

## Razonamiento Físico en Preescolares: Un Análisis Microgenético

### Physics Reasoning in Early Childhood Education: A Microgenetic Analysis

Mario Gutiérrez  
Universidad Cooperativa de Colombia

Esta investigación abordó la comprensión intuitiva por parte de preescolares del movimiento rectilíneo y de algunas variables que lo afectan, y sus transformaciones en situaciones isomórficas reiteradas. La muestra estuvo conformada por 30 niños y niñas con una edad entre 5.0 y 5.5 años de edad seleccionados al azar, de una institución de educación preescolar de carácter privado de Cali (Colombia). Se presentaron cuatro situaciones isomórficas basadas en una tarea de Chen y Klahr (1999). El porcentaje de acciones aumentó entre sesiones, las estrategias emprendidas por los niños se organizaron en series más complejas y con una efectividad mayor. Las concepciones implícitas del movimiento rectilíneo cambiaron a medida que avanzaban las sesiones.

Palabras Clave: *concepciones implícitas, física en preescolar, comprensión del movimiento rectilíneo.*

This research addresses preschoolers' intuitive understanding of rectilinear movement and some variables which affect it, and your changes in isomorphic situations. The sample is composed of 30 boys and girls between the ages of 5.0 and 5.5 years, selected randomly from one private preschool educational institution in Cali (Colombia). The experimental material consists of four isomorphic situations based on a task by Chen and Klahr (1999). The average number of actions increased significantly between sessions, strategies undertaken by the children are organized in more complex series and with greater effectiveness. Intuitive conceptions of rectilinear movement changed between sessions.

Keywords: *implicit conceptions, physics in early childhood education, understanding of rectilinear movement.*

Investigaciones sobre desarrollo cognitivo y razonamiento científico han indagado la naturaleza de las concepciones implícitas que tienen los niños sobre ciertos dominios de conocimiento y en particular el físico (Pauen, 1996; Vosniadou, 2002). Estas concepciones han mostrado ser de gran solidez cuando se lleva a los niños a realizar juicios causales sobre hechos físicos. Esto reviste una gran importancia en el ámbito educativo ya que dichas concepciones son extraídas del mundo real y conllevan un cierto nivel de veracidad para quien las percibe, además que son generalizadas de una manera implícita, sobreponiéndose o ligándose al conocimiento que se imparte en las instituciones educativas y generando así, un híbrido que concilia de manera arbitraria y errónea ambos conocimientos.

Estas concepciones implícitas, entonces, son ideas causales sobre el mundo físico, que generan predicciones que siguen siendo consistentes a pesar de recibir información contradictoria. En este sentido es necesario analizar dos aspectos: (a) la naturaleza intrínseca de las concepciones erróneas y si es posible otorgarles un estatus teórico, y (b) cuáles son los factores que propician la alta resistencia que tienen frente a un cambio conceptual. Frente al primer punto, estas concepciones tienen una capacidad predictiva y son consistentes en el tiempo, lo cual define los rasgos distintivos que comparten con las teorías científicas en el sentido estricto (Pozo, Sanz & Limón, 1992).

Pine y Messer (2000) sostienen que el término *teoría* puede usarse cuando se refiere a las concepciones implícitas, no para describir el conocimiento anterior como sostienen algunos autores (p.e. Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988), sino para denominar aquellas máximas que son aplicadas indiscriminadamente para todo tipo de problemas de una clase particular y que generan en la mayoría de las veces respuestas erróneas. En ese sentido parece ser posible referirse a tales concepciones como teorías, ejemplo de ello es la teoría del centro, que es utilizada por los sujetos la mayoría de las veces que se enfrentan a una tarea que involucre una

---

Mario Fernando Gutiérrez Romero, Facultad de Psicología, Universidad Cooperativa de Colombia, Seccional Santiago de Cali.

La correspondencia relativa a este artículo deberá ser dirigida al autor, E-mail: mfgutierrez@telesat.com.co

Este artículo proviene de la investigación *Inferencia y Comprensión Epistemológica: Una perspectiva desde su microgénesis*, financiada por el Centro de Investigaciones de la Universidad Antonio Nariño, Santa Fe de Bogotá; a ellos el reconocimiento por el apoyo a la investigación en psicología.

balanza. Chi y Slotta (1993) han notado que algunas de estas concepciones son fácilmente removibles en el curso de instrucción, en tanto otras son particularmente *robustas*. Estas concepciones robustas son típicas de ciertos conceptos y pueden ser, en parte, las responsables de las dificultades experimentadas por los estudiantes en la física impartida en el aula de clase.

Frente a las razones por las cuales las concepciones implícitas tienen una alta resistencia al cambio, Chinn y Brewer (1993) han propuesto que para los estudiantes de física en grados escolares, los conceptos de fuerza, calor, luz y corriente eléctrica resultan ser particularmente robustos, siendo estos de difícil transformación a pesar del conflicto planteado en la instrucción. Estos tienden a ser interpretados como sustancias materiales, lo cual se convierte en una barrera para el cambio conceptual. El conocimiento de las sustancias materiales, sus propiedades y cómo ellas se comportan, tiene un origen en la realidad inmediata, sin embargo los novatos suponen erróneamente que conceptos como la luz o el calor pueden interpretarse como tales sustancias, y que de alguna manera, sus propiedades pueden generalizarse a tales conceptos físicos.

De hecho, Chi, deLeccuw, Chiu y LaVancher (1994) hipotetizaron que algunos mecanismos de las concepciones implícitas están guiados por una categorización errónea de la “fuerza” como una propiedad material, cuando en realidad es una restricción basada en la interacción. La restricción basada en la interacción es una categoría ontológica que no es familiar a los estudiantes, la dificultad en el orden educativo radica en que los aprendices no pueden corregir sus concepciones implícitas por una simple categorización de “fuerza”, de la misma forma que podemos corregir la concepción de “ballena” como un pez a la categoría de mamífero.

Siguiendo tal propuesta ontológica, Slotta, Chi y Joram (1995) han propuesto que, definitivamente, los novatos clasifican ciertos conceptos físicos (luz, calor y corriente eléctrica) de acuerdo a los atributos ontológicos relacionados con las sustancias materiales. En contraste, los expertos parecen mantener una distinción ontológica para los conceptos, basándose en su mayoría en las restricciones basadas en las interacciones cuando se están analizando problemas conceptuales, no obstante utilizan predicados materiales cuando trabajan con situaciones reales. Los novatos generan claves derivadas de hechos superficiales del problema, resultando en el uso de diferentes predicados para problemas con diferentes conceptos físicos. De tal manera se encuentran patrones de variabilidad en el uso de predicados: nominalizando, los novatos

dependen de los hechos superficiales para restringir la categoría ontológica a la cual pertenecerían los fenómenos bajo interpretación.

Tal es la importancia, tanto práctica como investigativa, de las implicaciones educativas de las concepciones implícitas, que Pfund y Duit (1988 en Reiner, Slotta, Chi & Resnick, 2000) han catalogado alrededor de 1500 estudios publicados que han identificado una gran variedad de concepciones erróneas en ciencia, incluso en los estudiantes con un semestre de enseñanza superior en física. Sin embargo la investigación se ha reducido simplemente a estudiar diferentes aproximaciones instruccionales, obviando la necesidad de predecir la efectividad de una aproximación pedagógica, a partir de una teoría en la que subyazca un proceso o estructura cognitiva.

La presente investigación, asumiendo que la edad específica de los niños y niñas genera una forma particular de resolver las situaciones donde se genere una relación hipótesis-evidencia, y controlando la estructura de la tarea a través de los formatos, los intentos y las consignas, indaga información que permita sustentar la siguiente hipótesis: la comprensión de las variables que afectan el movimiento rectilíneo mejora en tanto se logre relacionar la evidencia que la situación ofrece con la meta propuesta, y que esta relación surge en la medida que se ofrezcan suficientes oportunidades con situaciones de índole mecánica para reflexionar sobre ella. Esta hipótesis surge de una estrategia utilizada anteriormente (Gutiérrez, 2004a), para transformar el conocimiento de los estudiantes a través de la solución reiterada de situaciones isomórficas. La capacidad para tener un control consciente sobre las estrategias utilizadas en la resolución de dichas situaciones es una muestra de la activación de procesos de autorregulación, los cuales suponen la incorporación paulatina de acciones que permitan alcanzar una meta, permitiéndole al niño seleccionar información y situarse en diferentes niveles de abstracción que permitan un mejoramiento de la capacidad para controlar su propia actividad (Lacasa, Martín & Herranz, 1995).

El propósito de este estudio fue observar en detalle cómo difiere la comprensión de la interacción de factores de índole mecánica, en función del número de situaciones. En esta investigación, se presumía que una tendencia favorable al aprendizaje en situaciones manipulativas se daría en tanto se abordaran al menos tres aspectos del aprendizaje de la situación: el asunto a aprender, la situación de aprendizaje específica y los materiales a utilizar.

Se planteó entonces que dicho aprendizaje abordaría al menos dos aspectos: las concepciones erróneas que presentarían los niños al intentar resolverla y la comprensión entre los elementos de la situación. Para dar respuesta a estas hipótesis se plantearon como objetivos: (a) identificar las estrategias de niños entre 5.1 a 5.6 años de edad cuando resuelven problemas isomórficos sobre mecánica y específicamente sobre movimiento rectilíneo, y (b) analizar si las concepciones implícitas de los niños sobre el empuje eran más relevantes que la aceleración al momento de resolver la situación.

## Método

La unidad metodológica la constituye el análisis microgenético. Siegler y Crowley (1991) han descrito con detalle las características de este abordaje metodológico y sus relaciones con una aproximación al mundo mental infantil. Éste involucra (a) observaciones individuales en períodos de cambio, (b) una alta densidad de observaciones relativas a la tasa de cambio durante el período y (c) un intenso análisis intento por intento de la forma como los sujetos abordan las situaciones planteadas por los investigadores.

Este método intenta generar una aproximación consistente de las técnicas cualitativas y cuantitativas para el estudio de la forma como se resuelven situaciones experimentales, indicador privilegiado del razonamiento científico. La variable crucial en este método es la densidad de las observaciones durante un período de tiempo en el cual se piensa que los cambios ocurren. Diversas situaciones que exijan un mismo proceso han de ser aplicadas repetidamente en un período corto de tiempo y detallar las variaciones que aparecen en la manera como se resuelven estas situaciones. Una aproximación como esta exige una cantidad de sujetos estadísticamente pequeña ( $n < 36$ ) pero se enriquece de los detallados análisis que han de llevarse a cabo para dar cuenta de las pequeñas variaciones que son un indicador empírico de la posible ocurrencia de una transición en los niveles de comprensión de los niños y niñas.

### Diseño Experimental

El diseño incluyó dos grupos en función de la respuesta a la consigna control. La variable independiente es el número de situaciones (cuatro), las cuales fueron presentadas en sendas sesiones con un intervalo de una hora, y la variable dependiente es la comprensión de las variables que afectan el movimiento rectilíneo, la cual se operacionaliza en cuatro estrategias. Considerando que la evaluación de la evidencia ha sido estudiada profundamente (Chen & Klahr, 1999; Klahr, 2000; Ruffman, Perner, Olson & Doherty, 1993) y se ha encontrado que la edad es una variable significativa para dicha evaluación, se decidió controlar tal variable en los participantes.

Las características del estudio permiten una presentación y análisis del desempeño de los sujetos desde perspectivas grupales e intrasujeto, generando la posibilidad de establecer comparaciones entre los sujetos que resolvían correctamente las consignas iniciales, y los que las resolvieron incorrectamente. Se espera alcanzar así una comprensión del aprendizaje involucrado en tales situaciones, hecho que define los métodos microgenéticos, y el rol que puede desempeñar el establecimiento explícito de la meta en la resolución de la situación.

### Plan Experimental

Las consignas de la situación eran: “algo ha pasado, los carros tenían que haber llegado al mismo momento. El primer mecánico cree que es un problema de la pista y quiere cambiarla y un segundo mecánico cree que es problema del arranque, y quiere empujarlo más fuerte, ¿será que es verdad?, tienes que ayudarlos a saber si eso es verdad o no”.

Seguidamente el niño realizaba la actividad modificando a voluntad las características de las pistas, posteriormente se realizaba la pregunta control con el fin de determinar la comprensión de la tarea por parte del niño: “¿recuerdas lo que creía este mecánico?, para luego presentar la consigna final de la actividad: ¿era verdad lo que decía o no lo era?”. Los datos en la sección de resultados desglosan la actividad de los sujetos que respondieron afirmativamente la pregunta control, en función de las estrategias utilizadas (ver Gráfico 1), y los contraponen al desempeño de los que no recordaban la meta de la situación (ver Gráfico 2), la capacidad para relacionar la evidencia que provee la situación con las creencias de los personajes (ver Tabla 1), y la variación en las creencias sobre la efectividad de la aceleración para la resolución del problema propuesto (ver Tabla 2).

Las entrevistas fueron realizadas por tres asistentes de investigación, de último semestre del pre-grado en psicología, que fueron entrenadas para la realización de la entrevista pero que desconocían la hipótesis del estudio. La codificación de las acciones la realizaron dichas asistentes en forma individual para luego discutirse en grupo con el investigador y llegar al acuerdo que se presenta en la sección de resultados.

### Participantes

La población estaba conformada por 62 niños y niñas, de los cuales 54 contestaron afirmativamente la pregunta control y 8 no la contestaron, seleccionados en dos instituciones de educación preescolar de carácter privado de estrato socioeconómico 6 de la ciudad de Santiago de Cali, siendo éste el estrato más alto en esta clasificación hecha por las empresas públicas de la ciudad. La muestra final estuvo conformada por 30 niños y niñas con una edad entre 5.0 y 5.5 años de edad seleccionados al azar a través de un programa de computador (SPSS), en esta selección sólo participaron los niños que recibieron autorización escrita de sus respectivos padres de familia.

### Situaciones y Material Experimental

El material experimental está basado en una situación de Chen y Klahr (1999). Consta de dos rampas móviles que originan cuatro diferentes grados de inclinación (15°, 30°, 45°, 60°), una de ellas tiene un tercio de su superficie cubierto por un plástico no translúcido y en la superficie oculta tiene ubicados reductores de velocidad que hacen que una mayor aceleración produzca sobresaltos en el recorrido retrasando así su llegada; sólo quien genere una aceleración constante a partir de la inclinación de una de las rampas podrá darle solución a la situación.

Las situaciones están relacionadas con la comprobación empírica de las creencias proporcionadas por dos personajes que semejan ser mecánicos de automóviles de Fórmula 1, la acción sobre el material genera evidencia que da cuenta de la veracidad de las propuestas de índole mecánica de los mecánicos. Se utilizaron una situación principal y tres situaciones isomórficas, en las cuales se utilizaba el mismo material pero ambientación diferente, bajo el supuesto que al contener una estructura común habrían de exigir a quien las resolviera la

creación y uso de inferencias de tipo inductivo y funcional. Así puede evaluarse la comprensión alcanzada para cada situación controlando huellas de aprendizaje originadas por la primera resolución. El dominio específico en el cual puede inscribirse esta situación es el físico, entendido como un conjunto de representaciones que sostiene un conocimiento dado (Karmiloff-Smith, 1992), del cual existe una comprensión básica pero temprana de propiedades dinámicas y no requieren la inserción del sujeto en un medio escolar formal. La relación empuje-velocidad que será abordada en la situación experimental es verificada en una situación de familiarización.

Las estrategias propias de la actividad resolutoria del niño para esta situación permitan inferir el nivel de comprensión de la situación y analizar las interacciones físicas abordadas por los sujetos, las cuales eran:

- Utilización de una única estrategia al resolver la situación, que sería inadecuada y que no fuera reevaluada a lo largo de la actividad resolutoria. Implica la aceleración repentina a través del empuje brusco, sin evaluación de la eficacia de tal acción para alcanzar la meta propuesta.
- Establecer elementos de la situación significativos. Este criterio hace referencia a la utilización reiterativa de acciones sobre la rampa que lleven a modificar la inclinación de las mismas, o verbalizaciones que den cuenta de la identificación de la relevancia de tales acciones para lograr un comportamiento adecuado de los vehículos en la maqueta.
- Establecer interacciones de relaciones entre elementos constitutivos. Este criterio hace referencia a la identificación y expresión verbal de las relaciones de índole física que se establecen al accionar sobre ciertos elementos del material experimental, relaciones directamente proporcionales entre las variables físicas, del tipo: a menor ángulo-menor velocidad, mayor fuerza-mayor velocidad.
- Anticipación de la efectividad de ciertas acciones en diversas situaciones. Implica inicialmente una actividad exploratoria e inductiva sobre el material pero posteriormente es la anticipación la que limita necesariamente el tipo de acciones sobre las rampas. Esta categoría se consi-

dera de índole superior y contiene las categorías anteriormente enumeradas. Si después de presenciar diferencias entre los comportamientos de ambos autos y lograr los resultados solicitados por la situación, evalúa la veracidad de las posibles respuestas al problema original (creencias de los personajes) seleccionando la correcta, se considera un indicador suficiente de la posibilidad de evaluar sus acciones y el impacto de las mismas en relación con otros.

Se enfatiza en la importancia de la identificación de la interacción entre diversas variables ya que, de acuerdo con la teoría física, todas las fuerzas son debido a la interacción entre objetos materiales (French, 1971 en Reiner et al., 2000). La fuerza gravitatoria se origina en la interacción de dos objetos con sus respectivas masas y la fuerza electromagnética resulta de la interacción de objetos cargados eléctricamente, por plantear sólo dos ejemplos. En física, la fuerza es vista como un proceso de interacción que involucra dos o más objetos materiales, así, el calor puede ser visto como un proceso de transferencia de energía de un objeto a otro circundante, la luz puede verse como un proceso de propagación de energía electromagnética y la corriente eléctrica como un proceso en el cual los electrones se mueven bajo la influencia de las fuerzas electromagnéticas.

### Resultados

Los resultados de esta investigación abordan de manera conjunta análisis cualitativos y cuantitativos para determinar las diferencias en el tipo de acciones sobre el material, en función del número de sujetos que las utilizaron a través de las diferentes sesiones, y el tipo de concepciones iniciales que presentaron los sujetos a medida que la situación avanzaba. Los resultados en torno al tipo de estrategias que utilizaron los sujetos para resolver la situación se presentan en el siguiente gráfico:

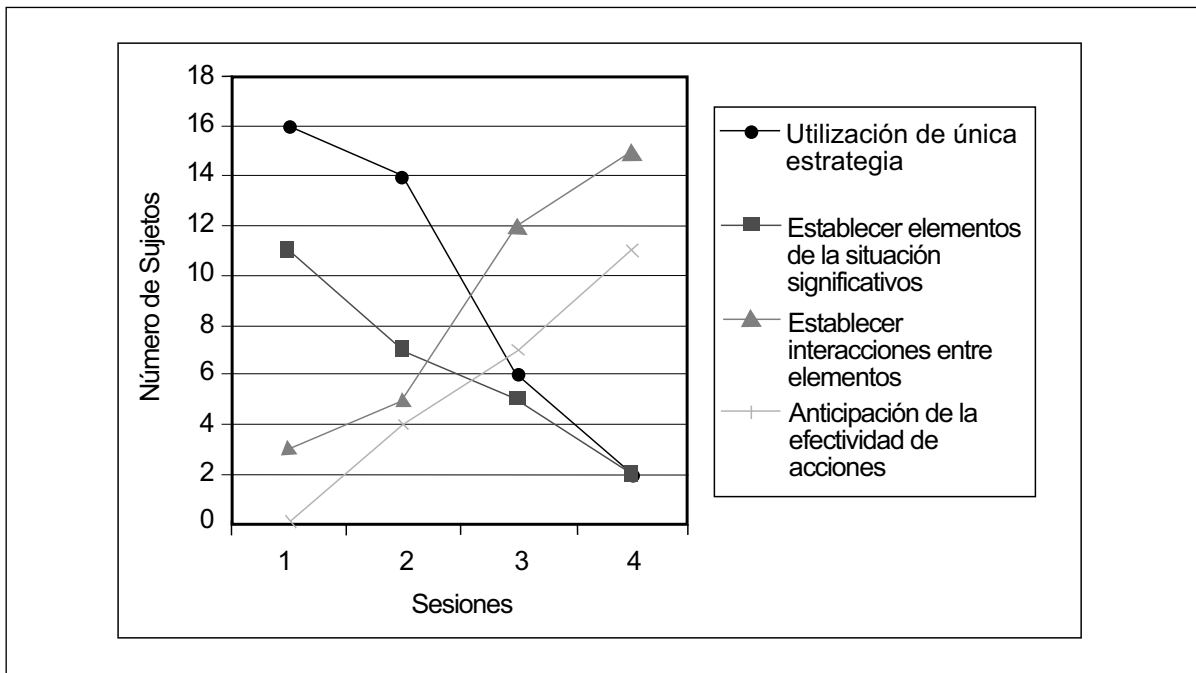


Gráfico 1. Variación de las estrategias utilizadas por los sujetos que respondieron afirmativamente la pregunta control.

La situación proponía una pregunta control para establecer si la meta de la actividad era explícita y, por lo tanto, suponer que el posible mejoramiento en la actividad se debía al aprendizaje derivado de la

comprensión de la interacción entre los diversos elementos del problema. El gráfico 2 presenta la variación en el tipo de estrategias utilizadas por los sujetos que no contestaron la pregunta control:

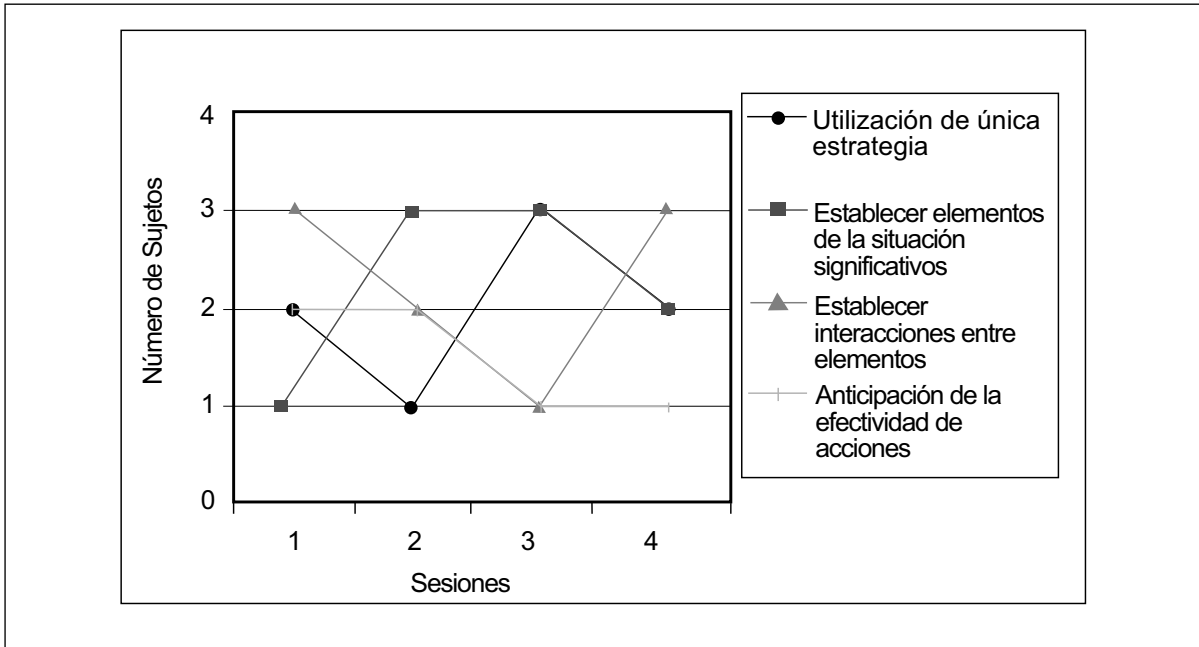


Gráfico 2. Variación de las estrategias utilizadas por los sujetos que no respondieron la pregunta control.

Una demanda de la situación propuesta era establecer la veracidad de las creencias de los personajes de la situación. Esto implica establecer una relación entre las creencias divergentes de tales personajes y establecer diferentes niveles de veracidad, a

partir de la evidencia que la situación provea, y que pueda ser interpretable por los sujetos. La Tabla 1 presenta la capacidad para relacionar la evidencia que provee la situación con las creencias de los personajes:

Tabla 1  
Porcentaje de éxito al relacionar la evidencia con las creencias de los personajes

|  | Sesión 1 | Sesión 2 | Sesión 3 | Sesión 4 |
|--|----------|----------|----------|----------|
| Grupo que contestó afirmativamente la pregunta control | 33.33%   | 33.33%   | 70%      | 80%      |
| Grupo que no contestó la pregunta control              | 62.5%    | 50%      | 37.5%    | 62.5%    |

Frente a las creencias iniciales con respecto a la forma como habría de resolverse la situación, la totalidad de los niños mostraron en la primera sesión que sólo un impulso generado por ellos mismos y que ocasionara una aceleración repentina y dramática, era la única opción necesaria para comprobar la veracidad de los mecánicos. La identificación de la relevancia de algunos elementos presentes en la situación llevó a disminuir esta creencia en las siguientes sesiones. Se muestra claramente por demás, un avance significativo (en términos cualitativos) del aprendizaje de la situación, que aunque no es conceptual debido a la edad de los sujetos y al nivel

educativo, sí representa una ganancia en torno a la sensibilidad que podrían desarrollar en futuras actividades científicas escolares, como los laboratorios de ciencias, entre otros.

La segunda tendencia presentada en la situación después de la tercera sesión, parece ser clara: el nivel de comprensión superior se alcanza cuando se establecen relaciones analógicas entre las diversas sesiones. La anticipación de la efectividad de algunas acciones parece ser clara al finalizar las sesiones experimentales. Sin embargo, si se supera la visión tradicional de sobreponer la visión del adulto sobre la del niño y recuperar sus conocimientos desde su

Tabla 2

*Variación de las creencias de los sujetos durante la resolución del problema*

|                       | Sesión 1 | Sesión 2 | Sesión 3 | Sesión 4 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|
| Aceleración Continua  | 0%       | 16.67%   | 33.34%   | 53.34%   |
| Aceleración Repentina | 100%     | 83.33%   | 66.66%   | 46.66%   |

actividad resolutoria, vemos cómo los conocimientos implícitos aparecen como guías en esta situación.

A partir de las verbalizaciones de los niños, del grupo que contestó afirmativamente la pregunta control, que incluyeran juicios de valor sobre las creencias iniciales de los mecánicos del automóvil, se pudo establecer que a medida que avanzaban las diversas sesiones se transformaban las creencias de los niños (ver Tabla 2).

### Discusión

Los resultados anteriores muestran una capacidad creciente en los sujetos para adaptarse a las exigencias de las situaciones, mejorando ostensiblemente su desempeño, y llegando a considerar muchos de los factores que no se habían considerado en las primeras sesiones. El nivel de comprensión de los sujetos se transforma a medida que avanzan las oportunidades para interactuar con el material propuesto en la investigación, en ese sentido se encuentra información que permite apoyar la hipótesis planteada, a saber: la comprensión de las variables que afectan el movimiento rectilíneo mejora en tanto se logre relacionar la evidencia que la situación ofrece con la meta propuesta, y que esta relación surge en la medida que se ofrezcan suficientes oportunidades con situaciones de índole mecánica para reflexionar sobre ella.

Las estrategias implementadas se hacen cada vez más complejas, integrando anticipadamente en la situación sus diversos componentes, funcionamiento que es propio de procesos cognitivos como la planificación estratégica. Sin embargo, es necesario suponer que el mejoramiento en la actividad se basa en la capacidad creciente para evaluar información originada en la actividad con el material propuesto. Establecer esa relación entre las creencias divergentes de dos personajes supone una cierta capacidad mentalista en tanto debe diferenciar las ideas propias sobre el material, de las ideas de los personajes, siendo esto propio de funcionamientos atribuidos a la posesión de una Teoría de la Mente (Astintong, 1998). En este sentido, investigaciones sobre fun-

cionamientos mentalistas (Flavell, 1992; Gutiérrez, 2004b) han mostrado que los niños mayores de 4.5 años de edad explican las acciones en función de las creencias y no de los deseos, siendo esto un índice de la naturaleza representacional del sistema explicativo infantil y permitiéndoles el distanciamiento necesario entre lo que se percibe y lo que se cree.

Frente a la capacidad para evaluar la evidencia que la situación propone, se encontró que el grupo que contestó afirmativamente la consigna control implementó estrategias más complejas y exitosas a medida que avanzaban las sesiones, mostrando cómo las situaciones isomórficas son una estrategia útil para el trabajo con niños de 5 años de edad en promedio. Sumado a lo anterior, el éxito al relacionar la evidencia con las creencias de los personajes fue en aumento paulatino mostrando cómo es posible afirmar que los niños de 5.0 a 5.5 son hábiles para utilizar la evidencia en la comprobación o refutación de creencias divergentes sobre algunos fenómenos físicos y, en particular, sobre los efectos de la aceleración constante o repentina en situaciones manipulativas.

Los niños y niñas que no contestaron la pregunta control presentaron fluctuaciones evidentes en las estrategias utilizadas en su desempeño en la situación. Frente al éxito que tuvieron en el momento de establecer la veracidad de los personajes, es necesario tener en cuenta que sólo existían dos respuestas posibles y que eran de conocimiento de los sujetos (era verdad o no era verdad), los porcentajes fluctuantes dan cuenta de elecciones al azar sin un mejoramiento aparente. Se propone que un nivel explícito de conocimiento sobre la meta de la situación es necesario para establecer la relación apropiada con la evidencia que provee la situación.

Estudios desarrollados en la línea del razonamiento científico han abordado la capacidad de los niños para generar experimentos y guiarse por la evidencia obtenida en ellos. Schauble (1996), estudiando los cambios que ocurren en las estrategias experimentales y las concepciones, teorías e hipótesis sobre la estructural causal de dos sistemas físicos (los fluidos y los objetos en inmersión), encontró cambios sustanciales tanto en las estrategias como en las concepciones iniciales de los sujetos, aunque

niños y adultos se muestran renuentes a abandonar estrategias o concepciones inválidas a pesar de que en la experiencia han comprobado su inutilidad.

En contra-vía del estudio de Schauble (1996), y a través de la integración paulatina de nuevos elementos en las estrategias utilizadas, se mostró cómo los niños de 5.5 años en promedio poseen la capacidad para reevaluar sus acciones en tanto la evidencia provea información de retorno sobre la efectividad de las mismas. En estudios sobre concepciones implícitas, es necesario depurar con mayor claridad las características que definen el conocimiento involucrado en las situaciones, y en particular cuando los estudiantes resuelven situaciones que involucran conocimiento físico en el área del movimiento rectilíneo.

Las situaciones que llevan a predecir o explicar un fenómeno en tal área de la física son denominadas por Ploetzner y VanLehn (1997) como problemas conceptuales y proponen el uso de la expresión conocimiento físico cualitativo para referirse a aquel que es necesario en la resolución de problemas conceptuales. El conocimiento físico cualitativo quizás codifica la información que permite evaluar las condiciones bajo las cuales los conceptos físicos pueden ser legítimamente aplicados, los atributos poseídos por los conceptos físicos y los posibles valores de tales atributos. En algunos casos, los problemas cuantitativos requieren el uso de conocimiento físico cualitativo, el cuantitativo requiere de formalismos matemáticos y describe definiciones o relaciones funcionales entre conceptos físicos como ecuaciones y vectores algebraicos. Para una comprensión global de un fenómeno ambos deben estar presentes, sin embargo, ambos conocimientos no deberían estar separados y ser instrumentos privilegiados en el aula de clase.

El conocimiento físico necesario para resolver el problema planteado en esta investigación involucraría conocimiento físico cualitativo que proviene de la información generada por procesos perceptivos en situaciones casuales. No es necesario que se realicen operaciones numéricas, pero es necesario que los sujetos sean sensibles al comportamiento de los vehículos en función de la inclinación de las rampas o de la aceleración que el mismo niño le provea al vehículo de la tarea. Pillow, Hill, Boyce y Stein (2000), han mostrado que los niños menores de 10 años otorgan una certeza a su propio conocimiento dependiendo del tipo de proceso utilizado para adquirirlo, y sostienen que los niños atribuyen un alto nivel de certeza al conocimiento derivado de lo

perceptual y de las generalizaciones que de estas experiencias resulten, siendo lo anterior características propias del conocimiento físico. De tal forma las variables identificadas por los niños muestran ser concepciones robustas en tanto la información derivada de procesos perceptivos alcanza un alto grado de validez.

Aunque se ha mostrado que incluso los preescolares pueden reconocer los requerimientos lógicos necesarios para testar evaluar una hipótesis (Kuhn et al., 1988), también se ha propuesto que las conclusiones de los niños están basadas en atributos correlacionales y que, con algunas excepciones, sólo se originan en resultados de múltiples experimentos. A través de la exploración de la experimentación continuada de niños y niñas, se muestra cómo el nivel de comprensión tiende a complejizarse a medida que nuevos aspectos de la situación son tenidos en cuenta, siendo este el aporte de la investigación. Esta incorporación de nueva información no deviene necesariamente del número de situaciones, pues amerita replantearse una reestructuración de un conocimiento anterior que tenía cierta relación con la efectividad de las acciones emprendidas.

Dixon y Bangert (2002) han propuesto una discusión en torno a dos tipos de procesos que explicarían el cambio cognitivo frente a sistemas mecánicos y específicamente en torno a poleas: la revisión teórica, que explica el cambio en función del trabajo sobre un dominio específico de conocimiento y la respuesta a evidencia contradictoria, y la redescipción, proceso en el cual se utilizaría la información anterior para crear representaciones nuevas y más sofisticadas. En el primer proceso, nuevas representaciones son generadas cuando el conocimiento anterior produce errores que son identificados por el sistema metacognitivo, así una historia de baja efectividad debiera producir descubrimientos. En el segundo proceso, el descubrimiento surge cuando se alcanza una maestría con las representaciones disponibles y es predecible cuando aparece una historia de alta efectividad.

Los datos obtenidos en el presente estudio han mostrado que, en un momento de la resolución, se produce un mejoramiento de la actividad de los niños y niñas, integrando diversos factores que serían causa del comportamiento de los vehículos. La opción presentada por Dixon y Bangert en torno a la revisión de teorías resulta ser propicia a la luz de los resultados: sólo cuando se logra integrar diversos aspectos de la situación que no se habían tenido en

cuenta desde el inicio se logra encontrar, más que los resultados esperados, una comprensión de la situación en sí. Esto deviene, y en tanto las características de la situación lo permiten, del análisis de los niños y niñas de la evidencia obtenida del comportamiento de los automóviles en la pista.

¿Cuáles son las implicaciones educativas de este estudio? Chen y Klahr (1999) han afirmado que la instrucción apropiada es un requisito indispensable para que niños de escuela elemental aprendan y transfirieran estrategias básicas cuando evalúan diseños experimentales, sólo una pequeña proporción de niños que no recibieron entrenamiento mejoró su desempeño en el diseño de test válidos. Únicamente los niños de tercero y cuarto son capaces, aparentemente, de transferir sus estrategias aprendidas a otras tareas en el mismo dominio general. El estudio muestra cómo los niños cambian sus destrezas de procesamiento en el diseño de experimentos, encontrándose una gran variedad de explicaciones y estrategias; el cambio de estrategias puede ir de las menos sofisticadas a las más sofisticadas y viceversa, sólo quienes recibieron instrucción explícita mejoraron continuamente y en el mismo sentido.

Estos resultados están de acuerdo con otros estudios microgenéticos (Jun & Pearsall, 2000) que han revelado que los niños en ausencia de instrucción mejoran de manera gradual en sus soluciones y explicaciones. Los resultados presentados aquí, muestran que, si se controla la estructura lógica subyacente en la situación y se presenta la oportunidad a los niños de trabajar reiteradamente sobre el mismo dominio de conocimientos, la experimentación mejora su comprensión permitiéndoles transformar decididamente sus ideas sobre el problema a resolver.

Se puede discutir además la importancia del razonamiento analógico en el cambio conceptual, el cual permite en situaciones nuevas utilizar conocimiento que ya se tiene de situaciones anteriores, que son similares en unos aspectos y diferentes en otros. La efectividad de este proceso consiste en que se aprovecha la información sobre un ámbito conocido que sea análogo, siendo éste la base para la formulación de nuevas relaciones sobre ámbitos nuevos (González, 1997). La generación de dicho razonamiento, inherente en la situación experimental utilizada, muestra cómo desde tempranas etapas del desarrollo se está en capacidad para mejorar significativamente la comprensión del mundo físico.

## Referencias

- Astintong, J. W. (1998). Theory of mind goes to school. *Educational Leadership*, 56(3), 46-48.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
- Chi, M., deLeccuw, N., Chiu, M. H. & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Chi, M. & Slotta, J. D. (1993). The ontological coherence of intuitive physics. Commentary A. diSessa's "Toward an epistemology of physics". *Cognition and Instruction*, 10, 240-260.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisitions: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-46.
- Dixon, A. & Bangert, A. (2002). The prehistory of discovery: Precursors of representational change in solving gear system problems. *Developmental Psychology*, 38(6), 918-933.
- Flavell, J., Mumme, D., Green, F. & Flavell, E. (1992). Young children's understanding of different types of beliefs. *Child Development*, 63, 960-977.
- González, M. J. (1997). *Aprendizaje por analogía*. Madrid: Trotta.
- Gutiérrez, M. F. (2004a). Comprensión epistemológica e inferencia inductiva: Un estudio sobre la física en preescolar. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa y Psicopedagógica*, 2(1), 63-80 [En red]. Disponible en: <http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/>
- Gutiérrez, M. F. (2004b). El uso de situaciones humorísticas en preescolar: Atribuciones mentalistas en el lenguaje infantil [En red]. Disponible en: <http://www.campus-oeir.org/revista/investigacion.htm>
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Orlando, FL: Academic Press, Inc.
- Kuhn, D. & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1, 113-129.
- Lacasa, P., Martín, B. & Herranz, P. (1995). Autorregulación y relaciones entre iguales en tareas de construcción: Un análisis de las situaciones de interacción. *Infancia y Aprendizaje*, 72, 71-94.
- Pauen, S. (1996). Children's reasoning about the interaction of forces. *Child Development*, 67, 2729-2742.
- Pillow, B., Hill, V., Boyce, A. & Stein, C. (2000). Understanding inference as a source of knowledge: Children's ability to evaluate the certainty of deduction, perception, and guessing. *Developmental Psychology*, 36(2), 169-179.
- Pine, K. & Messer, D. (2000). The effect of explaining another's actions on children's implicit theories of balance. *Cognition and Instruction*, 18(1), 35-51.
- Ploetzner, R. & VanLehn, K. (1997). The acquisition of



- qualitative physics knowledge during textbook-based physics training. *Cognition and Instruction*, 15(2), 169-205.
- Pozo, J., Sanz, A. & Limón, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- Reiner, M., Slotta, J., Chi, M. & Resnick, L. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18(1), 1-34.
- Ruffman, T., Perner, J., Olson, D. & Doherty, D. (1993). Reflecting on scientific thinking: Children's understanding of the hypothesis-evidence relation. *Child Development*, 64, 1617-1636.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32(1), 102-119.
- Siegler, R. & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46(6), 606-620.
- Slotta, J. D., Chi, M. & Joram, E. (1995). Assessing students' misclassifications of physics concepts: An ontological basis for conceptual change. *Cognition and Instruction*, 13(3), 373-400.
- Vosniadou, S. (2002). Propiedades universales y culturo-específicas de los modelos mentales de los niños acerca de la tierra. En A. Hirschfeld & S. Gelman (Comps.), *Cartografía de la mente* (pp. 221-243). Barcelona: Gedisa.

Fecha de recepción: Abril de 2005.

Fecha de aceptación: Septiembre de 2005.