

La resolución de problemas, ¿una alternativa integradora?

Rebeca Puche-Navarro
Julio César Ossa Ossa
Marlenny Guevara Guerrero



Resumen

La resolución de problemas, ¿una alternativa integradora?

Tradicionalmente segmentado en el estudio de las características de un sujeto, por una parte, y las características del objeto, por otra, se pretende aquí hacer un ejercicio que dé cuenta de la manera como el sujeto se enfrenta a un objeto de estudio, pero adoptando un punto de vista global, involucrando objeto y sujeto en un todo. En ese marco, y para lograr esa visión integradora, la vía que se utiliza es la ilustración de las relaciones entre una posición conceptual y la manera como esa conceptualización permea la construcción metodológica sobre la que gira el trabajo.

Abstract

Problem solving, an integrating alternative?

Traditionally segmented in the study of characteristics of a subject, on the one hand, and on the characteristics of the object, on the other hand, it is intended to do an exercise that accounts for the way how the subject deals with the object of study, but adopting a global point of view, involving the object and the subject in a whole. Within this framework, and to achieve this integrating vision, the method used is the illustration of the relations between a conceptual position and the way in which that conceptualization filters the methodological construction around which this work turns.

Résumé

La résolution de problèmes, un choix intégrant?

Traditionnellement segmenté dans l'étude des caractéristiques d'un sujet, d'une part, et des caractéristiques de l'objet, d'autre part, on tente ici de faire un exercice qui comprenne la façon de réagir du sujet face à un objet d'étude, mais en adoptant un point de vue global, qui intègre l'objet et le sujet dans un tout. Dans cette optique, et pour accomplir cette vision intégrante, le moyen qu'on utilise est l'illustration des rapports entre une position conceptuelle et la façon comme cette conceptualisation touche la construction méthodologique sur laquelle s'oriente le travail.

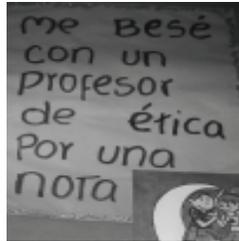
Palabras clave

Psicología del desarrollo y educación, situaciones de resolución de problemas, enseñanza de las ciencias.

Developmental psychology and education, problem solving situations, science teaching.

La resolución de problemas, ¿una alternativa integradora?*

Rebeca Puche-Navarro**
Julio César Ossa Ossa***
Marlenny Guevara Guerrero****



Tradicionalmente, en el área de la psicología del desarrollo y de sus aplicaciones educacionales, se utilizan polaridades desde las cuales ilustrar el análisis de las posiciones a discutir. Así, se ha traicionado la polaridad de sujeto-objeto, naturaleza-cultura (*nature and nurture*), innato-adquirido, periférico-central, entre otras, para el estudio y análisis de las fuentes teóricas, y de sus implicaciones metodológicas.

Ese ejercicio de polaridades, si bien tiene un beneficio clarificador, presenta la dificultad de que, por vía de la esquematización, se traicio-

ne el sentido de las posiciones en juego. La ventaja de la claridad pedagógica se paga con la simplificación que conlleva y que puede tergiversar el sentido más profundo que le subyace. Es posible que en el siglo en el que entramos, y que Morin (1994) llama *de la complejidad*, las polaridades estén llamadas a recogerse, justamente porque la transdisciplinariedad tiende a hacer difusas las fronteras disciplinarias. En ese contexto, una alternativa es desarrollar propuestas integradoras con análisis que tiendan a reconstruir todo el conjunto de relaciones del objeto en estudio. Esas relaciones, lo más seguro es que no se agoten

* Este trabajo se nutre de la investigación "Formación de herramientas científicas y situaciones expertas: una vía para la enseñanza de las ciencias en niños de 3 a 6 años", código 1106-11-14509, financiada por Colciencias, e inscrita en el Centro de Investigaciones Psicología, Cognición y Cultura de la Universidad del Valle. Esta investigación estuvo a cargo del grupo Cognición y Desarrollo Representacional. Se aprovecha la ocasión para agradecerle a todas las maestras, jardines y niños que colaboraron para hacer posible estos resultados.

** Directora del Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura, Universidad del Valle, Colombia.
E-mail: rpuche@univalle.edu.co

*** Psicólogo y estudiante de Doctorado en Psicología de la Universidad del Valle.
E-mail: juceossa@univalle.edu.co

**** Psicóloga y estudiante de maestría de la Universidad del Valle.
E-mail: marguegu@univalle.edu.co

en diferencias excluyentes. Los matices, los grises, e incluso las paradojas que guarden los elementos que se estudian, pueden ser más difíciles de captar y de exponer, pero seguramente ofrecen visiones más completas y ricas de todo el conjunto.

Ese es el marco en el que se inscribe este trabajo. Tradicionalmente segmentado en el estudio de las características de un sujeto, por una parte, y las características del objeto, por otra, se pretende aquí hacer un ejercicio que dé cuenta de la manera como el sujeto se enfrenta a un objeto de estudio, pero adoptando un punto de vista global, involucrando objeto y sujeto en un todo. Se quiere hacer un ejercicio de complementariedad, frente al tradicional ejercicio de la polaridad. En ese marco, y para lograr esa visión integradora, la vía que se utiliza es la ilustración de las relaciones entre una posición conceptual y la manera como esa conceptualización permea la construcción metodológica sobre la que gira el trabajo.

Lo más selecto de la bibliografía actual en el campo de la psicología del desarrollo tiende a privilegiar estas posiciones de naturaleza más integradora (Valsiner, 2006, 2005; Geert y Steenbeek, 2005; Geert, 2003), propuestas que tienden a envolver estos dos polos en fuerzas de interacción, rompiendo las fronteras entre sujeto y objeto.¹ Fischer y Bidell (1998) proponen, por ejemplo, un desarrollo en red, que rompe esa polaridad, y desde los sistemas dinámicos el planteamiento avanza aún más en dirección de conjugar los dos polos en fuerzas de interacción.

El objeto de esta propuesta es recuperar el punto de vista de una niña² que quiere conocer, en una visión que integre allí al objeto por conocer. Se analizan los abordajes metodológi-

cos, con las consecuencias teóricas que le subyacen. Como especificidad se utilizan las *situaciones de resolución de problemas* como el momento más importante de integración de las características del objeto. Esas situaciones de resolución de problemas, diseñadas por nuestro equipo, ilustran la posición teórica y su operacionalización. Dicho enfoque captura tanto el trabajo desde el punto de vista del niño, como el objeto por conocer. La mente del niño (lo que hemos llamado sus *herramientas cognitivas*) se conocen mediante un objeto que se cristaliza en las situaciones de resolución. Estas situaciones sintetizan el conocimiento que se pretende que el niño adquiera. Ellas deben entenderse y formularse, por una parte, en su singularidad, pero, igualmente, desde el equipaje intelectual del sujeto. Se pretende capturar lo que llamamos *descompactar la mente*, a través de las acciones y procedimientos que utiliza para resolver la situación. Esa metodología, lejos de ser inocua, cumple un papel decisivo en esa integración.

Un intento de integración

Jean Piaget inaugura un proyecto de una psicología del niño, interesada en la evolución de las estructuras cognitivas a lo largo del desarrollo. La identificación de esas estructuras intelectuales, recuperando el punto de vista del niño, serán cruciales para descubrir la manera como construye la realidad.

Ese proyecto pasa por considerar que el niño evoluciona de manera natural y espontánea hacia la construcción de un conocimiento cada vez más exigente, que se construye con base en estructuras lógico-formales. Sitúa el nacimiento de la inteligencia propiamente dicha desde el cuarto estadio, con la coordinación medio-fines, formula un sujeto experi-

1 No es menos cierto, sin embargo, que a pesar de los llamados a la integración, esos dos polos entendidos excluyentemente, siguen permeando buena parte de las conceptualizaciones del desarrollo cognitivo.

2 Indistintamente se hablara de niño o niña, y en cada ocasión, ello supone al otro u otra; así resolvemos el problema de género.

mentador en el quinto estadio y, luego, en el sexto estadio, identifica la invención por combinación mental (Piaget, 1963). La característica de esta exhaustiva descripción de las herramientas intelectuales del niño a lo largo de su desarrollo, aporta un mapa intelectual en diversos momentos de su desarrollo.

La propuesta piagetiana se ha criticado por ser muy "psicologista" e incluso "logicista" al privilegiar el punto de vista del desarrollo de las estructura conceptuales del sujeto. No obstante, Piaget la plantea dentro de una concepción interaccionista y, por otra parte, tiene en cuenta las "resistencias del objeto" y al mundo de lo real (Piaget, 1970). Lo cierto es que se ha generalizado la idea de que su posición descuida el entorno y el medio.

Décadas después, Annette Karmiloff-Smith y Barbel Inhelder (1974), en el artículo "Si quieres avanzar, hazte con una teoría", proponen estudiar la manera como el niño formula hipótesis en su razonamiento al indagar la realidad. Esta postura deja de lado la concepción de un niño con estructuras lógicas, para concentrarse en la propuesta del papel de las teorías en acción, y con hipótesis sobre lo real. Pero el nombre de Karmiloff-Smith está igualmente ligado a la entrada en vigencia de las situaciones de resolución de problemas. Sus estudios de la década del setenta se inscriben en la idea de descubrir la complejidad de la actividad del niño (4 a 11 años) a partir de situaciones donde se pueden evidenciar las hipótesis y alternativas del niño, frente a varias alternativas. Las competencias cognitivas de alto nivel, como la anticipación, la planificación mental, el pensamiento hipotético-deductivo y el manejo de evidencia empírica, se cristalizan en las situaciones de resolución. Se trata de estudiar las competencias involucradas en una situación donde el niño debe conseguir un objetivo y para lo cual se requiere desplegar operaciones sofisticadas y no siempre visibles.

La propuesta de que el niño tiene hipótesis, construye teorías y trata de validarlas, es un momento tan brillante como precoz en la manera de pensar el funcionamiento cognitivo del niño (Karmiloff-Smith e Inhelder, 1974). Karmiloff-Smith plantea que la actividad cotidiana del niño menor de cinco años, da señales inequívocas de esa actividad cognitiva que se manifiesta en producciones verbales que implican deducciones, inducciones, inferencias, analogías, consideración de premisas, hipótesis, etc. (Karmiloff-Smith, 1988). Es decir, de uno niño que sabe pensar y que pone en marcha un razonamiento, de manera bastante semejante a las mentes de los científicos. Esos aportes resultan centrales en el momento de establecer, respecto a la mente del niño, habilidades de muy alto orden, inherentes a un funcionamiento natural y deudor del papel de un medio que aparece en el diseño de las situaciones de resolución.

Esta caracterización del funcionamiento de la mente en un *modelo de redescripciones representacionales* (en adelante MRR), parte de la idea de que ésta se organiza internamente y los procesos de cambio deben dar cuenta de dicha reorganización. La mente no sólo se representa el mundo exterior, sino que en el proceso de construcción del conocimiento, es capaz de volver recursivamente sobre sus propias representaciones internas (Karmiloff-Smith, 1988; 1994). Esta caracterización abre una crítica al énfasis de los modelos descriptivos del funcionamiento, del cambio del desarrollo del razonamiento basado en edades y se concentran en el análisis de desempeños bajo la forma de "una base de datos empírica". Los logros cognitivos que el niño alcanza a medida que avanza, o el momento en el que empiezan observarse las conductas, deben ceder su lugar al estudio de los mecanismos de cambio de aprendizaje. Esta crítica supone un llamado a centrarse en el punto de vista de la mente del niño. Más adelante se podrá apreciar la importancia de plantearse el papel que las situaciones y los problemas tienen en esa búsqueda de los procesos.

Pero la propuesta de la redescipción tiene de interesante que requiere postular mecanismos especializados que explotan al máximo y reiteradamente sus representaciones, de manera que pueda ser utilizada de modos diversos ante situaciones variadas. El mecanismo responsable de que el sujeto cambie sus teorías, ideas o explicaciones sobre el mundo y las cosas, es precisamente la redescipción representacional.

Por otra parte, la accesibilidad tiene lugar en diferentes partes del sistema cognitivo. En la (re)modularización de los conocimientos, los procesos centrales funcionan con base en una tendencia a reproducir las características de base de los módulos iniciales. El sistema central estaría progresivamente compuesto de procesos funcionado a la manera de módulos. Tales conocimientos *modularizados* serían de nuevo cognitivamente impenetrables (Pylshyn, 1980), es decir, por una parte, inaccesibles a la conciencia y a otros módulos conexos y, por otra, automáticamente activados por los *inputs* concernidos. La perspectiva modular le permite a Karmiloff-Smith enfatizar la arquitectura cognitiva funcional de la mente. Igualmente, ella asume el reto de romper con una visión estructuralista y establecer una teoría sobre el desarrollo basada en el cambio cognitivo. Introduce el enfoque de solución basados en componentes teóricos como las hipótesis y las teorías-en-acción, para formular el pensamiento del niño.

El MRR no se agota en la visión modular clásica, sino que propone una flexibilización de la mente a lo largo del desarrollo. El parentesco de esta hipótesis con los postulados básicos de una racionalidad mejorante están allí recuperados. Las semejanzas entre el MRR y la propuesta de la abstracción reflexiva de Piaget son evidentes. En efecto, Karmiloff-Smith plantea una proyección del sistema anterior en un nuevo plano, lo que permite su reconstrucción en el interior de ese nuevo plano. Habría que añadir una fase final de

"redescenso" sobre el plano anterior, luego de esta transformación.

En el caso del cambio cognitivo se puede identificar la perspectiva de cambio representacional; sin embargo, no es menos cierto que muchos de los aportes del procesamiento de la información hasta lo que se ha llamado la revisión de teorías, son recuperables desde el modelo de Karmiloff-Smith. Algunos autores con posiciones teóricas diversas (entre ellos Kuhn, 2000; Klahr, 2000) que enfatizan la contrastación entre la teoría y la evidencia, son en algún nivel compatibles con el MRR.

Otra tendencia importante en la investigación actual y que permite tal vez ilustrar lo extendido de las fórmulas integradoras, la constituyen los trabajos de Alison Gopnik y colaboradores (Gopnik y Glymour 2002; Gopnik y Schulz 2004). Estos trabajos tienen muchos lazos con el trabajo de Karmiloff-Smith, y en algunos textos lleva hasta el extremo la propuesta de esa autora, con la *boutade* de que el científico piensa como el niño, con base en hipótesis (Gopnik y Meltzoff, 1998). Pero también desarrolla una propuesta propia y audaz al volver a poner sobre el tapete la pregunta central de saber cómo se desarrollan y cambian las teorías de los niños. Al hacerlo, recupera nuevamente la atención sobre los mecanismos de cambio. Su posición defiende que los niños aprenden muy precozmente con base en estructuras causales (Gopnik *et al.*, 2004). Se tiene entonces aquí también una fórmula de integración. Por una parte, un sujeto responsable de la construcción de un modelo causal; pero dicho modelo depende del mundo que proporciona las evidencias. Ese modelo tiene, para Gopnik, el estatuto un mecanismo, pero que opera con base en la evidencia sobre fenómenos o entidades de naturaleza implícita, bajo la forma de teorías intuitivas.

El otro eslabón en la propuesta de Gopnik es el papel de las inferencias causales. Según Gopnik y colaboradores (Gopnik y Glymour 2002; Gopnik *et al.*, 2004; Gopnik y Schulz, 2004),

los niños construyen un modelo causal del mundo. Este modelo permite hacer predicciones, generar explicaciones y razonar sobre las consecuencias de sus acciones. En esta línea postula como mecanismo de aprendizaje las *redes causales* bayesianas. Las redes causales constituyen representaciones estructuradas, coherentes y abstractas, derivadas de patrones de evidencia (Gopnik *et al.*, 2004). Los niños utilizan procedimientos inductivos inconscientes que permiten deducir las representaciones causales del mundo a partir de los patrones de acontecimientos, incluyendo las intervenciones. Estos procedimientos producen representaciones de la estructura causal (Gopnik *et al.*, 2004).

Los mapas causales se construyen observando patrones de la probabilidad condicional entre acontecimientos y examinando las consecuencias de intervenciones. La evidencia se constituye en la fuente para generar inferencias. Los niños utilizan diferentes versiones de las presuposiciones y los cálculos de las redes bayesianas como una herramienta para hacer inferencias y encontrar la clase de estructura causal implicada en teorías intuitivas diarias (Gopnik *et al.*, 2004).

Hacer inferencias como lo hace una Red Causal de Bayes requiere: (i) la capacidad de capturar las probabilidades condicionales, (ii) la capacidad de identificar el efecto de las intervenciones, y (iii) la capacidad de combinar estos dos tipos de procesamiento (Gopnik y Schulz, 2004: 372).

Cuando el niño utiliza un medio para lograr un fin, se asume que se pone en funcionamiento una estructura causal dinámica entre el estado de la tarea, las acciones y la representación de la manera como las acciones afectan el estado de la tarea. Allí está presente la posibilidad recursiva del pensamiento del niño para reflexionar sobre sus acciones y sobre el resultado de su intervención sobre la tarea (Puche-Navarro, 2003a).

Los planteamientos de Gopnik *et al.* (2004) resultan una visión fértil e integradora del punto de vista que requiere de un sujeto para los procesos de aprendizaje, pero igualmente de un mundo de evidencias que permitan el acceso al conocimiento en el terreno real. Su posición entrecruza la construcción de representaciones por parte del sujeto, pero dichas representaciones capturan el carácter causal del entorno. Los niños construyen representaciones abstractas, coherentes, de relaciones causales entre acontecimientos, y estas representaciones permiten hacer predicciones causales que anticipa los efectos de intervenciones. Los mapas causales son un punto intermedio interesante entre lo que se piensan tradicionalmente como representaciones del dominio específico y del dominio general.

La tabla 1 recupera puntos clave de este itinerario, y aunque cada propuesta funciona autónomamente, desde el punto de vista conceptual guardan interrelaciones y elementos de unión.

Aspectos metodológicos y las situaciones de resolución de problema

Los estudios de psicología aplicada a la educación y los propios estudios de educación, emplean un amplio número de abordajes (e.g., situaciones, formatos y metodologías). También se encuentra un variado tipo de situaciones y modalidades de presentación (e.g., dispositivos tridimensionales y virtuales, entre otros). Ante esta variedad de procedimientos, igualmente se cuenta con diversas modalidades de recolección de la producción de los sujetos (e.g., registros escritos, producciones verbales, tiempos de reacción, gestos, etc.). Todas estas formas metodológicas traducen concepciones sobre el funcionamiento de la actividad mental, así como diferentes concepciones de la relación del niño con el conocimiento. Esto ha conllevado a que metodológicamente se contemplen varios tipos de discusiones.

Tabla 1. Características de algunas aproximaciones explicativas del funcionamiento cognitivo

Piaget	Abstracción reflexiva y equilibración (Piaget, 1979).	Regulación de un esquema de acción o de subsistemas del conjunto de operaciones. El efecto de las acciones se deduce a partir de la comprensión de relaciones de conexión o de incompatibilidad.
Karmiloff-Smith	Redescripción representacional (Karmiloff-Smith, 1992).	La actividad mental del niño se caracteriza por hacer explícito un contenido representacional implícito, por medio de fases recurrentes de reorganización interna.
Gopnik	Modelo causal del mundo (Gopnik y Glymour, 2002).	Los niños construyen representaciones abstractas, coherentes, de relaciones causales entre acontecimientos, y estas representaciones permiten hacer predicciones causales que anticipan los efectos de intervenciones.

Uno de esos criterios es el nivel de estructuración de las situaciones. Dicha tipología concierne el grado de flexibilidad que prevé la situación en las vías para llegar a la meta. En algunos casos, las situaciones estructuradas se traslapan con las situaciones cerradas, que se caracterizan porque sólo hay una vía de resolución y frecuentemente entregan desempeños finales del niño. En el otro extremo se tienen las situaciones desestructuradas que, para algunos, son las situaciones abiertas. Estas situaciones se caracterizan porque tienen más de una vía de acceder a la solución y permiten trazar el trayecto de todo el procedimiento mediante el cual se llega a un resultado. Lo cierto es que, o estructuradas o cerradas, la característica que las identifica es que no siempre están en capacidad de traducir los itinerarios que la mente del niño utiliza para resolver el problema. Ahora bien, lo importante para esta ocasión es mostrar que las situaciones abiertas encierran diferentes niveles de apertura y de estructuración. Se hará énfasis entonces en un tipo de situación abierta suficientemente estructurada. Sobre estas diferenciaciones volveremos más adelante.

El estudio que se presenta aquí pretende abrir una ventana sobre las ideas que se tienen del funcionamiento cognitivo del niño, así como sobre las exigencias cognitivas involucradas. La metodología utilizada, de alguna manera retrata la idea que se tiene tanto del niño como de las posibilidades de trabajo, al igual que el problema del mundo real y que se conoce como *objeto a trabajar*. La propuesta contempla que sea, a través de la metodología, que se pueda objetivar la manera como el niño comprende y como "descubre" el objeto sobre el cual actúa.

Nuestra propuesta se concentra en comparar algunas situaciones trabajadas desde el criterio de las situaciones de resolución de problemas. La selección de las situaciones, diseñadas por nuestro equipo, identifica distintos niveles de apertura y, por consiguiente, de visualización del funcionamiento cognitivo. La idea es profundizar en la actividad involucrada en la comprensión de los mecanismos cognitivos. El experimentador (sea maestro o psicólogo) puede acceder a indicios de la actividad mental del sujeto gracias los requerimientos metodológicos que subyacen al diseño de la situación.

Antes de desarrollar estas ideas, vale la pena extendernos un poco más en la metodología de la situación de resolución de problemas.

La resolución de problemas tiene sus raíces en la tradición de la Gestalt. Data de la búsqueda de los primeros psicólogos cognitivistas al indagar sobre los procesos de razonamiento. Luego toma algún auge con el *problem-solving* y la formación de conceptos. Dentro de esta concepción, formar nuevos conceptos se refiere a hacerlo por vía de la inducción y basado en la experiencia experimental. Históricamente y dentro de una cierta tradición anglosajona, este *problem-solving* constituyó en un momento determinado un "método débil", en el espectro de los métodos, donde el estadístico, paradójicamente, ocupaba todos los honores (Klahr, 2000).

Con Newell y Simon (1972), y bajo los impulsos de los desarrollos del procesamiento de la información, se define un problema a partir de un estado inicial, un estado final, y un conjunto de transformaciones posibles entre los dos estados. Estas transformaciones las llaman *operadores*. Cuando ellas se ejecutan en la secuencia correcta, se traza una solución que va del estado inicial al final, pasando por una serie de estados intermediarios. Cualquier problema, por trivial que sea, siempre abre una serie de alternativas, estados y operadores, de manera que el proceso de búsqueda puede ser más o menos exigente (Klahr, 1999: 21-22). El planteamiento en términos de estado inicial y final recupera la cuestión de la estructuración de los problemas y situaciones. Los bien estructurados se caracterizan porque el estado-inicial y el estado-meta son conocidos (ej. ecuación o adición de números). Los poco estructurados se caracterizan porque se ignora el estado-meta e incluso el estado-actual del problema (ej. encontrar la cura para el sida). En el marco de nuestra propuesta, también distinguimos estos dos momentos. Pero complementariamente, contemplamos la situación en función de las relaciones medio-fin. Unos aspectos de la situación

(o incluso sus elementos concretos) concierne a los medios u obstáculos en relación con el objetivo. El otro gran aspecto es propiamente la consecución de la meta o estado final. El paso de un aspecto al otro es el del medio al fin. La relación medio-fin quiere decir que, en las acciones sobre la situación, se pueden identificar los desplazamientos de la mente, traducidos en procedimientos y estrategias observables, como medios generados para lograr la meta sobrepasando los obstáculos que la situación plantea. Esta caracterización de la situación es igualmente compatible con la concepción de resolución de problemas más generalizada (Garnham y Oakhill, 1986; Simon, 1978). Esto es, situaciones en tanto que escenarios caracterizados por la consecución de una meta, y de la cual se desconocen los medios para alcanzarla. En ese sentido, la manera de resolver el problema implica realizar una secuencia de acciones dirigidas a la meta (Anderson, 1980). La situación de resolución del problema traduce, entonces, el problema en una arquitectura medio-fin y dispone la evidencia para que el niño genere las soluciones más exigentes en el conjunto. Esta relación medio-fin constituye un elemento crucial de la propuesta metodológica. Una operacionalización transparente y acertada del problema de estudio, articulada en un dispositivo que diferencie claramente las relaciones de medio-fin en el espacio de la tarea, funciona como un lenguaje a disposición del niño, para encontrar (leer) las soluciones posibles.

Una de las riquezas de las situaciones de resolución de problemas es que propician un espacio de observación y análisis de los desempeños del sujeto y la manera como comprende los problemas que se le plantean.

Las situaciones problema sacan a la luz las habilidades que el niño posee, privilegiando el análisis de los errores, antes que el olvido de la consigna, de los fracasos o desviaciones. Estos elementos se consideran reveladores de los conflic-

tos entre los sistemas de representación, los procedimientos y los datos empíricos que las situaciones ponen en relieve (Inhelder, 1984: 71).

No todas las situaciones de resolución de problema permiten capturar los pliegues de la mente. Buena parte del trabajo de investigación en psicología se basa en situaciones cerradas, en las que el niño responde sí o no; se trata de situaciones dicotómicas. En estas situaciones, basta la afirmación o la negación del niño para dar cuenta de su acierto o desacierto. Un ejemplo de situación cerrada es la de la falsa creencia de Anny y Sally sobre la teoría de la mente (Wimmer y Perner, 1983). En esta situación, el niño observa como Anny cambia de lugar la manzana que Sally había guardado, mientras ella estaba ausente. El niño debe decir en qué lugar Sally buscará su manzana: en el canasto de Sally o en el de Anny. El niño sólo puede contestar en uno u otro sitio.

De acuerdo con su naturaleza, las situaciones de resolución se caracterizan por tres elementos: *naturalistas*, *experimentación autodirigida* y *autocontenido*. DeLoache (1990) menciona algunos de estos elementos, mas no todos, ni conjuntamente. Las situaciones problema, por una parte, son naturalistas y derivadas de modelos ecológicos de análisis más acordes con el razonamiento de las personas (Schauble, 1990; 1996; Siegler y Crowley, 1994). Este naturalismo debe conducir a que el niño se pueda "anclar" mejor en la situación. En segundo lugar, se trata de experimentos centrados en la recuperación de una experimentación autodirigida por el sujeto (DeLoache y Brown, 1990), lo que hace más fácil hacer un seguimiento del razonamiento científico en contextos naturales y escolares. En tercer lugar, la situación debe ser autocontenida, lejos de la dependencia de conocimientos escolares. Es decir, la situación contiene toda la información que se requiere para poder resolverla. Este elemento complementa el carácter naturalista y ecológico que pretende ser integrador.

La propuesta de las situaciones de resolución de problemas trabajadas por nuestro equipo privilegian estos tres aspectos, además que se ocupan del plano de las acciones y procedimientos como en el que mejor se traduce el funcionamiento de la actividad mental. Más que centrarse en las verbalizaciones, el interés está en la ejecución de sus acciones. La verbalización es tangencial en las situaciones, pero para resolverla, lo sustancial son las acciones y los procedimientos (Puche-Navarro, 2003a, 2003b).

Las situaciones de resolución trabajadas relacionan las situaciones con herramientas cognitivas específicas, como la inferencia, la planificación, la experimentación y la formulación de hipótesis, en los niños entre los dos y los seis años de edad (Puche-Navarro, 2000). Aunque estas herramientas no son las únicas, su pertinencia en esta edad nos permite hacer énfasis en ellas, en la pretensión por capturar, de manera más específica, el razonamiento del niño en ese momento del desarrollo. Estas herramientas permiten asignarle nombre propio a algunos de los elementos que constituyen la racionalidad, dándole un anclaje en el desarrollo cognitivo.

Problema

La propuesta es que las situaciones que hemos diseñado permiten comprender y reelaborar el funcionamiento del mecanismo de engranajes, según los postulados de la teoría-en-acción (Karmiloff-Smith, 1994). Desde su concepción naturalista y ecológica, y con base en la arquitectura medio-fin, así como de las restricciones contempladas, las situaciones construidas alrededor de los engranajes propician o elicitan la formulación de hipótesis. Esta experimentación mental se puede capturar en el seguimiento de la reconstrucción de la cadena de engranajes que el niño hace en la situación. Se habla, entonces, de una situación concebida procedualmente y abierta, que operacionaliza la experimentación del niño. Se indaga el funcionamiento cognitivo

de la niña desglosado desde el análisis del comportamiento de las herramientas cognitivas que están en la base del razonamiento, hasta los tratamientos, decisiones y construcciones que realiza "en vivo" para encontrar soluciones y alternativas de un problema dentro de una propuesta conceptualmente integradora. Se adopta el punto de vista del desarrollo y del cambio cognitivo, pero también de las resistencias y del papel de las evidencias en el mundo real, bajo el epígrafe de la "evidencia". Las situaciones seleccionadas para este trabajo son aquellas que giran alrededor de dispositivos mecánicos (como la catapulta, la hélice, las poleas y otros tipos de dispositivos), y en este caso nos ocupamos de los engranajes. En esa línea se presentan dos tipos de situaciones que responden a dos hipótesis diferenciadas. La una, que responde a las hipótesis teóricas de la redescipción, tratan de ilustrar los cambios y transformaciones que el niño hace en la relación teoría y evidencia. La otra pretende traducir los preceptos de una concepción que le otorga un papel decisivo al objeto en la lectura de la evidencia, y que se identifica con la revisión de teoría. Ese papel de la evidencia, así como de su utilización, es una buena clave para entender la comprensión de una situación de resolución de problemas.

En este estudio, la hipótesis de trabajo se apoya en el razonamiento inferencial del niño, que toma los eventos de la tarea y los traduce en evidencia explícitamente representada en la mente. La arquitectura del problema pone en juego una serie de indicios que deben ser decantados y pulidos por la mente del niño para trazar un mapa de comprensión. La evidencia en ese contexto es la ficha de un "rompecabezas", que pertenece a un dominio específico y que en sí misma es un segmento aislado y carente de significado. El niño tiene

a su disposición la evidencia para organizar un todo representacional y modelarla cual arcilla que refleja la representación del artesano (DeLoache, 1998). Nuestra posición defiende que buena parte de ese trabajo de integrar la evidencia en un todo representacional se hace a partir de un proceso de redescipción. El mapa causal (Gopnik *et al.*, 2004) de la arquitectura medio-fin de una situación (Puche-Navarro, 2003b) y el MRR (Karmiloff-Smith, 1994) ponen de relieve la actividad modeladora de la mente. Esto es, el mapa causal se construye a partir de la observación o la intervención sobre la evidencia. La estructura de dicha evidencia se presenta en la tarea, de tal manera que el niño sea obligado a completar el tejido de relaciones. En ese sentido, el niño debe operar sobre unos indicios implícitos para traducirlos en la evidencia que nutre el contenido representacional explícito.

Las situaciones de resolución y de los aspectos metodológicos

Como ha sido dicho, este estudio se ocupa de dispositivos mecánicos y específicamente del mecanismo de los engranajes. Las dos situaciones trabajadas son *Buscando a Nemo*³ (véase figura 1) y la situación *Girasoles*⁴ (véase figura 2), y ambas comparten el mecanismo del engranaje. La propuesta está dirigida a hacer explícito, en la situación experimental (*operacionalizar*, dirán los metodólogos) el proceso de comprensión del funcionamiento de los engranajes. Al hacer el seguimiento de las acciones del niño, se puede reconstruir el momento en que él "descubre" la conexión de las ruedas dentadas como mecanismo de transmisión del movimiento. Las dos situaciones (véase anexo), encarnan diferencias metodológicas que están en el centro del debate que nos interesa. Esas diferencias tienen que ver

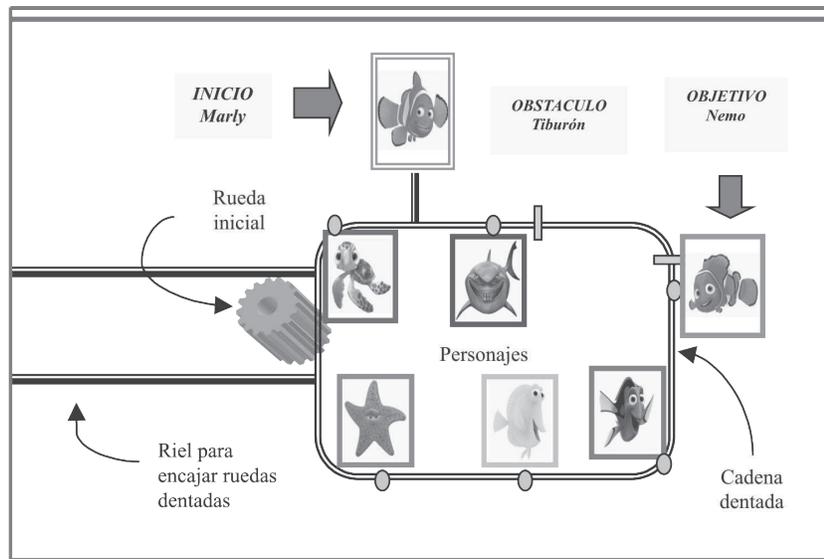
3 Esta situación fue diseñada por Claudia Navarro (2005), en su pasantía en el grupo de Cognición y Desarrollo Representacional, y la utiliza en su tesis de Maestría en Psicología, de la Universidad del Valle.

4 Esta situación fue diseñada por Julio César Ossa, como asistente de investigación del proyecto de investigación de situaciones expertas, ligado al proyecto del que se nutre este trabajo.

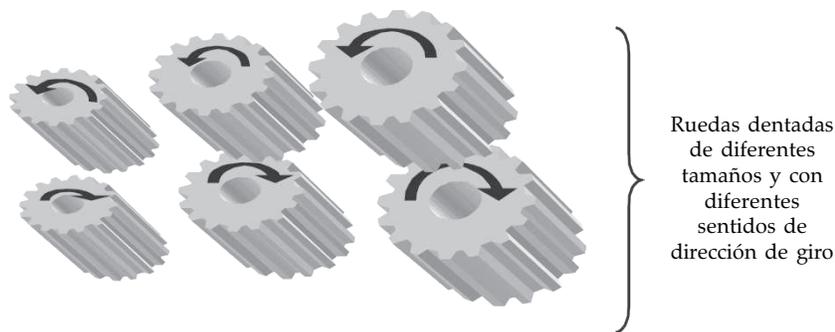
con la manera de concebir la arquitectura de la situación, así como sus restricciones y el papel de la evidencia. El estatuto operacional

que tiene esa "evidencia" de la concatenación de las ruedas es crucial para su comprensión y su resolución.

Figura 1. Situación de resolución de problemas *Buscando a Nemo*



a. Tablero *Buscando a Nemo*



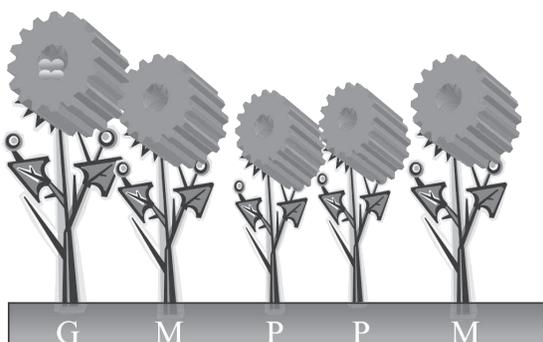
b. Engranajes situación *Buscando a Nemo*

Veamos cómo se comportan los niños frente a la situación *Buscando a Nemo*.

Brevemente, la situación *Buscando a Nemo* plantea la construcción de un sistema de engranajes, en el cual el niño debe descubrir la

concatenación de las ruedas dentadas, de tal manera que se logre desplazar un personaje (Marly) desde una ubicación inicial, hasta una ubicación objetivo (Nemo), al tiempo que debe evitar el desplazamiento del personaje a una ubicación errada (Tiburón).

Figura 2. Situación de resolución de problemas

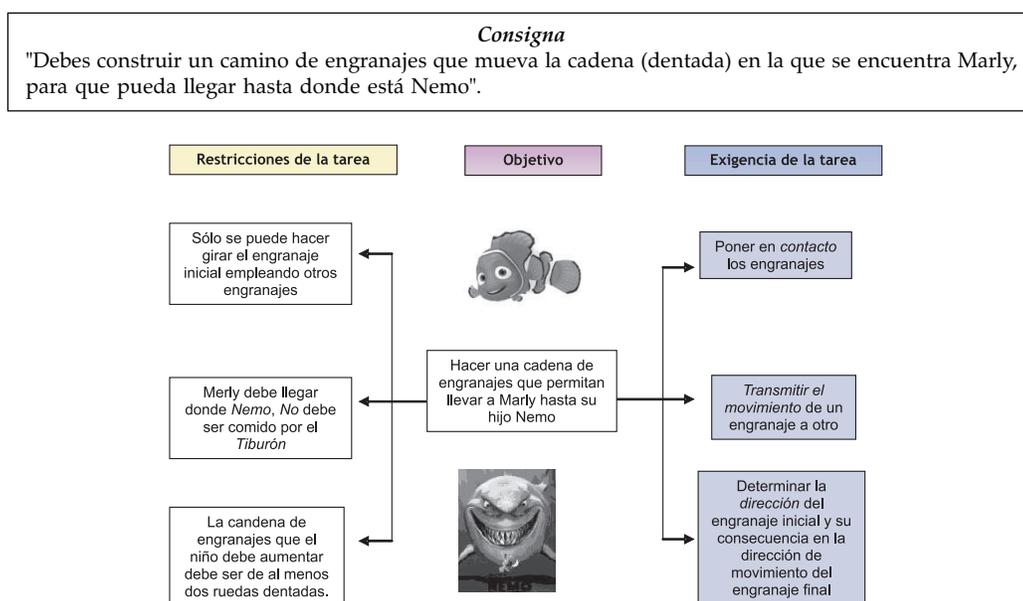


Girasoles. Convenciones: G= grande; M= mediano; P= pequeño.

Inicialmente, Alejandro (4,3 años), por ejemplo, toma el pez y lo empieza a acercar él directamente. Primero lo acerca a otra rueda dentada, luego al otro personaje, y también a la cadena dentada. Estas acciones, que se pueden considerar como iniciales, ofrecen un panorama de ejercicio incipiente. Alejandro apenas explora las ruedas dentadas, en forma separada e independientemente de su función en el mecanismo. A pesar de manipular varias ruedas dentadas y personajes, en ningún momento hay indicios de que la concatena-

ción de las ruedas puede producir movimiento. En un momento determinado, Alejandro acerca una rueda dentada a un personaje, lo que revela una comprensión local de la tarea, pues ocurre como si la quisiera resolver directamente acercándolo al pez, sin usar las ruedas dentadas entre sí como mecanismo de movimiento para acercarse al pez. En esas acciones da indicios de no poseer aún una representación del mecanismo del engranaje como tal. Otro momento se puede observar en Gonzalo (4,4 años), otro niño que pasa a establecer relaciones de conexión de dos ruedas entre sí, pero no con las otras ruedas. Al conectar las ruedas dentadas del sistema de forma que una rueda empuja a la otra, entiende este movimiento entre las dos ruedas dentadas, pero no como un mecanismo general, sino limitado a dos ruedas. Finalmente Dora (4,2 años), otra niña, advierte que el número de ruedas usadas tiene algo que ver con la dirección del movimiento, porque todas las ruedas concatenadas no giran para el mismo lado. Igualmente establece una relación entre la dirección de giro seleccionada para la rueda inicial y el número de ruedas puestas en la combinación (véase figura 3).

Figura 3. Desempeño ante la situación *Buscando a Nemo*



Vale la pena insistir en que la concatenación (elemento fundante del engranaje) se operacionaliza en *Buscando a Nemo* a partir de una libre y amplia manipulación de las ruedas dentadas que están sueltas sobre el dispositivo. El sujeto puede manipularlas con una libertad de movimiento muy grande, y en esa libertad puede reconstruir la concatenación de las ruedas dentadas. Esa concatenación como factor de movimiento debe descubrirse, y el niño proceder a reconstruirla. La mente del niño debe leer y estructurar tanto las evidencias como las restricciones. Lo que se traduce en un trabajo de redescipción representacional.

Veamos en el caso de los *Girasoles*, cómo se comportan los niños

La descripción sucinta de los Girasoles (véase anexo), es un rectángulo en forma de riel al que están ligados cinco tallos de ruedas dentadas en forma de girasoles. La cuestión es que el último girasol, al moverse, bota unas semillas, pero sólo las bota en una dirección. Por esta razón, hay que articular el movimiento de esta flor-girasol con el de las otras flores-girasol de la manera adecuada.

Cristina (4,1 años) comienza por realizar uniones entre los dos primeros girasoles-engranajes (específicamente el G4 y G5; véase figura 2), en un primer intento. Pero estas articulaciones no las aplica a otros engranajes-girasoles, no las repite con G3, G2 o G1. Esas acciones se limitan a realizar movimientos-giros hacia el mismo lado. Tiene allí una información, pero sólo la lee de manera segmentada, sin lograr articularla con todo el sistema. Posteriormente, otro niño, Ricardo (4,3 años), revela otro nivel de desarrollo de la tarea. Descubre que al articular dos engranajes-girasol, se activa una cadena de transmisión de esos dos engranajes-girasol. Pero sólo logra hacerlo de dos en dos, y no parece articularlos a todos los engranajes-girasol del riel. Parece escapársele el hecho de que los girasoles juntos giran en dirección diferente, y el resto gi-

ran para la misma dirección (todos para la derecha). En un momento posterior, Isabela logra establecer que los girasoles conectados giran en la dirección contraria, pero esto es independiente del movimiento que tiene el último girasol. Es decir, el movimiento del G1 no corresponde con el movimiento del final G5 para que salgan las semillas. En otras palabras, no parece entenderse la secuencia ni la articulación de direcciones contrarias, teniendo como referente inicial la dirección del G5 para que salgan las semillas. Finalmente, otra niña, Marisol (4,2 años), parece entender que la unión de los girasoles produce la transmisión del movimiento, lo cual se corresponde con que la dirección entre los girasoles es opuesta, razón por la que se produce la transmisión del movimiento. Se reconoce que según el tamaño de los girasoles (si éstos son de diferente tamaño), el número de vueltas que cada uno puede dar es diferente. Y que a igual tamaño de los girasoles el número de las vueltas es el mismo. Entonces, todo ocurre como si el tener allí la evidencia de manera directa y casi obligada, como elemento saliente de la tarea, poco contribuye a leerla como tal, o a comprender la concatenación de las ruedas dentadas (girasoles-flor) como base del sistema.

En el abordaje metodológico de la situación de los *Girasoles* (véase anexo), entonces, la concatenación de las ruedas dentadas viene dada como parte de la situación. Esa evidencia (de la concatenación de las ruedas dentadas), depende sólo de la unión de los engranajes-girasol que están pegados por sus tallos a un riel. El único movimiento posible de los tallos de los engranajes-girasol es el de unirse o separarse entre sí. Esa evidencia está allí, y el niño la puede leer, al mover los tallos. Esa evidencia, más prominente, contrasta con el movimiento libre por toda la plataforma de las ruedas dentadas en *Buscando a Nemo*. El niño no tiene que descubrirla, sólo mover los tallos y la concatenación de las ruedas dentadas se da. En ese sentido, la situación de los *Girasoles* conforma un espacio en el que la experimentación con base en la evidencia ha-

ría que esa evidencia guíe su proceder. El diseño de la situación propone que esa evidencia directa le va a permitir al niño rechazar o aceptar la concatenación entre las ruedas dentadas, de la misma manera que rechaza o acepta, a partir de la evidencia, teorías o hipótesis.

De manera global, la comparación de los desempeños de los niños ante los *Girasoles* y ante *Buscando a Nemo*, da cuenta de una comprensión mucho más temprana y mucho más completa de los engranajes en la situación *Buscando a Nemo*. Entonces, aunque paradójicamente más simple, la evidencia, en el caso de los *Girasoles*, está constreñida al dispositivo mismo. Aunque allí presente, la situación "encapsula", por así decirlo, la evidencia, o sea el papel de la concatenación en la generación de la transmisión de movimiento. El resultado es que el niño no la lee en tanto que evidencia. La posición que defiende que la evidencia guía la confirmación o negación de las hipótesis que el niño tiene en la cabeza, es entonces bastante relativa. En realidad, en *Girasoles* la niña tiene la evidencia ante sí, pero no la lee como evidencia. Es un dato hasta cierto punto segmentado, a partir del cual no se pueden establecer relaciones con otros datos de la misma tarea. De ahí que se diga que está "encapsulado".

La tabla 2 muestra ejemplos de algunas de las hipótesis que se pueden generar respecto a la forma de movimiento del personaje de la historia. En cada uno de los intentos, el niño puede generar nuevas hipótesis, tomar conciencia de otros elementos y de otras conexiones, reelaborar hipótesis anteriores. Estas hipótesis están implícitas en la conducta y ésta será la que nos permita desplegar el funcionamiento cognitivo.

Al formular el problema, se planteaba la evidencia como la ficha de un "rompecabezas", perteneciente a un dominio específico, y carente de significado en sí misma. Al examinar los desempeños de los niños frente a la situa-

ción de *Girasoles*, la descripción corresponde a esa idea de la evidencia. La concatenación de ruedas dentadas es la evidencia de que para el sujeto es un segmento aislado, carente de sentido. En contraste, en *Buscando a Nemo*, esa misma concatenación de ruedas dentadas es una evidencia de que el niño construye paso a paso. Dejan de ser simples ruedas dentadas para convertirse en un mecanismo de transmisión de movimiento, es decir, que tiene todo su pleno sentido en el sistema.

El diseño de la situación de los *Girasoles* privilegia la evidencia de la concatenación de las ruedas dentadas. Pero esa evidencia no es leída como tal por la mente del niño. Se requiere no sólo de la evidencia. Es necesaria su redesccripción en otro plano, y de allí en el conjunto del sistema en el cual se inserta. En *Buscando a Nemo*, la evidencia es menos saliente, la concatenación no viene dada. Hay que descubrirla y reconstruir el papel que tiene en todo el sistema. Es decir, redescribirla en un sistema que le dé sentido. Aparentemente, es una situación más compleja; sin embargo, lo que la situación propicia es cumplir este itinerario de redesccripción de la concatenación, y esta vía resulta más exigente pero, a la vez, más posibilitadora para el sujeto.

Hemos señalado que las situaciones de resolución plantean un buen escenario a aprovechar, mas la propuesta integradora no se agota allí. La integración sujeto-objeto no radica en reunir, bajo un mismo paraguas, a las herramientas del sujeto, por un lado, y la situación de resolución de problemas, por otro. La visión integradora consiste en los entramados teóricos que les subyace. Si bien es cierto que las situaciones de resolución pueden recoger las contingencias y especificidades del medio ambiente, también ocurre que muchas no lo hacen. Justamente, éste es el interés en recuperar la propuesta de Gopnik *et al.* (2004). Para ella, la evidencia que está inserta en la situación de resolución, tiene un papel teórico clave. Recordemos su planteamiento de que la mente está estructurada muy tempranamente para captar la probabilidad condicional.

Tabla 2. Hipótesis formuladas por un niño en la situación *Buscando a Nemo* y situación de los *Girasoles*

<i>Hipótesis alternativas</i>	<i>Restricciones de la situación</i>
<p>Para transmitir el movimiento deben entrar en contacto todas las ruedas dentadas de la cadena. Ejemplo:</p> <p><i>Nemo y Girasoles:</i> Si las ruedas dentadas están separadas y giro una rueda, las otras no se mueven. Si las ruedas dentadas están separadas, para girarlas al mismo tiempo tendría que usar una mano para cada engranaje. Si las ruedas dentadas están juntas y se mueve una sola, esta rueda dentada mueve todas. No importa el color o tamaño; si las ruedas dentadas están conectadas se transmite el movimiento por la cadena.</p>	<p><i>Nemo:</i> Combinaciones de la cadena de ruedas dentadas debe tener tres o más ruedas dentadas contando la final.</p> <p><i>Girasoles:</i> A diferencia de Nemo, ya se cuenta con una configuración de ruedas que conforman la cadena.</p> <p>Se debe tener como mínimo dos ruedas dentadas, contando la rueda final (girasol con las semillas).</p> <p>Las semillas sólo salen si la rueda final (girasol con semillas) gira hacia la derecha.</p>
<p>Las ruedas dentadas contiguas giran en direcciones opuestas. Ejemplo:</p> <p><i>Nemo:</i> Si la cadena tiene tres ruedas dentadas, el personaje se dirige al destino obstáculo (Tiburón). Si la cadena tiene cuatro ruedas dentadas, el personaje se dirige hacia el destino final (Nemo).</p> <p><i>Girasoles:</i> Si la cadena tiene dos ruedas dentadas, y se gira la rueda inicial hacia la izquierda, la rueda final gira a la derecha y salen las semillas (Movimiento izquierda - derecha).</p>	<p><i>Nemo:</i> El personaje debe trasladarse de izquierda a derecha para llegar al destino final (Nemo); si gira en dirección contraria, llega al destino obstáculo (Tiburón).</p> <p><i>Girasoles:</i> Las semillas sólo salen de la rueda final (girasol con semillas), si éste gira hacia la derecha. Por tanto, para sacar las semillas, varía la dirección de movimiento de acuerdo con las características de la cadena dentada. Si la cadena es par, la rueda inicial debe girarse a la izquierda. Si la cadena es impar, la rueda inicial debe girarse a la derecha.</p>
<p>La dirección de vuelta del rueda final depende no sólo del número de ruedas dentadas (par o impar, más o menos), sino de la dirección en que gire la rueda inicial. Ejemplo:</p> <p><i>Nemo:</i> Si agrego tres ruedas dentadas al sistema de engranajes que ya tiene dos elementos y se gira la rueda inicial hacia la derecha, el personaje se dirige hacia el destino final. Pero si la rueda inicial gira para la izquierda el personaje gira hacia el destino obstáculo.</p>	<p><i>Nemo:</i> La rueda inicial tiene una dirección de giro pre-determinada por una flecha; entonces, no pueden hacer correcciones sobre la dirección de vuelta de la rueda inicial una vez iniciado un recorrido.</p> <p><i>Girasoles:</i> La rueda final no tiene restricción de giro. Lo que se restringe es que sólo se puede mover la rueda inicial (derecha o izquierda).</p> <p>La dirección de movimiento debe ser elegida antes</p>

Tabla 2. (continuación)

<i>Hipótesis alternativas</i>	<i>Restricciones de la situación</i>
<p>Girasoles Si la cadena tiene tres ruedas dentadas y se gira la rueda inicial hacia la izquierda, las semillas no salen de la rueda final (Movimientos izquierdo - derecha - izquierda). Para que salgan las semillas es necesario que la dirección de giro de la rueda inicial sea hacia la derecha (Movimientos derecha - izquierda - derecha).</p> <p><i>Nemo y Girasoles:</i> Si agrego o quito una rueda más, también debe cambiar la dirección de giro de la rueda inicial para que la cadena pueda girar de izquierda a derecha.</p>	<p>La dirección de movimiento debe ser elegida antes de girar la rueda inicial y las correcciones de movimiento sólo pueden hacerse para intentos posteriores.</p>
<p>La relación entre el tamaño de las ruedas dentadas o el número de dientes de la rueda inicial y la final, permite que en menos o más vueltas de la rueda inicial el personaje llegue al destino final o a las estaciones intermedias. Ejemplo:</p> <p><i>Nemo:</i> Rueda final mediana y rueda inicial grande (proporción de 1:2). Permiten que el personaje llegue al destino final, porque con una vuelta completa a la rueda grande, la rueda mediana dará dos vueltas completas, lo que permite que la cadena recorra más distancia y el personaje llegue al destino final más distantes.</p> <p>Rueda final mediana e inicial pequeña (proporción de 1:0,5). Permiten que el personaje llegue a las estaciones intermedias, porque con una vuelta completa a la rueda inicial, la final dará media vuelta, lo que no permite que el personaje llegue al destino final más distante.</p> <p>Rueda final mediana e inicial mediana (proporción de 1:1). Permiten que el personaje llegue a las estaciones intermedias más distantes, porque con una vuelta completa a la rueda inicial mediana, la otra rueda final mediana dará una vuelta completa, lo que no permite que el personaje llegue al destino final más distante.</p> <p><i>Girasoles:</i> Cadena de dos ruedas y rueda inicial mediana: la relación de movimiento es de proporción de 1: 1 ½, para que salgan las semillas.</p>	<p><i>Nemo:</i> Sólo puede imprimir una vuelta a la rueda inicial con la manivela y en la dirección que indique la flecha de esta rueda.</p> <p><i>Girasoles:</i> No hay restricción de número de vueltas. Sólo se le pide al niño que establezca con cuál de las ruedas dentadas (mediana o pequeña) se necesita dar menos vueltas para sacar las semillas de girasol (rueda final).</p> <p>Como no se restringe la dirección de giro, independiente del tamaño de las ruedas dentadas, se obtiene el objetivo final: sacar las semillas. Esto se cumple si la rueda inicial es girada en sentido correcto.</p>

Tabla 2. (continuación)

<i>Hipótesis alternativas</i>	<i>Restricciones de la situación</i>
Cadena de tres o cuatro ruedas, y rueda inicial pequeña: la relación de movimiento es de proporción de 1:3, para que salgan las semillas.	
<p>Características generales del sistema de engranajes - Situación <i>Nemo</i>:</p> <p><i>Rueda inicial</i>: rueda dentada que se encuentra fija al tablero y a la cual se le agregan más ruedas dentadas.</p> <p><i>Rueda final</i>: última rueda dentada, al otro lado de la cadena (rueda agregada).</p>	<p>Características generales del sistema de engranajes - Situación de los <i>Girasoles</i>:</p> <p><i>Rueda inicial</i>: última rueda dentada al otro extremo de la cadena (rueda agregada).</p> <p><i>Rueda final</i>: Girasol con semillas.</p>

El otro punto sobre el que se quiere llamar la atención es la alternativa integradora, presente en la redescrípción representacional, y que se ilustra en *Buscando a Nemo* (aunque también en las situaciones de Gopnik). Recordemos que desde la revisión de la teoría, los cambios en las representaciones son una respuesta a la evidencia que permite rechazar teorías o hipótesis. La realidad es que en el diseño de la situación de *Girasoles*, aunque pensada para que el niño, con base en los indicios de la tarea, incorpore la información sobre transmisión de movimiento, esa información no cambia la comprensión del niño acerca de los engranajes. Esto para mencionar algunos límites que tiene pensar en que únicamente a partir de las evidencias se pueden producir cambios, cognitivamente hablando. No obstante, al comparar los desempeños ante las dos situaciones, *Nemo* y *Girasoles*, resulta indudable el papel de la fuente externa (evidencia) en el cambio. La cuestión es que cuando el niño revisa, piensa o vuelve a pensar, las evidencias externas, por ejemplo, lo hace en función de las relaciones que establece entre los elementos de la tarea, y su propia representación. Esos procesos de redescrípción conllevan a la transformación dinámica entre estado actual de la tarea y estado representacional. Ambas posiciones sobre el cambio, revisión de teoría y redescrípción, proveen elementos necesarios sobre la ocurrencia del cambio representacional, al

generar procesos de mayor nivel de sofisticación para comprender los sistemas de engranajes. Algunos autores, y en el caso de los engranajes concretamente (Dixon y Bangert, 2002), consideran que la revisión de la teoría produce cambios cuando las representaciones del sujeto son erróneas y lo confirma con la evidencia empírica que le ofrece la situación. Pero cuando las representaciones son altamente precisas, el cambio requiere procesos de redescrípción. En esa versión, la existencia de los dos procesos no son mutuamente excluyentes. Nuestra interpretación va más allá. Más bien consideramos que la redescrípción involucra el papel de la evidencia, que esa evidencia cumple un papel fundamental en el proceso mental (de pensar y volver a pensar) al que el sujeto lleva ese dato. Metodológicamente, es indispensable que la arquitectura o diseño de la situación comparta esa visión de la redescrípción.

Algunas conclusiones provisionales

Al analizar el papel que tienen las evidencias para ser utilizadas en las situaciones de resolución (o en el tratamiento a la realidad), Schulz y Gopnik (2004) plantean que la construcción de las representaciones abstractas, pasa por la postulación de relaciones causales entre acontecimientos. Estos autores no se limitan

a evaluar la presencia o ausencia de la covariación en el razonamiento del niño, como es el caso en Kuhn (2000). Ella considera que, bajo ciertas condiciones —léase bajo una situación que responda a la probabilidad condicional—, el niño logra elaborar representaciones que le permiten hacer predicciones causales que anticipa los efectos de intervenciones. Nuestra propuesta tiene en común con la de Gopnik, la importancia integradora de situaciones de resolución, incluido el énfasis en trabajar sobre las acciones que permiten rastrear el papel que cumple la evidencia en sus desempeños. Lo que diferencia nuestra propuesta de la de Gopnik y colaboradores es que, mientras ella postula una capacidad temprana del niño a pensar con base en la probabilidad condicional, nosotros continuamos la línea de trabajo sobre la habilidad temprana de la experimentación en el niño. Nuestra propuesta está más limitada a los aspectos metodológicos, y en esa línea indaga sobre relaciones inferenciales y de experimentación, exigidas por la comprensión de algunos dispositivos mecánicos (sea la catapulta, el eje roto, las hélices u otros dispositivos reutilizados en nuestros diseños de situaciones). La propuesta es que si las situaciones lo constriñen, el niño puede reelaborar el principio de un mecanismo de fuerza, como en este caso los engranajes, de manera temprana y efectiva (Puche-Navarro, 2003b). Redescubrir la concatenación de los dientes de las ruedas para transmitir movimientos es lograr comprender el engranaje, con mucha más eficacia y dominio a partir de la relación entre la evidencia y los operadores mentales, como fuente prima de los modelos multivariados que se edifican de la realidad.

Le apostamos a que el niño redescubre los datos de la evidencia para construir un modelo del mundo. ¿Cómo lo hace? En la tarea de *Buscando a Nemo*, los niños pasan de girar con su mano las ruedas dentadas, a acercarlas entre sí para que la concatenación de las ruedas produzca el movimiento. Ese momento de experimentación (y luego de varias repeticiones) lo entienden como la base constitutiva

de todo el modelo en el que las ruedas dentadas producen movimiento, y que dan sentido al engranaje. En los *Girasoles*, esa experimentación entre las dos ruedas dentadas está demasiado ligada al dispositivo y todo ocurre como si el niño no lograra incorporar esa concatenación-evidencia para construir un modelo. Es allí donde planteamos que la redescrición integra el papel de la evidencia, defendido por la revisión de la teoría.

La verificación o puesta a prueba del modelo mental que el niño debe construir (Johnson-Laird, 1983) por medio de la experimentación (Puche-Navarro, 2003b) es lo que Gopnik ha llamado *combinación de las observaciones y de intervenciones*. Centrarse en el plano de la representación y "tomar distancia" de la evidencia (vista desde el plano concreto) es la naturaleza sustantiva del MRR (Karmiloff-Smith, 1994). El niño reflexiona sobre las acciones, la información que estaba implícita se hace explícita y disponible para el sistema (Karmiloff-Smith, 1998), generando así diferentes niveles de representación que están en la base del cambio cognitivo.

La transferencia analógica entre dominios (DeLoache, 1999) o la inferencia que permite crear puentes entre diferentes dominios y flexibilizar los módulos del sistema cognitivo (Karmiloff-Smith, 1994) son, en principio, la base sustantiva para la construcción y reconstrucción de los mapas causales del mundo (Gopnik *et al.*, 2004). Vale la pena repetirlo: la relación entre la evidencia y los operadores mentales es la fuente prima de los modelos multivariados que edifica el niño.

Referencias bibliográficas

- Anderson, J. R., 1980, *Cognitive psychology and its implications*. Nueva York, Freeman.
- Bresson, F. y S. de Schönen, 1984, "El desarrollo cognitivo: los problemas que plantea hoy en día su estudio", en: R. Puche-Navarro, ed., *Después de Piaget*, Cali, Cleps. pp. 213-225.

- DeLoache, J. y A. Brown, 1990, "La temprana aparición de las habilidades de planificación en los niños", en: J. Bruner y H. Haste, eds., *La elaboración del sentido*, Barcelona, Paidós, pp. 105-124.
- DeLoache, J.; K. F. Miller y S. L. Pierroutsakos, 1998, "Reasoning and problem solving", en: W. Damon, D. D. Kuhn y R. S. Siegler, comps., *Handbook of child psychology*, 5th ed., vol. II, Nueva York, Wiley, pp. 801-946.
- Dixon, J. y A. Bangert, 2002, "The prehistory of discovery: Precursors of representational change in solving gear problems", *Developmental Psychology*, núm. 38, pp. 918-933.
- Donaldson, M., 1990, "Los orígenes de la inferencia", en: J. Bruner y H. Haste, eds., *La elaboración del sentido*, Barcelona, Paidós, pp. 95-104.
- Dunbar, K., 1998, "Problem solving", en: W. Bechtel y G. Graham, eds., *A companion to Cognitive Science*, London, England, Blackwell, pp. 289-298.
- Fischer, K. y T. Bidell, 1998, "Developmental of psychological structures in action and thought", *Handbook of child psychology*, núm. 1, pp. 467-561.
- Garnham, A. y J. Oakhill, 1996, *Manual de psicología del pensamiento*, Barcelona, Paidós.
- Gopnik, A. y C. Glymour, 2002, "Causal maps and Bayes nets: A cognitive and computational account of theory-formation", en: P. Carruthers, S. Stich y M. Siegal, eds., *The cognitive basis of science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Gopnik, A., y L. Schulz, 2004, "Mechanisms of theory-formation in young children", *Trends in Cognitive Science*, núm. 8, pp. 371-377.
- Gopnik, A. et al., 2004, "A theory of causal learning in children: Causal maps and Bayes nets", *Psychological Review*, núm. 111, pp. 1-31.
- Jonassen, D. H., 1997, "Instructional design model for well-structured and illstructured problem-solving learning outcomes", *Educational Technology: Research and Development*, núm. 45, pp. 65-95.
- _____, 2000, "Toward a design theory of problem solving", *Educational Technology, Research and Development*, núm. 48, pp. 63-85.
- Karmiloff-Smith, A. y B. Inhelder, 1974, "If you want ahead, get a theory", *Cognition*, núm. 3, pp. 195-121 (Traducción al castellano en: M. Carretero y J. A. García-Madruga, eds., *Lecturas de psicología del pensamiento*, pp. 307-320, Madrid, Alianza).
- Karmiloff-Smith, A., 1988, "The child is a theoretician, not an inductivist", *Mind and Language*, núm. 3, pp. 1-13.
- _____, 1992, "Autoorganización y cambio cognitivo", *Substratum*, núm. 1, pp. 19-43.
- _____, 1994, *Más allá de la modularidad*, Madrid, Alianza.
- Klahr, D., 1999, "The Conceptual Habitat: in What Kind of System Can Concepts Develop?", en: E. K. Scholnick, K. Nelson, S. A. Gelman, y P. H. Miller,, eds., *Conceptual Development: Piaget's Legacy*, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum, pp.131-161.
- _____, 2000, *Exploring Science*, Londres, MIT Press Cambridge Massachusettes.
- Kuhn, D, 2000, "The Development of cognitive skills to support Inquiry learning", *Cognition y Instruction*, núm. 18, pp. 495- 524.
- Mayer, R. E. y M. C. Wittrock, 1996, "Problem-solving transfer", en: *Handbook of educational psychology*, Nueva York, Macmillan, pp. 47-62.
- Meltzoff, A. y A. Gopnik, 1998, *Words, Thoughts and Theories*, Cambridge, Massachusetts, Bradford Boog MIT Press.
- Morin, E., 1994, *Introducción al pensamiento complejo*, Barcelona, Gedisa.
- Mounoud, P., 1996, "A recursive transformation of central cognitive mechanisms: The shift from partial to whole representation", en: A. J. Sameroff y M. M. Haith, eds., *The five to seven year shift: The age of reason and responsibility*, Chicago, Chicago University Press, pp. 85-110.
- Navarro, C., 2005, "Cambio cognitivo, herramientas cognitivas y engranajes: estudio del cambio cognitivo en la formulación de hipótesis y experimentación frente a una situación de resolución de problemas que involucra sistemas de engranajes", tesis de Maestría en Psicología, Universidad del Valle.

- Newell, A. y H. Simon, 1972, *Human problem solving*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Piaget, J., 1963, *The origins of intelligence in children*. Nueva York, W. W. Norton (Trabajo original publicado en 1936).
- _____, 1970, *L'epistemologie genétique*, París, PUF.
- Piaget, J., y Inhelder, B., 1984, *Psicología del niño*, Madrid, Morata.
- Puche-Navarro, R., 2000, *Formación de herramientas científicas en el niño pequeño*, Cali, Arango.
- _____, 2003a, "La actividad mental del niño: una propuesta de estudio", en: B. C. Orozco, comp., *El niño: científico, lector y escritor, matemático*, Cali, Arango Editores, pp. 17-40.
- _____, 2003b, Procesos de desarrollo, cambio y variabilidad. en: R. Puche-Navarro, ed., *El niño que piensa y Vuelve a pensar*, Cali, Arango Editores, pp. 17-50.
- Pylyshyn, Z. W., 1980, "Cognition and computation: Issues in the foundations of cognitive science", *Behavioral and Brain Sciences*, núm. 3, pp. 154-169.
- Schauble, L., 1990, "Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence", *Journal of Experimental Child Psychology*, núm. 49, pp. 31-57.
- _____, 1996, "The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts", *Developmental Psychology*, núm. 32, pp. 102-119.
- Schulz, L. y A. Gopnik 2004, "Causal learning across domains", *Developmental Psychology*, núm. 40, pp. 162-176.
- Siegler, R., 1998, *Children's Thinking*, 3rd ed., Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall.
- Siegler, R. y K. Crowley, 1994, "Constraints on learning in non-privileged domains", *Cognitive Psychology*, núm. 27, pp. 194-226.
- Simon, H. A., 1973, "The structure of ill-structured problems", *Artificial Intelligence*, núm. 4, pp. 181-201.
- _____, 1978, "Information processing theory of human problem solving", en: K.W. Estes, ed., *Handbook of learning and cognitive process*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum.
- Valsiner, J., 2005, "Open Intransitivity Cycles in the Processes of Development and their Methodological Implications Invited Lectura", en: IV Congreso Norte Nordeste de Psicología, Salvador, Bahía, 28 de may.
- _____, 2006, "Developmental Epistemology and Implications for Methodology", en: R. Lerner, ed., *Handbook of Child Psychology*, 6th ed., vol. 1, *Theoretical models of human development.*, Nueva York, Wiley.
- Van Geert, P., 2003, "Dynamic systems approaches and modeling of developmental processes", en: J. Valsiner y K. J. Conolly, eds., *Handbook of developmental Psychology*, Londres, Sage, pp. 640-672.
- Van Geert, P. y H. Steenbeek, 2005, "A complexity and dynamic systems approach to developmental assessment, modeling and research", en: K.W. Fischer, A. Battro y P. Lena, eds., *Mind, Brain and Education*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Wimmer, H. y J. Perner, 1983, "Belief about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception", *Cognition*, núm. 13, pp. 103-128.

Anexo. Criterios de clasificación de las situaciones *Buscando a Nemo* y *Girasoles*

	<i>Buscando a Nemo</i>	<i>Girasoles</i>
1	Asume la situación como elementos aislados y desarticulados.	Concibe los engranajes de forma aislada en lo que corresponde a la transmisión del movimiento.
2	Asume la existencia de una articulación entre los elementos de la situación, pero sin tener en cuenta la estructura del mecanismo.	Se establece la articulación (unión) entre los dos primeros engranajes; sin embargo, esta relación no se sostiene con los siguientes girasoles en un primer intento.
3	Asume la existencia de una articulación entre la cadena dentada y la rueda dentada contigua, es decir, esboza la relación de transmisión de movimiento entre estructuras dentadas simples contiguas, pero sin tener en cuenta el objetivo de la situación. Fragmenta el sistema a dos elementos que ya se le presentan contiguos.	Se establece la articulación (unión) entre todos los engranajes en un primer intento, como relación fundamental y determinante para que se efectúe el funcionamiento del mecanismo y se produzca la transmisión del movimiento.
4	Concatena y conecta los dientes de dos o más ruedas dentadas y genera la transmisión de movimiento, pero fragmenta los elementos del mecanismo; entonces, no tiene en cuenta todos los elementos que componen el mecanismo como parte del sistema de engranajes que le permiten lograr el objetivo.	Conecta los girasoles, generando la transmisión del movimiento; sin embargo, en lo que corresponde a la relación de dirección de los girasoles, todos giran para el mismo lado.
5	Concatena y conecta las ruedas dentadas del sistema con la rueda dentada final y la cadena dadas en la situación, generando y transmitiendo movimiento, aunque no logre alcanzar el objetivo de la situación, empezando a esbozar relaciones que permiten dar cuenta del mecanismo como un sistema entero en el que todos los elementos tienen una función que cumplir.	Se esboza la relación de dirección contraria entre los girasoles como elemento determinante para la comprensión del funcionamiento del mecanismo. Esta relación se presenta en lo que corresponde a la unión entre dos girasoles, sin que se sostenga en los demás, es decir, que en algún momento de la cadena de transmisión de los girasoles, uno o dos giran en dirección diferente, y el resto gira para la misma dirección (ejemplo, todos para la derecha).
6	Reconoce que la transmisión del movimiento es la base del mecanismo, pero que en él se involucran otros aspectos que tienen que ver con el número de las ruedas dentadas o con el tamaño de las ruedas dentadas en el sistema. Entonces, realiza correcciones y combinaciones diferentes en el siguiente intento, que involucran disminución o aumento del número de elementos o cambio de ruedas de acuerdo a los tamaños.	Se establece la dirección contraria entre los girasoles, para toda la cadena de transmisión; sin embargo, la dirección con la cual se tiene que empezar, es decir, la G1, no corresponde con la final G5 para que salgan las semillas. Es decir, sostener la secuencia de direcciones contrarias teniendo como referente inicial la dirección del G5 para que salgan las semillas.

Anexo. Continuación

7	Selecciona algunas de las ruedas porque reconoce que no es necesario usar todas las ruedas para resolver la situación, y fuera de la transmisión de movimiento establece una relación adicional, ya sea en cuanto a la dirección de giro o en cuanto a la velocidad del movimiento.	Se establece y se sostiene la dirección contraria en toda la cadena de transmisión, teniendo como referente inicial de la cadena la dirección del G5 para que salgan las semillas. En este momento las relaciones que se esbozan permiten dar cuenta del mecanismo como un sistema entero en el que todos los elementos tienen una función que cumplir.
8	Arma su combinación asignando a unos elementos función de transmisión de movimiento, a otros, función de dirección, y a otros, función de velocidad como parte de un mismo mecanismo.	Se reconoce como la base del funcionamiento del mecanismo, la transmisión del movimiento como producto de la unión entre los girasoles. De igual manera, se reconoce la dirección contraria de los girasoles como regla determinante del funcionamiento del mecanismo. Sin embargo, dos girasoles de diferente tamaño darán el mismo número de vueltas, o dos girasoles del mismo tamaño darán diferente número de vueltas.
9	Arma su combinación asignando a unos elementos función de transmisión de movimiento y a otros función de dirección y a otros función de velocidad como parte de un mismo mecanismo, pero estableciendo relaciones inversas que le permitan llevar al personaje (Marly) del destino final al punto de partida..	La unión de los girasoles produce la transmisión del movimiento; lo cual se corresponde con que la dirección entre los girasoles es opuesta, razón por la que se produce la transmisión del movimiento. Se reconoce que según el tamaño de los girasoles (si éstos son de diferente tamaño), el número de vueltas que cada uno puede dar es diferente. Y que a igual tamaño de los girasoles, el número de las vueltas es el mismo.

Referencia

Puche-Navarro, Rebeca; Julio César Ossa Ossa y Marlenny Guevara Guerrero, "La resolución de problemas, ¿una alternativa integradora?", *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 46, (septiembre-diciembre), 2006, pp. 167-189.

Original recibido: diciembre 2005

Aceptado: febrero 2006

Se autoriza la reproducción del artículo citando la fuente y los créditos de los autores.
