

EXPERIMENTACIÓN, AUTORREGULACIÓN Y DOMINIO DE LA FÍSICA EN EDADES TEMPRANAS¹

JAIRO ANDRÉS MONTES GONZÁLEZ*
DEPARTAMENTO DE HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA- CALI

Recibido, febrero 2/2009

Concepto evaluación, mayo 9/2009

Aceptado, mayo 24 /2009

Resumen

Este artículo presenta una reflexión teórica a propósito de la herramienta científica de la experimentación en niños pequeños, que hasta el momento ha sido abordada desde diversas perspectivas teóricas. En este caso se propone asumir la Autorregulación Metacognitiva como eje integrador de las distintas concepciones de la experimentación. En este sentido se hace uso de la física como un dominio privilegiado para la comprensión de la experimentación en niños pequeños.

Palabras clave: Experimentación, mecanismos de cambio representacional, dominio físico, niños pequeños, autorregulación metacognitiva

EXPERIMENTATION, COGNITIVE SELF-REGULATION AND PHYSICS KNOWLEDGE IN EARLY CHILDHOOD

Abstract

This paper presents a theoretical approach about experimentation in young children as a scientific tool, a concept researched up to date from different theoretical perspectives. In this study, metacognitive self-regulation is propounded as an integrative concept to understand experimentation. Physics, as a privileged domain is used to describe experimentation in young children.

Keywords: Experimentation, representational change mechanism, physics, young children, Metacognitive regulation

EXPERIMENTAÇÃO, AUTO-REGULAÇÃO E CONHECIMENTO DA FÍSICA EM IDADES PRECOCES

Resumo

Neste artigo apresenta-se uma reflexão teórica sobre a ferramenta científica da experimentação com meninos pequenos. Neste caso, propõe-se assumir a auto-regulação meta-cognitiva como eixo integrador de diversas concepções da experimentação, e emprega-se a física como um domínio privilegiado para a compreensão da experimentação em meninos pequenos.

Palavras-chave: experimentação, mecanismos de cambio representacional, domínio físico, meninos pequenos, auto-regulação meta-cognitiva.

* Correspondencia: Jairo Andrés Montes González, Departamento de Ciencias Sociales, Pontificia Universidad Javeriana-Cali, Calle 118-250 vía Pance, Cali, Colombia. jamontes@javerianacali.edu.co.

¹ El artículo está vinculado con el proyecto Razonamiento Científico a Edades Tempranas en Ambientes Virtuales, proyecto del grupo Desarrollo Cognitivo, Aprendizaje y Enseñanza (DCAE)

A continuación se presenta una reflexión teórica dirigida a aportar vías de análisis e investigación sobre la problemática del desarrollo del razonamiento científico en el dominio de la física, a través del cuál es posible identificar el funcionamiento de la experimentación, como herramienta científica, en niños pequeños. En este contexto se abordan las relaciones entre los mecanismos de cambio representacional (redescripción representacional y revisión de teoría), y se propone un modelo integrador de éstos basado en la recursividad de los mismos al interior de los procesos de autorregulación metacognitiva.

Esta propuesta se articula, en primera instancia, con el trabajo de Dixon y Bangert (2002), que señala la importancia de los diferentes mecanismos explicativos de los procesos de cambio representacional. Complementariamente, se realiza un aporte a la línea de investigación Herramientas Científicas de Puche Navarro (2000, 2003, 2006), al abordar el problema desde la perspectiva del desarrollo cognitivo, enfatizando la importancia de recuperar y desglosar el funcionamiento cognitivo de los niños, su itinerario de reflexión (Puche, 2003).

Lo anterior es posible a partir de la descripción de modelos mentales que permitan visualizar la articulación entre los mecanismos de cambio representacional y la autorregulación metacognitiva. Para ello se asume la experimentación como un conjunto de procedimientos sistemáticos dirigidos a la verificación de una hipótesis en el plano de los hechos. La experimentación es una herramienta científica que encarna el paso de las estructuras cognitivas a los procedimientos y a las actividades formales (Puche-Navarro, 2000), constituyéndose en organizadora de la actividad a la hora de evaluar hipótesis o alternativas a éstas (Zimmerman, 2000).

Aunque se han propuesto diversas definiciones de la experimentación, parece existir consenso con respecto a algunas características presentes en ésta a través de diferentes dominios del conocimiento. Se debe reconocer que el proceso de experimentación involucra la generación de observaciones que servirán como evidencia, la cual, a su vez, pasará a estar relacionada con las hipótesis (Zimmerman, 2000).

Sobre esa base, esta exposición se estructura de la siguiente forma: en la primera parte se presenta una caracterización de la herramienta de la experimentación y su funcionamiento. Seguidamente, se identifican las características que presenta esta herramienta, y se las ilustra haciendo uso de los datos relevantes que ofrecen diversos estudios específicos.

A continuación se analiza el funcionamiento de los mecanismos de cambio representacional en el contexto de

la experimentación, así como también la posibilidad de desarrollar un modelo integrador de ambos mecanismos desde la perspectiva de la autorregulación metacognitiva. Por último, se realiza un análisis de la experimentación como herramienta científica en el dominio de la física, entendido éste como un dominio específico en el que es posible observar de manera concreta el funcionamiento de dicha herramienta.

LA EXPERIMENTACIÓN, LA REVISIÓN TEORÍA-EVIDENCIA Y EL AISLAMIENTO DE VARIABLES.

Uno de los aspectos más explorados en la investigación acerca de la herramienta científica de la experimentación es la relación entre teoría y evidencia. En este campo sobresalen estudios como los de Sodian, Zaitchik & Carey (1991), quienes se centran en la habilidad de los niños de 6 a 9 años para diferenciar entre creencias hipotéticas y evidencia. En este estudio se presentó a los niños, a través de una historia ilustrada, una situación en la que *unos niños* debían escoger condiciones experimentales tales que pudieran servir de base para evaluar una hipótesis.

Los resultados de estos estudios indican que los niños pequeños de escuela primaria poseen la habilidad de diferenciar entre creencias hipotéticas y evidencia; que los niños son capaces de distinguir entre evaluaciones concluyentes y no concluyentes para hipótesis simples acerca de determinados estados de las cosas, y que pueden formular inferencias a partir del resultado de una evaluación concluyente. Muchos niños, de hecho, pueden generar espontáneamente procedimientos para recoger evidencia indirecta relevante a la creencia. Sin embargo, los autores señalan que sólo unos pocos niños de estas edades diseñan un experimento concluyente, estableciendo por ellos mismos condiciones que les permitan recuperar evidencia válida.

Por otra parte, es necesario señalar que en esta investigación la tarea es de índole verbal, basada en experimentos mentales, y muy diferente de las situaciones manipulativas o "hands on", en las cuales los sujetos pueden manipular las variables en el plano físico, lo que implica una mayor riqueza en la descripción del desempeño de los niños.

Por otro lado, la experimentación debería producir evidencia u observaciones interpretables, de tal manera que resulte más sencillo el proceso de evaluación de la evidencia. En este sentido, un aspecto importante de la herramienta de la experimentación es que implica el aislamiento de variables de manera que se puedan establecer hipótesis competentes (Zimmerman, 2000). Esta habili-

dad para el control o asilamiento de variables es abordada por Chen y Klahr (1999), quienes pretenden dar cuenta de cómo los niños (entre 7 y 10 años) adquieren una estrategia de control de variables (CVS por sus siglas en inglés), y la generalizan a través de varios contextos (estiramiento de resortes, hundimiento de objetos sólidos en líquidos, desplazamiento de objetos en planos inclinados). En este caso se explora la habilidad de los niños para diseñar y evaluar experimentos, y hacer inferencias a partir de resultados experimentales.

Los resultados encontrados por estos autores plantean que la instrucción directa en este tipo de estrategias facilita la adquisición de dicha herramienta, y favorece la transferencia de las habilidades relacionadas con la experimentación a otras tareas y dominios del conocimiento. Los mecanismos expuestos por esta investigación (sustentados en la premisa de que es la instrucción el principal factor implicado en el cambio cognitivo) tienen un carácter exógeno.

Esta perspectiva debe ser reevaluada, pues aunque es indiscutible la importancia de los mecanismos de cambio exógenos, éstos no resultan suficientes para explicar el fenómeno de cambio representacional vinculado con la herramienta de la experimentación. En este sentido, Kuhn (2007) plantea la pregunta de si la estrategia de control de variables (COV) es totalmente crítica para que los estudiantes aprendan el método científico. Dicho cuestionamiento se basa en la consideración de que la argumentación, la explicación y la construcción de modelos, así como la experimentación, son también relevantes en el método científico. Adicionalmente, esta autora argumenta que el razonamiento científico acerca de fenómenos producto de múltiples variables sobrepasa las posibilidades explicativas de la estrategia de control de variables.

Por otro lado, ni la generación de evidencia, ni el asilamiento de variables bastan por sí solos para dar cuenta de la experimentación. Es necesario profundizar en elementos conceptuales, tales como los mecanismos de cambio que subyacen al uso de la herramienta científica de la experimentación, y el lugar que tienen tanto los mecanismos exógenos (el caso de la revisión de teoría planteada implícitamente por Klahr y Chen), como los endógenos (la redescrición representacional)

Dixon y Bangert (2002), responden a esta demanda proponiendo un modelo integrador, tanto del modelo que subyace implícitamente a los hallazgos de Chen y Klahr (1999), a saber, el que se denomina como de “Revisión de Teoría”, y otro modelo, denominado “Redescrición de teoría”, que según los mismos autores ha sido tradicionalmente considerado como incompatible con respecto al primero.

INTEGRACIÓN DE MECANISMOS DE LOS PROCESOS DE CAMBIO REPRESENTACIÓN

Dixon y Bangert (2002), exploran los dos tipos de mecanismos asociados con los procesos de cambio representacional: la redescrición representacional y la revisión de teoría, e investigan: a) si existe un proceso privilegiado de cambio representacional que subyace al desarrollo representacional en sí mismo o, si b) diferentes procesos ocupan diferentes lugares en la adquisición del conocimiento. Tradicionalmente estos dos mecanismos han sido señalados, alternativamente, por los investigadores, como subyacentes a los desempeños de los niños en situaciones que implican resolución de problemas, específicamente en el caso de la experimentación (Dixon y Bangert, 2002)

La revisión de teoría se define como el proceso mediante el cual los niños modifican y/o cambian su teoría sobre la base de cómo un dominio particular funciona como respuesta a una evidencia des-confirmatoria (Dixon y Bangert, 2002). En lo que respecta al mecanismo de redescrición representacional, los niños extraen la información de un dominio particular de la representación actual al ser utilizada dicha representación. (Dixon y Bangert, 2002). Las investigaciones recientes sugieren que ambos tipos de procesos operan en una forma recursiva y complementaria, que produce nuevas representaciones. Dada una situación nueva, los niños utilizan revisión de teoría para generar una nueva estructura relacional posible y pueden modificar dicha estructura como respuesta al error. La redescrición detecta las regularidades creadas a través del uso exitoso de una estructura de interacción con el ambiente; estas regularidades se consolidan en nuevas representaciones, las cuales están disponibles para los procesos de revisión de teoría. Este planteamiento ha sido respaldado por investigaciones en múltiples áreas tales como la comprensión de sistemas de engranajes (Dixon y Bangert, 2002) y la comprensión de conceptos aritméticos (Dixon y Bangert, 2005).

Para el caso de la comprensión de sistemas de engranajes, se llevó a cabo una situación experimental en que los participantes debían resolver problemas de engranajes como parte de una carrera de trenes computarizada. Según los autores, los resultados muestran que los descubrimientos en la resolución de este problema de engranajes, no son el resultado de la acción de un solo sistema o mecanismo.

Según los autores, estos resultados hablan más que de un cambio en el desarrollo, de los mecanismos responsables por el cambio representacional, los cuáles difieren dependiendo de la calidad de las representaciones

actuales. Dado un problema representacional y estrategias asociadas que producen tasas de baja efectividad, niños y adultos jóvenes usan procesos de Revisión de Teoría para descubrir nuevas representaciones. Y, dado un problema de representación y estrategias que resuelven adecuadamente el problema, los participantes extraen la información intrínseca y la usan como base para mejorar su representación. Finalmente, dado un problema de representación que genera una nueva estrategia de alto nivel, pero una historia de baja eficiencia y altos tiempos de respuesta, dicha estrategia sirve a los participantes para que regresen a otras estrategias en su repertorio.

Así mismo, Dixon y Bangert (2005), exploran la adquisición por parte de los niños de la relación conceptual en la operación aritmética de la multiplicación, examinando como el cambio en un operando afecta la respuesta. Se encontró que el cambio en la representación de los niños fue predicha por el grado en el cual producían respuestas correctas repetidamente y de manera exitosa, más que ser dirigidas por errores (Dixon y Bangert, 2005).

En conclusión, los autores han avanzado en la comprensión de los procesos que subyacen a la herramienta científica de la experimentación (Chen y Khlar, 1999). Al trascender la descripción del fenómeno y ahondar en la naturaleza compleja del mismo se avanza en el entendimiento de los mecanismos explicativos —incluyendo la revisión de teoría y la redescrición representacional— del proceso de razonamiento científico.

En síntesis se puede afirmar que la revisión de teoría y la redescrición representacional ocupan diferentes nichos en la adquisición de conocimiento. La revisión de teoría es el medio por el que los niños exploran su repertorio de relaciones hasta encontrar una representación que minimiza el error. Estos procesos operan en un amplio rango de niveles dentro del sistema cognitivo. La revisión de teoría puede ser sensible a parámetros adicionales más allá del éxito/fracaso, como la eficiencia. Una vez la revisión de teoría se ha establecido en la estructura relacional, la redescrición detecta regularidades en la interacción entre la estructura y el ambiente, y crea una nueva representación de la relación, que es adicionada al repertorio de relaciones y se vuelve disponible para el proceso de revisión de teoría como una hipótesis potencial para situaciones novedosas subsecuentes. (Dixon y Kelley, 2007).

Sin embargo, ambos mecanismos han sido estudiados independientemente, y por lo general son concebidos como dos perspectivas de explicación de los procesos de cambio representacional diferentes y excluyentes entre sí. A esto se suma el hecho de que aún no han sido determinadas las funciones exactas que a ambos mecanismos

competen en los procesos de cambio representacional; y, por último, no han sido identificadas las relaciones existentes entre ambos mecanismos en el contexto del cambio representacional.

En este sentido, el análisis de la relación entre ambos mecanismos y los procesos de autorregulación metacognitiva, aparece como una perspectiva alternativa de integración. Ello, teniendo en cuenta que tanto en la **re-descripción** (en la cual la metacognición indica el nivel de accesibilidad de la información) como la **revisión de teoría** (en la cual la metacognición permite discriminar la evidencia o información sobre la que opera el sistema), el sujeto es capaz de volver sobre su propio pensamiento, lo cual implica que la metacognición subyace a ambos mecanismos y media entre ellos.

Hasta el momento no se ha elucidado cuál es la función exacta que corresponde a cada uno de los mecanismos de cambio representacional en la resolución de problemas y en la experimentación. Por ello, se hace necesario, a continuación, abordar la autorregulación metacognitiva en edades tempranas con el objeto de caracterizar el concepto articulador de los mecanismos de cambio representacional. La integración de ambos mecanismos permite la integración de aspectos de dominio general y de dominio específico, recuperando desde la redescrición la transformación de las representaciones acerca de la situación, independientemente del contenido del problema; mientras que, a partir de la revisión de teoría permite hacer énfasis sobre el contenido mismo de la tarea.

AUTORREGULACIÓN METACOGNITIVA EN EDADES TEMPRANAS

Al introducir el concepto de metacognición es siempre necesario remitirse a la definición pionera de Flavell (1976), que establece que el término metacognición se refiere al conocimiento concerniente a los propios procesos y productos cognitivos. No obstante, no hay una definición del término “metacognición” que sea objeto de consenso entre los investigadores (Baker, 1994).

Desde que fue usado por primera vez en la década de los setentas este concepto ha sido utilizado en función de dos componentes primarios: a) el conocimiento o conciencia y b) la regulación o control ejecutivo que se ejerce sobre las tareas (Baker & Cerro, 2000). Algunos autores afirman que la metacognición es susceptible de ser definida con base en el conocimiento acerca de la cognición. Por otra parte, existen autores para quienes esta definición del concepto debería establecerse con base en un énfasis en el componente regulatorio. Como consecuencia de lo

anterior, se mantiene el debate acerca de los componentes de la metacognición que deben ser estudiados. (Garrett, Mazzocco y Baker, 2006). La perspectiva que aquí se privilegia es la que se centra en el componente de autorregulación cognitiva en niños preescolares, asumiendo ésta como: la habilidad para llevar a cabo procesos de control, la planificación a propósito de la resolución de un problema, el establecimiento de estrategias para alcanzar metas específicas, la evaluación de la consecución de la dichas metas, y la supervisión en línea destinada al control del alcance de esas metas (Larivee et al, 1994)

Esta elección se basa en los planteamientos de Brown (1987), quien señala que una resolución de problemas activa y orientada a metas caracteriza el desempeño aun de los niños pequeños, y que su aparición no depende de la edad y ocurre antes del desarrollo de la habilidad de los sujetos para hablar de manera abstracta de su desempeño. Es por ello que se parte de la tesis de que la autorregulación cognitiva tiene el carácter de una habilidad que aparece en tempranas edades y se encuentra presente en niños de edad preescolar. Esta postura es sostenida por un conjunto significativo de estudios al respecto (Annevirta & Vauras, 2006; Sperling, 2002 et al.; Hoard & Clark, 1992; Larivee, 1994). Sin embargo, es pertinente señalar que es poco lo que se sabe acerca de las habilidades de autorregulación en niños pequeños (Ej, Moely, Santulli & Obach, 1995; Sperling, Howard, Miller & Murphy, 2002; Stipek, Feiler, Daniels, & Milburn, 1995). Además, las habilidades de autorregulación en edades tempranas, utilizando una evaluación de desempeño real, sólo han sido examinadas recientemente (Ej, Kinnunen, Vauras & Niemi, 1998; Perry, 1998; Perry & VanderKamp, 2000; Vauras, Kinnunen & Rauhanummi, 1999 citados por Annevirta & Vauras, 2006).

Esto se debe a que muchas investigaciones en autorregulación cognitiva se han enfocado en el dominio del conocimiento académico, apoyándose en métodos de cuestionario para evaluar los autorreportes de acciones generalizadas a través de diferentes condiciones y situaciones, o en el impacto de diferentes intervenciones en las habilidades de autorregulación de los sujetos, generalmente niños escolarizados y estudiantes universitarios (Annevirta & Vauras, 2006). Este tipo de investigaciones que enfatizan en la escolarización pasan por alto la aparición temprana de la autorregulación cognitiva, aunque ésta sí es tenida en cuenta en otros dominios diferentes a los privilegiados tradicionalmente por la escuela. Sperling (2002) presenta una investigación orientada en este sentido, que pretende identificar las relaciones entre los constructos autorregulatorios en niños en edades tempranas,

a saber: a) Teoría de la mente de intención y falsa creencia, b) la habilidad de resolución de problemas, c) la regulación metacognitiva y d) el uso de estrategias en niños preescolares.

En este estudio se manifiesta un interés especial en señalar que la investigación acerca de autorregulación cognitiva en dominios académicos ha estado primordialmente centrada en los procesos de metacognición de aprendices en el contexto de tareas de escritura o resolución de problemas. A ello se suma el hecho de que los participantes en esta clase de estudios suelen ser niños mayores de 8 años. En consecuencia, las tareas exigen habilidades avanzadas, motivo por el cual plantean dificultades para el estudio de la metacognición en niños de edades más tempranas, ya que éstos no se encuentran en estado de hacer uso de dichas habilidades avanzadas.

Entre tales inconvenientes se encuentra el del estudio de los procesos de autorregulación en niños de edades tempranas que aún no son lectores expertos y a quienes se les puede dificultar la elaboración de protocolos. De ahí que se afirme que este tipo de investigaciones pueda llegar a enmascarar las habilidades autorregulatorias de los niños en edades muy tempranas.

La necesidad de desarrollar modelos de investigación que permitan observar la autorregulación en edades tempranas es apoyada, además, por un conjunto de investigaciones que concluyen, en general, que los niños en etapa preescolar, hasta los 3 años de edad, dan muestras de poseer habilidades de regulación metacognitiva que corresponden a dominios diferentes de los tradicionalmente asumidos como académicos, de entre los cuales se destaca el relativo al dominio del conocimiento social (Kuhn, 2000; Sperling et al., 2000). De hecho, se manifiesta que en situación dada en la que se provea a los sujetos con un andamiaje adecuado, esto se puede evidenciar en la resolución de problemas (e.g., Baker & Brown, 1984, Freund, 1990).

Sperling et al. (2000) identificó relaciones significativas entre uso de estrategia y ToM, y entre autorregulación Metacognitiva y ToM. Complementariamente, se señala que en niños de preescolar se manifiesta capacidad regulatoria extendida a diversos dominios, y que la autorregulación y el uso de estrategias se manifiestan en tareas de resolución de problemas apropiadas para edades tempranas.

No obstante, se tiene en cuenta que la dificultad para investigar la metacognición en edades tempranas es no sólo producto de la falta de tareas adecuadas a estas edades sino también de la preeminencia de metodologías que recurren a cuestionarios como instrumentos para evaluación de autorreportes de carácter verbal. A este respecto, en los últimos años, se han empezado a desarrollar méto-

dos basados en la evaluación de desempeño real dirigidas a la exploración de habilidades de autorregulación en niños en edades tempranas (Annevirte & Vauras, 2006)

Hoard y Clark (1992) avanzan en el planteamiento de la hipótesis según la cuál, el diseño y utilización de tareas que reduzcan la verbalización serían útiles para poner en evidencia los comportamientos metacognitivos de autorregulación de los niños en edades tempranas. Esta investigación estaba dirigida a la exploración de los usos de la autorregulación cognitiva de niños en edad preescolar tanto típicos como con necesidades especiales. Este estudio identificó comportamientos metacognitivos tanto en niños típicos como en niños con necesidades especiales (con una mayor incidencia en el caso de los niños típicos)

La identificación de comportamientos autorregulatorios en niños en edades tempranas se establece como evidencia de la insuficiencia de las perspectivas según las cuales los comportamientos la autorregulación metacognitiva deben ser estudiada exclusivamente en lo que respecta a contextos escolares.

En conclusión la autorregulación metacognitiva aparece como una habilidad presente en múltiples dominios del conocimiento. En consecuencia, es importante delimitar un dominio específico para el abordaje y análisis de las relaciones que en este contexto se establecen con los mecanismos de cambio representacional y las herramientas de pensamiento científicas. En este caso concreto, tal dominio específico es el de la física, y la herramienta es la experimentación.

EXPERIMENTACIÓN Y DOMINIO FÍSICO

Uno de los dominios del conocimiento en los que la experimentación ha sido investigada de manera exhaustiva es el desarrollo del conocimiento cotidiano en física. El énfasis en la investigación sobre dicho desarrollo ha sido puesto especialmente en el caso de los niños, el cual ha sido un tópico de especial interés para el desarrollo cognitivo, aunque también se ha investigado con respecto a los casos de adolescentes y jóvenes universitarios.

Algunos de estos estudios se concentran en la investigación acerca de las habilidades de dominio general, y dan cuenta del lugar de la experimentación en tareas que implican el dominio de la física, pero sin hacer un énfasis en el conocimiento de dominio específico correspondiente a la física misma sino en la exploración y comprensión que tienen los sujetos acerca de ellas. Por otra parte, otra serie de estudios se ha concentrado en lo que en la literatura se ha denominado “física ingenua” (*naive physics*), y su énfasis se encuentra en el conocimiento de dominio espe-

cífico que tienen las personas con respecto a los conceptos físicos. A continuación se presentará una revisión de algunos estudios representativos de ambas aproximaciones:

En primer lugar, y con respecto al estudio centrado en las habilidades de dominio general de los niños, se encuentra la investigación de Chen y Klahr (1999), citada en el apartado anterior, la cual corresponde a un estudio realizado con niños entre 7 y 10 años.

Desde el punto de vista de la experimentación, la tarea exige controlar sistemáticamente las variables. Así, equiparar altura, superficie y distancia, permite determinar cuál de los dos tipos de bola avanza más lejos en el plano inclinado. Por otra parte, equiparar altura y superficie y cambiar los valores de tipo de bola y distancia, es una comparación inválida, pues no permite determinar cuál de los dos valores tiene mayor incidencia sobre el resultado final.

En esta misma línea de investigación, se encuentran los trabajos apoyados en una tarea (situación de los botes) diseñada por Schauble et al. (1991), que involucra experimentación con objetos en movimiento con el elemento adicional de fluidos, e involucra la manipulación de valores de las variables por parte de los niños para dar cuenta de las estrategias que éstos emplean y la transformación de dichas estrategias a lo largo del tiempo.

Sin embargo, hasta este punto, los estudios presentados privilegian una aproximación de carácter externalista y dicotómico (éxito-fracaso) al funcionamiento cognitivo de los niños en el contexto de la experimentación. Por lo tanto, se hace necesario plantear modelos alternativos que permitan un acercamiento basado en la descompactación de dicho funcionamiento. Este tipo de abordaje es precisamente el que se encuentra en la reestructuración de la tarea clásica piagetiana de la catapulta por parte de Puche Navarro y Ordoñez (2003)

Esta última propuesta, basada en la hipótesis de que a la luz de la concepción de la experimentación y específicamente las situaciones de resolución de problema, los diseños con énfasis externalista y dicotómico anteriormente señalados tienen un poder limitado para descompactar el funcionamiento cognitivo (Puche-Navarro y Ordoñez, 2003), trasciende la formulación verbal de la tarea de la catapulta y los abordajes basados en evidencia del tipo éxito-fracaso y apoyados en verbalizaciones de los sujetos que caracterizaban a los estudios anteriormente mencionados. Así se plantea como objetivo la desagregación de la mente del niño a partir de una situación experimental en la cual éste pueda manipular los distintos componentes de un dispositivo de la catapulta, al que debe armar y hacer funcionar.

Para ello debía establecer la relación entre los diferentes componentes del sistema: tensión del resorte y fuerza del lanzamiento, la longitud del brazo o palanca y la distancia alcanzada por los objetos lanzados y, por último, reconocer la incidencia del peso de los bultos en la distancia alcanzada por éstos. A partir de este trabajo, fue posible establecer el itinerario de reflexión de los sujetos, describiendo los modelos mentales y los desempeños respecto a la herramienta de la experimentación desde una perspectiva del desarrollo (Puche-Navarro & Ordóñez, 2003), a partir del cuál se desagrega la actividad de la mente del niño en la resolución de una tarea.

Este tipo de situaciones basadas en una arquitectura medios-fines permite establecer una diferencia con respecto a aquellas de carácter externalista y dicotómico, ya que a través de las primeras se consigue desglosar una secuencia de actividades del sujeto a partir de las cuales se puede rastrear su reflexión (Puche-Navarro & Ordóñez, 2003), y complementariamente establecer niveles diferenciales de funcionamiento, que van desde funcionamientos básicos y de carácter implícito hasta funcionamientos complejos, explícitos y flexibles de carácter resolutorio. Las investigaciones hasta ahora citadas abordan la experimentación como una habilidad de dominio general de manera que no se coloca el énfasis tanto en el contenido de la tarea ni en el conocimiento previo del niño acerca de la física sino en la habilidad general para establecer comparaciones experimentales válidas, o utilizar la experimentación como herramienta científica aplicada a las situaciones de resolución de problema.

En una segunda aproximación, se hace énfasis en el conocimiento de dominio específico de la física, enfocado en el contenido y estructura del conocimiento conceptual de los novatos. Dicho conocimiento ha sido explorado en el caso de conceptos abstractos como la luz, el calor, la electricidad, el sonido, pero especialmente, en lo que respecta al movimiento de objetos (Reiner, Slotta, Chi & Resnick, 2000). A pesar de lo variado de los conceptos, las investigaciones tienen en común el avance sobre el conocimiento cotidiano de los niños acerca de la física, o en otras palabras su conocimiento intuitivo expresado en acciones y juicios.

En este sentido, existe ya una tradición de estudios que parten de las investigaciones clásicas piagetianas de dominio general, que abordan las nociones de la física, tales como el trabajo de Wilkening (1981), quien se centró en el desarrollo de la comprensión de las relaciones entre velocidad, tiempo y distancia.

Este estudio se enmarca en el tipo de investigaciones clásicas del desarrollo cognitivo, las cuales exploraban el

cambio a través de grandes períodos de tiempo, haciendo uso de métodos transversales que permiten evaluar un proceso en diferentes grupos de edad en algún momento del desarrollo, pero dejan de lado los procesos individuales, estableciendo la comprensión y el cambio a nivel macro, los cuales hablan de un desarrollo lineal, acumulativo.

En este sentido se han realizado investigaciones centradas en el dominio de la física, entre las que importa señalar, en primera instancia, aquéllas enfocadas en las concepciones *naive* acerca predicción de la trayectoria de objetos en movimiento, como la propuesta por Krist (2000 y 2003) y la de Kaiser, Proffitt y McClosky (1985). Estos estudios ofrecen información acerca de la experimentación que permite afirmar que existe una disociación entre el desempeño de los niños al realizar acciones que implican lanzamiento de objetos con un objetivo específico, y los juicios que emiten al predecir la trayectoria de objetos. Según estos estudios, los niños se muestran altamente sensibles a las leyes físicas del movimiento, mientras que con respecto a sus juicios y predicciones se observan concepciones erróneas (*misconceptions*).

Dentro de los estudios relevantes con respecto a esta forma de abordaje de los problemas con objetos en movimiento, se pueden citar las investigaciones realizadas por Hubbard y Motes (2002 y 2005) en las que examina la memoria de los sujetos con respecto a las posiciones iniciales y finales de objetos en movimiento. Los resultados de ambos estudios dan cuenta de una representación ingenua (*naive*) acerca de la relación entre velocidad y masa en los participantes.

Como puede observarse a través de la revisión de investigaciones en torno a tareas acerca del conocimiento de la física, por lo general éstas se centran: a) en el estudio de las habilidades de dominio general, tales como la experimentación, caso en el que se utilizan como contenido los conceptos y procesos de la física; o b) en el estudio del conocimiento de dominio específico, los cuales tratan de dar cuenta de las concepciones naturales que tienen los niños acerca del mundo físico. Estos últimos estudios e investigaciones suelen dejar a un lado la indagación acerca de los mecanismos de dominio general.

En consecuencia, es evidente la ausencia de una perspectiva integradora que permita tanto la indagación acerca de las habilidades de dominio general de los sujetos, como también acerca de las concepciones que de la física éstos poseen, perspectiva que a su vez, debe explorar la articulación existente entre estos dos tipos de conocimiento. Dicha articulación se hace posible a partir del abordaje de los mecanismos de cambio representacional (redescripción representacional y revisión de teoría) a partir de una perspectiva

de autorregulación metacognitiva que permita elucidar las relaciones existentes entre los primeros y ésta última, y entre sí mismos, así como las funciones de cada uno de ellos dentro del proceso de cambio representacional.

Este abordaje cobra más sentido al considerar que, como lo señala Puche-Navarro & Ordoñez (2003), sigue existiendo una marcada ausencia en la bibliografía de análisis sobre mecanismos cognitivos tempranos en modelos generales de desarrollo del funcionamiento científico. Es por ello que se hace pertinente realizar abordajes que trasciendan las descripciones, y se dirijan a las explicaciones acerca del cambio cognitivo, partiendo del análisis de situaciones de resolución de problema como una forma novedosa de llegar a comprender al sujeto desde una perspectiva más abierta; es decir, sin la necesidad de evaluarlo estrictamente desde lo que el niño resuelva o no frente a la tarea, sino más bien desde la necesidad de conocerlo y “comprender cómo el niño comprende” (Ochoa et al, 2006), su mundo.

El abordaje propuesto plantea unos desafíos metodológicos que implicarían el planteamiento de tareas que respondan a la estructura de situaciones de resolución de problemas en las que se pongan en juego los dos tipos de conocimiento articulados, de manera tal que dichas tareas no limiten la naturaleza del proceso de experimentación a la equiparación de variables, sino que además permitan que los sujetos se planteen una situación con una arquitectura medio fin que posibilite a su vez al investigador desagregar el funcionamiento cognitivo del sujeto.

REFERENCIAS

- Annevirta, T. & Vauras, M. (2006). Developmental changes on metacognitive skill in elementary school children. *The Journal of Experimental Education*, 74, 197-225.
- Baker, L., & Brown, A. L. (1984). Metacognitive skills and reading. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research* (pp. 353-394). New York: Longman.
- Baker, L. (1994). Fostering metacognitive development. In H. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 25, pp. 201-239). San Diego, CA: Academic Press.
- Baker, L., & Cerro, L. C. (2000). Assessing metacognition in children and adults. In G. Schraw & J. Impara (Eds.), *Issues in the measurement of metacognition* (pp. 99-145). Lincoln, NE: Buros.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 65-116). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Children's acquisition and transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70, 1098-1120.
- Dixon, J. y Bangert, A. (2002). *The prehistory of discovery: Precursors of representational change in solving gear problems*. *Developmental Psychology*, 38 (6) 918-33.
- Dixon, J. A. & Bangert, A. S. (2005). From regularities to concepts: The development of children's understanding of a mathematical relation. *Cognitive Development*, 20, 65-86.
- Dixon, J. A. & Kelley, E. (2007). Theory revision and redescription: Complementary processes in knowledge acquisition. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 111-115.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En: *The nature of the intelligence* (pg. 231-235) Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Freund, L. (1990) Maternal Regulation of Children's Problem-solving Behavior and Its Impact on Children's Performance
- Garrett, A.J., Mazzocco, M.M.M., Baker, L. (2006). Development of the metacognitive skills of prediction and evaluation in children with or without math disability. *Learning Disabilities Research and Practice*, 21, 77-88
- Hoard, C y Clark, T.H. (1992). Self-regulatory behaviors in preschool children: Fact or Fantasy? Paper presented at the annual meeting of National Association of School Psychologist.
- Hubbard, T. L., & Motes, M. A. (2002). Does representational momentum reflect a distortion of the length or the endpoint of a trajectory? *Cognition*, 82, B89-B99.
- Hubbard, T. L., & Motes, M. A., (2005). An effect of context on whether memory for initial position exhibits a Frohlich effect or on onset repulsion effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 961-979.
- Kaiser, M. K., Proffitt, D. R., and McCloskey, M. (1985). The development of beliefs about falling objects, *Perception and Psychophysics*, 38, 533-539.
- Kinnunen, R., Vauras M., & Niemi, P. (1998). Comprehension monitoring in beginning readers. *Scientific Studies of Reading*, 4, 353-375.
- Krist, H. (2000). Development of naive beliefs about moving objects. The straight-down belief in action. *Cognitive Development*, 15, 281-308.
- Krist, H. (2003). Knowing How to Project Objects: Probing the Generality of Children's Action Knowledge. *Journal of Cognition and Development*, 4, 383-414.
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive development. *Current Directions in Psychological Science*, 9, 178-181.
- Kuhn, D. (2007). Reasoning about multiple variables: Control of variables is not the only challenge. *Science Education*, 90, 710-726.
- Larivee, S., Normandeau, S., Bouffard-Bouchard, T., Peyrade, T., Parent, S.,
- Tremblay, R. (1994). Six years in the Cognitive and Metacognitive Life of 71 Families. *International Journal of Psychology*; 29, 367- 393.
- Moely, B.E., Santulli, K.A. & Obach, M.S. (1995). Strategy Instruction, Metacognition, and Motivation in the Elementary School Classroom. In: F. Weiner & W. Schneider (Eds.), *Memory performance and competencies: Issues in growth and development* (pp.301-321). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Ochoa, S., Cruz Panesso, I. y Valecía, A. (2006). Las situaciones de resolución de problemas como estrategia de trabajo con niños diagnosticados con TDAH. *Pensamiento Psicológico*, 7, 73-88.
- Perry, N. (1998). Young children's self-regulated learning and context that support it. *Journal of Educational Psychology*, 90, 715-729.
- Perry, N.E. & VandeKamp. K.J.O.(2000). Creating classroom context that support young children's development of self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 33, 821-843
- Puche-Navarro, R. (2000) *Formación de herramientas cognitivas científicas en el niño pequeño*. Cali: Arango
- Puche-Navarro, R. y Ordoñez O. (2003) *Pensar, experimentar y volver a pensar: Un estudio sobre el niño que experimenta con catapultas*. En: *El niño que piensa y vuelve a pensar*. Cali, Artes Gráficas del Valle.
- Puche Navarro, R. y Ossa, J. (2006). ¿Qué hay de nuevo en el Método Microgenético? Más allá de las estrategias y más acá del funcionamiento cognitivo del sujeto. *Summa Psicológica*. 13, 117-137.
- Reiner, M., Slotta, J., Chi, M., & Resnick L. (2000) Naive Physics Reasoning: A Commitment to Substance-Based Conceptions. *Cognition and Instruction*, 18, 1-34
- Schauble, L., Klopfer, L. E. & Raghavan, K. (1991) Students transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching* 18, 859-882.
- Sodian, B., Zaitchik, D. & Carey, S. (1991) Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 62, 753-766.
- Sperling, R.A., Walls, R.T. & Hill, L.A. (2000) Early Relationships among Self-Regulatory Constructs: Theory of Mind and Preschool Children's Problem Solving. *Child Study Journal*, 30, 233-253.
- Sperling, R.A., Howard, B.C., Miller, L.A., & Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation. *Contemporary Educational Psychology*, 27,51-79.
- Stipek, D., Feiler, R., Daniels, D., & Milburn, S. (1995). Effects of different instructional approaches on young children's achievement and motivation. *Child Development*, 66, 209-223)
- Vauras, M., kinnunen, R., & Rauhanummi, T. (1999). The role of metacognition in the context of integrated strategy intervention. *European Journal of Psychology of Education*. 14, 555-569.
- Wilkening, F. (1981). Integrating velocity, time, and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 13, 231-247.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.