tener un papel apenas de resistencia al movimiento, y no es más responsable de la continuidad del mismo (Piaget y García, 1982).

## METODOLOGÍA

De acuerdo con la perspectiva de investigación aquí presentada, la realización de entrevistas se tornó un instrumento fundamental para la recolección de los datos deseados. Este instrumento confiere al investigador una

cierta libertad para la obtención de informaciones, específicamente en el caso de la entrevista semi-estructurada, que fue desarrollada a partir de un esquema básico, aplicado de una forma flexible, en el grupo de deficientes visuales, permitiendo realizar, durante el transcurso de la entrevista, las correcciones, explicaciones y adaptaciones necesarias. Durante la elaboración de las preguntas, se utilizó una pauta que guió la entrevista a través de los tópicos principales que fueron cubiertos. Esa pauta siguió una determinada secuencia lógica, o sea, los asuntos fueron abordados comenzando por los más sencillos hasta llegar a los más complejos.

Cada persona entrevistada fue enfrentada a cuatro situaciones-problema; dentro de cada situación se formulaban preguntas cuyo objetivo era incitarlos a la reflexión sobre el movimiento de los cuerpos. La preocupación principal no era obtener la respuesta a tales preguntas, sino la de crear un diálogo con el entrevistado sobre el movimiento de los cuerpos y, a través de ese diálogo, intentar identificar sus concepciones alternativas sobre el tema. Se procuró conversar con los entrevistados por medio de la utilización de expresiones no técnicas, evitando así el empleo de términos como *fuerza*, *gravedad*, *presión*, etc. Cuando el entrevistado se refería a uno de esos términos, se aprovechaba la ocasión para preguntarle sobre su significado y a partir de su respuesta se decidía usar (o no). Otros objetos de exploración fueron los ejemplos que los entrevistados proporcionaban en sus explicaciones; la mayoría de ellos fueron extremadamente útiles para el análisis.

De esta forma, la investigación se realizó siguiendo un plan de trabajo, dividido en cuatro etapas, mencionadas a continuación.

**Etapas:**

**Etapas 1: Selección de los entrevistados.** Participaron en esta investigación adultos ciegos de nacimiento o que perdieron la vista en la infancia, y que no presentaban deficiencia mental y/o auditiva. Todos los entrevistados eran alumnos de la institución Hogar Escuela Santa Lucía para ciegos, ubicada en la ciudad de Bauru (Provincia de San Pablo, Brasil). El número de alumnos de esta institución era veinticinco; seis de ellos se encuadraron en los criterios establecidos; los otros diecinueve no presentaban las características requeridas por la investigación. De los seis entrevistados seleccionados, cuatro eran ciegos de nacimiento y los otros dos perdieron totalmente la visión en la infancia, a los cinco años. En los siguientes párrafos se encuentran disponibles algunas características peculiares de cada uno de ellos:

Entrevistado 1: ciego de nacimiento, 38 años, cursó enseñanza básica y media en una escuela pública; en el momento en que fue realizada la investigación era universitario: cursaba el segundo año de fisioterapia.

Entrevistado 2: ciego de nacimiento, 42 años, terminó la enseñanza básica en la escuela básica.

Entrevistado 3: ciego de nacimiento, 16 años, era estudiante de primer año de enseñanza media en una escuela particular.

Entrevistado 4: perdió totalmente la visión a los 3 años de edad, 23 años, terminó la enseñanza básica en escuela pública.

Entrevistado 5: perdió totalmente la visión a los 5 años de edad, 32 años, frecuentó la escuela pública hasta el quinto grado.

Entrevistado 6: ciego de nacimiento, 45 años, no frecuentó la escuela; fue alfabetizado en la propia institución Hogar Escuela Santa Lucía, a través del sistema Braille.

**Etapa 2: Elaboración del cuestionario y realización de las entrevistas.** En esta etapa fueron elaboradas cuatro preguntas-problema; a partir de cada pregunta se estableció un diálogo con el entrevistado, en el que se abordaron sub-preguntas elaboradas previamente y/o extraídas de artículos especializados en concepciones alternativas y ejemplos propuestos por las personas.

### *Situación 1, Reposo de los objetos*

1.1. ¿Qué hace que el libro permanezca en reposo sobre la mesa?

1.2. Se coloca un libro sobre la mano estirada de un sujeto. Se coloca más de un libro en la mano estirada de un sujeto. ¿Qué hace Ud. para que el libro permanezca parado sobre su mano? Para Ud. ¿qué es la fuerza? ¿Ud. cree que la mesa puede ejercer una fuerza sobre el libro? (Minstrell, 1982).

### *Situación 2. Movimiento horizontal de los objetos*

2.1. Con las manos, se aplica al libro una fuerza paralela al plano. ¿Qué sucederá cuando no haya más contacto entre la mano y el libro?

2.2. ¿Por qué los objetos se mueven?

2.3. ¿Ud. necesita empujar o tirar un objeto, para que se ponga en movimiento, siempre con la misma velocidad?

2.4. ¿Por qué algunos objetos continúan moviéndose durante cierto tiempo después de haber dejado de empujarlos?

2.5. ¿Por qué los objetos dejan de moverse?

2.6. Si empuja un libro y una pelota de metal con la misma fuerza, ¿cuál llegará más lejos? ¿Por qué?

2.7. ¿Podría existir una situación en la cual un objeto en movimiento pueda continuar en movimiento con la misma velocidad aunque no haya nada empujándolo o tirándolo? (Lochhead y Dufresne, 1989).

### *Situación 3. Caída de los objetos*

3.1. Ud. tiene en sus manos una piedra. ¿Qué sucederá si la abandona? ¿Por qué? ¿Y si la lanza hacia arriba?

3.2. ¿Por qué los objetos caen?

3.3. Si tira una piedra hacia arriba, ¿qué sucede con ella? ¿Por qué?

3.4. Tiene en sus manos una esfera de metal y una hoja de papel abierta. Si las tira desde la misma altura, ¿cuál llegará primero al suelo? ¿Por qué? (Hise, 1988).

3.5. Imagine que de lo alto de un edificio de 50 pisos son arrojados dos objetos al mismo tiempo. Uno de los objetos es una piedra grande de una tonelada y el otro una pequeña piedra de un kilogramo. ¿Cuál de ellos llegará primero al suelo? ¿Por qué? (Robin y Ohlsson, 1989).

3.6. ¿Recuerda el punto 3.4.? (hoja de papel abierta y esfera de metal). Imagine ahora que la hoja de papel esté arrugada de tal forma que se parezca a una esfera. ¿Cuál de las dos llegará primero al suelo si se dejaron caer en el mismo momento y desde la misma altura? ¿Por qué?

### *Situación 4. Trayectoria de los objetos*

4.1. Considere un tubo cilíndrico recto puesto sobre una mesa horizontal. Se coloca dentro del tubo una esfera rígida de metal cuyo diámetro es un poco menor que el diámetro del tubo, a fin de que pueda moverse libremente dentro del tubo. Empuje la esfera. ¿Cuál será el camino recorrido por ella después de abandonar el tubo?

4.2. Considere ahora que el tubo es curvo. ¿Cuál será el camino recorrido por la esfera al abandonar el tubo?

4.3. Sujete una esfera a un hilo rígido y gírela sobre su cabeza. Explique cuál será el camino recorrido por la esfera si suelta el hilo. (McCloskey et al., 1980).

**Etapa 3: Identificación de las ideas de los individuos.** Esta etapa se caracteriza por la transcripción de las entrevistas. Cada línea, en el acto de la transcripción, fue numerada a fin de localizar mejor las ideas de las personas sobre los temas ya citados. «Ideas de las personas» hace referencia a los fragmentos extraídos del texto transcrito que, de acuerdo con la interpretación del investigador, ofrecen informaciones sobre la forma en que el individuo comprende las preguntas relacionadas con el tema investigado (Robin y Ohlson, op. cit.). Las ideas fueron identificadas mediante la numeración de las líneas del texto referido.

Es importante resaltar que, por cuestiones de espacio y para no perjudicar la lectura de este texto, no se explicita el proceso de identificación de todas las ideas expresadas por los individuos entrevistados. Sin embargo, en el fragmento retirado de la entrevista transcrita de S1, se proporciona un ejemplo explicando la manera en que fueron identificadas las ideas de estas personas (ver transcripción en la página siguiente). Las respuestas contenidas en las líneas 9 a 10, 13 a 17 y 19 a 22 se refieren, respectivamente, a ideas del individuo identificadas (1). Posteriormente, cuando son unidas a ideas de otras personas, interpretadas y generalizadas, son categorizadas como una determinada concepción alternativa. Se utilizaron las siglas C<sub>n</sub> para identificar la concepción alternativa n, Sk para identificar el indi-

viduo k, y E para identificar al entrevistador, que es uno de los autores de este artículo.

1. E: Vamos a empezar por la primera parte de las preguntas, y voy a dar un objeto.
2. ¿Ud podría decirme qué es eso?
3. SI: Esto es un libro.
4. E: Exactamente. Vamos a colocarlo aquí encima de la mesa. ¿Ud. podría decirme cómo está el libro?
5. SI: En reposo.
6. E: ¿Qué es reposo para Ud.?
7. SI: Reposo es cuando colocamos un objeto sobre un lugar y no lo movemos.
8. E: ¿Quiere decir que está en reposo? ¿No se está moviendo? ¿Es lo opuesto de estar en movimiento?
9. SI: Exactamente, es no mover. Está parado ahí, quietito.
10. E: ¿Por qué cree que las cosas quedan en reposo, particularmente ese libro?
11. SI: Es porque no tiene condiciones de salir del lugar en que se encuentra, si alguien no lo toca o se lo lleva donde desee.
12. E: ¿Podría explicar eso mejor?
13. SI: El libro no consigue andar, el libro es un objeto, no es gente, no es como nosotros que conseguimos trasladarnos, él no tiene condiciones de trasladarse si nosotros no le tomamos de un lugar y lo llevamos donde queremos.

**Etapa 4: Interpretación y generalización de las ideas en términos de concepciones alternativas.** En esta etapa se buscó interpretar las ideas de los entrevistados de acuerdo con semejanzas de conceptos, y agruparlas en términos de concepciones alternativas, o sea, un concepto alternativo resulta del agrupamiento de ideas del mismo y/o de otros entrevistados que poseen, de acuerdo con la interpretación del investigador, la misma característica conceptual. A través de ese procedimiento, se eliminaron errores y ambigüedades muy comunes en el lenguaje hablado, y se pudo relacionar y generalizar el mismo tipo de características conceptuales expresadas en las ideas del grupo de entrevistados.

De esa forma, para  $S_1$  se identificaron 102 ideas que fueron interpretadas y agrupadas en 18 concepciones alternativas. Para  $S_2$  el número de ideas fue de 97, interpretadas y agrupadas en 25 concepciones. Para  $S_3$  esos números son respectivamente 72 ideas y 22 conceptos. Para  $S_4$  se obtuvieron 62 ideas y 21 conceptos. Para  $S_5$  el número de ideas fue de 56 mientras que el número de conceptos alternativos fue 20. Finalmente para  $S_6$  se obtuvieron 62 ideas y 14 conceptos.

Los fragmentos transcritos a continuación indican varias ideas y ejemplifican cómo tales ideas del mismo y de diferentes entrevistados fueron interpretadas y agrupadas como el concepto alternativo  $C_1$ . El mismo procedimiento fue adaptado para la identificación del resto de los conceptos alternativos, y tal procedimiento se encuentra explicado íntegramente en Camargo (2000).

$S_7$ : Reposo es cuando colocamos un objeto sobre un lugar y se deja sin moverlo.

$S_1$ : Exactamente, es no mover. Está parado ahí, quietito.

$S_2$ : El libro está en reposo, está puesto sobre la mesa.

$S_3$ : Reposo es una posición inerte, parada.

$S_3$ : Parado es lo que permanece en el mismo lugar.

E: ¿Por qué él paró?  $S_4$ : Porque él paró de moverse.

$S_3$ : El libro está quieto, puesto sobre la mesa.

E: ¿Por qué cree que el libro queda parado sobre la mesa?  $S_6$ : Porque no tiene forma de andar.

$C_1$ : Un objeto se encuentra en reposo cuando está parado en un determinado lugar y sin que nadie o algo lo empuje, lo tire, o lo mueva.

### CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE PERSONAS CIEGAS SOBRE REPOSO Y MOVIMIENTO

Las 47 concepciones expresadas por las personas se presentan en la tabla 1 (página siguiente).

### ANÁLISIS DE LAS CONCEPCIONES OBTENIDAS

De las cuarenta y siete concepciones diagnosticadas, se verificó una relación entre tales concepciones y el número de sujetos que las expresaron. Muchas de las concepciones alternativas expresadas sólo por un sujeto surgieron del contexto del diálogo establecido. En muchas ocasiones, cada sujeto sugería ejemplos de situaciones diferentes a las de otros sujetos, lo que dio como resultado una variedad de concepciones específicas. Por otro lado, se obtuvo un conjunto de concepciones comunes a todos los sujetos o a un grupo de ellos, ya que las preguntas aplicadas fueron las mismas y, consecuentemente, el tema en discusión giró sobre el mismo asunto. La tabla 2 presenta la relación de concepciones en función del número de sujetos que las sustentaron.

Observando la tabla 2 se puede notar que hay un determinado grupo de concepciones alternativas comunes a todos los sujetos, así como otros grupos comunes a cinco de ellos, cuatro de ellos, a tres de ellos, a dos sujetos y concepciones que fueron expresadas individualmente. No obstante, el hecho de que las preguntas y el tema abordado no hayan cambiado no justifica la semejanza de concepciones encontradas para todos los sujetos o para un grupo de ellos. En las entrevistas realizadas y en el diálogo que se estableció con cada sujeto, muchas veces las explicaciones utilizadas por los individuos ciegos para determinada situación presentaban una semejanza conceptual. La tabla 3 muestra la relación entre las concepciones alternativas diagnosticadas y el paradigma aristotélico de movimiento.

Tabla 1

Concepciones alternativas de personas ciegas sobre reposo y movimiento.

C <sub>1</sub> - Un objeto se encuentra en reposo cuando está colocado en un determinado lugar y sin que nadie o algo lo empuje, lo tire, o lo mueva.	C <sub>2</sub> - Por el hecho de que el libro es un objeto que no posee vida, él no saldrá del lugar en que se encuentra a menos que alguien o alguna cosa lo lleve donde desea.
C <sub>3</sub> - Objetos sin vida, como la mesa, no ejercen fuerza sobre el libro; ésta apenas sirve de obstáculo para que el libro no llegue al suelo.	C <sub>4</sub> - Cuando yo sujeto el libro con mis manos, éste no cae, porque yo, ser vivo, ejerzo una fuerza con mi brazo que es suficiente para impedir la caída del libro.
C <sub>5</sub> - Existen fuerzas de varias naturalezas, como por ejemplo la fuerza humana y la energía eléctrica.	C <sub>6</sub> - Los objetos se ponen en movimiento debido a la acción de una fuerza, y ese movimiento se dará en la misma dirección y sentido de la fuerza.
C <sub>7</sub> - Un objeto dejará de moverse cuando la fuerza deje de ser aplicada sobre él.	C <sub>8</sub> - La velocidad constante es aquella que permanece con el mismo valor.
C <sub>9</sub> - Algunos objetos, como un pequeño auto de fricción o una pelota, continúan moviéndose aunque no haya contacto entre ellos y el motor (aquel que los puso en movimiento), porque aquello que los puso en movimiento les transmite una fuerza que es responsable de la continuación del movimiento y ese movimiento se dará hasta que la fuerza cese.	C <sub>10</sub> - El motivo por el cual objetos como la pelota se mueven sin el contacto con el motor y otros como el libro no lo hacen es debido a su formato, su peso o su material.
C <sub>11</sub> - Los objetos pesados caen y los objetos livianos van hacia arriba, porque es natural que sea así.	C <sub>12</sub> - El peso o «gravedad» lleva naturalmente los objetos pesados hacia abajo.
C <sub>13</sub> - Los objetos más pesados caen más rápidamente que los objetos livianos.	C <sub>14</sub> - El formato de los objetos no influye en su masa. Ejemplo: hoja de papel abierta y hoja de papel arrugada.
C <sub>15</sub> - La hoja de papel arrugada es más pesada que la hoja de papel abierta, o sea, el formato interfiere en el peso de los objetos.	C <sub>16</sub> - El formato de una cañería interfiere en la trayectoria de una esfera después de que ésta la haya abandonado.
C <sub>17</sub> - Dependiendo del valor de la fuerza aplicada a la pelotita, ella podrá describir trayectorias curvas al abandonar la cañería recta, o rectilínea al abandonar la cañería curva.	C <sub>18</sub> - La velocidad tangencial de una esfera que gira amarrada a una cuerda no influye en su trayectoria cuando es soltada o cuando la cuerda se rompe; la trayectoria de esta esfera será rectilínea en la vertical y de arriba hacia abajo.
C <sub>19</sub> - La fuerza o energía es algo que los seres vivos son capaces de hacer o ejercer para impedir que un objeto llegue al piso, o para cambiar un objeto de lugar, empujándolo o tirándolo.	C <sub>20</sub> - La altura que un objeto alcanza cuando es lanzado hacia arriba depende de la fuerza del lanzador.
C <sub>21</sub> - Si una pelota y una piedra fuesen tiradas en una piscina con agua, la piedra se hundiría y la pelota no, porque la piedra es más pesada que el agua y la pelota, no.	C <sub>22</sub> - La velocidad está relacionada con la distancia y el tiempo.
C <sub>23</sub> - Es imposible que un objeto se mueva siempre con la misma velocidad si alguna cosa no lo tira o no lo empuja.	C <sub>24</sub> - El motivo por el cual una pelotita de acero va más lejos que una pelotita de pluma vid es que la pelotita de acero es más lisa que la de pluma vid.
C <sub>25</sub> - El hecho de que la superficie de contacto con el objeto que se mueve sea lisa o áspera influye en la duración del movimiento y en la distancia recorrida.	C <sub>26</sub> - Los objetos más livianos llegan primero al suelo porque es más fácil para la «gravedad» empujarlos hacia abajo.
C <sub>27</sub> - El aire empuja las cosas hacia abajo.	C <sub>28</sub> - Una pelotita, al abandonar la cañería recta o curva, tendrá una trayectoria aleatoria, pues no hay nada que la haga permanecer en línea recta.
C <sub>29</sub> - La trayectoria de una esfera, después de desprenderse de una cuerda que la hacía girar, es circular y no vertical de arriba hacia abajo.	C <sub>30</sub> - Los seres vivos, excepto los que poseen algún defecto físico, como parálisis, se ponen en movimiento con sus fuerzas.
C <sub>31</sub> - Los objetos sin vida sólo se ponen en movimiento debido a la acción de una fuerza externa.	C <sub>32</sub> - «Velocidad» y «fuerza» son cosas parecidas.
C <sub>33</sub> - Si no existiese la gravedad, los objetos irían hacia arriba.	C <sub>34</sub> - La gravedad es una fuerza del aire.
C <sub>35</sub> - La gravedad no actúa en el caso de pájaros o aviones.	C <sub>36</sub> - La hoja de papel arrugada es más liviana que la hoja de papel abierta.
C <sub>37</sub> - Una pelotita que está girando amarrada a una cuerda caerá un poco hacia el frente cuando sea soltada.	C <sub>38</sub> - La tierra es como un imán que atrae los objetos a distancia.
C <sub>39</sub> - La hoja de papel abierta y la hoja de papel arrugada tienen el mismo peso.	C <sub>40</sub> - La forma de los objetos de la misma masa influye en el tiempo de caída.
C <sub>41</sub> - En la tierra, las cosas caen; en el espacio, fluctúan.	C <sub>42</sub> - En el espacio, al contrario que en la tierra, los objetos se repelen, como imanes de la misma polaridad cuando están próximos entre sí.
C <sub>43</sub> - La forma del tubo no interfiere en la trayectoria de una esfera cuando ésta lo abandona. Su trayectoria será rectilínea.	C <sub>44</sub> - La pelota y la hoja de papel abierta caerán juntas cuando sean soltadas desde la misma altura al mismo tiempo.
C <sub>45</sub> - Fuerza y energía son la misma cosa.	C <sub>46</sub> - Cuando un objeto es lanzado hacia arriba, durante la subida su velocidad aumenta de tal manera que cuando éste vuelve al lugar de donde salió, su velocidad es mucho mayor que cuando fue lanzado.
C <sub>47</sub> - La gravedad es como una fuerza que empuja a los objetos de arriba hacia abajo.	

Tabla 2  
Relación de concepciones en función del número de sujetos que las expresaron.

Concepciones expresadas por todos los sujetos	C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub>
Concepciones expresadas por todos los sujetos con excepción de uno	C <sub>1</sub> (excepto S <sub>4</sub> ), C <sub>13</sub> (excepto S <sub>6</sub> ), C <sub>19</sub> (excepto S <sub>1</sub> )
Concepciones expresadas por todos los sujetos con excepción de dos	C <sub>12</sub> (excepto S <sub>3</sub> y S <sub>5</sub> ) y C <sub>16</sub> (excepto S <sub>5</sub> y S <sub>6</sub> )
Concepciones expresadas por tres sujetos	C <sub>15</sub> (S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> y S <sub>3</sub> ), C <sub>22</sub> (S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> y S <sub>5</sub> ), C <sub>23</sub> (S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> y S <sub>5</sub> ) y C <sub>26</sub> (S <sub>3</sub> , S <sub>5</sub> y S <sub>6</sub> )
Concepciones expresadas por dos sujetos	C <sub>5</sub> (S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub> ), C <sub>8</sub> (S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub> ), C <sub>14</sub> (S <sub>1</sub> y S <sub>3</sub> ), C <sub>17</sub> (S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub> ), C <sub>18</sub> (S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub> ), C <sub>20</sub> (S <sub>2</sub> y S <sub>4</sub> ) y C <sub>43</sub> (S <sub>5</sub> y S <sub>6</sub> )
Concepciones expresadas por un sujeto	C <sub>21</sub> (S <sub>2</sub> ), C <sub>24</sub> (S <sub>3</sub> ), C <sub>25</sub> (S <sub>3</sub> ), C <sub>27</sub> (S <sub>3</sub> ), C <sub>28</sub> (S <sub>3</sub> ), C <sub>29</sub> (S <sub>3</sub> ), C <sub>30</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>31</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>32</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>33</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>34</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>35</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>36</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>37</sub> (S <sub>4</sub> ), C <sub>38</sub> (S <sub>5</sub> ), C <sub>39</sub> (S <sub>5</sub> ), C <sub>40</sub> (S <sub>5</sub> ), C <sub>41</sub> (S <sub>5</sub> ), C <sub>42</sub> (S <sub>5</sub> ), C <sub>44</sub> (S <sub>6</sub> ), C <sub>45</sub> (S <sub>2</sub> ), C <sub>46</sub> (S <sub>2</sub> ) y C <sub>47</sub> (S <sub>2</sub> )

Tabla 3  
Relaciona las concepciones con las teorías aristotélicas y del ímpetus.

Concepciones que son concordantes con la teoría aristotélica de movimiento	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>20</sub> , C <sub>21</sub> , C <sub>23</sub> , C <sub>25</sub> , C <sub>31</sub> , C <sub>40</sub>
Concepciones que son concordantes con la teoría del ímpetus	C <sub>9</sub> , C <sub>16</sub> , C <sub>29</sub>
Concepciones parcialmente aristotélicas	C <sub>24</sub> , C <sub>27</sub> , C <sub>30</sub> , C <sub>37</sub> , C <sub>41</sub> , C <sub>46</sub> , C <sub>47</sub>
Concepciones que son discordantes con la teoría aristotélica de movimiento	C <sub>26</sub> , C <sub>32</sub> , C <sub>33</sub> , C <sub>38</sub> , C <sub>44</sub>
Concepciones que son discordantes con la teoría del ímpetus	C <sub>17</sub> , C <sub>18</sub> , C <sub>43</sub>
Concepciones que no poseen conexión con la teoría aristotélica y/o con la teoría del ímpetus	C <sub>5</sub> , C <sub>15</sub> , C <sub>28</sub> , C <sub>34</sub> , C <sub>35</sub> , C <sub>36</sub> , C <sub>42</sub>
Concepciones generales	C <sub>8</sub> , C <sub>14</sub> , C <sub>22</sub> , C <sub>39</sub> , C <sub>45</sub>

Los criterios utilizados para establecer las categorías en que fueron encuadradas las concepciones alternativas son los siguientes:

– *Concepciones alternativas aristotélicas*: son todas las concepciones que siguen el modelo aristotélico de movimiento, o sea, obedecen a los principios de que todo cuerpo móvil se asocia a un motor que mantiene constante contacto con él (movimiento forzado) y el que explica la caída de los objetos (movimiento natural).

– *Concepciones alternativas del ímpetus*: son todas las concepciones que, de una cierta forma, mantienen analogías con la teoría de la fuerza impresa, desarrollada en la Edad Media. Cabe resaltar que ese principio no deja de ser aristotélico, pues continúa obedeciendo al paradigma de que todo cuerpo que se mueve está asociado a una fuerza. No obstante, la principal discordancia con las teorías aristotélicas reside en el concepto de *antiperístasis*, vinculado al concepto de *motor* en esta teoría del ímpetus, que no es entendido como un «ente físico».

– *Concepciones alternativas parcialmente aristotélicas*: son todas las concepciones que, de una cierta forma, obedecen a los principios aristotélicos de movimiento, aunque utilizan elementos como el aire o la gravedad a manera de

motores o que utilizan principios no aristotélicos (como el de que, durante la subida, la velocidad de una pelota aumenta, o el de que la velocidad de llegada de una pelota que es lanzada hacia arriba es superior a la velocidad de salida) para justificar algunas ideas de movimiento.

– *Concepciones alternativas discordantes con el modelo aristotélico de movimiento*: son todas las concepciones alternativas contrarias al paradigma aristotélico de movimiento, esto es, son discordantes con los principios de movimiento natural y de movimiento forzado.

– *Concepciones alternativas discordantes de la teoría del ímpetus*: se encuadran en esta categoría, principalmente, las concepciones discordantes con la teoría del ímpetus circular, específicamente las concepciones que se refieren a la trayectoria de una esfera que gira amarrada a una cuerda, o que abandona cañerías.

– *Concepciones alternativas sin conexión*: estas concepciones no mantienen ninguna analogía con el modelo aristotélico de movimiento y/o con el concepto de *ímpetus*.

– *Concepciones generales*: son concepciones que no pueden ser categorizadas como aristotélicas o del ím-

petus, pues hacen referencia a conceptos de *energía* y *velocidad* o a la relación masa/forma y que, por lo tanto, no utilizan conceptos aristotélicos o de ímpetus en su justificación, tanto desde el punto de vista concordante como desde el punto de vista discordante.

De las cuarenta y siete concepciones alternativas diagnosticadas, diecisiete son concordantes con la teoría aristotélica del movimiento, siete son parcialmente concordantes con esa teoría y tres son concordantes con la teoría del ímpetus; cinco concepciones son discordantes con la teoría aristotélica, tres son discordantes con la teoría del ímpetus, siete no mantienen conexión con esa teoría y cinco son concepciones generales, por tratarse de nociones de energía, velocidad y de la relación masa/forma. De las veintisiete concepciones que forman parte del grupo de las aristotélicas, del ímpetus o parcialmente aristotélicas, ocho fueron expresadas por todos los sujetos, tres fueron expresadas por cinco sujetos, y dos por cuatro sujetos. Una concepción fue expresada por un grupo de tres sujetos, otra por un grupo de dos y doce concepciones fueron expresadas individualmente por los sujetos. La tabla 4 muestra una visión general del grupo de sujetos con las características de las concepciones alternativas que tal grupo expresó.

Los grupos formados por todos los sujetos, cinco y cuatro sujetos, sin excepción, expresaron concepciones alternativas categorizadas como aristotélicas, parcialmente aristotélicas y del ímpetus, mientras que las otras categorías de concepciones aparecieron en mayor proporción en los grupos menores, de tres o dos sujetos, como también en los grupos unitarios. En el grupo de sujetos –con excepción de S<sub>4</sub> y S<sub>5</sub>, que perdieron la visión a los tres años de edad y a los cinco años de edad, respectivamente– todos

los otros eran ciegos de nacimiento y, por lo tanto, el grupo de experiencias sensoriales que esos individuos mantuvieron con el mundo físico nunca tuvo participación del estímulo de la visión, o en los casos de S<sub>4</sub> y S<sub>5</sub>, la visión participó efectivamente en sus experiencias sensoriales hasta la edad en que quedaron ciegos. Como se puede notar, a pesar de la ausencia total del estímulo visión y, consecuentemente, de la ausencia de experiencias visuales, existía una semejanza conceptual en sus diálogos o explicaciones para el reposo, movimiento, caída y trayectoria de los objetos. Aunque son ciegos, las nociones según las cuales para mantener el movimiento hay necesidad de una fuerza de contacto o una fuerza impresa, y de que la caída de los objetos es algo natural y por lo tanto no necesita de mayores explicaciones, son comunes entre ellos y poseen valor relevante.

Las concepciones alternativas que son discordantes o no mantienen conexión con el paradigma aristotélico y/o del ímpetus fueron encontradas en los seis sujetos; sin embargo, tales concepciones se destacan por ser comunes a grupos menores, de tres y dos sujetos, y también para grupos unitarios. Esas concepciones, generalmente, se refieren a algunas situaciones particulares vividas por cada sujeto, provenientes de sus experiencias individuales como, por ejemplo, la de andar en avión, o bien por explicaciones dadas por el profesor sobre cuestiones de física cuando frecuentaron la escuela. En la tabla 5 se encuentra la relación entre cada sujeto y su respectivo grupo de concepciones.

Como muestra la tabla 5, cada sujeto expresó una media de veinte concepciones alternativas que pueden ser analizadas en términos cuantitativos de la manera explicitada en la tabla 6.

Tabla 4  
Relación entre grupos de sujetos y características de las concepciones.

	Concepciones aristotélicas	Ímpetus	Concepciones parcialmente aristotélicas	Discordantes con la teoría aristotélica	Discordantes con la teoría de ímpetus	Concepciones sin conexión con esas teorías	Concepciones generales
Todos los sujetos	C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub>	C <sub>9</sub>					
Grupo de cinco sujetos	C <sub>1</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>19</sub>						
Grupo de cuatro sujetos	C <sub>12</sub>	C <sub>16</sub>					
Grupo de tres sujetos	C <sub>23</sub>			C <sub>26</sub>		C <sub>15</sub>	C <sub>22</sub>
Grupo de dos sujetos	C <sub>20</sub>				C <sub>17</sub> , C <sub>18</sub> , C <sub>43</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>8</sub> , C <sub>14</sub>
Un sujeto	C <sub>21</sub> , C <sub>25</sub> , C <sub>31</sub> , C <sub>40</sub>	C <sub>29</sub>	C <sub>24</sub> , C <sub>27</sub> , C <sub>30</sub> , C <sub>37</sub> , C <sub>41</sub> , C <sub>46</sub> , C <sub>47</sub>	C <sub>32</sub> , C <sub>33</sub> , C <sub>38</sub> , C <sub>44</sub>		C <sub>28</sub> , C <sub>34</sub> , C <sub>35</sub> , C <sub>36</sub> , C <sub>42</sub>	C <sub>39</sub> , C <sub>45</sub>



Tabla 5  
Relación de cada sujeto con su respectivo grupo de concepciones.

SUJETOS	GRUPO DE CONCEPCIONES
S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>8</sub> , C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>14</sub> , C <sub>15</sub> , C <sub>16</sub> , C <sub>17</sub> o C <sub>18</sub>
S <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>8</sub> , C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>15</sub> , C <sub>16</sub> , C <sub>17</sub> , C <sub>18</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>20</sub> , C <sub>21</sub> , C <sub>22</sub> , C <sub>23</sub> , C <sub>45</sub> , C <sub>46</sub> o C <sub>47</sub>
S <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>14</sub> , C <sub>15</sub> , C <sub>16</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>22</sub> , C <sub>23</sub> , C <sub>24</sub> , C <sub>25</sub> , C <sub>26</sub> , C <sub>27</sub> , C <sub>28</sub> o C <sub>29</sub>
S <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>16</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>20</sub> , C <sub>30</sub> , C <sub>31</sub> , C <sub>32</sub> , C <sub>33</sub> , C <sub>34</sub> , C <sub>35</sub> , C <sub>36</sub> o C <sub>37</sub>
S <sub>5</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>22</sub> , C <sub>23</sub> , C <sub>26</sub> , C <sub>38</sub> , C <sub>39</sub> , C <sub>40</sub> , C <sub>41</sub> , C <sub>42</sub> o C <sub>43</sub>
S <sub>6</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>26</sub> , C <sub>43</sub> o C <sub>44</sub>

Tabla 6  
Relación del número de concepciones encontradas en función de la deficiencia visual de cada sujeto.

Sujetos	Características de su deficiencia	Número de concepciones identificadas	Aristotélicas	Ímpetus	Parcialmente aristotélicas	Discordantes de la teoría aristotélica	Discordantes de la teoría de ímpetus	Sin conexión	Generales
S <sub>1</sub>	Ciego de nacimiento	18	10	2			2	2	2
S <sub>2</sub>	Ciego de nacimiento	25	14	2	2		2	2	3
S <sub>3</sub>	Ciego de nacimiento	22	12	3	2	1		2	2
S <sub>4</sub>	Perdió la visión a los 3 años	21	12	2	2	2		3	
S <sub>5</sub>	Perdió la visión a los 5 años	20	12	1	1	2	1	1	2
S <sub>6</sub>	Ciego de nacimiento	14	10	1		2	1		

Como se puede apreciar en la tabla 6, las concepciones que obedecen al modelo de movimiento aquí discutido representan para cada sujeto la mayor parte de sus concepciones alternativas.

Para S<sub>1</sub>, aproximadamente el 67% de sus concepciones pertenecen al grupo de concepciones aristotélicas, parcialmente aristotélicas y del ímpetus; para S<sub>2</sub>, ese número es de 64%; S<sub>3</sub> presenta un porcentaje de 77,3%, S<sub>4</sub> presenta 76,2%, S<sub>5</sub>, 70% y S<sub>6</sub>, 78,6%.

Es importante observar que algunos sujetos, como es el caso de S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub>, presentan concepciones concordantes y discordantes del concepto de *ímpetus*; otros sujetos, como S<sub>3</sub> y S<sub>4</sub>, presentan concepciones concordantes con la teoría aristotélica y discordantes con esa misma teoría; y los sujetos S<sub>5</sub> y S<sub>6</sub> presentan concepciones concordantes con las teorías aristotélicas y del ímpetus y otras discordantes con esas mismas teorías.

Sin embargo, las concepciones que obedecen al modelo físico de movimiento aquí discutido representan la base conceptual de cada individuo. En algunas ocasiones del diálogo los sujetos emitían concepciones que eran discordantes con ese modelo. Tales concepciones, aunque en menor cantidad y de una manera general, se refieren a nociones de trayectorias de esferas (C<sub>17</sub>, C<sub>18</sub> y C<sub>43</sub>) y a nociones de caída de objetos o de fuerza y velocidad (C<sub>26</sub>, C<sub>32</sub>, C<sub>33</sub>, C<sub>38</sub> y C<sub>44</sub>).

En la tabla 7 se agruparon las concepciones alternativas, relacionándolas con el paradigma aristotélico de movimiento. Se considera como evidencia de paradigma aristotélico de movimiento a la distinción que se realiza entre movimientos naturales y forzados; estos últimos se pueden subdividir en dos casos: a) movimientos en los que hay contacto entre el motor y el cuerpo móvil, y b) cuando no hay contacto entre ambos (*ímpetus*).

Tabla 7  
Relaciona las concepciones con el paradigma aristotélico de movimiento.

Movimiento forzado	Objetos que se mueven manteniendo el contacto con su motor	C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>23</sub> , C <sub>27</sub> , C <sub>31</sub> , C <sub>47</sub>
	Objetos que se mueven sin contacto con el motor (ímpetus)	C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>16</sub> , C <sub>24</sub> , C <sub>25</sub> , C <sub>29</sub> , C <sub>30</sub> , C <sub>40</sub>
Movimiento natural	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , C <sub>18</sub> , C <sub>20</sub> , C <sub>21</sub> , C <sub>29</sub> , C <sub>37</sub> , C <sub>40</sub> , C <sub>41</sub> , C <sub>46</sub>	

Como se puede notar en la tabla 7, de las 47 concepciones alternativas diagnosticadas, 15 concepciones (aproximadamente el 32%) siguen el principio aristotélico del movimiento forzado; otras 15 (aproximadamente el 32%) obedecen al principio aristotélico del movimiento natural. Eso significa que, aproximadamente, el 64% de las concepciones obtenidas obedecen al paradigma aristotélico del movimiento.

### CONCLUSIONES

Las nociones de que a todo movimiento se asocia una fuerza y de que un objeto cae de forma natural representan prácticamente la base conceptual del grupo de sujetos. La ausencia de visión, a pesar de generar limitaciones observacionales para el individuo, no aparenta ser preponderante o hasta exclusiva del grupo de experiencias que llevan a una persona a construir explicaciones de fenómenos relacionados con el reposo y el movimiento de los objetos. Experiencias táctiles y auditivas participan directamente, no sólo en la interacción del individuo ciego con el medio físico, sino también llevan a experiencias que generan conceptos muy semejantes a los de las personas que pueden ver. Por lo tanto, si un sujeto nace ciego, la percepción de las experiencias cotidianas relacionadas con el reposo y con el movimiento no es obtenida a través del estímulo de la visión, sino a través de otros sentidos y de interacciones sociales.

De acuerdo con el concepto de *funciones psicofisiológicas* que vienen a ser, según Leontiev et al. (1988), las funciones fisiológicas del organismo, y entre ellas, las sensoriales, ninguna actividad psíquica puede ser ejecutada sin el desarrollo de esas funciones. Si excluimos los colores, la imagen en nuestra conciencia tendrá la palidez de una fotografía en blanco y negro; si excluimos la visión, no tendremos imágenes visuales de la realidad en nuestra conciencia. Como apunta Biriliev (*apud*. Vygotsky, 1997): «la ceguera no es algo que él perciba directamente», ya que la capacidad de ver la luz tiene un significado práctico y pragmático para el ciego y no instintivo-orgánico. Por lo tanto, una persona ciega puede proponer una teoría sobre la naturaleza de la luz, aunque sus experiencias visuales sean nulas.

Conforme apunta Vygotsky (op. cit.), el aparato psíquico y el sistema nervioso central trabajan con el fin de superar una dificultad social generada por la ausencia total o parcial de un determinado estímulo sensorial. Para el ciego, la conciencia de la ausencia de visión tiene un significado pragmático, basado estrictamente en sus

interacciones sociales. Con la finalidad de superar todas las dificultades impuestas por el medio social, el sistema nervioso central y el aparato psíquico asumen la tarea de compensar el funcionamiento insuficiente del órgano. De esta forma, otros sentidos, como el oído, el tacto, etc., nunca darán al ciego características de la realidad que son obtenidas exclusivamente por la visión. A pesar de eso, a través de la super-compensación Vygotsky (op. cit.), definida como la superación por parte del organismo de las dificultades impuestas socialmente, un ciego puede desenvolverse y establecerse en la vida social de la misma forma que una persona vidente, lo que no significa que la representación de la realidad física en su conciencia sea la misma que la de esa persona.

El análisis de algunos cuestionamientos se presenta de fundamental importancia en relación con este último aspecto. ¿Cuál es la función de cada sentido en la percepción de experiencias que llevan a las personas a crear modelos y proponer explicaciones para la realidad física? ¿Por qué las experiencias observadas por un individuo lo llevan a creer que el movimiento sólo se da por la acción de una fuerza al punto de extender ese razonamiento a objetos que se mueven sin el contacto con el motor? ¿Por qué el movimiento natural es un consenso entre las personas, al punto de llevar a Aristóteles a crear una teoría extremadamente compleja para justificar tal hecho? ¿Qué tipo de experiencias lleva a los individuos ciegos a construir modelos de la realidad física? ¿Por qué esos modelos son prácticamente idénticos a los de las personas videntes?

Se sugiere que la búsqueda de las soluciones a tales cuestionamientos pueda contribuir significativamente a la enseñanza de la física, no sólo para el deficiente visual, pues la elaboración de actividades de enseñanza puede y debe basarse en experiencias no visuales que puedan generar situaciones-problema, a fin de provocar conflictos entre los modelos espontáneos de los individuos y los fenómenos que tales modelos no explican. Por lo tanto, la ceguera, además de no ser factor preponderante en las diferencias conceptuales entre las personas ciegas y las videntes, puede servir de referencia para la elaboración de actividades de enseñanza de la física que busquen alteraciones conceptuales acerca del reposo y el movimiento.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a FAPESP por el apoyo financiero y al Hogar Escuela Santa Lucía para Ciegos, que permitió la realización de las entrevistas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUGHMAN, J. y ZOLLMAN, D. (1977). Physics labs for the blind. *The physics teacher*, pp. 339-342.
- BROWN, D.E. y CLEMENT, J. (1987). Misconceptions concerning Newton's law of action and reaction: The underestimated importance of the third law, en Novak, J.D. (ed.). *Proceedings of the second International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Vol. III, pp. 39-53. Cornell University, 3.
- CAMARGO, E.P. (2005). «O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão». Tesis doctoral. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.
- CAMARGO, E.P. y SILVA, D. (2004). Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: Atividade que Aborda a Posição de Encontro de dois Móveis por meio de um Problema Aberto. *Anais Eletrônicos: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (IX EPEF)*. Jaboticatubas-MG.
- CAMARGO, E.P. y SILVA, D. (2003). Atividade e material didático para o ensino de Física de alunos com deficiência visual: Queda dos objetos. *Anais Eletrônicos: Atas do IV ENPEC (IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências)*. Bauru-SP.
- CAMARGO, E.P. y SCALVI, L.V.A. (2001). A compreensão do repouso e do movimento a partir de referenciais observacionais não visuais: análises qualitativas de concepções alternativas de indivíduos portadores de deficiência visual total. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(2), pp. 117-132.
- CAMARGO E.P., SCALVI, L.V.A. y BRAGA, T.M.S. (2001). O Ensino de Física e os Portadores de Deficiência Visual: Aspectos Observacionais Não-Visuais de Questões Ligadas ao Repouso e ao Movimento dos Objetos. *Educação em Ciências da Pesquisa à Prática Docente*, 3, pp. 117-133.
- CAMARGO, E.P. (2000). «Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas». Dissertação Mestrado em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- COHEN, I.B. (1967). *O nascimento de uma nova Física*. São Paulo: Livraria Editora.
- ECKSTEIN, S.G. y SHEMESH, M. (1993). Stage Theory of the development of alternative conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1). pp. 45-64.
- FRANKLIN, A. (1978). Inertia in the middle ages. *The Physics Teacher*, 16(4). pp. 201-208.
- GARDNER, P.L. (1986). Physics students' comprehension of motion with constant velocity. *The Australian Science Teachers*, 31(4), pp. 27-32.
- GIL-PÉREZ, D.G., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, R., DUCH, A.G., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., CARVALHO, A.M.P., SALINAS, J., TRICÁRIO, H. y VALDÉS, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 503-512.
- HISE, Y.V. (1988). Student Misconceptions in Mechanics: An International Problem? *The Physics Teacher*, pp. 498-502.
- KOYRÉ, A. (1991). Estudos de história do pensamento científico. *Aristotelismo e Platonismo na Filosofia da Idade Média*, pp. 22-45. Brasília: Universidade de Brasília.
- KOYRÉ, A. (1986). *Estudos Galilaicos*, pp. 22-23. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- LEONTIEV, A.N. (1988). Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil, en Vigotski L.S., Luria, A.R. y Leontiev, A.N, pp. 59-83. *Linguagem desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo.
- LINN, M.C. y THIER, H.D. (1975). Adapting science material for the blind (ASMB): Expectation for student outcomes. *Science Education*, 59, pp. 237-246.
- LOCHHEAD, J. y DUFRESNE, R. (1989). Helping students understanding difficult science concepts through the use of dialogues with history. The History and Philosophy of Science. *Science Teaching*, pp. 221-229.
- MASINI, E.F.S. (2002). A educação de pessoas com deficiências sensoriais: algumas considerações. *Do sentido, pelos sentidos para o sentido: o sentido das pessoas com deficiências sensoriais*. Editora Vetor.
- MASINI, E.F.S. (1994). Impasses sobre o Conhecer e o Ver. *O perceber e o relacionar-se do deficiente visual: orientando professores especializados*. Brasília: Corde.
- McCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A. y GREEN, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210, pp. 1.139-1.141.
- MINSTRELL, J. (1982). Explaining the «at rest» condition of an object. *The Physics teacher*, pp. 10-14.
- MORTIMER, E.F. (1995). conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), pp. 262-287.
- PEDUZZI, L. (1996). O Q é Física Aristotélica: Por que não considerá-la no ensino da mecânica? *Caderno Catarinense de ensino de física*. Universidade Federal de Santa Catarina, 13(1), pp. 48-63.
- PIAGET, J. y GARCIA, R. (1982). Psicogénesis e Historia de la Ciencia. *De Aristóteles a la Mecánica del Impetus: La Mecánica Medieval*, pp. 55-59. Siglo Veintiuno editores.
- ROBIN, N. y OHLSSON, S. (1989). Impetus then and now: A detailed comparison between Jean Buridan and a single contemporary subject. The History and Philosophy of Science. *Science Teaching*, pp. 292-305.
- SEVILLA, J., ORTEGA, J., BLANCO, F. y SÁNCHEZ, C., (1991). Physics for blind students: a lecture on equilibrium. *Physics Education*, 26, pp. 227-230.
- STINNER, A. (1994). The story of force: from Aristotle to Einstein. *Physics education*, pp. 77-85.

TWIGGER, D., BYARD, M., DRIVER, R., DRAPER, S., HARTLEY, R., HENNESY, S., MOHAMED, R., O'MALLEY, C., O'SHEA, T. y SCANLON, E. (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. *International Journal of Science Education*, 16(2), pp. 215-229.

VIGOTSKI, L.S. (1997). Problemas especiales de defectología. *Fundamentos de defectología: El niño ciego*, pp. 74-87. Habana: Editorial Pueblo y Educación.

WEENS, B. (1977). A physical science course for the visually impaired. *The physics teacher*, pp. 333-338.

[Artículo recibido en abril de 2002 y aceptado en febrero de 2007]