

¿Se desarrolla y cambia la psicología del desarrollo hacia los sistemas dinámicos no lineales?

Is developmental psychology developing and changing to nonlinear dynamic systems?

MARLENNY GUEVARA GUERRERO

Universidad Tecnológica de Bolívar (Colombia)

y

REBECA PUCHE-NAVARRO*

Universidad del Valle (Colombia)

Abstract

This paper examines the recent literature about nonlinear dynamic systems, oriented to developmental psychology studies. We review concepts as self-regulation, emergency, non-linearity, and regulated instability. Specifically we analyze the intraindividual variability defined as the irregularity in progresses and setbacks as well as the sequences of performances to the same situation. This variability is seen as expression of the same dynamic concept and specifically as a case of relative instability, a property of dynamic systems, which is studied in a spatial planning task. In this case study we used methodologies that combine a microgenetic approach with the minimum-and-maximum methodology of the dynamic systems.

Keywords: developmental psychology; nonlinear dynamic systems; variability; self-regulation, emergency, regulated instability.

Resumen

Se examina la apuesta que la bibliografía reciente presenta sobre los sistemas dinámicos no lineales para concebir los estudios de psicología del desarrollo. Se revisan conceptos como auto-regulación, emergencia, no linealidad e inestabilidad regulada. De manera específica se analiza la variabilidad intraindividual entendida como la irregularidad en los avances y retrocesos así como en las secuencias de desempeños ante una misma situación. Dicha variabilidad es concebida como expresión de la propia concepción dinámica, específicamente como un caso de la inestabilidad relativa de los sistemas característica de los sistemas dinámicos, y se estudia en una tarea de planificación espacial. Se trata de un estudio de caso, ilustrado con metodologías que combinan un enfoque microgenético con uno de mínimos y máximos propio a los sistemas dinámicos.

Palabras clave: psicología del desarrollo; sistemas dinámicos no lineales; variabilidad; auto-regulación; emergencia; inestabilidad no regulada.

Introducción

La psicología del desarrollo parece estar viviendo un clima de cambio, de virajes y discusiones, así como de búsquedas. Este clima parece ser la ten-

dencia característica de esta primera década del nuevo siglo, y no sólo para las disciplinas científicas, sino también a nivel de la política, la sociedad y la economía. Para algunos, este clima es el efecto mismo de la globalización, que impone retos tanto

* La correspondencia relacionada con este artículo debe dirigirse a Rebeca Puche, Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura, Universidad del Valle, Ciudad Universitaria Meléndez, Calle 13 # 100-00, Edificio 385, 4to. Piso, Cali, Colombia. Correo electrónico: rpuche@univalle.edu.co.

en el orden epistemológico, como en el conceptual y, aún más, a nivel metodológico de las ciencias (Munné, 2008). Al tomarle el pulso a la psicología del desarrollo se puede constatar que esta sufre un intenso proceso de búsqueda de nuevas herramientas metodológicas frente a las encrucijadas de los procesos de cambio en el desarrollo (Cheshire, Lewis & Ball, 2007; van Geert, & van Dijk, 2002). En efecto, en el panorama de la psicología del desarrollo es cada vez más frecuente la presencia de realidades que no pueden pasar inadvertidas. Esas realidades demuestran que la evolución del desarrollo y del funcionamiento cognitivo son itinerarios fluctuantes y no siguen las mismas rutas. El estudio de esos procesos de cambio impone, entonces, unos virajes en las metodologías de estudio. Sin embargo, la realidad es que los estudios más citados (Brainerd, 2006) utilizan métodos estadísticos tradicionales y abordan el fenómeno del desarrollo como un fenómeno normativizado, justificado por secuencias, y regularidades delimitadas. Frente a esa alternativa algunos autores le apuestan a los Sistemas Dinámicos no Lineales (de ahora en adelante SDNL), por considerar que ellos abren el campo a la ejecución de metodologías, desde las cuales el comportamiento es susceptible de estudiarse desde una perspectiva no lineal (Molenaar, 2004; Smith & Thelen, 2003; van Geert 2003).

Este estudio pretende justamente enfatizar esa perspectiva, es decir implementar una metodología desde los SDNL. Se propone examinar algunas de las razones que conducen a la conceptualización de los sistemas dinámicos como alternativa para la psicología del desarrollo. Y, concomitantemente, se busca ilustrar la aplicación de una combinación de herramientas de los sistemas dinámicos. Se trabajará la utilización del método microgenético desarrollado desde una versión propia, y se ilustrará su combinación con otra metodología conocida como el método de mínimos y máximos. El método de mínimos y máximos como se mostrará más adelante, ha venido siendo utilizada en estudios de tipo longitudinal (van Geert, van Dijk, 2002), nuestro estudio en cambio, enfatiza los aspectos funcionales o micro del desarrollo, abarcando períodos cortos de tiempo.

Pero ¿qué son los sistemas dinámicos no lineales?

Los sistemas dinámicos se pueden considerar como uno de los proyectos teóricos más fértiles de las últimas décadas. Apoyado como ningún otro en principios científicos muy potentes, nos obligan a pensar el desarrollo de manera distinta. Esther Thelen lo expresa muy brillantemente cuando afirma: “El enfoque de los sistemas dinámicos cambia la manera de pensar el desarrollo y cambia igualmente la manera de trabajar y conducir las investigaciones en el desarrollo. Una vez que comenzamos a entender el desarrollo desde el punto de vista de los sistemas dinámicos y a integrarnos en su metodología entonces encontramos que las ideas son tan fascinantes y poderosas que no podemos volver atrás a la manera como antes trabajamos y pensábamos” (Thelen & Smith, 1994, pp. 341-342). Los sistemas dinámicos abren la posibilidad al estudio de sistemas inestables, inestabilidad que es monitoreable, y que además es la base que genera diversidad y caos. Para Prigogine, esta noción de caos, nos lleva a su vez “a generalizar la noción de ley de la naturaleza al introducir en ella los conceptos de probabilidad e irreversibilidad” (Prigogine, 1999, p. 13). En definitiva, caos, determinismo, estabilidad o inestabilidad, reversibilidad, son conceptos que forman parte de la agenda de los sistemas dinámicos.

Una de las ventajas comparativas de las metodologías de los sistemas dinámicos, es la posibilidad de una aproximación más minuciosa al fenómeno del desarrollo y el funcionamiento cognitivo. En esta línea, las series de tiempo, típicas de los estudios dinámicos, ofrecen más posibilidades para los estudios del desarrollo que lo que las metodologías tradicionales y lineales ofrecen. De cara a responder y captar mejor la naturaleza misma del desarrollo, los métodos no lineales parecerían estar en mejor capacidad de acercarnos a ese funcionamiento.

Existe un consenso entre los autores que incursionan en los sistemas dinámicos, sobre qué conceptos son componentes teóricos fundamentales para esta nueva manera de pensar la psicología del desarrollo (Fisher & Bidell, 2006; Lewis, 2000; Thelen & Smith, 2003, van Geert, 2003). Aunque el estudio que aquí se presenta privilegia un abor-

daje metodológico, se sabe que lo metodológico no está desconectado de lo conceptual por lo que es importante revisar algunos de estos ejes conceptuales en los SDNL. En esta línea, se presentan los conceptos de emergencia y auto-organización. La *emergencia* de nuevas formas se erige como un principio general para explicar el cambio dentro de los procesos de auto-organización prototípicos de los procesos propios del sistema dinámico. La noción de emergencia como proceso subyacente de la auto-organización, resulta clave en el entendimiento de cualquier sistema. Para Lewis la *auto-organización* explica “el surgimiento de la novedad en el mundo natural”. Emparentada con la noción de la epigénesis probabilística de Gottlieb (1998) podría pensarse como la renovación de la noción de “insight”, al concebirla dentro de un proceso de integración. Pero nuevamente es Thelen a partir de un ejemplo, quien ofrece mucha claridad sobre este concepto. Para ella la auto-organización está en la base de las soluciones a problemas determinados, “no hay un programa que produzca la organización de los patrones” moverse gateando a lo largo de un cuarto, es un proceso auto-organizativo que más tarde es reemplazado por una solución *auto-organización* más eficiente como caminar (Smith & Thelen, 2003, p. 344). Esto quiere decir que los componentes del sistema se auto-organizan y producen su propia respuesta, su salida, su alternativa a los problemas que enfrenta. Emergencia y auto-organización van pues de la mano.

La no-linealidad es otro componente constitutivo de los SDNL, y para explicarlo es necesario entender que se trata de sistemas en los que la maquinaria interna no funciona con la misma métrica de los sistemas lineales. Mientras que los comportamientos desde la linealidad guardan una relación de proporcionalidad entre un estado anterior y uno posterior, en los sistemas no lineales las relaciones de un comportamiento con el siguiente es de carácter iterativo, o recursivo. Esto es, que al aplicar de manera recurrente el mismo mecanismo sencillo sobre el desempeño anterior, se logra un desempeño ‘bifurcado’ es decir más abierto y sofisticado. Esta bifurcación se abre entonces a diversas posibilidades lo que precisamente señala la presencia de no-linealidad.

Un buen ejemplo de una ecuación no lineal y que se ha vuelto emblemático, es la ecuación de Lotka y Volterra (Lotka, 1922), la ecuación depredador-presa descubierta simultáneamente por estos dos ecólogos matemáticos en los comienzos del siglo XX, da cuenta de una cuestión que no tenía precedentes previamente. Ella se puede resumir en el hecho de que se creía que la población de peces que sería la ‘presa’, habría aumentado durante la guerra, dada la imposibilidad de actividades rutinarias de pesca. Sin embargo no ocurrió así, y la razón de ello residía en que la población presa parecía depender del tamaño de la población de peces depredadores. Se descubre entonces que la interacción entre ambos tamaños poblacionales, el de la población de peces ‘presa’ y el de la población de peces ‘depredadores’ que conforman los dos elementos de la ecuación no responde a una lógica lineal. Se descubre que la influencia entre depredador-presa, es una relación mutua en la que la una cambia a la otra y que la tensión entre las dos termina alcanzando un cierto equilibrio en cada población (Lotka, 1922; van Dijk & van Geert, 2005).

El ejemplo anterior permite tal vez entender mejor que la causalidad única (causa → efecto) vista como polaridad (ej. sujeto-objeto o depredador presa o estado anterior con el siguiente) es reemplazada por relaciones e interacciones que responden a otra métrica donde se pierde la simplificación de una sola relación de polos opuestos para contemplar variadas y plurales interacciones.

En este contexto pensar el funcionamiento cognitivo, o el desarrollo cognitivo, como sistemas no lineales, implica que ellos no son susceptibles de capturarse desde metodologías tradicionales que provienen de concepciones lineales. En consecuencia, se trata de abandonar los enfoques que pretenden seguir privilegiando las relaciones causales lineales y la unidireccionalidad de las relaciones entre variables independientes y dependientes en psicología del desarrollo. La alternativa estaría en tratamientos que se abren a un amplio rango de propiedades y variables, y además a muchos niveles de causación con múltiples formas de interacción. Estas metodologías más convenientes resultan ser aquellas propias a los SDNL.

Y entonces ¿qué implicaciones tiene estudiar el desarrollo desde una perspectiva no-lineal?

Una de las cuestiones que se debe enfrentar desde una perspectiva no lineal, es el criterio de la estabilidad e inestabilidad de los sistemas. Si antes se había mencionado el concepto de emergencia y auto-organización y el propio concepto de no linealidad, ahora es necesario pensar en la cuestión de la inestabilidad de los sistemas. Esta inestabilidad es el resultado del encuentro de dos tensiones, y por lo tanto de una inestabilidad regulada. Derivada de la pertinencia de esta cuestión, la pregunta es si ella es equivalente o ajustada al fenómeno de la variabilidad. De ser así, aún queda por resolver si la psicología del desarrollo y del funcionamiento cognitivo se deben re-conceptualizar a la luz de la presencia de fenómenos de variabilidad. Entonces cuando la variabilidad cumple los requisitos de ser el resultado de dos tensiones, puede contemplarse como un caso específico de inestabilidad del sistema.

Ahora bien, la más fuerte de la tradición de los estudios en psicología del desarrollo ha sido el haberse estudiado casi exclusivamente los problemas de estabildades relativas e invariancia en el desarrollo (Juhel, 2005). Fisher llega a formular una crítica frontal a una psicología del desarrollo, por considera que ella se reduce a una concepción de formas estáticas, que se cristalizan en el estudio de estructuras y estadios definidos (Fisher & Bidell, 2006). En esa crítica, Fischer postula la *variabilidad* como el centro del estudio de la psicología del desarrollo, dándole quizá un papel análogo al que alguna vez tuvo el establecimiento de las estructuras Piagetianas. Independientemente del valor de la crítica de Fischer, lo cierto es que se asiste al surgimiento de estudios en psicología del desarrollo que arrojan desempeños que no se caracterizan por las homogeneidades de sus formas (Molenaar, Huizenga & Nesselroade, 2003; Westerann *et al.*, 2007). La presencia de investigaciones en diversos dominios de conocimiento, coinciden todas en arrojar la presencia de la variabilidad en proporciones sorprendentes (Miller, 2002; Siegler, & Crowley 1991; Siegler, 2002; van Geert & van Dijk, 2002; van Dijk, & van Geert, 2007). Ese conjunto de es-

tudios arroja pues un panorama del funcionamiento cognitivo y de cambios en el desarrollo como itinerarios con avances y retrocesos, que es cada vez más numeroso (Yan & Fischer, 2002). La idea de una estricta linealidad en el desarrollo se ha ido desvaneciendo, tanto en el nivel macrogenético como en el nivel microgenético (Courage & Howe, 2002; Spencer & Perone 2008). Itinerarios erráticos, múltiples vías de acceso al conocimiento, diversos ritmos de desarrollo y de funcionamiento que no necesariamente siguen los mismos parámetros, son realidades a las que los estudios del desarrollo microgenético nos enfrentan y que a su vez nos generan cuestionamientos sobre procesos tanto a nivel macro como micro del desarrollo.

Aunque la bibliografía arroja información sobre diferentes clases de variabilidad, aquí nos referimos a la variabilidad intraindividual que es aquella que se presenta ante una misma situación- y que es difícil de modelizar desde tratamientos provenientes de la matemática lineal (Molenaar, 2004; Molenaar, Huizenga & Nesselroade, 2003; van Geert, 2003, van Geert & Steenbeck, 2005; Yan & Fischer, 2002). En esta línea hay que reconocer que aunque en el interior de esta problemática la descripción de una sucesión de estadios regulares y debidamente seriados parece estar quedando atrás, en cambio la concepción de hitos en el desarrollo se muestra más persistente.

Y llegamos a la variabilidad

En ese contexto la variabilidad se empieza a consolidar como el fenómeno del desarrollo (macro) y del funcionamiento cognitivo (micro), sintetizando ese espacio que parece compaginar con una concepción del desarrollo ofrecida desde los SDNL. La variabilidad pasa de ser un fenómeno incomodo, con explicaciones teóricas *ad hoc*, para requerir ser integrado completamente, y en esa condición ser explicado cabalmente. Algunos autores anotar que sin tener una explicación adecuada de la variabilidad, no puede aspirarse a tener una teoría cabal del desarrollo y del funcionamiento cognitivo (Siegler, 2002; Yan & Fischer. 2002). En este camino conceptual de la variabilidad los trabajos de varios autores jugaron un papel fundamental, algunos le

abrieron un camino metodológicamente hablando, con el método microgenético por ejemplo y crearon una sensibilidad teórica sobre ella (Siegler, 1994; Siegler, 2002), posteriormente otros fundamentaron el paso hacia otras conceptualizaciones con sus consecuencias metodológicas (Miller, 2002; Miller & Coyle, 1999) y otros definitivamente la integraron en la conceptualización de los sistemas dinámicos (van Geert, van Dijk, 2002; Yan & Fischer, 2002)

Lo novedoso entonces respecto a los estudios más recientes sobre variabilidad, es la apuesta a postularla como una manifestación típica de la complejidad de la actividad cognitiva (Miller, 2002; van Geert, van Dijk, 2002; Yan & Fischer, 2002). Desde los sistemas dinámicos no lineales la variabilidad es considerada entonces como un indicador empírico, explícito y visible del proceso de cambio cognitivo y del desarrollo en sí mismo. Para algunos autores sólo los sistemas dinámicos estarían en capacidad de explicarla adecuadamente en la medida en que precisamente sería una manifestación de que la actividad cognitiva funciona como un sistema abierto no lineal (Molenaar, Huijzen & Nesselroode, 2003; Yan & Fisher, 2002).

Si bien, una de las implicaciones de abordar el estudio del desarrollo (a nivel macro o micro) desde la no-linealidad es reconocer la presencia de la variabilidad; no resulta menos cierto que el reto se encuentra en saber medir el momento exacto en que ocurre el cambio cognitivo. En esa línea de ideas el fenómeno de la variabilidad trae consigo la necesidad de nuevas metodologías capaces de identificar minuciosa y fielmente los recovecos por los que transita el funcionamiento de los cambios en el desarrollo.

Esta nueva exigencia de encontrar herramientas de análisis sofisticadas para el análisis minucioso de los datos, parece posible con técnicas que hagan énfasis en series de tiempo y siempre dentro de una perspectiva microgenética (Cheshire *et al.*, 2007). La combinación de estas dos modalidades hace que sea posible un seguimiento exhaustivo del fenómeno. Si bien con Siegler la variabilidad esta indisolublemente ligada a métodos microgenéticos únicos en focalizar este detalle en los desempeños, ahora desde los sistemas dinámicos el énfasis en

las series de tiempo permiten establecer patrones y encontrarle su sentido más aproximado (Siegler & Siegler, 1994).

La presentación realizada hasta el momento permite identificar a los sistemas dinámicos o lineales como una alternativa posible de abordar los funcionamientos cognitivos y los procesos de desarrollo. Sobre esa plataforma este estudio pretende, de manera específica, establecer si el sistema subyacente al funcionamiento de niños y niñas pequeños en situaciones que comprometen la *planificación* y de la *inferencia espacial*, es de naturaleza dinámica. La inferencia, pero sobre todo la planificación focalizan mucho la atención de investigadores, no solo por la importancia que tienen dentro como herramientas cognitivas, sino por la posibilidad de ser detectadas en diseños experimentales, y lo mucho que ellas nos pueden ser decir del funcionamiento mental (Puche & Ordóñez, 2003; Rattermann, Spector, Grafmanc, Levind, & Harwarde, 2001; van Wezel, & Jorna, 2001; Hayes-Roth, & Hayes-Roth, 1979). La variabilidad de la planificación puede tomarse de manera más general y tratar de saber si se considera que la variabilidad es un indicador veraz de esa naturaleza dinámica, y por ende la propuesta de estudiarla a fondo y tratarla de conocerla lo más fielmente posible. Conforme a esa nueva conceptualización, se trata de indagar con nuevas metodologías susceptibles de capturados por metodología novedosas propia de los sistemas dinámicos no lineales. ¿Presenta la planificación y la inferencia espacial de los niños un comportamiento variable, y puede ello considerarse sintomática de un sistema dinámico? ¿Qué hace que dicha variabilidad sea evidencia de que se trata de sistemas dinámicos? ¿En que las metodologías propias de los sistemas dinámicos contribuyen a entender mejor la variabilidad? Son algunas de las preguntas y temáticas que este texto trata de responder.

Método

Teniendo a la variabilidad en mente y la necesidad de capturar la diversidad de desempeños para resolver una situación, se diseñó una situación experimental con una estructura abierta en la que

la niña pueda hacer diferentes elecciones para resolverla. Esta misma situación se repite tres veces consecutivas, combinándola con una metodología de series de tiempo, como se explicará en el diseño. El todo esta pensado para capturar las series de las conductas del niño ante un problema.

Estudio de caso

Los datos que se presentan en este estudio corresponden al seguimiento de los desempeños de una niña de 3,10 hasta la edad de 4 años, a quien identificaremos con las iniciales GA¹. Al momento de la recolección de los datos la niña se encontraba cursando grado preescolar en un jardín infantil de la ciudad de Cali- Colombia. La niña proviene de una familia de clase social medio-alta de acuerdo al Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La participación en el estudio fue aprobada a partir del consentimiento informado de sus padres y la aprobación correspondiente de la institución educativa.

Materiales

Se empleó una Situación de Resolución de Problemas (SRP) en formato virtual denominada “encuentra el camino”. El diseño de la situación consiste en 4 pantallas de juego (ver figura 1), cada una con diferente apariencia pero conservando la misma estructura: un punto de inicio, 1 carro, 5 elementos por recoger, barreras o muros y un punto de llegada. A partir de la rotación de una pantalla de juego, se obtuvo la estructura de las 3 restantes, de manera que la posición y apariencia de los 5 objetos fuera diferente en cada pantalla de juego al igual que el punto de inicio y el de llegada. Para todas las pantallas la cantidad de pasos o movimientos necesarios para recoger cada objeto fueron los siguientes:

Objeto 1: Pasos ideales – 5	Objeto 2: Pasos ideales – 10
Objeto 3: Pasos ideales - 5	Objeto 4: Pasos ideales - 6

Objeto 5:
Pasos ideales - 9

Meta 6:
Pasos ideales - 9

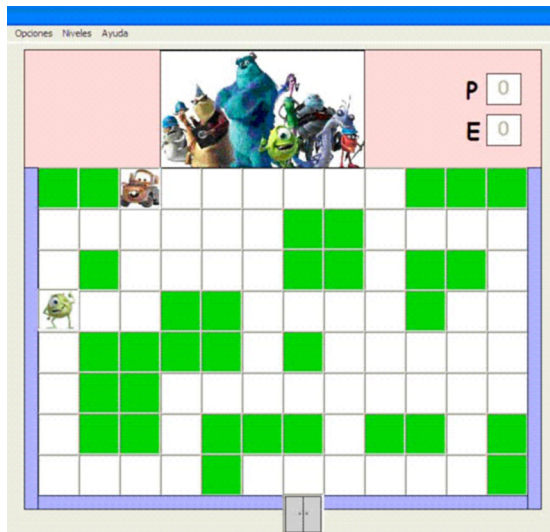
El objetivo de la situación proponía desplazar un carro para recoger diferentes elementos de la pantalla (5 por pantalla), los cuales van apareciendo uno a uno cada vez que el anterior ha sido recogido, con el fin de llevarlos hasta un lugar meta. Para esta situación, se disponía de un computador portátil con el teclado cubierto, dejando solo al descubierto las teclas correspondientes al desplazamiento del cursor (←↑→↓) a partir de las cuales se debía desplazar el carro según la orientación deseada (Derecha, Arriba, Izquierda, Abajo) y la tecla Enter para recoger cada elemento de la pantalla una vez estuviera ubicado sobre él.

Procedimiento

La aplicación de la tarea se realizó de forma individual. La investigadora presentaba a la niña la primera pantalla y narraba de forma breve la situación y lo que la ambulancia debía hacer. Antes de iniciar la situación experimental se le presentaba a la niña una pantalla de familiarización en la cual se le explicaba el funcionamiento de las teclas de desplazamiento (←↑→↓), practicando además la recolección de objetos (Tecla Enter). Cuando la niña comprendía el funcionamiento de las teclas y el objetivo de la tarea, se pasaba a la presentación de la pantalla experimental.

Consigna: “al presentar cada pantalla de juego, la consigna era la siguiente “Debes manejar el carro para recoger los personajes que aparecen en la pantalla, en total son 5 y debes llevarlos hasta este lugar (indicar el lugar meta) usando el camino más corto. Para mover el carro, debes emplear estas flechas (se muestran las teclas de movimiento del cursor) y para recoger los personajes, debes poner el carro encima y hundir esta tecla (se muestra la tecla Enter, identificada con un *sticker* de carita feliz, de manera que se diferenciara de las teclas restantes). Acuérdate que no puedes estrellarte contra los muros o los bordes de la pantalla”.

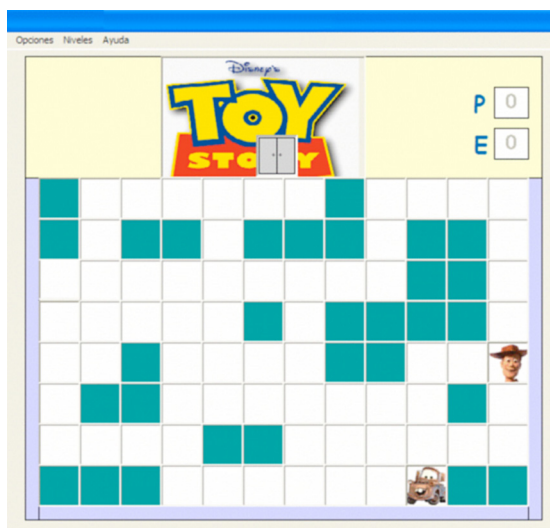
¹ El estudio de caso aquí presentado, hace parte de la tesis de Maestría llevada a cabo por Guevara, M. (2007) en el Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura, Universidad del Valle y se articula con los trabajos sobre Racionalidad Científica del grupo de investigación dirigido por Rebeca Puche-Navarro en dicha Universidad.



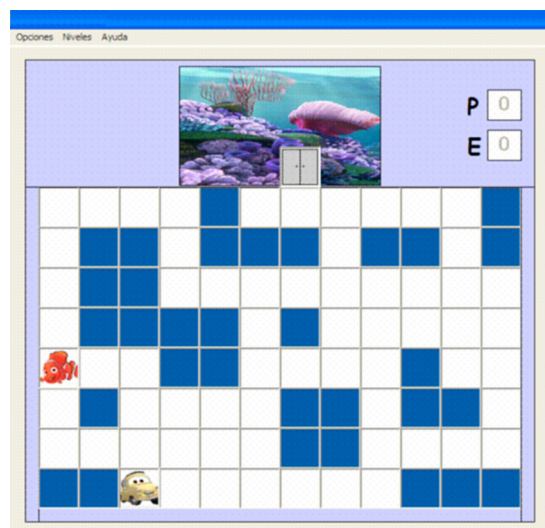
Pantalla 1



Pantalla 2



Pantalla 3



Pantalla 4

Figura 1. Versiones de las pantallas (4) de juego

Como parte de la situación de juego, se mantenían presentes las siguientes restricciones: 1. Mover el carro empleando las teclas de movimiento del cursor y 2. Recoger los objetos o personajes presionando la tecla Enter, cuando el carro se encuentre ubicado sobre el personaje.

Mediciones y diseño

A partir de un enfoque microgenético, se realizaron 8 sesiones de observación, una cada ocho días. Se presentaron de manera alternada cada una de las 4 pantallas, una por cada sesión de aplicación con tres intentos de resolución. Cuando las cuatro pantallas ya se habían presentado, se reiniciaba su aplicación para tener un total de 8 sesiones de observación en un periodo de 2 meses. Como resultado, por cada

sesión, se obtuvieron 18 mediciones² para un total de 144 mediciones a lo largo de los 2 meses de seguimiento. Cada vez que se realizaba una pantalla de juego, el programa arrojaba un archivo en formato de texto con la codificación de los movimientos realizados en la pantalla, número de movimientos hasta cada objeto, choques contra los muros y registro del tiempo empleado.

Criterios de medición

De acuerdo al objetivo de la tarea y a la articulación de las herramientas cognitivas de planeación e inferencia espacial que se requieren para su solución, los desempeños ante la tarea se clasificaron en nueve criterios³:

1. Chocarse contra los muros
2. Chocarse contra los límites pantalla
3. No chocarse
4. Realizar pasos fuera del área del objeto
5. Realizar pasos dentro del área del objeto
6. Sobrepassar el objeto más de 2 pasos y devolverse a recogerlo
7. Sobrepassar el objeto 2 pasos y devolverse a recogerlo
8. Recoger el objeto directamente, sin sobrepassarlo
9. Emplear pasos ideales (cantidad mínima de pasos)

De acuerdo a la combinación de estos 9 criterios antes indicados, se creó una matriz de valoración de los desempeños, clasificándolos en 10 Niveles (ver Anexo), los cuales operacionalizaron el uso de las herramientas de planificación e inferencia espacial en función de la comprensión se logra de la tarea.

Análisis de datos

Para el análisis de datos, se empleó una de las técnicas utilizadas por van Geert y van Dijk (2002, 2003) para la captura de la variabilidad de los datos, denominada Técnica de Gráficos Mínimos y

Máximos (*Min-max technique graph*). Esta técnica grafica el conjunto total de datos obtenidos, demarcando los valores mínimos y máximos que se hayan presentado (rango de valores). Como resultado, se obtiene una banda o trayectoria de datos configurada a de las diferentes mediciones obtenidas a lo largo de los 2 meses de observación.

Resultados

A continuación se presenta una gráfica que ilustra los desempeños de la niña en todas las sesiones de trabajo. El eje Y informa de los puntajes alcanzados y el X precisamente el itinerario a lo largo de las 8 sesiones.

En la figura 2, se distinguen dos momentos particulares de una trayectoria en la que la banda de datos tiende a estrecharse. En un primer momento (observaciones 3 a la 57), la banda de datos es amplia, con presencia de fluctuaciones a manera de “olas”, principalmente en su borde superior (observaciones 7-14, 20-31, 41-53 y 57-67) y pequeñas fluctuaciones en su borde inferior. En esta primera parte la banda de datos se caracteriza por presentar dos rangos de valores min-max: 2-10 y 1-6, además de dos puntos en la trayectoria, donde la banda de datos se hace particularmente estrecha debido al acercamiento de valores mínimos y máximos en un rango de valores que corresponde a niveles de desempeño 5-6 (observaciones 11-13 y 50-52).

Análisis y discusión

El análisis de los datos se enfocará en dos aspectos: 1. La descripción de los aspectos más significativos de la variabilidad presentada en los desempeños de GA y 2. Descripción del respectivo patrón de variabilidad.

Descripción de la variabilidad

Observando el gráfico de mínimos y máximos, encontramos que la trayectoria de desempeños de GA,

² Por cada pantalla de juego se obtuvieron 6 mediciones (recolección de los 5 objetos y desplazamiento hasta el punto de llegada), de manera que finalizados los 3 intentos, se obtenían 18 mediciones por sesión de observación.

³ Los criterios fueron ajustados a posteriori a la obtención de los datos.

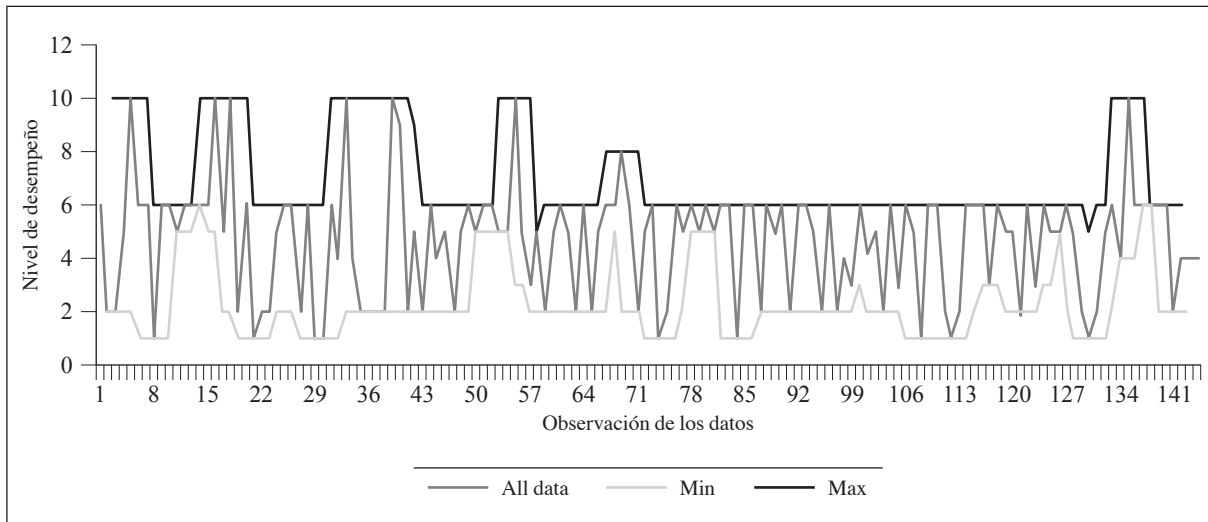


Figura 2. Desempeños de GA a lo largo de las 8 sesiones de juego a partir de la Técnica de Movimientos mínimos y máximos

presenta momentos diferenciados de variabilidad a modo de fluctuaciones. Un primer momento caracterizado por un rango amplio de desempeños y en un segundo momento por un rango más estrecho. A continuación se describe la variabilidad para cada una de estas fluctuaciones observadas en el límite superior de la banda de datos (valores máximos—línea superior del gráfico).

Olas de fluctuación en valores máximos: paso del nivel de desempeño 6 al nivel 10

En la primera parte de la trayectoria de GA, se observa la oscilación de niveles de desempeño 6 y 10, dos tipos de desempeños que compiten su presencia como los desempeños de mayor sofisticación (valores máximos). De la alternancia de estos desempeños subyace la coordinación de aspectos de la planificación y la inferencia espacial, relacionados con la previsión y regulación de pasos para evitar choques y para garantizar una mayor economía de pasos.

Olas de fluctuación en valores mínimos: paso de nivel 1 y 2 al nivel 5

La fluctuación más significativa en los desempeños de GA, se observan en el mejoramiento de desempeños de poca sofisticación (valores mínimos). Estos desempeños, se definen por la exploración

de movimientos en amplias áreas de la pantalla y por poca regulación de movimientos para evitar choques (niveles de desempeño 1 y 2), cambiando luego a planes que se destacan por la reducción del área de desplazamientos (nivel de desempeño 5), un aspecto clave que caracteriza a los desempeños más efectivos. Después de emplear este nivel intermedio de desempeño, GA desciende nuevamente a planes de desplazamiento en grandes áreas, con presencia de errores (niveles de desempeño 1 y 2). Solo en un caso (observación 55), logra complementar estos desempeños con la evitación de obstáculos (nivel de desempeño 3), como resultado de una mayor previsión y coordinación de movimientos.

Patrón de variabilidad

La variabilidad de los desempeños de GA, describe un *patrón descendente* (ver figura 3), que se distingue por pasar del uso de desempeños de diversa complejidad hacia desempeños de menor elaboración. En la primera parte de la trayectoria, la principal característica de los desempeños de GA, es la presencia de amplias fluctuaciones a manera de “olas”. En la segunda parte de la trayectoria, el aspecto más significativo, es la reducción del uso de desempeños privilegiando aquellos que son considerados elementales y de un nivel intermedio de sofisticación (valores bajos e intermedios).

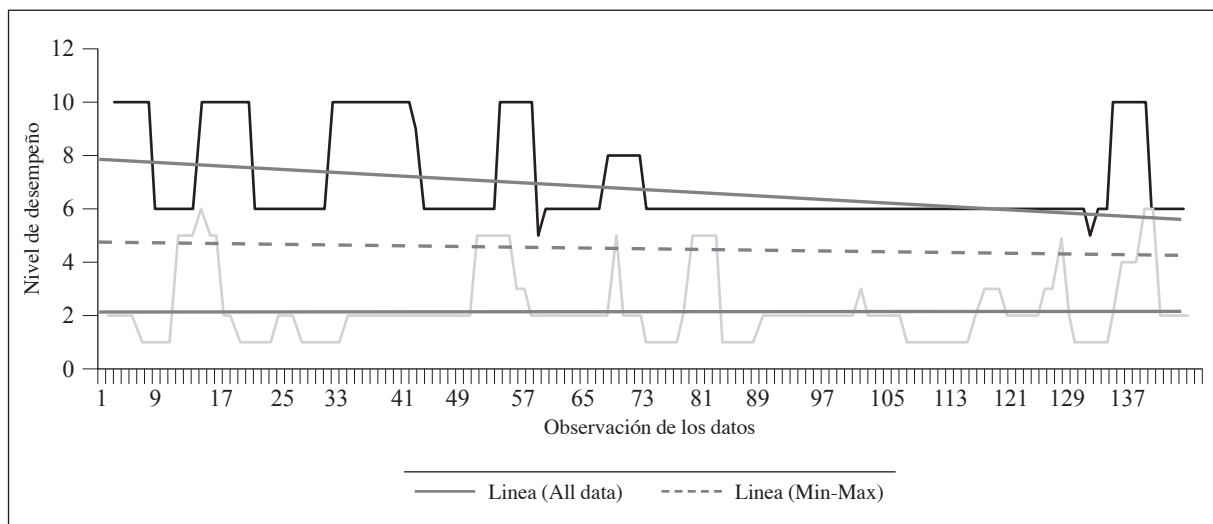


Figura 3. Tendencia de los desempeños de GA

Un aspecto particular en la trayectoria de GA, es la variabilidad que se observa en los desempeños de mayor y menor elaboración (valores máximos y mínimos). Los primeros desempeños parecen mostrar un punto crítico con desempeños de un alto nivel de complejidad, en el que se debate su efectividad en términos de la economía de desplazamiento y ausencia de errores (niveles de desempeño 6 y 10). En contraste, en los desempeños de menor elaboración (desplazamientos en áreas grandes), no es muy claro identificar un punto crítico. Sin embargo, un aspecto significativo en estos últimos desempeños, es que en los momentos en que logran una mayor elaboración (distanciamiento de valores bajos), cambian hacia un desempeño en el que se introduce la reducción del área de desplazamiento. En este sentido la reducción de área de desplazamiento constituye uno de los criterios que caracterizan a los desempeños sofisticados (nivel 5): plan de acciones en un área pequeña, con poca coordinación de movimientos para evitar obstáculos y recoger el objeto.

En resumen, el *patrón descendente* que presenta GA, se caracteriza por iniciar con una considerable diversidad de desempeños elementales (DE)⁴, hasta los de mayor nivel de sofisticación (DS)⁵, entre los cuales se incluye el desempeño ideal de economía de pasos y ausencia de errores (DI)⁶. Luego, a la mitad de las observaciones, el desempeño ideal desaparece y se privilegian desempeños elementales (DE) y de cierto nivel de sofisticación (DS), caracterizados por la reducción del área de desplazamiento.

Por otra parte, se puede afirmar que los *criterios entre los que compiten en la mayoría de los desempeños de GA* son los siguientes: 1. área de desplazamiento (grande- pequeña) y 2. Precisión de movimientos para recoger el objeto (directamente o sobrepasándolo). *Criterio omitido en la mayoría de sus desempeños*: evitar choques.

Conclusiones

¿Presentan los desempeños ante la inferencia espacial y la planificación una variabilidad intraindivi-

⁴ DE: Desempeños elementales- indican desplazamientos en grandes áreas con presencia de errores, recolección del objeto de manera directa/ sobrepasándolo.

⁵ DS: Desempeños sofisticados- indican la reducción del área, con presencia/ausencia de errores, recolección del objeto de manera directa/ sobrepasándolo.

⁶ DI: Desempeño ideal – Indican mayor nivel de sofisticación: economía de pasos y ausencia de errores.

dual y es posible identificarla en los desempeños de GA, a partir de los avances y retrocesos presentados en la resolución de la tarea? La respuesta es sí. La dinámica del funcionamiento cognitivo se evidencia en los criterios o puntos de tensión que caracterizaron su patrón de variabilidad. Recuérdese que antes se decía que los sistemas inestables eran productos de tensiones entre dos fuerzas o componentes y en esa línea podemos afirmar que el área de desplazamiento y la precisión de movimientos para recoger el objeto, se comportan como esas dos fuerzas que producen una variabilidad.

Los desempeños generados ante una misma tarea *revelan variabilidad intra-individual* en lugar de desempeños homogéneos. Para sorpresa de muchos, el desempeño no muestra trayectorias lineales ascendentes como se esperaría ante una presunta familiarización con la tarea. Por el contrario, la diversidad de rutas que el niño explora, ilustra las tensiones entre los elementos que en un momento considera y en otro omite, pero que al fin y al cabo le permiten tener una comprensión de la tarea que resuelve. Metodológicamente, es la estructura de la tarea con diversas alternativas de solución, la que pone de manifiesto esa diversidad de desempeños.

Si pensamos el funcionamiento cognitivo en términos de auto-organización y emergencia, encontramos que las herramientas cognitivas requeridas por la tarea (planificación e inferencia espacial), se manifiestan a través de los diversos desempeños que el niño trata de coordinar y conciliar para aproximarse a la meta. Sin embargo, la presencia de un desempeño más avanzado, no determina la estabilidad en el mismo, sino que se vuelven a presentar retrocesos y en conjunto los desempeños combinan avances y retrocesos entre desempeños más elementales.

Por su parte, al considerar los diversos desempeños a lo largo de las observaciones, es posible identificar un patrón o tendencia y que podemos considerar como producto de la interrelación entre auto-organización y emergencia. Este patrón enmarca los cambios del funcionamiento cognitivo a pesar de la constante variabilidad. Una vez capturada la existencia de la variabilidad como un proceso bastante común en los funcionamientos,

queda por explorar la existencia de patrones en dicha variabilidad.

En lo que corresponde a la no linealidad, vale decir algunas cosas referentes a la metodología. Lo primero es que la técnica de gráficos de movimiento min-max (van Geert & van Dijk, 2002) empleada en este estudio, brinda valiosa información cualitativa acerca del fenómeno estudiado, en comparación con técnicas estándar de graficación, en las que se tratan de unificar los datos por medio de líneas continuas (Guevara & Riascos, 2008). Técnicamente, aspectos de los gráficos min-max (e.g. banda de datos conformada por valores mínimos y máximos), revelan los puntos de tensión entre los cuales transcurre la variabilidad de los desempeños y por consiguiente, los procesos de autorregulación.

La no-linealidad del funcionamiento cognitivo, se hace evidente entonces en la trayectoria de desempeños que describen las acciones del niño. A pesar de resolver la misma tarea en varias ocasiones, las comprensiones que manifiesta no son las mismas ni muestran avances continuos y lineales. La ventaja que nos proporciona la técnica de mínimos y máximos es que combinada con una metodología microgenética, nos permite desenmascarar el transcurrir del funcionamiento cognitivo, el cual estaría encubierto en una perspectiva tradicional en busca de generalidades. Es así que el detalle de los datos obtenidos con este método, permiten “fotografiar” la actividad cognitiva, mostrando así, la dinámica de las variables observadas en secuencias de tiempo.

Teniendo claro que la técnica de mínimos y máximos no es la única vía para dar cuenta de la variabilidad del funcionamiento cognitivo, su carácter descriptivo a partir de trayectorias, hace que se constituya en una herramienta útil y sencilla al momento de indagar sobre procesos y patrones de desempeño intra-individual. El reto que continua es el de identificar cómo estas regularidades que subyacen a los desempeños variables de funcionamientos microgenéticos, permean procesos y momentos de cambio a nivel macrogenético (Fischer & Bidell, 1998; Miller, 2002; van Geert, 1998).

De manera más global, los resultados de este estudio serían un paso en la dirección de mostrar que los funcionamientos inferenciales y de plani-

ficación se comportan como si fueran un sistema dinámico. Y de manera un poco más específica, los datos permiten postular la presencia de una cierta discontinuidad en el nivel micro (funcionamientos) tanto como en el nivel macro. Es cierto que un solo caso no permite formular grandes conclusiones en el nivel conceptual. Solo queda por decir que todos los niños de la muestra de la cual se eligió GA, coinciden en mostrar la diversidad en los itinerarios. El reto es seguir construyendo indagaciones en los

dos niveles, tanto en el campo de lo conceptual de la psicología del desarrollo, como de los hechos con estudios empíricos, ahondando en lo metodológico para seguir avanzando.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar sus agradecimientos a los profesores Ernesto Combariza y Marijn van Dijk por su colaboración metodológica.

Referencias

- Brainerd, C.J. (2006). Developmental Review's most influential articles. *Developmental Review* 26, 1–14.
- Cheshire, A., Muldoon, K.P., Francis, B., Lewis, C.N., & Ball, L.J. (2007). Modelling change: New opportunities in the analysis of microgenetic data. *Infant and Child Development*, 16, 119–134.
- Courage, M., & Howe, M. (2002). From infant to child: The dynamics of cognitive change in the second year of life. *Psychological Bulletin*, 128, 250–277.
- Fischer, K., & Bidell, T. (2006). Dynamic development of psychological structures in action and thought. En W. Damon & L. R.M. (Eds.), *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development* (pp. 1–62). New York: John Wiley & Sons.
- Gottlieb, G. M. (1998). Normally occurring environmental and behavioral influences on gene activity: From central dogma to probabilistic epigenesis. *Psychological Review*, 105, 792–802.
- Guevara, M. & Riascos, Y. (2008). Cómo capturar la variabilidad usando la técnica de mínimos y máximos. Manuscrito no publicado.
- Guevara, M. (2007). Aproximación dinámica al funcionamiento de herramientas cognitivas. Tesis de maestría no publicada, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Hayes-Roth, B., & Hayes-Roth, F. (1979). A cognitive model of planning. *Cognitive Science*, 3, 275–310.
- Juhel, J. (2005). Les systèmes dynamiques non linéaires dans l'étude de la variabilité cognitive. En B. Cadet & R. Herin (Eds.), *La complexité : ses formes, ses traitements, ses effets* (pp. 193–216). Caen, P.U.C.
- Lewis, M. (2000). The Promise of Dynamic Systems Approaches for an Integrated Account of Human Development. *Child Development*, 71 (1), 36–43.
- Lotka, A. (1922). The Stability of the Normal Age Distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 8(11), 339–345.
- Miller, P. & Coyle, T. R. (1999). Developmental change: lessons from microgenesis. En E. K. Scholnick, K. Nelson, S. A. Gelman & P. H. Miller (Eds.), *Conceptual development. Piaget's legacy* (pp. 209–239). Mahwah, NJ: LEA.
- Miller, P. (2002). Order in variability, variability in order. Why it matters for theories of development. *Human Development*, 45, 161–166.
- Molenaar, P. C., Huizenga, H. M., & Nesselroade, J. R. (2003). The relationship between the structure of interindividual and intraindividual variability: A theoretical and empirical vindication of developmental systems theory. En U. M. Staudinger & U. Lindenberger (Eds.), *Understanding human development: Lifespan psychology in exchange with other disciplines* (pp. 339–360). Dordrecht, Holanda: Kluwer.
- Molenaar, P.C. (2004). A manifesto on Psychology as an ideographic science: Bringing the person back into scientific psychology. *Measurement*, 2, 201–218.
- Munné, F. (2008). De la globalización del mundo a la globalización de la mente. *Les Cahiers de Psychologie Politique*, 13. Disponible en: <http://lodel.irevues.inist.fr/cahierspsychologiepolitique/index.php?id=1>
- Prigogine, I. (1999). *Las leyes del caos*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Puche-Navarro, R & Ordóñez, O. (2003). Pensar, experimental y volver a pensar, un estudio sobre el niño que experimenta con catapultas En R.Puche Navarro: *El niño que piensa y vuelve a pensar*. Cali: Artes Gráficas del Valle Editores. pp109–148
- Rattermann, M.J., Spector, L., Grafmanc, J., Levind, H., & Harwarde, H. (2001). Partial and total-order planning: Evidence from normal and prefrontally damaged populations. *Cognitive Science*, 25, 941–975.
- Siegler, R. S. (1994). Cognitive variability: A key to understanding cognitive development. *Current Directions in Psychological Science*, 3, 1–5.
- Siegler, R., & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46, 606–620.
- Siegler, R.S. (2002). Variability and infant development. *Infant Behavior & Development*, 25 550–557.

- Smith, L. B. & Thelen, E. (2003). Development as a dynamic system. *TRENDS in Cognitive Science*, 7, 343-348.
- Spencer, J.P. & Perone, S. (2008) Defending qualitative change: The view from dynamical systems theory *Child Development*, 79, 1639-1647.
- Thelen, E., & Smith, L. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: MIT Press.
- van Dijk, M. & van Geert, P. (2005). Disentangling behavior in early child development, interpretability of early child language and the problem of filler syllables and growing utterance length. *Infant Behavior & Development*, 28, 99-117.
- van Dijk, M., & van Geert, P. (2007). Wobbles, humps and sudden jumps, a case study of continuity, discontinuity and variability in spatial prepositions. *Infant and Child Development*, 16, 7-33.
- van Geert, P. (2003). Dynamic systems approaches and modeling of developmental processes. En J. Valsiner, & K. J. Conolly (Eds.), *Handbook of developmental Psychology* (pp. 640-672). London: Sage.
- van Geert, P. & Steenbeek, H. (2005). Explaining after by before: Basic aspects of a dynamic systems approach to the study of development. *Developmental Review*, 25, 408-442.
- van Geert, P., & van Dijk, M. (2002). Focus on variability: New tools to study intra-individual variability in developmental data (pp. 31-66). En M. van Dijk (Ed.), *Child Language Cuts Capers. Variability and ambiguity in early child development*. Rijksuniversiteit Groningen.
- van Wezel, W., & Jorna, R.J. (2001). Paradoxes in planning. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 14, 269-286.
- Westerann, G., Mareschal, D., Johnson, M.H., Sirois, S., Spratling, Michael W., & Thomas. M.S.C. (2007). Neuro-constructivism. *Development Science Review*, 10, 75-83.
- Yan, Z., & Fischer, K. (2002). Always under construction: Dynamics variations in adult cognitive microdevelopment. *Human Development*, 45, 141-160.

Fecha de recepción: 2 de abril de 2009
Fecha de aceptación: 12 de octubre de 2009

Anexo

Tabla 1. Matriz de valoración de desempeños

Nivel	Criterios de Desempeño	Planificación e Inferencia Espacial	
		Consideraciones	Omisiones
Estructura General de la Meta	1 Pasos fuera del área del objeto Con errores de choque Sobrepasar el objeto 2 o más pasos	Poca coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro Poca anticipación a la meta	No se anticipa economía de pasos No se anticipa ni prevé el choque con obstáculos
	2 Pasos fuera del área del objeto Con errores de choque Recoger directamente el objeto	Anticipación a la meta	No se anticipa economía de pasos No se anticipa ni prevé el choque con obstáculos
	3 Pasos fuera del área del objeto Sin errores de choque Recoger directamente el objeto	Coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro Se anticipa y prevé el choque con obstáculos Anticipación a la meta	No se anticipa economía de pasos
Reduccion del Espacio Problema	4 Pasos dentro del área del objeto Con errores de choque Sobrepasar el objeto más de 2 pasos y devolverse para recogerlo	Se anticipa economía de pasos Poca coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro Poca anticipación a la meta	No se anticipan obstáculos
	5 Pasos dentro del área del objeto Con errores de choque Sobrepasar el objeto 2 pasos y devolverse para recogerlo	Se anticipa economía de pasos Poca coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro Poca anticipación a la meta	No se anticipan obstáculos
	6 Pasos dentro del área del objeto Con errores de choque Recoger directamente el objeto	Se anticipa economía de pasos Poca coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro Anticipación a la meta	No se anticipa ni prevé el choque con obstáculos
Relacion Parcial Medios - FINES	7 Pasos dentro del área del objeto Sin errores de choque Sobrepasar el objeto más de 2 pasos y devolverse para recogerlo	Se anticipa economía de pasos Coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro poca anticipación a la meta	-
	8 Pasos dentro del área del objeto Sin errores Sobrepasar el objeto 2 pasos y devolverse para recogerlo	Se anticipa economía de pasos Poca coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro Poca anticipación a la meta	-
	9 Pasos dentro del área del objeto Sin errores de choque Recoger directamente el objeto	Se anticipa economía de pasos Se anticipa y se prevé el choque con obstáculos Poca coordinación espacial entre vectores y desplazamiento del carro Anticipación a la meta	-

Nivel	Criterios de Desempeño	Planificación e Inferencia Espacial	
		Consideraciones	Omisiones
Relacion Global Medios - FINES	10 Pasos ideales (pasos mínimos) Sin errores de choque Recoger directamente el objeto	Se anticipa y prevé economía de pasos Se anticipa y se prevé el choque con obstáculos Coordinación espacial entre los vectores y el desplazamiento del carro Anticipación a la meta	