

Compiladora:  
**Rebeca  
Puche  
Navarro**

Ψ Colección Psicología

# ¿ES LA MENTE NO LINEAL?



Programa  editorial

Este libro es el resultado de una especie de “experimento” que emprendieron estudiantes y profesores del doctorado en Psicología. Se trataba, a lo largo de varios semestres, de trabajar los sistemas dinámico no lineales y desde esa plataforma repensar la psicología del desarrollo. Se habla de experimento porque, tratándose del primer doctorado en psicología en el país, era importante re-construir y trazar nuevas vías y modalidades de formación y entrenamiento para los investigadores. Los sistemas dinámicos no lineales por su parte, abren la posibilidad de ser fiel a esa máxima según la cual los doctorados deben cambiar nuestra forma de pensar.



# ¿ES LA MENTE NO LINEAL?



Colección Psicología

## **REBECA PUCHE NAVARRO**

Profesora de la Universidad del Valle donde dirige el Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultural y coordina el Doctorado de Psicología. Hizo sus estudios en la Universidad nacional en Bogotá, en la EHSS en París y en la Universidad de Ginebra en Suiza. Sus áreas de interés son el desarrollo y el cambio cognitivo, en el cual ha escrito, en el cual ha escrito un buen número de artículos y libros.

**REBECA PUCHE NAVARRO**

Compiladora

# ¿ES LA MENTE NO LINEAL?



Colección Psicología

¿Es la mente no lineal? / compiladora Rebeca Puche Navarro. --  
Santiago de Cali : Programa Editorial Universidad del Valle, 2009.  
166 p. ; 24 cm. -- (Colección libros de investigación)  
Incluye bibliografía e índice.  
1. Cognición - Investigaciones 2. Teoría del conocimiento -  
Investigaciones 3. Cognición en niños - Investigaciones 4. Psicología  
cognoscitiva - Investigaciones 5. Psicología evolutiva - Investigaciones  
I. Puche Navarro, Rebeca, comp. II. Serie.  
153.4 cd 21 ed.  
A1233794

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

**Universidad del Valle**  
**Programa Editorial**

Título: *¿Es la mente no lineal?*

Compiladora: Rebeca Puche Navarro

ISBN: 978-958-670-748-0

ISBN PDF: 978-958-755-612-1

DOI: 10.25100/peu.181

Colección: Psicología

**Primera Edición Impresa**      **septiembre 2009**

**Edición Digital**                      **junio 2017**

Rector de la Universidad del Valle: Édgar Varela Barrios

Vicerrector de Investigaciones: Javier Medina Vásquez

Director del Programa Editorial: Francisco Ramírez Potes

© Universidad del Valle

© Los Autores

Diseño de carátula: Artes Gráficas del Valle Editores-Impresores Ltda.

Este libro, o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad del Valle.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación (fotografías, ilustraciones, tablas, etc.), razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

Cali, Colombia, junio de 2017

## CONTENIDO

<b>Prólogo</b>	
<i>Frederic Munné</i> .....	13
<b>Introducción</b> .....	15
<b>Capítulo 1:</b>	
<b>De los sistemas dinámicos no lineales al desarrollo cognitivo</b>	
<i>Adriana de la Rosa Alzate, Liliam Patricia Rodríguez Burgos</i> <i>y Julio César Ossa Ossa</i> .....	17
<b>Capítulo 2:</b>	
<b>Entre nubes, relojes y fractales: un acercamiento a las relaciones de los sistemas dinámicos no lineales y el desarrollo cognitivo</b>	
<i>Mauricio Cortés, Ernesto Combariza y Rebeca Puche Navarro</i> .....	45
<b>Capítulo 3:</b>	
<b>De Bloomington, USA, a Groningen, Holanda: de Thelen a van Geert, dos perspectivas del desarrollo desde los sistemas dinámicos</b>	
<i>Julián González, Jacqueline Benavides, Yilton Riascos</i> .....	73
<b>Capítulo 4:</b>	
<b>El uso de la wavelet para el estudio de los funcionamientos inferenciales en niños pequeños</b>	
<i>Ernesto Combariza y Rebeca Puche Navarro</i> .....	111
<b>Balance Provisional</b> .....	135
<b>Posfacio</b>	
<i>Jaan Valsiner</i> .....	139

Índice de autores .....	147
Presentación de los autores .....	151

### **Cronología aproximada**

<i>Ernesto Combariza y Rebeca Puche Navarro</i> .....	153
-------------------------------------------------------	-----

## **LISTA DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO 1**

<b>Figura 1.1.</b> Péndulo simple .....	19
<b>Figura 1.2.</b> Representación esquemática del problema de los tres cuerpos donde se observa la interacción entre Tierra, Sol y Luna.....	21
<b>Figura 1.3.</b> Representación lineal del crecimiento de una población .....	22
<b>Figura 1.4.</b> Ilustración del Modelo Lotka-Volterra: “Interacción presa-predador”.....	23
<b>Figura 1.5.</b> Representación geométrica del efecto mariposa .....	25
<b>Figura 1.6.</b> Relaciones entre los niveles macro y micro .....	31
<b>Figura 1.7.</b> Representación del comportamiento emocional madre-niño en una gráfica de <i>State Space Grids</i> (tomado de “The GridWare Manual” <a href="http://www.statespacegrids.org">http://www.statespacegrids.org</a> .) .....	34

### **CAPÍTULO 2**

<b>Figura 2.1.</b> Ec. Logística con $r=0.1$ .....	61
<b>Figura 2.2.</b> Ec. Logística con $r=1.99$ (at. de punto) .....	61
<b>Figura 2.3.</b> $r=2.2$ (at. cíclico) .....	61
<b>Figura 2.4.</b> Ec. Logística con $r=2.8$ (at. caótico) .....	62
<b>Figura 2.5.</b> Bifurcación en la Ec. Logística (cambiando $r$ ).....	62
<b>Figura 2.6.</b> Sensibilidad a las condiciones iniciales.....	62
<b>Figura 2.7.</b> Campana de Gauss .....	64
<b>Figura 2.8.</b> Invarianza de escala.....	65
<b>Figura 2.9.</b> Versión gráfica del “Polvo de cantor” .....	66
<b>Figura 2.10.</b> El sombrero mexicano.....	67

### **CAPÍTULO 4**

<b>Figura 4.1.</b> Situación humorística versión gallina .....	119
<b>Figura 4.2.</b> Conjunto de los desempeños de ocho sujetos con la técnica gráfica de mínimos y máximos .....	122
<b>Figura 4.3.</b> Conjunto de los desempeños de seis sujetos con la técnica gráfica de mínimos y máximos.....	122
<b>Figura 4.4.</b> Las wavelets de todos los 22 niños de la muestra .....	125
<b>Figura 4.5.</b> Cuenca de atractores.....	127
<b>Figura 4.6.</b> Cálculo de la multifractalidad en los desempeños de Isabela .....	128

## LISTA DE TABLAS

### **CAPÍTULO 2**

<b>Tabla 2.1.</b> Contraste entre modelos estáticos/dinámicos y lineales/ no lineales en psicología: estado actual y perspectivas futuras, según Luce (1999).....	52
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### **CAPÍTULO 4**

<b>Tabla 4.1.</b> Estructura de la tarea con la secuencia en términos de resolución de problema .....	120
<b>Tabla 4.2.</b> Diseño del conjunto de experimentos y orden de las versiones a lo largo de las nueve sesiones .....	121

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores del libro desean agradecer a Jaan Valsiner por su generosidad y apertura en la discusión. Mucho de su talante llevó a la elaboración de los capítulos de este libro; a Mariela Orozco, por su paciente labor de evaluación, corrección y discusión, tanto de algunos problemas teóricos que se plantean, como de la escritura de algunos capítulos. Igualmente, es necesario mencionar el apoyo de Alberto Bohórquez en los tratamientos de cálculo en la utilización de la wavelet. Este tipo de empresas son imposibles sin colegas como ellos.

A los miembros más jóvenes del grupo de Cognición y Desarrollo Representacional, Mónica Roncancio, Hernando Taborda y Carlos Mauricio Castaño, quienes participaron en las traducciones, apoyaron la cronología, y buena parte de la recolección de la muestra así como el sin fin de tareas que estos proyectos tienen. Ellos merecen nuestro agradecimiento.

Buena parte de este libro surge del trabajo alrededor del proyecto de investigación *El desarrollo cognitivo desde los sistemas dinámicos no lineales: un intento empírico*. Identificado con el consecutivo 139 y financiado en la convocatoria interna de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle de 2006, del grupo Cognición y Desarrollo Representacional del Centro de Investigaciones de Psicología Cognición y Cultura. Reconocemos la importancia del respaldo institucional que estas iniciativas tienen para el trabajo investigativo y la formación de investigadores.

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## PRÓLOGO

Se cuenta que en cierta ocasión preguntaron a Picasso qué hacía para estar inspirado y respondió que la inspiración le llegaba trabajando. Es el caso de la profesora Rebeca Puche. Su incansable e incesante actividad le ha inspirado una pregunta de gran calado: ¿es nuestra mente no lineal? Su respuesta y la de sus colaboradores ha requerido todo un volumen. En éste, como dicen los propios autores, adoptan “uno de los nuevos enfoques que parecen revolucionar el mundo de las ciencias: los sistemas dinámicos no lineales” para profundizar en el desarrollo cognitivo de nuestra mente.

La no linealidad es provocativa para la investigación científica, entre otras cosas porque conlleva asumir la impredecibilidad. Esta supone un serio problema para el conocimiento establecido, pero se ajusta a los hechos de la realidad humana. Por citar algunos a gran escala: nadie esperaba la brusca caída del muro de Berlín y menos la total desaparición de la URSS. Al Club de Roma le sobrevino internet, pues en ninguno de sus famosos informes sospechó su posibilidad. Y Emeritus Moore, presidente de Intel, la más importante empresa de microprocesadores del mundo, cuenta que a mediados de los años setenta alguien le vino con una idea de lo que básicamente sería años después el PC, proponiéndole colocar un microprocesador 8080 con un teclado y una pantalla para venderlo en el mercado doméstico. Moore preguntó para qué podía servir una cosa así y al oír que las amas de casa podrían llevar las cuentas, rechazó la propuesta, porque “personalmente no vi nada útil en esa idea”. Son hechos incomprensibles en un mundo lineal. Sólo desde la no linealidad tienen sentido.

El recuerdo ahora de otro estudio de la profesora Puche y su equipo me da pie para ilustrar esta última afirmación. Me refiero al humor (*El sentido del humor en el niño*, 2002), una de las manifestaciones no por cotidianas menos complejas de nuestra mente. El humor es inexplicable desde la linealidad. Aunque hay cierto consenso en que la incongruencia cognitiva está en su base, el tema de fondo es por qué y cómo, diferencias individuales aparte, esa incongruencia divierte y hace sonreír o reír. A mi modo de ver, la cuestión está justamente en la forma de darse la impredecibilidad en el relato sobre una

situación que reúne las propiedades paradójicas de la complejidad: una conjunción aparentemente sin sentido del orden y el “desorden” caótico, una ambigüedad borrosa de los juegos de palabras, el salto catastrófico en un punto límite, la fractalidad de lo conocido que reaparece de un modo nuevo. Dicho brevemente, el humor es un *fair play* linealmente absurdo, en el que se espera algo no esperable. De ahí, su no linealidad.

Hay más: la no linealidad del humor se caracteriza por ser suicida, porque la segunda vez deja de ser humor. En el chiste hay una descarga entrópica, que desgasta la no linealidad, ya que una vez contado queda reducido a la linealidad. Por esto, los humoristas se ven abocados a una creación continua, so pena de “quemarse”. Pero la no linealidad, no siempre conlleva irrepitibilidad y esto sin merma de la novedad. Es el caso del arte, en el que lo mismo puede ser distinto. Releer a Shakespeare o a García Márquez, contemplar de nuevo un Goya o un Picasso, escuchar a Bach o a Mozart una vez más, nos lleva a descubrir nuevos matices, en los que pequeños detalles se hacen grandes, y el goce de la mente en vez de decrecer aumenta y se refina. La fractalidad de sus obras las hace inagotables.

La siguiente *boutade*, como el principio de Heisenberg al que alude, es ininteligible desde la linealidad: Dicen que los físicos cuánticos no pueden hacer el amor, porque si encuentran la posición no encuentran el momento, y si disponen del momento no dan con la posición. Permítaseme un parangón, ahora sin clave de humor: entre los estudiosos lineales del desarrollo cognitivo surge un dilema similar: si asumen a Piaget se les escapa Vigotsky, y si siguen a éste, no pueden entender a Piaget. Intuyo que un enfoque no lineal de uno y otro y, por lo tanto, del desarrollo cognitivo (y afectivo) puede permitir ir más allá de ambos a partir de ambos, en busca de nuestra mente como un sistema complejo adaptativo.

El reduccionismo implícito en las concepciones lineales sobre la mente y su desarrollo puede comprenderse con un símil sobre la simplicidad de lo lineal y la complejidad de lo no lineal. En cierto modo, la simplicidad es como circular por una autopista hacia un lugar determinado que nos permite llegar directamente a él, con rapidez y seguridad. En cambio, en la complejidad se prefiere ir por una carretera que va atravesando paisajes y pueblos, y permite bajarse y pasear cuando place para ver algo interesante o descubrir lo desconocido, todo ello sin fijar una ruta precisa de llegada. En este segundo caso, se tienen como compañeros de viaje la indeterminación, la duda, la incertidumbre, la posibilidad, la libertad, lo distinto, lo nuevo... Expresado con el lenguaje propio del paradigma de la complejidad: viajar por la autopista es al precio de generar “información faltante”, esto es de renunciar a ella aunque puede ser muy valiosa sino decisiva. A evitar esta pérdida apuntaba sin duda el concepto metodológico de *Umweg*, empleado por el frankfurtiano Walter Benjamin para referirse a la búsqueda y encuentro de la realidad a través de un “rodeo”.

Esas son algunas de las reflexiones que me ha proporcionado la lectura de este libro. Con él, sus autores, además de enriquecer la escasa bibliografía existente sobre la no linealidad del desarrollo cognitivo, dan un importante paso hacia el conocimiento de nuestra mente en términos de su complejidad.

*Frederic Munné*

*Catedrático emérito de la Universidad de Barcelona*

## INTRODUCCIÓN

Este libro es el resultado de una especie de ‘experimento’ que emprendieron estudiantes y profesores del doctorado en Psicología y miembros del grupo de investigación en Desarrollo Representacional de la Universidad del Valle. Se trataba, a lo largo de varios semestres, de trabajar los sistemas dinámicos no lineales (de ahora en adelante SDNL), y desde esa plataforma repensar la psicología del desarrollo.

Se habla de experimento porque, tratándose del primer doctorado en psicología en el país, era importante re-construir y trazar nuevas vías y modalidades de formación y entrenamiento para los investigadores. Los SDNL eran un marco referencial propicio y privilegiado donde conceptualizar el desarrollo cognitivo.

El libro está conformado por cuatro capítulos. En el primero se recorre uno de los itinerarios más visibles de la aparición de los SDNL en la historia, aquel que va de Galileo y el péndulo, hasta la teoría del caos y el atractor extraño que identifica los SDNL en la década de los sesenta. Sigue con una presentación de tres tipos de trabajo de los SDNL en el terreno de las ciencias sociales: el trabajo de Isaza y Campos, sobre el conflicto armado colombiano; el trabajo del canadiense Lewis en psicología; y la propuesta de Fischer en psicología del desarrollo. Tres propuestas distintas con acentos conceptuales diferenciados y con algunas ilustraciones empíricas para su mejor comprensión. Al cierre del capítulo se resume lo que tienen de comparable y diferenciado las propuestas presentadas.

El segundo capítulo teje de manera más estrecha la relación entre SDNL y psicología del desarrollo propiamente dicha. Por una parte intenta mostrar la crisis conceptual de la psicología, y para ese estado de cosas destaca la pertinencia de conceptos nodales de los SDNL, tales como emergencia, auto-organización, multiniveles, entre otros. Aspira a presentar de la manera más ágil y menos árida posible, algunos de los conceptos duros de los SDNL como la ecuación logística, las nociones de fractal y atractor y la técnica de las wavelet.

El tercer capítulo ya entra directamente en la apropiación que, dos psicólogos del desarrollo, hacen de los SDNL: Thelen y van Geert. Identifica tanto la belleza conceptual

que Thelen encuentra en los sistemas dinámicos, como el talento con el que van Geert, utiliza tratamientos de las metodologías dinámicas para intentos de modelización de la información obtenida. Al seguir el decurso cronológico y conceptual de Thelen se entienden las razones que la llevan a optar por los sistemas dinámicos y se logra apreciar el panorama de los criterios en juego. En el caso de van Geert, ese decurso tiene que ver más directamente con la concepción misma del desarrollo y con su apropiación de corte metodológico y no solo heurística de los sistemas dinámicos. El resultado es entonces un avance en profundidad sobre opciones de investigadores en psicología acerca de esa nueva concepción.

Finalmente el cuarto capítulo ilustra una de las hipótesis conceptuales del trabajo del grupo, y ofrece algunas respuestas a los problemas del cambio, y a establecer posibles patrones detrás de la abrumadora presencia de la variabilidad. Trabaja la tesis de que los funcionamientos inferenciales, tienen una estructura multifractal y expone lo que ello significa. La utilización de las wavelet como una técnica propia de los sistemas dinámicos, y con la que el equipo quiere identificarse en este primer recorrido por los SDNL, implica una elección fuerte respecto a un amplio espectro de posibilidades.

Los modos de preparar investigadores en una formación doctoral, no se han terminado de inventar, como dicen. Eso vale tanto para Colombia como para otros lugares en el mundo. Este ejercicio propuesto desde el doctorado de Psicología en la Universidad del Valle le ha apostado a nuevas conceptualizaciones. Al proponer incursionar en los SDNL ha tratado de ser fiel a esa máxima según la cual los doctorados deben cambiar nuestras formas de pensar. Esa renovación en la formación conceptual, está ligada a procesos metodológicos y técnicos del trabajo. En esos niveles tanto conceptual como metodológico cada participante puede elegir opciones y optar por vías que se ajustan *grosso modo* a los planteamientos generales del doctorado. Este libro es el primer paso y será seguido sin duda por las publicaciones y productos de cada doctorante. Es lo que veremos muy pronto.

### **DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES AL DESARROLLO COGNITIVO**

*Adriana de la Rosa Alzate*  
*Liliam Patricia Rodríguez Burgos*  
*Julio César Ossa Ossa*

El propósito de este capítulo es introducir al lector en los sistemas dinámicos, en particular, el paso de los sistemas dinámicos lineales a los no lineales y sus aplicaciones en las ciencias sociales y la psicología del desarrollo. Para ello el documento se organiza en tres partes, un primer apartado en el que se hace un breve recuento histórico de los Sistemas Dinámicos No Lineales (en adelante SDNL). En la segunda y la última parte, se ilustra esta perspectiva con investigaciones en ciencias sociales y en psicología, las cuales retoman conceptos y herramientas metodológicas de los SDNL. En ciencias sociales se analiza el caso del conflicto armado colombiano (Isaza & Campos, 2005), a través de la construcción de modelos matemáticos. El documento finaliza con la presentación de dos autores reconocidos en el campo de la psicología del desarrollo: Marc Lewis (2000a, 2000b, 2004, 2005) y Kurt Fischer (1980, 1998, 2006).

Los SDNL provienen de las llamadas ciencias duras (física, química, matemáticas) sin embargo, su fuerza y potencial heurístico es reconocido por investigadores que trabajan múltiples problemas desde la psicología del desarrollo (De Koeyer, Bellagamba & Bell, 2002; Fischer & Bidell, 1991; Fogel, 1995, 2001; Fogel, Lewis, 2000a, 2000b, 2004, 2005; Smith & Thelen, 2003; Thelen & Smith, 1994, 1998; van Geert, 1998, 2003; van Geert & Steenbeek, 2005; van Dijk & van Geert, 2007). Se podría advertir que la naturaleza de los objetos de investigación de la psicología son distintos a los de las ciencias duras, no obstante, como se verá más adelante, los conceptos y metodologías de los sistemas dinámicos abren nuevas comprensiones para el estudio del desarrollo cognitivo.

## **PRIMERA PARTE: RECUENTO HISTÓRICO DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES**

En la historia de los sistemas dinámicos existe un cierto acuerdo en varios autores en organizarla en cuatro momentos: los aportes de Galileo Galilei, Newton y las contribuciones de Poincaré (Campos, 2007; Combariza, 2007; van Geert, 2003). En el siglo XX se hace referencia a los trabajos de Lorenz, Lotka y Volterra (1925, 1926), con la ecuación predador-presa.

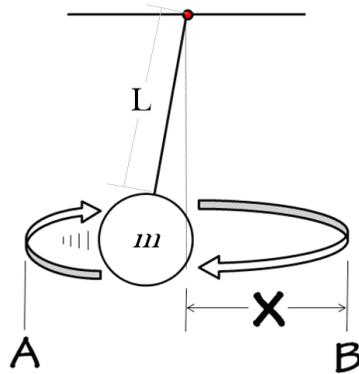
Para efectos de ilustración se presentan los conceptos sobre los SDNL como una historia de evolución constante. Sin embargo, entender su construcción a lo largo del tiempo implica armar un rompecabezas, un tejido conceptual que se edifica a partir de los avances que provienen de distintas disciplinas (química, física, matemáticas, filosofía). En este punto se hace un recorrido histórico para entender cómo surgen conceptos centrales en los sistemas dinámicos como: sistema, no linealidad, interacción, auto-organización, emergencia.

### **GALILEO**

Galileo Galilei (1564-1642) es el representante de la “revolución histórica”, su trabajo da lugar a la ciencia moderna que basa sus descubrimientos en los hechos (Stengers, 1998). Su incorporación del “experimento” tiene un lugar decisivo en la búsqueda de las regularidades de la naturaleza cuyo estudio exige experimentos cuantificables e idealmente reproducibles.

Galileo sienta las bases de la dinámica a partir de su indagación sobre el péndulo simple. La revolución tecnológica y científica se gesta a lo largo de toda la edad media con el vaivén del péndulo para afianzarse en el siglo XVII. Esta revolución se apoya en el trabajo de observación y registro de datos que tiene en el estudio del péndulo un referente para la introducción a los sistemas dinámicos lineales, de hecho el péndulo se puede considerar como el primer sistema dinámico estudiado (Combariza, 2007).

Por medio del movimiento armónico simple, Galileo (1585/90) caracteriza un sistema dinámico lineal a partir de los elementos en interacción, en este caso la relación entre el desplazamiento del péndulo, el tiempo y la velocidad. El péndulo es un buen ejemplo de un sistema regular cuya evolución en el tiempo es completamente predecible. La pregunta es ¿por qué en la historia de la ciencia se acude a los sistemas dinámicos? Con Galileo se modela el péndulo en forma lineal y se muestra el funcionamiento del sistema en el que se mantienen las variables dentro de un límite, aquello que perturbe el sistema se considera ruido y se desecha porque daña el equilibrio perfecto. Esta mirada corresponde con un momento de la ciencia en la que el interés son los sistemas estables y en equilibrio. La figura 1.1 representa los componentes del péndulo simple y su movimiento en el espacio.



**Figura 1.1. Péndulo simple**

El péndulo simple se define como una partícula de masa  $m$  suspendida de un punto fijo por un hilo de longitud  $l$ . La ley del péndulo de Galileo está representada en la siguiente fórmula:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{Ecuación 1}$$

En la ecuación 1  $T$  es el periodo de oscilación y  $g$  es la gravedad. La oscilación del péndulo supone que cambia de posición respecto del centro, alrededor del equilibrio y constituye el modelo de un sistema que va indefectiblemente hacia el reposo, cuya oscilación va disminuyendo a medida que transcurre el tiempo (Combariza, 2007). Esta evolución en el tiempo se mantiene dentro de una región del espacio, a la región que marca el péndulo se le llama un atractor. Este concepto es esencial en el lenguaje de los SDNL y se volverá sobre él más adelante.

En el seguimiento del sistema del péndulo se puede establecer una relación de datos de tiempo, es decir, para cada posición se tiene un tiempo correspondiente. El resultado es que se tienen valores sucesivos a partir de los cuales se construye una tabla que muestra regularidades sobre el comportamiento del péndulo. Después de un cierto valor Tiempo (tiempo de isocronismo) se encuentra una particularidad, los valores de  $X$  vuelven a ser el valor  $X_1$  (valor inicial). Esto quiere decir que el sistema va al lado extremo y regresa al mismo punto como un sistema periódico.

El descubrimiento de la relación del comportamiento del péndulo en relación con el tiempo se le conoce como isocronismo, (*iso*= igual y *crono*= tiempo). Idealmente, el tiempo que toma en ir y regresar hasta el punto medio es el mismo. En esta comprensión del funcionamiento del péndulo no se tienen en cuenta factores externos como el aire, la fricción (la cuerda en el soporte) y el impulso, éstos se incluyen posteriormente cuando se estudian los sistemas abiertos.

El sistema perfecto del péndulo entra en crisis si se consideran cambios en las variables. ¿Qué sucede si se cambia la fuerza que se le aplica? Con el cambio en la magnitud del im-

pulso se está frente al paso de un sistema dinámico lineal a un sistema dinámico no lineal ya que el sistema equilibrado y predecible pasa a un movimiento irregular y casi caótico.

En intervalos cortos en el tiempo, el movimiento del péndulo es lineal. Al superar los 10 grados ya no es isócrono, cuando el péndulo pasa de cierto límite, la curva se hace repetitiva, el período es diferente, se genera un movimiento de liberación y se habla de un punto expulsor. El periodo deja de ser dependiente de la amplitud, esta dependencia funciona bien para valores pequeños para los cuales existe el equilibrio ya que hay un punto atractor.

Galileo diseña experimentos de sistemas en equilibrio en los cuales incluye la variable tiempo y su relación con la velocidad. Newton retoma estos estudios y formula tres leyes que dan cuenta de cualquier fenómeno en la tierra, desde la fuerza de gravedad con la que caen los objetos hasta el movimiento de los planetas.

## **NEWTON**

Luego de Galileo, otro momento reconocido en la historia de los sistemas dinámicos se sitúa en los siglos XVII y XVIII. Newton (1666), con las leyes del movimiento se representa en un modelo matemático la gravitación general. Newton representa el movimiento elíptico de los planetas, según el modelo de Kepler, por medio de las tres leyes del universo: inercia, fuerza, acción y reacción. El introduce la fuerza de atracción gravitacional a la tercera ley de Kepler y deriva las tres leyes fundamentales de la mecánica celeste, estas leyes físicas que rigen el movimiento de la tierra alrededor del sol se expresan por medio de una ecuación diferencial, la cual informa sobre el comportamiento de un fenómeno físico y sus razones de cambio a través del tiempo. En las ecuaciones diferenciales se utiliza la derivada, la cual mide la razón (valor) de cambio de las variables en relación con el tiempo. Se denominan ecuaciones diferenciales porque el investigador formula hipótesis sobre las relaciones entre los elementos del sistema (qué cambia si aumenta la velocidad, si hay variaciones en la rotación) y las representa a través de los cambios en los parámetros por medio de los espacios de fase del sistema y su desarrollo a lo largo del tiempo.

Newton y Leibniz construyen el cálculo diferencial, éste es el método matemático que hace posible estudiar y formalizar el cambio continuo (van Geert, 2003). En este modelo el sistema solar puede concebirse como una serie de engranajes que articulados traducen la mecánica celeste. La teoría newtoniana se va a calificar de determinista de acuerdo a lo planteado por Laplace (1776) quien sostiene que si se conoce la velocidad y la posición de todas las partículas del universo en un instante, se puede predecir con total certeza el futuro del sistema.

Newton resuelve el problema de los dos cuerpos en interacción (en el sistema solar) y con las leyes del movimiento se abre la posibilidad de predicción, de acuerdo con esta ley, si se tiene la posición de los objetos y las velocidades, se puede determinar la posición del objeto en cualquier momento en el tiempo.

Con esta idea se recogen gran cantidad de datos y observaciones sobre el sistema planetario. Una lista enorme de datos organizados cuya información está constituida por la posición y la velocidad de un planeta en el espacio y en un instante de tiempo determinado. La recolección de datos no es azarosa, los investigadores de la época desarrollan un sistema intuitivo para poder observar secuencialmente lo que ocurre en el proceso.

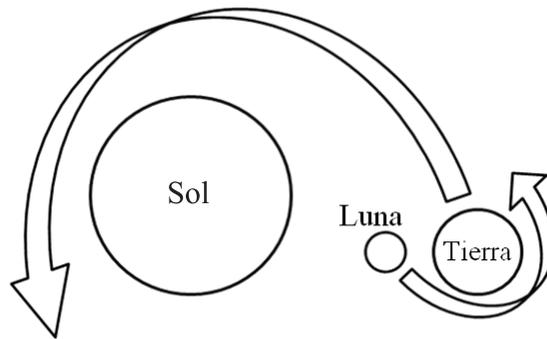
Newton retoma este cúmulo de datos y los plasma en ecuaciones, que desde la perspectiva de Campos (2007) son el origen de los sistemas dinámicos porque los planetas son objetos cuyo desplazamiento en el espacio pone en interacción, la velocidad de desplazamiento, la distancia que recorre y su evolución en el tiempo. Por lo tanto, se puede afirmar que la teoría newtoniana es eficaz para predecir la evolución del sistema planetario en el tiempo.

### **POINCARÉ**

Poincaré estudia el problema de la estabilidad del sistema solar, no con dos (como hizo Newton) sino con tres planetas. Entre 1892 y 1899 publica tres volúmenes sobre *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*. Su inquietud es ¿por qué el sistema solar es estable y no colapsa? La cuestión se centra en la estabilidad de los sistemas, comprender las razones por las cuales no se rompe el alineamiento del sistema, por qué los planetas no colapsan al girar alrededor del sol.

Una de las dificultades frente al problema de los tres cuerpos es que no es tan sencillo predecir el futuro del sistema porque pequeños cambios en el punto de partida de la trayectoria de un planeta puede llevar a trayectorias completamente distintas. En este caso, conocer la posición inicial de un cuerpo exige tener datos precisos y no siempre esto es posible ya que no existen instrumentos de medición ideales que operen con números de cifras significativas. Dado que la situación inicial de un cuerpo no es idéntica en el sentido matemático, de ahí que las trayectorias de los cuerpos pueden ser distintas e impredecibles (Campos, 2006).

La figura 1.2 muestra una representación de las interacciones de tres cuerpos en el sistema solar (Sol, Tierra y Luna).



**Figura 1.2. Representación esquemática del problema de los tres cuerpos donde se observa la interacción entre Tierra, Sol y Luna.**

La consecuencia de la observación de Poincaré sobre el problema de los tres cuerpos se relaciona con la precisión de los datos experimentales,<sup>1</sup> ya que los sistemas no lineales

---

<sup>1</sup> El problema de la precisión en la medición sólo se pudo resolver con la invención del computador, por ello, su aparición hace posible el avance de los sistemas dinámicos no lineales, ya que los tratamientos metodológicos exigen rastrear y tener en cuenta datos con cambios muy pequeños que antes se desechaban.

(como el sistema planetario) pueden ser altamente sensibles a pequeños cambios en las condiciones iniciales y esto tiene implicaciones importantes en el futuro de un sistema.

Los sistemas dinámicos no lineales contradicen la idea de la reproductibilidad de los experimentos ya que son sistemas que ante pequeños cambios, presentan variaciones de gran magnitud (se reflejan en bifurcaciones, turbulencias, etc.), lo cual explica por qué en sistemas aparentemente similares se presentan resultados distintos e impredecibles (Campos, 2007).

Poincaré le da un nuevo estatus a los pequeños cambios, a las irregularidades; lo que en la época de Galileo y Newton eran errores, datos que había que desechar, con Poincaré estos “errores” son fundamentales para ganar en predicción y saber cuáles son los posibles desarrollos de un sistema en el futuro.

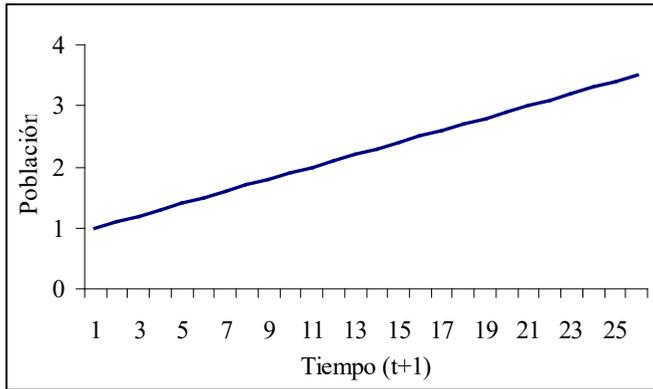
Los sistemas dinámicos no lineales ponen en crisis la visión clásica de la experimentación que venía desde Galileo, es decir, la posibilidad de reproducir o replicar experimentos que se habían realizado en otros momentos y contextos. Esta idea clásica parte del presupuesto de la relación directa y lineal entre causas y efectos. Con los trabajos de Poincaré desaparece el mito del “demonio de Laplace”, que confía en la predicción del futuro del sistema bajo la condición que se conozca el estado presente del universo con el suficiente grado de precisión.

El problema del determinismo sigue abierto al debate, algunos autores (Campos, 2007) defienden esta posición y aducen que la teoría newtoniana no es universal ni es aplicable a todos los fenómenos de la naturaleza. La teoría mecánica mantiene su rango de validez y se advierte que ese rango hay que tratar de comprenderlo para no inferir consecuencias indebidas. Además, se aboga por el poder de predicción de la teoría newtoniana ya que la descripción determinista del mundo (leyes de Newton) da lugar de manera natural al azar pero se sugiere que es necesario incorporar en la descripción un tratamiento de carácter probabilístico.

## **LOS SISTEMAS DINÁMICOS EN LOS PRIMEROS AÑOS DEL SIGLO XX**

Algunos investigadores coinciden en ubicar la ecuación Lotka-Volterra como un eje del desarrollo de los SDNL (Isaza y Campos, 2006; van Geert, 2003). En la década del veinte, estos dos ecologistas formulan (aunque de manera independiente), el principio dinámico de interacción “predador-presa”. Lotka (1925) y el matemático italiano Volterra (1926) desarrollan un modelo que describe la interacción entre una población predadora y una población presa.

Desde una concepción lineal del crecimiento de una población, el aumento se explica por la relación de dependencia exclusiva con la tasa de natalidad. Una representación lineal muestra el crecimiento ascendente de la población a lo largo del tiempo, tal como se presenta en la figura 1.3.



**Figura 1.3. Representación lineal del crecimiento de una población.**

Los modelos matemáticos tratan de ajustarse continuamente y de representar lo más fielmente posible los procesos de crecimiento poblacionales, por ello incluyen nuevas variables, por ejemplo: el acceso a los alimentos, el clima, la incidencia de los depredadores. Con el modelo de Lotka y Volterra se tiene una mirada no lineal de la interacción entre dos especies.

Anecdóticamente se cuenta que al final de la Primera Guerra Mundial, los pescadores del mar Adriático se sorprendieron porque esperaban un ascenso en la población de los peces “presa”, (por que no fueron pescados durante un buen tiempo durante la guerra). Pero no fue así porque la población predatora y la población presa interactuaron de manera que alcanzaron un cierto equilibrio en cada población. A medida que aumentaba la población predatora disminuía la población presa pero esta última influía sobre la predatora.

Una primera conclusión que se deriva de este comportamiento de las poblaciones es que el ciclo no está determinado exclusivamente por causas externas sino que se basa en una interacción dinámica de las poblaciones (Hofbauer & Sigmund, 1988). Este modelo simple captura los elementos esenciales de la dinámica predator-presa. Se supone que ambos tamaños poblacionales dependen exclusivamente del tiempo y de las interacciones entre las poblaciones y no de alguna otra variable especial.

Las variables que componen la ecuación se describen a continuación.

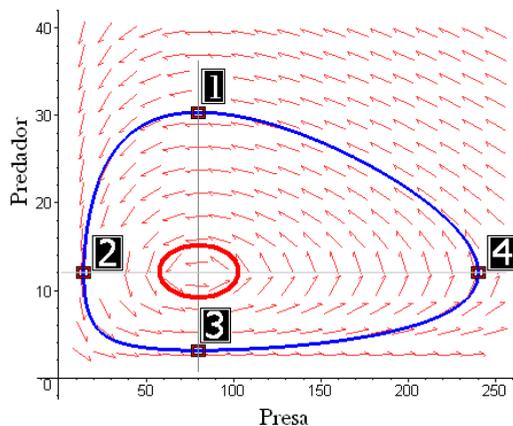
Variables de la población (x, y)

$$\frac{dx}{dt} = ax - bxy$$

$$\frac{dy}{dt} = dxy - cy \quad \text{Ecuación 2}$$

En el modelo Lotka-Volterra: “Interacción presa-predador, se tienen dos variables: (X) densidad de la población presa “conejos” y (Y) densidad de la población depredadora “lobos”. Los parámetros: (a) tasa de crecimiento natural de la población presa, (b) coeficiente de la tasa de depredación, es decir efecto de la depredación sobre la población presa, (c)

tasa de producción de crías de depredadores, que está directamente relacionada con el número de presas capturadas y (d) tasa de mortalidad de los depredadores. Los parámetros y las variables son de naturaleza determinista.



**Figura 1.4. Ilustración del Modelo Lotka-Volterra: “Interacción presa-predador”**

En la gráfica en forma ovoide<sup>2</sup> se puede ver en el eje de las x, el número de la población presa y en el eje y la población predatora. La interpretación de la figura 1.4 se hace siguiendo el sentido de las flechas. La condición inicial en la población de los conejos tiene el valor de 100 ( $x = 100$ ) y en la población de los lobos el valor es 30 ( $y = 30$ ). En el tiempo 1 la población presa de los conejos disminuye a 80 y la población predatora se mantiene cercana a los 30 individuos. Entre el tiempo 1 y 2 ambas poblaciones reducen sus individuos, la población presa baja a 14 y la población predatora a 12. En el momento en que la población de conejos disminuye, pone en peligro la subsistencia de los depredadores, entre el tiempo 2 y 3 se observa que la población presa aumenta nuevamente a 80 y los depredadores bajan a un nivel crítico de 3 individuos.

Los parámetros entran en juego, como hay menos depredadores la población presa incrementa su número en forma constante hasta llegar a 240, este aumento beneficia a los depredadores los cuales empiezan a atacar más y se inicia un ciclo de crecimiento constante de esta población. Entre el tiempo 4 y 1 aumenta la población predatora y se disminuye la población presa. La interacción de las poblaciones a lo largo del tiempo evidencia la influencia mutua entre ellas. La población predatora no acaba completamente con la población presa porque ello significaría poner en peligro su capacidad de subsistencia.

La crítica a este modelo es que tiene un escaso poder predictivo y que los parámetros permanecen constantes en el tiempo (Isaza & Campos, 2006). Sin embargo, se reconoce

<sup>2</sup> Representada a partir del siguiente código para la simulación en Maple 10

```
eq1:= 0.6*x-0.05*x*y;
eq2:= -0.4*y+0.005*x*y;
eq1a:= diff(x(t),t)=subs(x=x(t),y=y(t),eq1);
eq1b:= diff(y(t),t)=subs(x=x(t),y=y(t),eq2);
IC1:= [[x(0)=100,y(0)=30]];
```

que es un referente obligado y con algunos ajustes hoy facilita el estudio de otros sistemas naturales en distintas situaciones, por ejemplo: el estudio y manejo de plagas, la toma de medidas en la preservación de especies y el estudio de propagación de enfermedades (por ejemplo, el sida).

### **LOS SISTEMAS DINÁMICOS DESPUÉS DE LOS SESENTA**

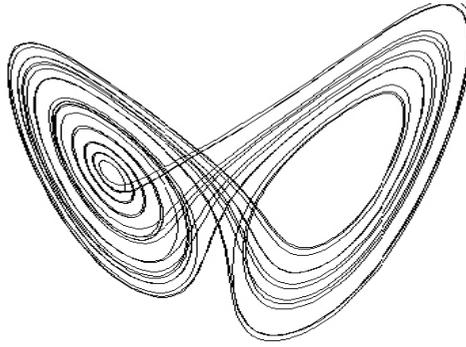
El desarrollo más fructífero del período actual de los SDNL se localiza en la década de los sesenta con un trabajo muy conocido: Edward Lorenz, a quien ya se había mencionado en sus estudios sobre meteorología que da pie a la teoría del caos.

El descubrimiento de la no linealidad, la sensibilidad a las condiciones iniciales, que en un principio se circunscribió al estudio del sistema planetario, progresivamente va a influir en otros campos y en el estudio de otros fenómenos. Pero como todo concepto fuerte, la no linealidad le va a permitir a Lorenz explicar fenómenos como los cambios meteorológicos.

La historia cuenta que Lorenz al comprobar un conjunto de cifras simplifica sus resultados de seis décimos a tres, él se sorprende mucho cuando los resultados son inicialmente muy parecidos pero luego se separan hasta que cada vez son completamente distintos. Es oportuno recordar que normalmente se trabaja con dos cifras decimales porque se considera que las milésimas no tienen una influencia significativa sobre el fenómeno que se estudia. Lorenz descubre que en meteorología (después se extendería a otros fenómenos), si se desechan tres cifras decimales no se puede predecir el comportamiento del sistema porque estos pequeñísimos cambios inciden en el desarrollo posterior.

Al incluir las cifras decimales en su programa de ordenador Lorenz descubre una representación novedosa que encuentra semejante a una mariposa. Lo que demuestra que el comportamiento del clima no es del todo azaroso y que existe una regularidad determinada por regiones de atractores que hacen que el comportamiento del sistema se ubique en cuencas de atracción y permite un margen de predicción.

Lo que se ha dicho es que el caos no se puede entender equivocadamente como desorden total sino que éste mantiene un orden que es necesario develar. Este patrón se ha explicado erróneamente en muchos lugares bajo la expresión que una mariposa que aletea en los mares del sur puede causar un huracán en Norteamérica. La realidad es que el efecto mariposa está lejos de pensarse como una relación de causalidad. Es un problema de precisión y de predicción de un sistema total. Es equivocado afirmar que el aleteo de la mariposa da origen al huracán, en sentido exacto, es parte del sistema que en un desarrollo posterior se convertirá en huracán.



**Figura 1.5. Representación geométrica del efecto mariposa**

En relación con el atractor extraño, Lorenz apunta:

Entonces supe que la atmósfera real se portaba así (como este modelo matemático), los pronósticos meteorológicos de largo plazo eran imposibles. Ello se traduce en asegurar que los sistemas dinámicos complejos tales como el tiempo climático son tan increíblemente sensibles que el menor detalle puede afectarlos (Gleick, 1987, p. 69).

En otras palabras, y como lo formula van Geert (2003), se trata de sistemas que pueden espontáneamente mantenerse bajo patrones regulares pero nunca idénticos. Patrones que despliegan repentinos desvíos sin razón aparente distinta a la de su dinámico impulso interno:

Esos procesos que ahora llamamos ‘caos’ incomprensibles antes, son entendidos en realidad como procesos determinísticos que aparentemente tienen una alta irregularidad pero que guardan un gran orden interno. Si se repite el proceso con solo una pequeña diferencia en las condiciones iniciales, su trayectoria puede inicialmente ser indistinguible. Pero luego el efecto de esa pequeña diferencia –por mínima que sea– se puede encontrar en la forma de una súbita diferencia mayor entre los dos patrones dinámicos (van Geert, 2003, p. 654).

Para quienes inician una aproximación a los sistemas dinámicos puede parecer que la mirada de los SDNL es exclusivamente cuantitativa y matemática, pero contrario a esta idea intuitiva, diversos autores (Campos, 2007; Combariza, 2007; Mc Naab, 1999) afirman que éstos corresponden a una aproximación cualitativa en las llamadas ciencias duras. Esta afirmación se justifica porque los sistemas dinámicos rompen con el modelamiento exclusivamente lineal, e intentan representar las diferentes interacciones de los elementos del sistema a través del tiempo.

## **SEGUNDA PARTE: ILUSTRACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LOS SDNL AL ANÁLISIS DEL CONFLICTO ARMADO COLOMBIANO**

Las investigaciones de Isaza y Campos son un ejemplo del trabajo que se realiza en Colombia desde los sistemas dinámicos no lineales. Este constituye una nueva mirada sobre un tema que es propio de las ciencias sociales, en el que se hace evidente la riqueza de la interdisciplinariedad, y con una formulación matemática se aproximan a problemas que parecían excluyentes de dicha formulación. También se puede presuponer que es posible un movimiento desde las ciencias sociales para evaluar y considerar estos tratamientos y su aporte en la generación de nuevo conocimiento, en este caso en el conflicto colombiano.

En el estudio de Isaza & Campos (2005) con tratamientos matemáticos en el que utilizan ecuaciones acopladas, construyen un modelo para mostrar la interacción de los tres ejércitos que participan en el conflicto armado colombiano (ejército regular, guerrilla y paramilitares).

Desde una mirada lineal sobre el conflicto armado colombiano se llega a conclusiones según las cuales éste depende de un solo factor como el militar, el económico, el número de combatientes, la dotación de armas, etc. Si se tienen explicaciones unicasales sobre el conflicto armado se buscará acabar con él a través de decisiones igualmente lineales. El trabajo de Isaza y Campos, desde los sistemas dinámicos no lineales, busca mostrar las múltiples interacciones de los factores que intervienen para que el conflicto se mantenga (vinculación de nuevos combatientes, tasas de desertión, muerte de combatientes, tasas de permanencia, etc.).

En el modelamiento matemático se incluyen como parámetros, las tasas de disminución de los ejércitos (incluida la tasa de desertión) y las tasas de vinculación de nuevos combatientes. A partir de ellas modelan la interacción a lo largo del tiempo (Isaza & Campos, 2005, p. 135). Los autores afirman que en conflictos armados de larga duración como el colombiano, es necesario tener en cuenta el reemplazo de combatientes de los ejércitos. La incorporación de combatientes en el ejército colombiano está asegurada por el servicio militar obligatorio. Mientras que, en el caso de la guerrilla el reclutamiento se da generalmente en zonas deprimidas del país e, incluso, se recurre a la fuerza.

Isaza & Campos (2005) proponen cuatro elementos para la construcción del modelo a partir de los cuales modelan el conflicto armado colombiano:

1. Introducir una variable independiente, el tiempo ( $t$ ).
2. Identificar los parámetros del sistema,  $\mu := (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_g)$ . Los parámetros se dan en rangos y para establecerlos es necesario acudir a los datos. En el caso del conflicto armado los autores acuden a datos históricos.<sup>3</sup> Los parámetros para el modelo son:
  - a. Los guerrilleros abatidos.
  - b. Los guerrilleros capturados.
  - c. Los componentes de reemplazo de la guerrilla.
  - d. Componente de reemplazo del ejército.
3. Seleccionar las variables dependientes que identifican el estado del sistema,  $x := (x_1, x_2, \dots, x_g)$ .

---

<sup>3</sup> Aquí los investigadores se enfrentan a un primer problema relacionado con la exactitud de los datos. Se conocen algunas estadísticas oficiales relacionadas con el ejército regular pero es incierto el panorama relacionado con el ejército irregular.

4. Deducir o construir las ecuaciones de movimiento que determinan la manera como el estado del sistema se transforma con el tiempo.

Una vez identificados los parámetros, Campos & Isaza (2005) suponen que la guerra está gobernada por el siguiente modelo de ecuaciones.

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -axy + r_1x \left(1 - \frac{x}{ay}\right) \\ \frac{dy}{dt} &= -bx + r_2y \left(1 - \frac{y}{N}\right)\end{aligned}\quad \text{Ecuación 3}$$

En este estudio resuelven la ecuación y este primer modelo les permite determinar los factores de vulnerabilidad del ejército y de la guerrilla. El ejército regular tiene tres factores de vulnerabilidad que son: número de combatientes, efectividad en el combate y número de guerrilleros a enfrentar. Por su parte, el ejército irregular (guerrilla) tiene como principal factor de vulnerabilidad la efectividad en el combate (Isaza & Campos, 2005).

Los autores conciben el conflicto armado colombiano como un sistema abierto que presenta interacción entre elementos internos y externos que generan una dinámica propia del sistema. El modelo muestra además características propias de los sistemas dinámicos como la no linealidad y la auto-organización. Los investigadores insisten en que estos diferentes ejércitos se regulan mutuamente, por ello, para entender y acabar con el conflicto es indispensable comprender los mecanismos que lo mantienen. Finalmente modelan la dinámica del sistema mediante el esquema predador-presa, característica esencial del conflicto armado ya que cualquiera de los actores puede asumir el rol de predador o de presa.

### **EL PUNTO DE PARTIDA PARA MODELAR: LA ECUACIÓN DIFERENCIAL**

En física el punto de partida para estudiar un sistema dinámico es la ecuación diferencial, la cual informa sobre el comportamiento de un fenómeno físico y sus razones de cambio a través del tiempo. En las ecuaciones diferenciales se utiliza la derivada, la cual mide la razón (valor) de cambio de las variables en relación con el tiempo. Se denominan ecuaciones diferenciales porque el investigador formula hipótesis sobre las relaciones entre los ejércitos y las representa a través de los cambios en los parámetros por medio de los espacios de fase del sistema y su desarrollo a lo largo del tiempo.

Por ejemplo, si el ejército aumenta su capacidad de combate y logra disminuir el número de combatientes de la guerrilla, modelan en el espacio de fase cómo se comportaría este sistema a lo largo del tiempo. O por el contrario, formulan una ecuación diferencial en la cual se muestra cómo se comportaría el ejército irregular de la guerrilla a lo largo del tiempo.

A continuación se presenta la ecuación 4 usada para modelar las interacciones de estos dos actores:

$$\frac{dx}{dt} = \phi_1(x, y) + r_1(t)\psi_1(x, y)$$

$$\frac{dy}{dt} = \phi_2(x, y) + r_2(t)\psi_2(x, y) \quad \text{Ecuación 4}$$

$t$  es el tiempo;  $x(t)$  y  $y(t)$  designa el número de efectivos del ejército X y del ejército Y, respectivamente;  $r_i$  donde  $t$  es el tiempo;  $x(t)$  y  $y(t)$  designan el número de efectivos del ejército Y, respectivamente;  $r_1(t)$  y  $r_2(t)$  son las tasas de reemplazo de los combatientes, las funciones caracterizan el tipo de conflicto (regular o irregular).<sup>4</sup> Las ecuaciones 3 se extenderán al caso de tres variables de estado, debido a que el conflicto colombiano presenta características especiales por la presencia de tres actores armados ( $x, y, z$ ): ejército X, guerrilla Y y paramilitares Z.

En la ecuación 4 se identifica la variable independiente que es el tiempo. El siguiente paso en la construcción del modelo es la estimación de los parámetros del sistema.

Una vez construido el modelo para dos actores diseñan otro modelo para tres (ejército, guerrilla, y paramilitares). Posteriormente, diseñan futuros escenarios en donde se visualiza el comportamiento de cada modelo a través del tiempo, analizan el comportamiento dinámico del fenómeno y concluyen:

- Los modelos propuestos se deben entender como una descripción simplificada de elementos de la realidad colombiana que es compleja y multifacética.
- Los modelos son de tipo determinístico y no consideran “feed-back”. En el mundo real las estrategias se ajustan con el tiempo.
- Los modelos explican la “tentación” antidemocrática y desestabilizadora de la sociedad de hacer uso de grupos ilegales, en virtud de su mayor “eficiencia”, como apoyo a la lucha antiguerrilla.

El tratamiento metodológico que hacen es posible por la naturaleza del objeto, puesto que se cuenta con un buen volumen de datos y tienen el valor de los parámetros del sistema. Los autores de antemano establecen que el conflicto se comporta como un sistema dinámico no lineal, es decir, que cualquier cambio por mínimo que sea entre la interacción de los ejércitos puede incidir en el desarrollo del sistema. Debido a que el conflicto es un sistema no lineal, se utilizan ecuaciones diferenciales que muestran los cambios y las posibles interacciones entre las variables.

Los modelos que utilizan estos autores los denominan sistemas dinámicos deterministas, tanto de tiempo continuo como de tiempo discreto. Estos sistemas son no lineales porque en la evolución temporal del sistema se pueden presentar resultados impredecibles. Los autores se refieren a sus modelos como deterministas ya que no renuncian a que tengan algún nivel de predictibilidad, por ello sus tratamientos buscan los puntos de equilibrio del sistema y de esta manera conocer en un futuro próximo cómo se comporta el sistema en estudio.

---

<sup>4</sup> Ejércitos regulares (ejército) e irregulares (guerrilla)

En los sistemas que analizan Campos e Isaza (2005) buscan los puntos de equilibrio y los dividen en estables e inestables. Los puntos de equilibrio estables son aquellos en los cuales con el paso del tiempo, los sistemas se aproximan al estado de equilibrio. En cambio, los puntos inestables son transitorios o puntos que se alejan de los estados de equilibrio. En la trayectoria de los sistemas, en el caso del conflicto armado, linealizan puntos determinados y buscan las soluciones para estos puntos (puntos de operación).

Acuden a ecuaciones acopladas ya que ellas hacen posible la formulación de hipótesis en las que se anticipan los cambios en los sistemas de acuerdo con el comportamiento de los ejércitos (qué sucede si un ejército pierde más combatientes, si uno de los ejércitos aumenta su armamento, qué pasa si aumentan las tasas de desertión).

A través del modelamiento matemático encuentran que el aumento de pie de fuerza no contribuye a acabar con el conflicto sino a mantenerlo y a prolongarlo. Por el contrario, a partir del análisis llegan a una solución distinta, para ellos el elemento crítico es la reducción de la tasa de recuperación de la guerrilla. Los diferentes modelos muestran que la variable más sensible es la tasa de recuperación de la guerrilla ( $r_2$ ). A partir de la identificación de este valor, los autores recomiendan actuar sobre esta tasa con el propósito de disminuirla, señalan que es más humano y menos costoso que tratar de reducir el número de integrantes de los grupos ilegales solamente mediante el combate.

### **TERCERA PARTE: APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES A LA PSICOLOGÍA DEL DESARROLLO**

#### **LAS INVESTIGACIONES DE MARC LEWIS SOBRE EL DESARROLLO DESDE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES<sup>5</sup>**

En la presentación de este autor es necesario identificar que encuentra los sistemas dinámicos no lineales, en el cruce de dos caminos. El primero, es su reflexión sobre la forma cómo la psicología estudia tradicionalmente el desarrollo. El segundo, es su búsqueda metodológica cuyo propósito es ser coherente con la naturaleza cambiante de este objeto de estudio.

Marc Lewis hace una revisión de las diferentes teorías que aportan al estudio del desarrollo cognitivo: la teoría del procesamiento de información, teorías contextualistas, organísmicas, innatistas y del aprendizaje. A partir del balance de ellas concluye que “esta divergencia sugiere que cada perspectiva es limitada, incompleta o especializada y que es necesario alguna clase de integración o síntesis para lograr una imagen comprensiva del desarrollo” (Lewis, 2000b, p. 37). Propone entonces que los sistemas dinámicos pueden contribuir a integrar las diversas tendencias en una estructura fundamentada científicamente.

#### **LA CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE EL DESARROLLO**

A partir de los conceptos que se retoman desde los sistemas dinámicos no lineales, Lewis (2000b) concibe el desarrollo como “un proceso capaz de explicarse por la emer-

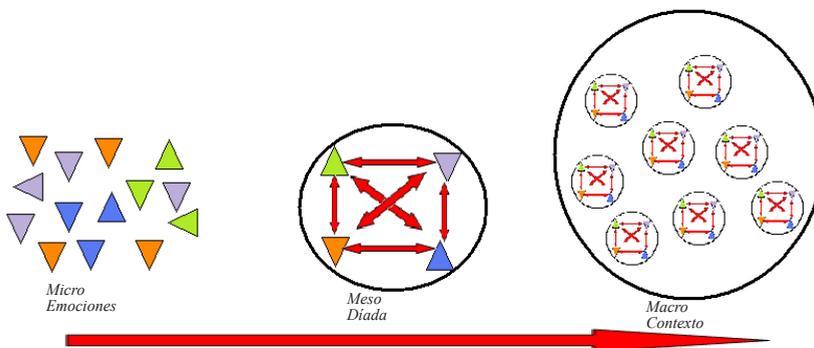
---

<sup>5</sup> Marc Lewis es director del Laboratorio sobre Cerebro y Comportamiento, del Departamento de Desarrollo Humano y Psicología Aplicada en la Universidad de Toronto (Canadá).

gencia espontánea y coherente de formas de orden superior a través de interacciones recursivas entre componentes más simples. El mecanismo que permite la emergencia de lo nuevo es la auto-organización” (Lewis, 2000b, p.36). Este concepto es central si se tiene en cuenta el interés de este investigador por fundamentar la psicología del desarrollo. Al definirlo como la emergencia espontánea y coherente de comportamientos, deja de lado la idea de que en el sujeto todo está pre-establecido o codificado genéticamente. Por lo tanto, se hace énfasis en la idea que es en la interacción de las características biológicas, genéticas, las experiencias y las situaciones en tiempo real, que se generan las condiciones para que emerja en un dominio determinado, un modo particular de actuar.

Para aclarar las implicaciones de esta perspectiva, Lewis (2000a, 2004) compara los sistemas estáticos y los dinámicos. En los primeros, que son los más conocidos en psicología, un resultado particular en cualquier dominio (lenguaje, motor, personalidad, etc.) es independiente de los eventos que ocurrieron antes en el tiempo, es una toma fotográfica. Como se sabe, estas tomas congeladas en el tiempo no permiten saber qué sucedió antes y qué sucederá después. Por el contrario, en un sistema dinámico, un hecho dado en un dominio y en un tiempo determinado, depende de su historia o valores en tiempos previos, lo que toma forma en la expresión  $x-1$ , su representación contribuye a ver el desarrollo o la trayectoria del sistema a lo largo del tiempo.

Reconceptualizar el desarrollo desde una perspectiva dinámica tiene varias consecuencias: la primera, es que se rompe con la idea de las leyes universales y descontextualizadas que aplican a todos los sujetos, independientemente de sus condiciones y contextos en tiempo real. Una segunda implicación es que el desarrollo se caracteriza porque es esencialmente multicapas, es decir, se evidencia la interacción entre los niveles macro y micro; desde el comportamiento de un grupo de células neuronales hasta la emergencia de formas de personalidad a lo largo del tiempo, como se puede apreciar en la figura 1.6 (Adaptado de Hollenstein, 2009).



**Figura 1.6. Relaciones entre los niveles macro y micro**

Una consecuencia adicional es que el debate sobre el desarrollo se desplaza desde las etapas, al interés por los cambios y las transiciones, sobre este punto Lewis (2005) afirma lo siguiente:

Los psicólogos del desarrollo no están interesados solamente en los estados estables alcanzados por los individuos a lo largo de su vida, sino también sobre los mecanismos de cambio que llevan desde un estado al siguiente. [...] El desarrollo desde un sistema dinámico se puede ver como una serie de saltos entre periodos de estabilidad y periodos de inestabilidad. Las fases estables se caracterizan por un campo de atractores que permanecen en un lugar, y guían el comportamiento en forma predecible, mientras las fases inestables se caracterizan por su debilidad y los atractores cambiantes, de manera que el comportamiento llega a ser menos predecible y más novedoso (Lewis, 2005, p. 248).

Asumir esta conceptualización sobre el desarrollo implica que el análisis se enfoca en las transiciones, que no son otra cosa que las reorganizaciones entre los diferentes elementos que conforman el sistema (por ejemplo, esquemas, conceptos, habilidades, neuronas). Estas reorganizaciones son estables y otras inestables, lo que le interesa a Lewis (2005) es capturar los momentos de estabilidad e inestabilidad durante determinado lapso de tiempo. El sostiene que en el desarrollo no todos los cambios son discontinuos, y es importante determinar cuáles cambios son graduales y cuáles son abruptos.

### **EL TIEMPO EN EL DESARROLLO**

Los investigadores reconocen que las transiciones están influenciadas por los cambios relacionados en dos escalas de tiempo: tiempo real y tiempo del desarrollo (Lewis, Lamey & Douglas, 1999; Thelen & Smith, 1994; van Geert, 2003).

En el tiempo real (periodo en el que se observa al sujeto), hay primero un período de estabilidad, lo cual refleja una estructura resistente y permanente durante un periodo de tiempo. En otro momento aparecen períodos de fluctuación o inestabilidad, cuando antiguas formas o hábitos se alternan con las nuevas y se constituyen progresivamente en formas estables en el comportamiento. En el tiempo real la conducta se auto-organiza (estabiliza) en segundos o minutos, pero este proceso puede que llegue a ser más variable y el comportamiento más indeterminado durante una fase de transición. Finalmente, algunas de esas nuevas formas o hábitos se estabilizan en el desarrollo y constituyen un nuevo régimen estructural –atractores en el espacio de estado– (Lewis, Lamey & Douglas, 1999).

Entonces ¿cómo se da el cambio en el desarrollo? El cambio está marcado por un período de fluctuación y novedad en el repertorio de las conductas, habilidades o hábitos y para verlo se necesita hacer seguimientos en el tiempo a través de estudios longitudinales. Los procesos en tiempo real dan lugar a trayectorias en el desarrollo, y éstas restringen las actividades de un sistema en tiempo real. Las actividades de un sistema dan lugar a un patrón, esto es a una estructura en el funcionamiento cognitivo, emocional, neuronal, etc, que deja huellas en el sistema y que hacen que sea más probable que este patrón reaparezca en el futuro.

Las preguntas que surgen son: ¿cuál es el mecanismo responsable de las transiciones o reorganizaciones del sistema? ¿De qué manera la competencia entre las formas de comportamientos anteriores y los nuevos comportamientos se organizan hasta alcanzar la estabilidad en el sistema? La respuesta que da Lewis (2000b, 2005) y en la que coincide con otros autores (Thelen & Smith, 1994; van Geert, 2003) es que el mecanismo que interviene es la *auto-organización*.

De acuerdo con el principio de auto organización los componentes del sistema “logran sus estructuras modeladas sin pre especificación por reglas internas o determinadas por el medio ambiente y el desarrollo humano es un ejemplo de la tendencia universal hacia una coherencia de orden superior”. (Lewis, 2000b, p. 36).

El concepto de auto-organización se encuentra en diversas disciplinas para explicar el funcionamiento de distintos fenómenos: desde los organismos hasta las sociedades, desde los ecosistemas hasta la biosfera. Lewis (2000b) sostiene que los conceptos de emergencia y auto organización han permeado las diferentes perspectivas teóricas de la psicología del desarrollo, ejemplifica esta afirmación con la teoría del procesamiento de la información que ha virado hacia modelos conexionistas, en los que se muestra la emergencia de funcionamientos más complejos en la organización neurológica.

Vinculado al concepto de auto-organización está el de emergencia, Lewis define la emergencia como “la aparición de nuevas formas o propiedades a través del devenir de procesos intrínsecos al sistema en sí mismo” (Lewis, 2000b, p. 38). Este concepto se caracteriza como un principio general que puede aplicarse a la comprensión del cambio y la novedad en todos los sistemas naturales y es el principio clave que subyace a la auto-organización. El autor confía en que la acogida de los conceptos de auto-organización y emergencia por las diferentes perspectivas teóricas, pueda lograr la síntesis que se requiere para superar la mirada fragmentada que afecta a la psicología del desarrollo.

De hecho destaca que los conceptos de auto-organización y emergencia fueron utilizados por Piaget y Baldwin en sus teorías pero no disponían de las herramientas conceptuales y metodológicas para demostrarlos. Sin embargo, los desarrollos actuales hacen posible evidenciar cómo estos conceptos toman forma en el desarrollo de los sujetos.

En síntesis, las características que se le atribuyen al desarrollo desde los sistemas dinámicos no lineales son: “la emergencia de nuevas formas, las fases de estabilidad e inestabilidad, el cambio continuo y discontinuo y la diferenciación entre trayectorias individuales.” (Lewis, 2005, p. 247). Si bien se admite que la mente es de naturaleza distinta a los objetos de la física, la química, o las matemáticas, conceptos como la emergencia de comportamientos más organizados a partir de comportamientos más sencillos, son una muestra de la potencialidad de estas ideas dinámicas para lograr una mirada renovada sobre el desarrollo.

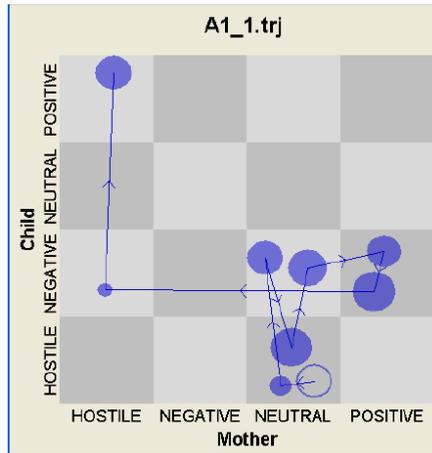
Los aportes metodológicos de los sistemas dinámicos no lineales son iluminadores para comprender el desarrollo en psicología, como sostienen Lewis y Howe (2005) una condición para aproximarse a ellos es poseer una visión renovada sobre el desarrollo; si un investigador se ubica en una mirada lineal de etapas que se suceden una tras otra, esta orientación no será de su interés (Lewis & Howe, 2005).

### **REJILLADEESPACIOSDEESTADO(STATESPACEGRIDS):UNAHERRAMIENTAPARA EL ESTUDIO DINÁMICO DEL DESARROLLO**

Marc Lewis realiza aportes de tipo metodológico, él y su equipo de investigadores diseñan el programa “State Space Grids” (rejillas de espacio de estados). Esta herramienta permite capturar la interacción de los elementos que conforman el sistema y rastrear las trayectorias de emergencia de patrones de los fenómenos en estudio (personalidad, emociones, interacción madre-niño) para mostrar las transiciones en los desempeños a través

del tiempo (Lewis, Lamey & Douglas, 1999; Lewis, 2000a; Lamey, Hollenstein, Lewis & Granic, 2004; Hollenstein & Lewis 2006).

Esta herramienta se basa en dos principios de los sistemas dinámicos a saber: espacio de estado y atractor. El espacio de estado identifica las características del sistema en momentos de tiempo específicos y todos los posibles estados de un sistema. Este instrumento se ha utilizado en el estudio del desarrollo socio emocional del niño (Lewis, 2004, 2006). En la figura 1.7 se muestran las cuadrículas sombreadas en gris, en el eje de las *x* se tienen las categorías de los estados emocionales de la madre (hostil, negativo, neutral, positivo), y en el eje de las *y* las categorías de los estados emotivos del niño.



**Figura 1.7. Representación del comportamiento emocional madre-niño en una gráfica de State Space Grids (tomado de “The GridWare Manual” <http://www.statespacegrids.org>.)**

Cada estado posible se representa como una celda sobre la malla de cuadrículas. Una trayectoria o secuencia de estados puede representarse sobre una cuadrícula de espacio de estado para evidenciar cómo cambian en el tiempo los estados del sistema, es decir, cómo se pasa de un estado positivo a uno negativo, neutro u hostil.

El segundo concepto de los sistemas dinámicos que se retoma es el de atractor: un estado absorbente que hala al sistema a otro estado potencial. Este software proporciona la visualización y medidas para identificar y cuantificar la fuerza relativa de los atractores, en cada caso el atractor corresponderá a los nuevos comportamientos que emergen y hacen visible la novedad y el cambio en el sujeto. Por ejemplo, en la figura No.7, con un vistazo es claro que existe un atractor en la parte inferior de las cuadrículas de estado, lo que es necesario indagar es lo que significa que la mayoría de los comportamientos de la madre y el niño se ubiquen en esta región y a qué nuevos comportamientos emocionales da lugar.

El *State Space Grids* facilita trazar las trayectorias de las relaciones entre las variables a lo largo del tiempo. Los autores señalan además que a partir de la representación de las trayectorias, la herramienta tiene una segunda utilidad, el investigador con la información que deriva de las trayectorias de desempeño puede formular hipótesis, por ejemplo, qué reacción tendrá el niño si las conductas hostiles de la madre aumentan, qué reacción ten-

drá la madre si el niño se muestra neutral, en qué momento se estabilizan los comportamientos emocionales del niño. Una tercera utilidad de la herramienta es que los resultados que se obtienen del análisis hacen posible comparar los resultados con estudios previos sobre el fenómeno en estudio.

Veremos en detalle el significado de las representaciones de la herramienta. El círculo blanco en la tercera cuadrícula inferior es donde se inicia la secuencia del comportamiento (interacción madre-niño) y el diámetro de cada círculo representa una unidad de tiempo (días, semanas, meses). Las líneas que conectan los círculos muestran la trayectoria comportamental, en este caso, las cuadrículas que corresponden a un estado emocional de la madre, entre neutral y positivo, dan lugar a estados emotivos hostiles y negativos en el niño. Esta parte que concentra el mayor número de círculos se puede considerar la región donde está el atractor de este sistema de relaciones emocionales. Por fuera de esta región se encuentra una trayectoria en la que a una conducta hostil de la madre le corresponde un estado positivo del niño, pero este comportamiento no es representativo del sistema de las relaciones emocionales madre-niño.

La investigaciones de Lewis (2000a, 2000b, 2004, 2005 y 2006) constituyen una fuente de divulgación y aproximación a los sistemas dinámicos no lineales. Uno de los propósitos de este capítulo es contribuir a la divulgación de su producción intelectual e invitar a los lectores a que revisen sus numerosas publicaciones.

## **LAS INVESTIGACIONES DE KURT FISCHER SOBRE EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES: UNA RED DINÁMICA<sup>6</sup>**

Probablemente Kurt Fischer es el post-piagetiano que más componentes del desarrollo ha investigado: desarrollo cognitivo (Fischer, 1980); desarrollo de las emociones (Fischer & Bidell, 2006; Mascolo, Fischer & Li, 2003; Mascolo & Fischer, 2007); desarrollo de habilidades en el dominio del lenguaje (Fischer & Corrigan, 1980); desarrollo de los roles sociales (Watson & Fischer, 1980); el desarrollo y complejización de las habilidades en psicopatología (Fischer, Ayoub, Singh, 1997), entre otros estudios. Esta perspectiva de investigación ha incluido diferentes poblaciones: niños (Fischer, 1980), adolescentes (Karcher & Fischer, 2004) y adultos mayores (Fischer, Yan & Stewart, 2003; Yan & Fischer, 2002).

El modelo teórico de Fischer proporciona un marco de referencia para analizar el cambio en el desarrollo y el aprendizaje (Fischer & Yan, 2002). Este modelo indaga cómo los organismos y los factores del medio ambiente contribuyen al cambio desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo (Dawson, Fischer & Stein, 2006).

### **CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE EL DESARROLLO**

Su investigación sobre el desarrollo psicológico se lleva a cabo en el marco de la teoría de las habilidades, la cual se refiere a un ejercicio de control sobre las fuentes de variación en el propio comportamiento, por consiguiente, el desarrollo se concibe como un cambio en la complejidad de la estructura de cada habilidad y depende de diferentes procesos de transformación (Fischer, 1980). Las fuentes de variación se agrupan en conjuntos de

---

<sup>6</sup> Profesor de la Facultad de Educación en Harvard.

acciones sensorio-motoras, representaciones o abstracciones que cambian y se hacen más complejas en la medida que se establece un intercambio entre la estructura de la habilidad y el entorno.

En la década de los noventa la teoría de las habilidades presenta un cambio y se renombra como “la teoría dinámica de las habilidades” (Fischer & Bidell, 1998, 2006).

Las habilidades dinámicas son un constructo importante que se define como la capacidad de actuar en una forma organizada en un contexto específico, no poseen un carácter abstracto y se construyen en la práctica, sobre actividades reales en contextos reales (Fischer & Bidell, 1998, 2006). Algunas de las características que las definen es su carácter interactivo, pertenecientes a un organismo viviente de carácter social y que participa entonces en una cultura, no son excluyentes entre sí y, por el contrario, se complementan, son auto-organizadoras y funcionan bajo regulación mutua (Fischer & Yan, 2002).

De acuerdo con lo anterior, la red es la metáfora más adecuada para aludir al desarrollo, lo que implica momentos culminantes de integración, especificidad, rutas múltiples, construcción activa, acorde con la idea de desarrollo dinámico ya que la construcción de una red es un proceso de auto-organización, en el cual varias actividades deben ser coordinadas y diferenciadas. La metáfora de la red hace posible comprender que las estructuras se constituyen de cara a la variación interna, estos movimientos internos configuran la arquitectura de la red (Fischer, Knight, & van Parys, 1993; Fischer, Yan & Stewart, 2003).

Fisher cuestiona el estructuralismo clásico (léase Piaget) y pretende renovarlo con el estructuralismo dinámico, que en teoría permite descubrir el orden y los patrones detrás de las variaciones (Yan & Fischer, 2007). El estructuralismo dinámico analiza las actividades humanas en toda su complejidad, va más allá de las estructuras estáticas y unidimensionales, usa nuevos conceptos y herramientas desde una dinámica no lineal. Cuando una persona actúa, funciona en múltiples niveles simultáneos de desarrollo, no en un solo nivel (Fischer & Bidell, 1998, 2006). A medida que un organismo crece, sus actividades se desarrollan en formas diferentes, no de acuerdo a uno o dos patrones básicos, como se asume desde una concepción de cambio lineal (Yan & Fischer, 2007).

Desde el estructuralismo dinámico se plantea una conceptualización del desarrollo en el cual la base principal es el cambio cognitivo (Schwartz, & Fischer, 2005), en consecuencia, cambios en el nivel micro o en dominios específicos se ven reflejados en los niveles macro y en las habilidades de dominio general. Es decir, los diferentes dominios se encuentran interrelacionados (Yan & Fischer, 2007).

El estudio del desarrollo desde los sistemas dinámicos se hace a través de tres modelos: El primero se refiere al rango entre atractores. El rango de atracción refleja la magnitud de la variación dentro de un límite inferior y superior, es decir, la variabilidad fluctúa (arriba-abajo) dentro de un rango permitido. La variabilidad se circunscribe a la región de atracción y se observa un cambio en el desarrollo cuando el estado del sistema alcanza un atractor. La estabilidad es un atributo eventual para la variación de un sistema dinámico que busca un estado de equilibrio que tiende a aproximarse a un atractor (Yan & Fischer, 2002).

El segundo modelo se refiere a los diferentes caminos que puede tomar la trayectoria de resolución de un problema específico. Las actividades de una persona en un contexto varían y crecen en función de la influencia de múltiples factores que se relacionan con

el sistema dinámico del desarrollo cognitivo. Los múltiples factores contribuyen al crecimiento cognitivo, los cuales actúan recíprocamente entre sí, directa e indirectamente, las interacciones tienen lugar en varios contextos y se despliegan en escalas múltiples de tiempo, que afectan tanto el micro-desarrollo como el macro-desarrollo (Yan & Fischer, 2002).

El tercer modelo se refiere a la asincronía entre el individuo, las tareas y los dominios específicos. El nivel de habilidad de los sujetos varía ampliamente y depende de las tareas y dominios específicos de conocimiento que la situación evoca para su resolución. Por asincrónico se entiende la distancia que existe entre las habilidades y conocimientos específicos, con el conocimiento actual sobre una tarea particular. La construcción y generación de comprensión de la tarea implica adaptarse a ella y aprender sus requisitos específicos. Por medio de la tarea se observa y analiza el micro-desarrollo individual dentro de un contexto interactivo. El micro-desarrollo es el método ideal para describir las variaciones, descubrir los modelos dinámicos e identificar las fases para modelar mecanismos dinámicos (Yan & Fischer, 2002).

### **LA VARIABILIDAD EN EL DESARROLLO**

En el estructuralismo dinámico la variabilidad y la estabilidad coexisten e inciden en la auto-organización, que a su turno es la fuente de cambio y permite la emergencia de habilidades nuevas y más complejas (Yan & Fischer, 2007). La dinámica estructural implica un sistema de relaciones, regulaciones y equilibrios entre diferentes subsistemas y múltiples componentes que inciden conjuntamente en el funcionamiento del sistema (Fischer & Bidell, 1998, 2006).

Fischer y Bidell (1998), destacan la relevancia de la variabilidad con respecto al estudio del desarrollo, afirman que la variabilidad no es el resultado del azar sino que describe un patrón; a su vez, “estos patrones de variabilidad proveen la llave para entender y modelar la estructura dinámica de los sistemas psicológicos porque ellos reflejan no solamente el potencial de la movilidad y el cambio sino también los límites del cambio inherentes en cada organización del sistema” (p. 478).

La variabilidad se presenta principalmente en niños pero la investigación sistemática en la variación del micro-desarrollo en los adultos, introduce conceptos útiles para explicar la dinámica de la actividad cognitiva a nivel general. Se argumenta que la fuente de variación y cambio son los atractores que funcionan como andamios dinámicos, no-lineales y puntos multiplicadores (Yan y Fischer, 2002).

Pensar el desarrollo desde la variabilidad permite re-formular la visión estática del estructuralismo clásico. Para Fischer las habilidades no tienen un nivel fijo de organización, dicha organización presenta diferentes niveles de complejidad siempre cambiante (Fischer & Bidell, 1998, 2006). La variabilidad es una consecuencia natural de los sistemas dinámicos, dado que el desarrollo es dinámico y complejo éste sigue una trayectoria en flujo de cambio que surge como evidencia de la variabilidad en la actividad cognitiva (Fischer & Bidell, 1998, 2006; Fischer & Yan, 2002).

El estructuralismo dinámico recurre a los sistemas dinámicos para estudiar el desarrollo ya que su marco conceptual y metodológico permite capturar la riqueza y la complejidad del desarrollo. La metodología tradicional limita el análisis a un conjunto de pautas

de crecimiento simple que implican un cambio lineal en el desarrollo. Por el contrario, los métodos basados en la dinámica no lineal proporcionan poderosas herramientas para representar y analizar procesos de cambio y predecir patrones de comportamiento (Fischer & Bidell, 1998; Rose & Fischer, 2008; Yan & Fischer, 2007).

### **BALANCE DE ISAZA & CAMPOS, MARC LEWIS Y KERT FISHER**

¿Como relacionar los estudios de Isaza Campos, Lewis y Fisher? Para comenzar se puede identificar el núcleo central a cada uno de ellos. El aporte de los sistemas dinámicos al estudio del conflicto colombiano se puede centrar en mostrarlo como un sistema en desarrollo identificando relaciones muy finas que se establecen en la interacción de las variables (los tres ejércitos).

Isaza & Campos (2005), retoman tratamientos metodológicos desde las matemáticas para analizar los posibles desarrollos del conflicto armado, en particular construyen modelos que tienen cierto grado de predictibilidad del fenómeno de estudio. Aunque dadas las características de los sistemas dinámicos no lineales, esta predicción es válida para períodos de tiempo limitados. El modelamiento matemático lo hacen a partir de las ecuaciones diferenciales, a través de las cuales postulan diferentes hipótesis sobre la interacción entre las variables (los ejércitos) y las formalizan. En el modelamiento se identifican los puntos de equilibrio de los sistemas para dar soluciones que son transitorias para unos puntos específicos. Este tratamiento es el que hace posible la predicción de los estados futuros del sistema de acuerdo con varios escenarios que se derivan de las hipótesis que se plantean.

Por su parte, los estudios de Marc Lewis se centran en identificar los momentos de estabilidad, los puntos de transición de un sistema en el desarrollo psicológico y en ese orden de ideas, la emergencia de patrones. En otras palabras, a Lewis (2000, 2005) le interesa identificar las trayectorias en diferentes dominios: el desarrollo de las emociones, el funcionamiento neurológico y las psicopatologías. En el paralelismo entre Isaza y Campos y Lewis, se puede deducir que el modelamiento de un sistema y de allí su capacidad predictiva parecen estar en la base del trabajo de Isaza y Campos. La diferencia substancial, es que Lewis no acude al modelamiento matemático y defiende que la naturaleza particular de los fenómenos del desarrollo psicológico no se reduce a un dato cuantificable.

Para completar este panorama es necesario considerar la manera como Fischer piensa el desarrollo. Comparte con Lewis, la emergencia y el mecanismo de la auto-organización como un principio general y explicativo que aplica al desarrollo de cada uno de los objetos de estudio (el conflicto, la emoción, las habilidades cognitivas). El interés de Fischer es tanto epistemológico como metodológico. Su propuesta es una teoría dinámica que describe los procesos del cambio en los diferentes dominios del comportamiento humano. La preocupación de Fischer (1998, 2006) es comprender el fenómeno de la variabilidad y el desarrollo en red, en sus estudios considera que ésta es fundamental para abordar los procesos de cambio y el desarrollo. Por su parte Lewis lo menciona como una característica del desarrollo pero en sus trabajos hace énfasis en la transición y en la estabilización de la novedad más que en la etapa de inestabilidad y de variabilidad.

Pero, luego, ¿que tienen en común los trabajos de Kurt Fischer y Marc Lewis? Ambos le apuestan a una visión integradora que daría la perspectiva de los sistemas dinámicos a

los problemas del desarrollo. Avanzar más allá de la mirada tradicional y lineal con elementos teóricos y metodológicos para abordar la naturaleza dinámica del cambio. Estos autores descubren que el cambio no se trata solamente de describir que un día cualquiera el niño o el adulto, presentan comportamientos más complejos, al ocuparse de la transición entre comportamientos, descubren que las actuaciones previas no desaparecen repentinamente sino que en este proceso coexisten con modos de proceder novedosos.

Respecto al desarrollo propiamente dicho, estos estudiosos tienen algunos elementos que vale la pena comparar. Isaza y Campos (2006) conciben el desarrollo desde el sistema. Es decir, cómo se da el cambio de los elementos que conforman un sistema a lo largo del tiempo (Isaza & Campos, 2006). En el caso de los estudios sobre el conflicto armado colombiano se analizan las interacciones entre ejércitos para determinar de qué manera puede aportar en la comprensión del problema. No necesariamente esos cambios traducen formas de comportamiento más complejas. En este sentido, el desarrollo del conflicto armado se aborda desde los parámetros de cambio y proponer entonces las posibles formas de intervención en el sistema.

En contraste, a Lewis (2000a, 2005), lo que le interesa del desarrollo es la propia emergencia espontánea y coherente de comportamientos, los procesos de auto-organización y la novedad, conceptos básicos desde los cuales piensa cualquier posible reconceptualización del desarrollo. A partir de estos conceptos Lewis (2000a, 2005) abandona la idea de lo previamente preestablecido o predeterminado y le apuesta a la interacción de las características biológicas, genéticas, las experiencias y las situaciones que emergen en tiempo real.

La meta de Isaza & Campos (2005) es visualizar futuros escenarios del conflicto armado, es decir, predecir el comportamiento del sistema. Esto es posible porque cuentan con muchos datos que alimentan las ecuaciones y muestran los estados futuros del sistema. Mientras que en los estudios sobre desarrollo psicológico no se disponen de tantos datos con los que se pueda modelar matemáticamente. Por otra parte, el interés de Lewis (2000, 2004, 2005) no es tanto mostrar los estados futuros sino describir la dinámica del sistema, cómo evolucionan las trayectorias en el tiempo y cómo emerge la novedad, en otras palabras cómo aparecen atractores que reorganizan el sistema.

Otro aporte de Lewis (2000, 2005) y su grupo de trabajo es una herramienta metodológica que ayuda a representar la trayectoria de un sistema, a través del estado de fase muestran los atractores, esto es cómo se organizan los comportamientos de un dominio y cómo cambian a lo largo del tiempo. La herramienta metodológica aporta tres funciones importantes, la primera, seguir la interacción de las variables, las trayectorias del sistema a lo largo del tiempo. La segunda, a partir de las trayectorias se plantea hipótesis sobre lo que sucede en el comportamiento del sistema y se hacen modificaciones para seguir el comportamiento del sistema. Por último, una tercera utilidad es comparar los resultados con estudios previos sobre el fenómeno y señalar las diferencias.

## CONCLUSIONES GENERALES

Una primera conclusión es que los sistemas dinámicos tienen unas bases teóricas fuertes desde las ciencias duras pero las han rebasado para dinamizar otros campos de saber como las ciencias humanas y sociales.

Este recuento histórico presentado hace visible tres problemas, el paso de lo lineal a lo no lineal (este paso se puede hacer al seguir el recorrido del péndulo); el problema de los tres cuerpos y la ruptura con el poder predictivo de la teoría de Newton y finalmente, el descubrimiento de la interacción predador presa. Los conceptos y metodologías que surgen a partir de los problemas mencionados van a permitir aproximaciones novedosas a diversos problemas, no solo en las ciencias naturales sino también en las ciencias sociales y en la psicología.

Por otra parte, el planteamiento de los sistemas determinísticos caóticos de Poincaré acaba con la ilusión de Galileo y de Newton de predecir el desarrollo de los sistemas en períodos amplios de tiempo. Idea que va a corroborar Lorenz al encontrar el atractor extraño en sus estudios sobre el clima.

Las investigaciones que se apoyan en los sistemas dinámicos para abordar fenómenos sociales o psicológicos, comparten un punto en común: el interés por explicar la naturaleza dinámica y compleja de dichos fenómenos. El propósito es demostrar que los sistemas dinámicos hacen posible una visión renovada del desarrollo y del cambio cognitivo ya que exige romper con la mirada tradicional lineal de etapas sucesivas y de relaciones directas causa-efecto. No es posible seguir ignorando los caminos muy particulares que siguen los sujetos en su funcionamiento cognitivo, aludimos en este punto a la variabilidad en el razonamiento.

Lewis señala que el impacto de los SDNL en la psicología, muestra que el enfoque de la psicología clásica, que concibe el desarrollo como la sucesión de etapas generales, constituye un atractor muy fuerte para los psicólogos ya que posee un poder de predicción difícil de igualar.

Al respecto Combariza (2007) contrasta las investigaciones desde los sistemas dinámicos en matemática, física, química, con las investigaciones desde los sistemas dinámicos en psicología. Mientras en las ciencias duras, los problemas que se trabajan son posibles de modelar matemáticamente, de aplicar fórmulas (ecuación logística) y; esta forma de proceder no se da del mismo modo en psicología. En la investigación en desarrollo cognitivo se actúa de acuerdo con lo que Combariza (2006) llama problema inverso. Se recogen los datos, se buscan los patrones de regularidades y se pretende construir un modelo que aplique al comportamiento de los sujetos. Es decir, a partir de los resultados clínicos experimentales se aspira a descubrir un sistema dinámico. Esta vía aunque es mucho más compleja tiene la certeza que es un marco útil para volver sobre problemas centrales en el desarrollo cognitivo como el cambio o las transiciones en el razonamiento del niño.

Las diferencias entre Lewis y el trabajo del grupo de cognición y desarrollo representacional, sobre el estudio de las fases de transición, es que a Lewis parece que le interesan más los periodos de estabilidad que los de inestabilidad. En cambio, en el grupo de cognición y desarrollo representacional el objetivo es detenerse en los periodos de inestabilidad (variabilidad) en el comportamiento y derivar patrones de cómo se da el orden en estos

momentos. Por ello ha incursionado en otros tratamientos que puedan dar pistas sobre este problema (wavelet).

La presentación de autores como Isaza & Campos (2005); Lewis (2000, 2005) y Fischer, (1998, 2006); aspira a mostrar su fuerza y potencial heurístico en la renovación de una mirada sobre el desarrollo cognitivo que abra caminos promisorios en el estudio de los fenómenos psicológicos y en su avance disciplinario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYOUB, C. C., & FISCHER, K. W. (2006). Developmental pathways and intersections among domains of development. In K. McCartney & D. Phillips (Eds.), *Handbook of early child development* (pp. 62-82). Oxford, U.K.: Blackwell.
- CAMPOS, D. (2007). *Memorias seminario doctoral*. Universidad del Valle, Cali-Colombia.
- COMBARIZA, E. (2006). *Memorias seminario doctoral*. Universidad del Valle, Cali-Colombia.
- COMBARIZA, E. (2007). *Memorias seminario doctoral*. Universidad del Valle, Cali-Colombia.
- DAWSON, T. L., FISCHER, K. W., & STEIN, Z. (2006). Reconsidering qualitative and quantitative research approaches: A cognitive developmental perspective. *New Ideas in Psychology*, 24, 229-239.
- FISCHER, K. W., KNIGHT, C.C., & Van Parys, M. (1993). Analyzing diversity in Developmental Pathways: Methods and concepts. In R. Case & W. Edelman (Eds.), *The new structuralism in cognitive development: Theory and research on individual pathways*. Contributions to human development, Vol. 23., (pp. 33-56).
- FISCHER, K.W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, 87, 477-531
- FISCHER, K.W., & CORRIGAN, R. (1981). A skill approach to language development. In R. Stark (Ed.), *Language behavior in infancy and early childhood* (pp. 245-273). Amsterdam: Elsevier.
- FISCHER, K.W., & BIDELELL, T.R. (1991). Constraining nativist inferences about cognitive capacities. In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and knowledge*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. pp. 199-235.
- FISCHER, K. W., AYOUB, C. C., NOAM, G. G., SINGH, I., MARAGANORE, A., & RAYA, P. (1997). Psychopathology as adaptive development along distinctive pathways. *Development and Psychopathology*, 9, 749-779.
- FISCHER, K. W., & DAWSON, T. L. (2002). A New Kind of Developmental Science: Using Models to Integrate Theory and Research. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, Vol. 67.
- FISCHER, K. W., & YAN, Z. (2002). The development of dynamic skill theory. In R. Lickliter & D. Lewkowicz (Eds.), *Conceptions of development: Lessons from the laboratory*. Hove, U.K.: Psychology Press.
- FISCHER, K. W., YAN, Z., & STEWART, J. (2003). Adult cognitive development: Dynamics in the developmental web. In J. Valsiner & K. Connolly (Eds.), *Handbook of developmental psychology*. pp. 491-516. Thousand Oaks, CA: Sage.
- FISCHER, K. W., & BIDELELL, T. R. (2006). Dynamic development of action, thought, and emotion. In R. M. Lerner (Ed.), *Handbook of child psychology*. Vol 1: Theoretical models of human development(6th ed., pp. 313-399 ). New York: Wiley.

- FOGEL, A. (1995). Relational narratives of the prelinguistic self. In Paul Rochat (Ed.), *The self in infancy: Theory and research* (pp.117-139). Amsterdam.
- FOGEL, A. (2001). A relational perspective on the self and emotions. In Harke A. Bosma & E. Saskia. Kunnen (Eds.), *Identity and emotion: Development through self-organization* (pp.93-114). Cambridge: University Press.
- FOGEL, A., De KOEYER, I.; BELLAGAMBA, F., & BELL, H. (2002). The dialogical self in the first two years of life: Embarking on a journey of discovery. *Theory and Psychology*, 12, 191-205.
- GLEICK, J. (1987). *Chaos: Making a New Science*. Sphere Books Ltd, London.
- HOFBAUER, J. & SIGMUND, K. (1988). *The Theory of Evolution and Dynamical Systems*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- HOLLENSTEIN, T., & LEWIS, M.D. (2006). A state space analysis of emotion and flexibility in parent-child interactions. *Emotion*, 6, 663-669.
- HOLLENSTEIN, T.,(2007) State space grids: Analyzing dynamics across development. *International Journal of Behavioral Development* 2007, 31 (4), 384-396 <http://www.sagepublications.com>
- HOLLENSTEIN, T., & LEWIS, M.D. (2009). Temporal Dynamics of Social Interaction: State Space Grid Analyses. Video-conference. *Memorias seminario doctoral*. Universidad del Valle, Cali-Colombia.
- ISAZA, J. F., & CAMPOS, D. (2005). Modelos dinámicos de guerra: el conflicto colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 29(110), 133-148.
- ISAZA, J. F., & CAMPOS, D. (2006). *Ecología: Una mirada desde los sistemas dinámicos*. Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá.
- KARCHER, M. J. & FISCHER, K.W. (2004). A Developmental Sequence of Skills in Adolescents' Intergroup Understanding. *Journal of Applied Developmental Psychology* 25 (2004) 259-282.
- LAMEY, A., HOLLENSTEIN, T., LEWIS, M.D., & GRANIC, I. (2004). GridWare (Version 1.1). [Computer software]. <http://www.statespacegrids.org>.
- LEWIS, M.D. (2000a). Three time scales of self-organizing emotions. In M.D. Lewis & I. Granic (Eds.), *Emotion, development, and self-organization: Dynamic systems approaches to emotional development* (pp. 37-69). New York: Cambridge University Press.
- LEWIS, M. D. (2000b). The promise of Dynamic Systems Approaches for an integrated Account of Human Development. *Child Development*, 71(1), 36-43.
- LEWIS, M. D. (2004). Reorganization in coping behaviour at 1 1/2 years: dynamic systems and normative change. *Developmental Science* 7(1), 56-73.
- LEWIS, M. D. (2005). Self-organizing individual differences in brain development. *Developmental Review*, 25, 252-277.
- LEWIS, M. D., LAMEY, A. V., & DOUGLAS, L. (1999). A new dynamic systems method for the analysis of early socioemotional development. *Developmental Science*, 2, 458-476.
- LEWIS, M. D., & HOWE, M. L (2005). The importance of dynamic systems approaches for understanding development. *Developmental Review*, 25, 247-251.
- LORENZ, E. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of Atmospheric Sciences*, 20, 130-141.
- LOTKA, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. Baltimore: Williams & Wilkins Co.

- MASCOLO, M. F., & FISCHER, K. W. (2007). The co-development of self and socio-moral emotions during the toddler years. In C. A. Brownell & C. B. Kopp (Eds.), *Transitions in early socioemotional development: The toddler years*. New York: Guilford.
- MASCOLO, M. J., FISCHER, K. W., & LI, J. (2003). Dynamic development of component systems of emotions: Pride, shame, and guilt in China and the United States. In R. J. Davidson, K. Scherer, & H. H. Goldsmith (Eds.), *Handbook of Affective Science* (pp. 375-408). Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Mc NABB, D., (1999). Peirce y la teoría del caos. Manuscrito del Instituto de Filosofía, Universidad Veracruzana, México.
- MUNNÉ, F. (2004). El Retorno de la Complejidad y la Nueva Imagen del SerHumano: Hacia una Psicología Compleja. *Revista Interamericana de Psicología*. Vol. 38, Num. 1 pp. 21-29
- MUNNÉ, F. (2007). ¿La explicación del comportamiento humano debe ser lo más simple posible o lo más compleja posible? *Encuentros en Psicología Social*, 4, 3-10.
- NAVARRO, J. (2005). La psicología social de las organizaciones desde la perspectiva de la complejidad. Revisión y estado actual de una relación prometedora. *Encuentros en Psicología Social*, 3 (2), 78-87.
- POINCARÉ, H. (1892-99). *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste* Paris, Gauthier-Villars et fils.
- ROSE, L. T., & FISCHER, K. W. (in press). Dynamic systems theory. In R. A. Shweder (Ed.), *Chicago companion to the child*. Chicago: University of Chicago Press.
- SCHWARTZ, M. S., & FISCHER, K. W. (2005). Building general knowledge and skill: Cognition and microdevelopment in science learning. In A. Demetriou & A. Raftopoulos (Eds.), *Cognitive developmental change: Theories, models, and measurement*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- SMITH, L. B., & THELEN, E. (2003). Development as a dynamic system. *TRENDS in Cognitive Science*, 7, 343-348.
- STEENBEEK, H., & van GEERT, P. (2005). A Dynamic Systems Model of Dyadic Interaction during Play of Two Children. *European Journal of Developmental Psychology*, 2 (2), 105-145.
- STENGERS, I. (1998). Los episodios galileanos. En la historia de las ciencias. Ediciones Cátedra: Madrid.
- THELEN, E., & SMITH, L.B. (1994). *A dynamic system approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- THELEN, E., & SMITH, L.B. (1998). Dynamic systems theories. In W. Damon & R. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology*. 5th edition. Vol. 1. Theoretical models of human development (pp. 189-232). New York: Wiley.
- van DIJK, M., & van GEERT, P. (2007). Wobbles, humps and sudden jumps: A case study of continuity, discontinuity and variability in early language development. *Infant and Child Development*, 16 (1), 7-33.
- van GEERT, P. (1998). We almost had a great future behind us: the contribution of non-linear dynamics to developmental science in the making. *Developmental Science*, 1, 143-159.
- van GEERT, P. (2003). Dynamic systems approaches and modeling of developmental processes. In J. Valsiner and K. J. Conolly (Eds.), *Handbook of developmental Psychology*. London: Sage. pp. 640-672.
- 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 (3-4), 408-442.

- van GEERT, P., & van DIJK, M. (2002). Focus on variability; new tools to study intra-individual variability in developmental data. *Infant Behavior and Development*, 25, 340-374.
- VOLTERRA, V. (1926). Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. *Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei. Ser. VI*, vol. 2.
- WATSON, M.W., & FISCHER, K.W. (1980). Development of social roles in elicited and spontaneous behavior. *Developmental Psychology*, 16, 483-494.
- YAN, Z., & FISCHER, K. W. (2007). Pattern emergence and pattern transition in microdevelopmental variation: Evidence of complex dynamics of developmental processes. *Journal of Developmental Processes*, 2(2), 39-62.

# **ENTRE NUBES, RELOJES Y FRACTALES: UN ACERCAMIENTO A LAS RELACIONES DE SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES Y EL DESARROLLO COGNITIVO<sup>7</sup>**

*Mauricio Cortés*  
*Ernesto Combariza*  
*Rebeca Puche Navarro*

## **INTRODUCCIÓN**

Una de las características fundamentales del final de siglo XX, y comienzos del XXI, es una cierta inestabilidad y fluctuación en terrenos donde habían dominado certezas aseguradoras. En el interior de las disciplinas se asiste a la presencia de una multiplicidad de nuevos paradigmas que compiten entre sí y que ofrecen nuevas alternativas (Fischer, 1999). Esas reorganizaciones no solamente tienen lugar en los campos disciplinarios de las ciencias, sino que están igualmente presentes en la sociedad. Munné (2008) lo identifica dentro del fenómeno de la globalización, y con el sugestivo título *De la globalización del mundo a la globalización de la mente*, este autor hace un llamado a entender el fenómeno de la globalización sin reducciones al sólo escenario económico y político. Para él, en últimas, la globalización no se puede entender sin considerarla como un fenómeno que compromete a la mente humana. ¿Qué es una mente globalizada? ¿Cómo compromete la globalización la mente? ¿Qué cambios se anuncian como los más sensibles? Son algunas de las preguntas que Munné abre y que de alguna manera atraviesan este capítulo, tratando de hacer más pertinente el trabajo en nuestra propia versión del estudio del desarrollo cognitivo.

---

<sup>7</sup> Genéricamente éste título sin los fractales, lo usa Karl Popper (1991) en una conferencia sobre la Racionalidad que luego recopila Dante Cicchetti y William Grave en un libro crítico sobre la psicología.

Este capítulo se ocupa, entonces, en un primer momento, de la situación de la psicología y específicamente de la psicología del desarrollo. Se hace una revisión de algunos de los problemas que parecen aquejarla. Heterogeneidad teórica y necesidad de búsqueda y repuestas desde varios enfoques y aproximaciones, puede crear un sentimiento a veces no muy saludable.

En un segundo momento se analizan las posibilidades que le ofrecen uno de los nuevos enfoques que parecen revolucionar el mundo de las ciencias: los sistemas dinámicos no lineales. Ellos proporcionan un método, pero también una plataforma conceptual desde la cual estudiar las discontinuidades, transiciones y cambios en el desarrollo. En esa dirección algunos de los problemas centrales de los que parece sufrir la situación de la psicología encontrarían en los sistemas dinámicos no lineales algunas fórmulas de interés. Pero resulta igualmente ineludible que buena parte de esas fórmulas vienen de las metodologías que desde los sistemas dinámicos se desarrollan.

El tercer momento en el artículo justamente se ocupa de algunos aspectos metodológicos y quizá técnicos tratando de hacer más comprensible las razones en las elecciones utilizadas en el itinerario que se ha seguido en nuestro trabajo investigativo.

## **SITUACIÓN ACTUAL DE LA PSICOLOGÍA DEL DESARROLLO**

Resulta indudable que la psicología del desarrollo cognitivo está marcada por la necesidad de responder a una diversidad de proyectos teóricos diferenciados. Se parte de que una de las características de la psicología es la de albergar en su interior distintos proyectos, cada uno con su propia perspectiva, a veces incompatibles entre sí, lo que arroja como resultado un conjunto de propuestas fragmentarias, incompletas y excesivamente especializadas (Howe & Lewis, 2005).

Históricamente esta diversidad tuvo origen en el hecho que cada uno de esos proyectos provenía de fuentes y tradiciones teóricas diferenciadas. A lo largo del tiempo algunas de esas diferenciaciones se fueron acrecentando, y en estas últimas décadas se han hecho cada vez más profundas. La realidad es, tal vez, que el panorama actual de la disciplina, es el de la insularidad entre los distintos proyectos psicológicos (Lewis, 2000).

Para algunos, esa situación de la psicología es el resultado del divorcio entre teoría y cuerpos de datos (Valsiner, 2004; Howe & Lewis 2005, van Geert & van Dijk, 2002). En unos casos se tienen propuestas conceptuales que no logran poner en el terreno del diseño investigativo alternativas integradoras, tampoco aparece la construcción de un cuerpo de datos, como forma de visualizar esos planteamientos. En otros casos la situación es inversa, se tienen virtuosismos en el nivel técnico y experimental, pero se carece de un cuerpo teórico que desarrolle los alcances del nivel empírico. A este respecto, por ejemplo, Lewis afirma que “Poca o ninguna implicación teórica pueden mostrar la mayor parte de los estudios empíricos publicados en revistas. Nadie puede negar que una red de convergencia explicativa, basada en principios científicos es un propósito vital para la siguiente generación de teóricos del desarrollo” (Lewis, 2000, p. 36).

Otra de las dificultades que ha cabalgado a lo largo de muchas décadas, concierne a la pérdida de sentido original que traían algunas preguntas. Recuérdese que para los padres de la psicología del desarrollo como Baldwin, Lewis, Piaget o Werner, la cuestión era dar

cuenta del paso de un nivel de conocimiento a otro, o de un nivel de desarrollo a otro. En cambio, en las dos o tres últimas décadas los estudios del desarrollo muestran como tendencia las ‘comparaciones entre grupos de niños con edades diferentes’, sin interesarse en los procesos transicionales del desarrollo. Estudios que solamente describen etapas sin acceder a lo que lleva de una etapa a la otra. Valsiner lo dice con mucha claridad “Las teorías que se hacen pasar por evolutivas sólo son un compendio de afirmaciones no evolutivas, adornadas de tal manera que, efectivamente, parecen depender del concepto de desarrollo. Estudios que se presentan como del desarrollo porque hacen un catálogo de adquisiciones relacionados con el edad. Sin embargo estas adquisiciones no son más que consecuencias de dicho desarrollo y no el proceso de desarrollo en sí.” (Valsiner, 2004).

En la agenda de trabajo y de discusión de los investigadores en desarrollo cognitivo, una cuestión que permanece vigente y a la que no se ha respondido aún de manera definitiva, está relacionada con la naturaleza de los procesos de construcción del conocimiento. ¿Son acaso procesos lineales y acumulativos; continuos o discontinuos? ¿O más bien se trata de procesos graduales y abruptos? (van Geert, 1998; Fischer & Bidell, 2006; Courage & Howe, 2002). Esta cuestión sobre la naturaleza del cambio también toma su forma en el nivel del desarrollo. La cuestión de si el desarrollo tiene secuencias fijas y determinadas o si se carece de ellas; si se tienen pre-requisitos imperturbables, o si el desarrollo sigue formas diversificadas.

La cuestión de los ritmos en el desarrollo está igualmente en el orden del día. Mucha de la evidencia obtenida da cuenta que los ritmos del desarrollo carecen de una similitud y muchos de ellos solo se dan en el interior de grandes umbrales (Thelen, Corbetta, & Spencer, 1996). Finalmente aunque no menos importantes, están los problemas que plantean las relaciones entre los niveles macro y micro del desarrollo, la pregunta de si existe una cierta articulación entre ellos, además de saber si el nivel micro está más marcado por la variabilidad, tanto inter-sujetos como intra-individual, que el nivel macro. Estos son algunos de los problemas dentro de un espectro más amplio, pero que se puede considerar que constituyen una agenda que está a la orden del día.

## **UNA PROPUESTA DESDE LOS SISTEMAS DINÁMICOS**

En este nivel de la discusión de la situación de crisis frente a los paradigmas dominantes se acentúa la búsqueda de una “gran” teoría desde la cual dar una visión comprensiva del desarrollo. La cuestión es si es posible esa integración en la psicología del desarrollo y como lograrla. Las polaridades sujeto-objeto, naturaleza-cultura, innato-adquirido, entre otras, siguen estando latentes. Las tríadas durante algún tiempo fundamentaron y enriquecieron el debate. Pero lo cierto es que las soluciones conocidas parecen parciales y bastante más segmentadas de lo esperado en la medida en que perpetúan las polaridades de base.

En el itinerario de esa crisis irrumpe en la psicología un proyecto teórico novedoso para ésta, pero de vieja data en otros campos de la ciencia.

Se trata de un planteamiento que viene apoyado en principios científicos generales y potentes, abarca distintas áreas y problemas de la psicología e incluso llega a ser utilizado, de diversa manera, por teorías disímiles o en confrontación. Ese enfoque o perspectiva

son los sistemas dinámicos no lineales (SDNL). La literatura especializada ya dispone de recuentos, con diferente grado de profundidad, de la aplicación de esta perspectiva a diversos programas de investigación psicológica entre los que se puede mencionar a Heath (2000), Navarro (2005), Vallacher y Novak (2007). En la psicología del desarrollo puede destacarse el número monográfico de *Developmental Review* del año 2005 sobre el tema.

Hay que admitir que de entrada esta perspectiva no resulta especialmente popular y que su difusión y adopción en la psicología no ha convocado numéricamente grandes masas. Tampoco parece un proyecto monolítico y lleva tres lustros desarrollándose de la mano de investigadores que, de nuevo en el campo de la psicología del desarrollo, aportan elementos fundacionales en el debate como puede constatare en los trabajos de Thelen & Smith (1994), Fischer & Rose (1999) y van Geert (1998, 2003).

El proyecto de una psicología del desarrollo desde los sistemas dinámicos no lineales, responde en primer término a la necesidad de tomar partido frente a la proliferación de pequeñas teorías que tratan todas de presentar alternativas diferenciadas. Igualmente debe responder con una propuesta más integral que recoja la multiplicidad de factores que afectan y definen la naturaleza del desarrollo, así como el perfil desigual que presenta. En otro nivel, ese nuevo proyecto debe proporcionar nuevas metodologías para completar el proceso de re-planteamiento conceptual que debe producirse. Una de las dificultades más sentidas por los investigadores, es que los abordajes que caracterizan los tratamientos actualmente no parecen estar en capacidad de capturar la naturaleza del desarrollo (Molenaar, Huizenga & Nesselrode, 2000; Valsiner, 2004; Yan & Fischer, 2002; van Geert, & van Dijk, 2002).

Se parte pues de la necesidad de dar una visión integral del desarrollo, pero igualmente se requiere aportar nuevas ideas sobre los mecanismos o procesos subyacentes. Ofrecer por ejemplo, un acervo metodológico y un cuerpo de evidencia empírica robusto a partir de sus presupuestos teóricos y tener en cuenta los grandes vacíos y preguntas que desde hace más de tres décadas se le hacen a los clásicos (Baldwin, Piaget, Vygotsky, Werner). En síntesis, contribuir a pensar una plataforma desde la cual poder capturar, entender y eventualmente explicar los mecanismos del cambio involucrados en el desarrollo. “La conceptualización de sistemas dinámicos es acerca del cambio y la transición, lo que se considera la “cuestión” del desarrollo. Los psicólogos del desarrollo no están solamente interesados en los estados estables alcanzados por los individuos a lo largo de su vida, sino también en los mecanismos del cambio que conducen de un estado al siguiente.” (Howe & Lewis, 2005. p.247)

## **¿AHORABIEN, EN REALIDAD QUÉ SON LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES?**

Dependiendo desde donde se observen en el heterogéneo panorama de las disciplinas científicas, los SDNL pueden definirse de diversa manera. Para el propósito introductorio que nos ocupa, parece interesante ofrecer algunas definiciones:

Cuando se habla de una definición de sistemas dinámicos en general, es posible ubicarse en un campo de las matemáticas que describe la evolución y el comportamiento temporal de las variables contenidas en una ecuación; según Restrepo, el término dinámica concierne a “aquello que cambia con el tiempo y por ello un sistema dinámico será por

tanto aquel que evoluciona en el tiempo” (Restrepo, 2007, p.9); el calificativo no lineal, a su vez, corresponde a una propiedad matemática abstracta de una determinada ecuación por la que, para decirlo de manera intuitiva, las consecuencias de una determinada influencia sobre el sistema no son proporcionales a la magnitud de dicha influencia. Así, dentro de un conjunto mayor de ecuaciones posibles, los sistemas dinámicos no lineales se caracterizan por presentar unas propiedades particulares que los diferencian de otros y que resultan o se descubren a partir de su estudio formal (matemático).

El trabajo magistral de van Geert (2003) describiendo la evolución histórica del concepto de desarrollo en general en paralelo a la aparición y evolución del estudio de los SDNL, sugiere como éste surgió al tratar de aplicar y desarrollar el conocimiento matemático para enfrentar problemas de diversa naturaleza relacionados con el cambio o el movimiento. En este orden de ideas, se considera que el camino para la psicología del desarrollo no es simplemente “aplicar” los SDNL a los problemas recurrentes del desarrollo. Se trataría más bien, al igual que se hizo en otros campos, de relacionar críticamente el enfoque que ofrecen los SDNL con los problemas concretos de la disciplina y evaluar críticamente si esta aproximación contribuye a construir nuevas y buenas respuestas a las viejas preguntas, y en este camino, no solo la psicología del desarrollo sino los mismos SDNL podrían complementarse.

Para enunciar otras definiciones contemporáneas sobre los SDNL, estamos de acuerdo con Gutiérrez (2005) al proponer que la teoría de los SDNL en su conjunto es una herramienta teórico-metodológica que ofrece ciertos principios generales (derivados formalmente) como no linealidad, caoticidad, fractalidad, sobre los cuales se espera ofrecer una ilustración introductoria en este libro, y que sirven para conceptualizar un sistema que evoluciona y sus interrelaciones. Sin embargo, los SDNL pueden concebirse como algo más que una herramienta y en este sentido también estamos de acuerdo con la propuesta de van Geert, cuando propone que “[la] teoría de los sistemas dinámicos [no lineales] es un *enfoque* para percibir, conceptualizar y estudiar fenómenos y eventos que se consideran de interés” (van Geert, 2003, p.654). Concretamente, esta aproximación reuniría, conceptos generales, métodos, técnicas y muchos ejemplos de lo que son los SDNL. Lo que aporta la definición de van Geert es mirar los SDNL como una perspectiva diferente a la usual, para emprender el trabajo investigativo sobre el desarrollo.

Nos parece que vale la pena referirse un tanto a la expresión “no lineal”. Hemos visto que dinámico implica tener en cuenta la evolución y el cambio de un sistema en el tiempo y ya se ha descrito intuitivamente lo que significa la no linealidad en el caso de un sistema matemático. Además, pronto veremos la “presencia” de la no linealidad en el ejemplo tal vez más citado en la literatura: la ecuación logística difundida por May (1976). Queremos dejar aquí un mensaje adicional sobre la no linealidad retomando la propuesta de van Geert en el sentido que los SDNL son una perspectiva de investigación más que una simple técnica; y es que la no linealidad desafía una cierta manera convencional de aproximarse a los problemas: la de la causalidad unidireccional y la resolución en unidades elementales, según caracterizó Bertalanffy (1972) a la ciencia “clásica”, o como lo coloca recientemente Munné (2005) en referencia a los supuestos que han ido configurando el pensamiento occidental: aquella manera de pensar que propone que “cuanto menos complicada, compuesta y excesiva es percibida [la realidad] se cree que ha de ser más accesi-

ble y más comprensible a nuestro conocimiento” (p. 14). Trabajar desde la perspectiva de la no linealidad de los fenómenos bajo estudio implica entonces tomar conciencia de una nueva postura: la de la complejidad de los fenómenos. En este ámbito del conocimiento, la no linealidad desde un punto de vista epistemológico, se refiere, a “la posibilidad de un sistema de acción de generar secuencias causales no proporcionales en la relación causa-efecto... una teoría no lineal no da el todo desde las partes, o sea que la suma de estas no da la totalidad... Caos y complejidad son etiquetas para referirse a la dinámica no lineal” (Munné, 2005 p.13). Cuando comparamos esta definición de no linealidad, tan general como la quiere hacer el autor, con una concepción organísmica del desarrollo, por ejemplo, no es difícil reconocer similitud entre el concepto de no linealidad y las propuestas teóricas del desarrollo basadas en esta concepción que pueden ir desde Jean Piaget hasta Esther Thelen.

Históricamente se considera que el descubrimiento y trabajo sobre los SDNL comenzó a finales del siglo XIX, retomó fuerza desde mediados del siglo pasado y aun no termina. Se identifica a Henri Poincaré (1890) con sus tres volúmenes sobre *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, como el fundador de los sistemas dinámicos no lineales. A partir de la solución al problema de los tres cuerpos celestes y a la estabilidad del sistema solar, Poincaré propone las bases de la conceptualización de los SDNL. “Al sistema ideal de dos cuerpos se añadió un término que incrementaba la complejidad no lineal (retroalimentación) de la ecuación y se correspondía con el efecto pequeño producido por el movimiento de un tercer cuerpo” (Briggs & Peat, 1996). “Poincaré abrió el rumbo para tratar los problemas de estabilidad en sistemas dinámicos complejos” (Sametband, 1994, pp.71-72)

Lo que parece hacer notoria la contribución de Poincaré es que mientras la solución matemática para un sistema de dos cuerpos en interacción, con el acervo de conocimiento matemático disponible, era obtenible sin mucho esfuerzo, obtener la solución para un sistema de tres cuerpos en interacción resultó ser una tarea difícilísima desde el punto de vista del razonamiento matemático. Posteriormente, cuando con la ayuda de computadores fueron descubiertas nuevas propiedades de los SDNL, de nuevo la sorpresa difundida por autores como May desafiaba no solo el sentido común sino el conocimiento científico: sistemas matemáticos aparentemente simples tenían dinámicas complejas.

### **LA IMPORTANCIA DE LOS SDNL EN LA PSICOLOGÍA: UN PUNTO DE VISTA DESDE LA PSICOLOGÍA MATEMÁTICA**

Para aportar elementos al debate, mencionaremos un punto de vista expresado desde la psicología matemática sobre los sistemas dinámicos no lineales y su papel en el campo. Esto es, ya que nuestra opción son los SDNL, parece justo presentar no solo la propuesta en particular sino opiniones calificadas que desde un punto de vista menos parcial presentan un juicio sobre sus posibilidades en la psicología en general y no sólo para el estudio del desarrollo. Nos guiaremos aquí por la propuesta de prospectiva para la psicología matemática que hacía Duncan Luce a finales del siglo XX (Luce, 1995, 1997,1999).

No sería necesario ser psicólogo del desarrollo para imaginar que el cambio es un fenómeno psicológico que merece ser estudiado en los más diversos campos de la psico-

logía; por su parte las matemáticas disponen de un arsenal conceptual para estudiarlo, en particular el llamado cálculo diferencial e integral existente ya en el siglo XVII. Sin embargo, para fines del siglo XX, la utilización de las matemáticas dinámicas en general en la psicología era mínima cuando comparada con otras ciencias, como, por ejemplo, la física (Luce, 1997). ¿Por qué? En opinión de Luce, hay dificultades importantes cuando se trata de estudiar y modelar el cambio debido a la existencia de diferencias individuales entre los sujetos bajo estudio. El estudio de individuos se hace difícil por varias razones: primero, está la necesidad de recoger muchos datos para modelar el proceso en curso, esta limitación subsiste incluso para el caso de los SDNL, pero además se debe tener en cuenta que el cambio no se puede reproducir exactamente, o en palabras de Luce “uno no sabe como borrar lo que ha sido aprendido, hacer volver el organismo a su estado original, y permitir la repetición del esfuerzo de aprendizaje una y otra vez hasta que se haya acumulado suficiente información para ver los detalles del mecanismo” (p. 80). De otra parte, acumular información de un grupo de sujetos y obtener información estadística significativa, como el promedio, solo sería aceptable bajo ciertos supuestos difíciles de cumplir como lo son el suponer que los sujetos bajo estudio son idénticos y estadísticamente independientes. Pero la cuestión central para Luce está en que no existirían todavía buenas teorías dinámicas y esto afectaría la misma aplicación de los SDNL a la psicología pues tan necesario como explorar este tipo de matemática es desarrollar teorías dinámicas de los fenómenos psicológicos. A nuestro modo de ver, las teorías del desarrollo, entre ellas las clásicas a las que ya nos hemos referido y que fueron desarrolladas con anterioridad a los avances en los SDNL, podrían considerarse como candidatas privilegiadas para ser abordadas desde los SDNL al considerar como su objeto de estudio central precisamente el cambio.

Volviendo a la propuesta de Luce, éste propuso un conjunto de posibles áreas hacia las cuales podría evolucionar la psicología matemática reconociendo un papel fundamental a los SDNL. En el cuadro siguiente se ha plasmado un resumen del contraste que hace el autor sobre ventajas y desventajas, así como sobre las posibilidades de desarrollo y aplicación de los SDNL frente a los modelos estáticos y lineales existentes y predominantes en psicología. Quedan evidenciadas por una parte, las grandes posibilidades que ofrecen los SDNL, pero por otra, la dificultad para su desarrollo, y a nuestro modo de ver, este escenario previsto por Luce se ha cumplido.

**Tabla 2.1. Contraste entre modelos estáticos-dinámicos y lineales/no lineales en psicología: estado actual y perspectivas futuras, según Luce (1999).**

	<b>Modelos Estáticos</b>	<b>Modelos Dinámicos</b>	<b>Modelos lineales</b>	<b>Modelos no lineales</b>
Características diferenciadoras de cada tipo de modelo	Tratan relaciones entre variables en donde el tiempo no es un factor determinante	Tratan directamente con el cambio temporal de las variables en el sistema	Implican la Superposición: si se conoce la respuesta de un sistema a un input A y de manera separada también a un input B, la respuesta del sistema a ambos inputs es la suma de las respuestas individuales. La distinción lineal / no lineal es asimétrica: los sistemas lineales son una pequeña proporción entre todos los sistemas posibles	No cumplen la característica de Superposición. La interacción entre A y B hace que el efecto conjunto sobre el sistema no sea la suma de sus efectos individuales. No hay proporcionalidad entre las causas y los efectos producidos
Ventajas de su uso	Gran simplicidad	Tienen potencial para explicar comportamientos complejos como inestabilidad, variabilidad y cambio a partir incluso de modelos relativamente sencillos (e.g. modelos dinámicos no lineales)	Tienen un comportamiento altamente regular y son comparativamente más fáciles de analizar y de comprender que los modelos no lineales.	Tienen comportamiento irregular e incluso presentan importantes discontinuidades. Tienen potencial para explicar comportamientos aparentemente aleatorios de manera determinística.
Desventajas de su uso	Con estos modelos se conoce menos de lo que se desearía. Por tanto, solo se aplican a la psicología de manera aproximada. Hay reconocimiento, intuitivo y experimental, sobre el carácter dinámico de los procesos psicológicos bajo consideración.	Es difícil obtener datos adecuados de los procesos dinámicos mismos. Ver las desventajas de los modelos no lineales.	Una parte considerable del comportamiento humano es esencialmente no lineal	No es fácil discernir el proceso psicológico dinámico no lineal involucrado debido a las diferencias individuales y la irreversibilidad de la experiencia. Su aplicación a las ciencias sociales o del comportamiento no ha sido sistemática, variando de lo meramente analógico a lo formal. La prueba empírica de la adecuación de un modelo psicológico dinámico no lineal no es sencilla.

**Tabla 2.1 - Continuación**

Tendencia prevista del estudio y utilización hacia el futuro de cada tipo de modelo		Desarrollo lento, dadas las dificultades inherentes, de <i>modelos dinámicos no lineales</i> . En el corto plazo los modelos probabilísticos tendrán más desarrollo.		Profundización de su estudio e importación selectiva a la psicología
Papel que juegan los nuevos desarrollos en computación en el estudio y desarrollo de cada tipo de modelo		Impacto teórico positivo y fundamental para el estudio de sistemas dinámicos. Ver el papel de la computación en los sistemas no lineales.		Exploración empírica mediante simulación de sistemas no lineales cuyo tratamiento analítico es muy difícil. Así se descubrieron los atractores. Desarrollo de modelos computacionales (simuladores) que ayudan en la comprensión de la auto-organización y el crecimiento bajo la complejidad
Papel que juegan nuevos desarrollos matemáticos en el estudio y desarrollo de cada tipo de modelo		Impacto teórico positivo sobre el estudio de sistemas dinámicos.		Nuevos desarrollos matemáticos en la teoría podrían hacer una gran diferencia. Por ejemplo, la teoría de las wavelets

Fuente: elaborado con base en Luce (1999)

## **CONCEPTOS FUNDACIONALES DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES COMO ALTERNATIVA PARA PENSAR EL DESARROLLO COGNITIVO**

En los sistemas dinámicos no lineales se trabaja con un conjunto de ecuaciones que muestran como funcionan unas variables con el tiempo. “Al asignar valores cuantitativos a estas variables, se crea una imagen matemática del sistema que describe la variación de esta imagen sobre el tiempo” (McNabb, 1999, p. 2).

### **ITERACIÓN Y SIMULTANEIDAD**

Además de su definición con respecto del tiempo, la forma en que el sistema se transforma reclama características propias frente a los sistemas lineales: la iteración y la simultaneidad. La primera hace alusión a que los SDNL se presentan como sucesiones iterativas, es decir tienen la capacidad de repetir un incansable número de veces una operación sobre si misma llevando consigo la transformación del sistema.

El principio de *iteración* resulta igualmente decisivo en la comprensión de los sistemas dinámicos. Para muchos autores, lo que se conoce como *iteración* o el fenómeno de *retroalimentación positiva* es el motor o el vehículo de la *no-linealidad*. La iteración implica que los resultados en un momento dado de un sistema se aplican a sí mismos para obtener el resultado del momento posterior. Esta implicación, que podemos denominar como forma iterativa básica o elemental y que puede parecer trivial, es un principio esencial para relacionar los SDNL tanto al fenómeno del cambio, como a las diferentes teorías del desarrollo existentes y hará posible conformar dinámicamente la trayectoria del sistema en el tiempo (van Geert 1994; van Geert & Steenbeek, 2005). Para la psicología del desarrollo, podemos decir que la idea de una construcción a lo largo del tiempo (genética) que en cada momento representa al sistema bajo estudio no debe dejar dudas sobre el paralelo y la complementación propuesta entre la teoría Piagetiana y los SDNL (van Geert, 1998).

La otra característica, o sea la simultaneidad, es la capacidad de mezclarse con otra variable que representa un estado distinto ( $t+1$ ) esa secuenciación es la propia iteración. En otras palabras, simultaneidad significa la interacción sincrónica (al mismo tiempo) y diacrónica (en el tiempo) de dos variables, una mezcla de variables. Además, esta interacción entre variables no es de cualquier naturaleza en un SDNL, sino una en la cual una variable es la negación de la otra y además el producto entre ellas. En estas interacciones se produce la regulación y la posibilidad de la existencia del sistema como tal. Entonces, en un sistema dinámico no lineal la acumulación, propia de un sistema lineal, es reemplazada por la capacidad de repetirse e iterarse y, por otra parte, la simultaneidad es el efecto vinculante, inexistente en un sistema lineal, que ofrece la presencia de la interacción entre variables.

El resultado de estas dos propiedades es que cualquiera sea el fenómeno estudiado (la memoria, o la construcción del conocimiento, o cualquier otro fenómeno), mientras se lo trate *como un sistema lineal*, su característica, es su capacidad de acumular y almacenar información. Pero al concebirlo como *sistemas dinámicos no lineales*, entonces dicho fenómeno, deja de concebirse como un sistema acumulativo para pasar a verse como un sistema vinculante, en transformación, donde se establecen relaciones nuevas, gracias a esa otra variable que guarda siempre dicho efecto vinculante.

Para los sistemas lineales la unicidad y la opción de cambio se realizan exclusivamente en términos de las relaciones pasado-futuro como única y exclusiva opción. En contraste, para los SDNL las relaciones se conciben en múltiples espacios simultáneos con las mismas posibilidades de futuro para todas las alternativas de escenarios. Esta característica es la bifurcación y es por definición novedad y creación. En esta línea de pensamiento los SDNL se caracterizan por un aparente caos y aperiodicidad en su evolución. El carácter no lineal de las interacciones conlleva a que el comportamiento caótico sea un ingrediente fundamental de ellos.

Tal vez resulta pertinente considerar la propuesta de un colega quien dice que en sistemas complejos tales como el cerebro, el cuerpo humano, la familia, los grupos sociales, una colonia de hormigas, entre otros, “están presentes interacciones no lineales entre las múltiples partes que los conforman, existiendo interdependencia entre ellas y la presencia de diversas escalas de tiempo. La transición que va del comportamiento lineal al com-

portamiento caótico en estos sistemas, podría ser similar a las transiciones de fase que se presentan entre estados de la materia (cristal, líquido, gas)” (Campos, 2005. p.91). Aunque el propio autor, acepta lo audaz y controvertible de esta analogía, ella nos puede servir para pensar que la variabilidad puede considerarse como “transiciones de fase” en procesos de cambio.

### **NO LINEALIDAD**

La *no linealidad* también entendible como *la complejización de la relación causa efecto*, se configura, como ya se ha sugerido y descrito, en un principio central en el estudio de los sistemas dinámicos no lineales. Puede ser que con estos dos conceptos se introduce una racionalidad distinta, una perspectiva diferente para observar los fenómenos, como ya se dijo. Aunque en ningún sistema las relaciones causa-efecto son sencillas, en el caso de los sistemas no lineales, la *no linealidad* supone el rompimiento de la racionalidad según la cual las consecuencias son proporcionales a las causas. En esa línea de ideas, los cambios en una de las variables pueden afectar de manera desproporcionada el valor de otra o de las otras variables y de todo el conjunto. En las leyes de la física clásica, la relación básica causa y efecto, funciona dentro de una lógica de la proporcionalidad. A mayor dinero más posibilidades, solemos pensar. Pero dentro de los parámetros de la no-linealidad, no se puede seguir en esa lógica.

Dada la no linealidad, dos variables con trayectorias inicialmente cercanas en el comienzo de la turbulencia puede ser que una diverja radicalmente de manera no predecible.

Van Geert explica los *cambios súbitos* de un nivel de equilibrio a otro, como expresión de los sistemas caóticos. Cuando una variable o parámetro de control cruza el umbral de valores ocurre el salto súbito, como resultado de la no linealidad. Igualmente y siguiendo sus explicaciones, “la *variabilidad del sistema*, se explica como una fluctuación que depende del estado dinámico de un proceso, en oposición a un sistema lineal en el cual las fluctuaciones son independientes de sus mismos procesos. En un modelo no lineal, las fluctuaciones pueden incrementarse o decrecer justo antes de hacer una *transición discontinua* a un nuevo estado” (van Geert, 1998. p.150).

Por su parte y para la psicología del desarrollo cognitivo, Fischer propone para la complejización de las relaciones causa-efecto, concebir la psicología del desarrollo en términos de una red. Con esa figura trata de esquivar y resolver la simplicidad de esas relaciones causa efecto. Él propone que “Los hilos o filamentos en una red no están fijos ni determinados en un orden, sino que son productos (*joint-products*), de la actividad construida en la misma red, y los contextos que la soportan y en los cuales están construidos (Fischer y Bidell 2006, p.473).

La cuestión aquí, es cuantas veces los psicólogos del desarrollo se enfrentan a la imposibilidad de ajustar las realidades del niño a la causalidad esquemática de causa-efecto, y a la necesidad de acudir a explicaciones imposibles. Niños criados en la misma familia, reciben y se apropian de manera radicalmente distinta de las mismas experiencias, y ello para no mencionar a los niños de una misma clase, que pueden presentar divergencias notables en cuanto a un mismo método de trabajo o a una misma información. Pero igualmente no todas las experiencias tienen el mismo peso en el mismo sujeto. Una sola experiencia puede tener un efecto desproporcionado en la vida de una persona, en una época,

mas no en otra. De manera que para los psicólogos del desarrollo y de la educación (por no hablar sino de esos campos) no es nuevo plantear que la mayor parte de los fenómenos a los que nos enfrentamos en nuestro trabajo no son susceptibles de esquematizarse en una relación causa efecto lineal. Nuevamente hay que insistir en las posibilidades que esta idea le abre a la psicología del desarrollo, y aceptar que ellas son tan inesperadas como innovadoras.

### **AUTO-ORGANIZACIÓN**

Para Thelen las diferentes partes de un sistema no requieren de un agente o un programa que produzca la organización de los patrones como principio integrador de las múltiples facetas (Smith & Thelen, 2003). Ella más bien considera que para los sistemas complejos las diferentes partes de un sistema se organizan entre sí, y se organizan en patrones que son los que proporcionan una estabilidad dinámica, literalmente ella dice: “Series de patrones envolventes con una estabilidad dinámica, donde la coherencia es generada únicamente por las relaciones entre los componentes orgánicos y las constricciones y oportunidades del medio” (Smith & Thelen, 2003, p.344). Lo ilustra con el caso de la conducta de gatear. El gatear es un patrón de conducta estable que aparece en un momento determinado y que funciona establemente por algunas semanas. Luego esa conducta se desestabiliza con la aparición de los patrones del caminar y de pararse. No hay un ‘programa’ para gatear, no hay genes en el Sistema Nervioso para gatear. Nuevamente retomando sus propias palabras “no hay un programa que produzca la organización de los patrones”, lo que hay es una *auto-organización* para solucionar un problema (moverse a lo largo de un cuarto) que más tarde es reemplazada por una solución de *auto-organización* más eficiente (Smith & Thelen, 2005, p.344).

### **EMERGENCIA**

Sigamos con la noción de *emergencia*. Ella está muy emparentada con la noción de *auto-organización*, y no puede pensarse de manera aislada de ella. La *emergencia* es un principio que permite comprender cambios y novedades en los sistemas naturales y es la principal llave de entendimiento de los principios subyacentes a la *auto-organización* (Lewis, 2000). En ese sentido ni es una noción nueva, ni tampoco se la entiende en un sentido metafórico. Se trata de un principio “que concibe el desarrollo como capaz de explicarse por la emergencia espontánea y coherente de formas de alto orden a través de interacciones recursivas entre componentes más simples” (Lewis, 2000 p.36). Para Lewis entonces, la *auto-organización*, explica “el surgimiento de la novedad en el mundo natural”. De hecho y como lo hemos dicho antes, se podría rastrear su pasado en el *elan vital* de Bergson, o recuperarla en la noción de la epigénesis probabilística de Gottlieb (2003). Para algunos renueva la noción de ‘insight’, al concebirla dentro de un proceso de integración.

Para Thelen y Smith (1994), los sistemas dinámicos no lineales permiten explicar la aparición de la novedad en la medida en que son sistemas complejos compuestos de muchos elementos individuales encapsulados, que se abren a un entorno complejo.

En resumen la *auto-organización* y la *emergencia* suponen una reorganización a la noción de desarrollo. Se deja de lado el escenario del desarrollo como avance inexorable

hacia la madurez, o el crecimiento de propiedades específicas. En el marco de los sistemas dinámicos no lineales tal y como lo entiende Thelen, por ejemplo, el cambio en el desarrollo, se concibe como algo tan indeterminado como creativo, y no se puede concebir como un crecimiento, aprendizaje o construcción. Para algunos incluso se cuestiona el sentido mismo del desarrollo como progresión como lo propone van Geert en un excelente artículo (van Geert, 2003). Dentro de los sistemas dinámicos no lineales se hablará entonces de la confluencia de factores en un sistema que tiene sus propias leyes de auto-regulación y de orden. Las transformaciones que están implicadas en el desarrollo, son tan notables, dicen Smith y Thelen, que obligan a conceptualizar dicho desarrollo como un cambio en un complejo sistema dinámico. Y en ese complejo sistema, la noción de *auto-organización* será la que permita explicar el paso de ‘algo menos bueno a algo mejor’ (Smith & Thelen, 2003).

### **MULTICAUSALIDAD**

*Multicausalidad* e integración (o la separación artificial del sujeto-objeto). Este es otro principio central que se agrega a los revisados en los sistemas dinámicos no lineales. Los sistemas complejos se componen de un gran número de partes o elementos que interactúan de manera no lineal y entre los cuales existen fuertes interdependencias. “El carácter no lineal de las interacciones conlleva a que el comportamiento caótico, sea un ingrediente fundamental de los sistemas complejos” (Campos, 2003, p.83).

Dentro de las conceptualizaciones psicológicas, la propuesta de Fischer a partir del concepto de habilidades dinámicas, constituye un buen intento de integrar la conceptualización de los sistemas dinámicos y específicamente de las ideas de integración.

Una habilidad es una capacidad de actuar en una forma organizada en un contexto específico. No posee un carácter abstracto y se construye en la práctica, sobre actividades reales en contextos reales. [...] La concepción de habilidad está lejos de ser atomística, por el contrario, integra varias habilidades. La habilidad de jugar tenis requiere de otras habilidades como correr, saltar, y coordinación viso-motora. La verdadera integración significa que participan sistemas que funcionan con otros sistemas. Los componentes de un sistema vivo no solo dependen sino que participan con otros. Un sistema vivo muere cuando se corta de otros sistemas con los cuales inter-participa (Fischer & Bidell, 2006, p.479).

Como lo formula Thelen, en un sistema dinámico, ningún elemento tiene una prioridad causal. Este planteamiento resulta uno de las más fértiles para cambiar nuestra manera de pensar y avanzar hacia la comprensión de los mecanismos de cambio en el desarrollo cognitivo.

¿Que quiere decir que en el conjunto de relaciones y elementos, ninguno tiene una prioridad causal? Thelen lo ilustra con el error A mas no B (Smith & Thelen, 2003, p.346). Como todos saben ésta es una fórmula que ha acuñado la crítica, para referirse y designar los desempeños del infante ante la situación conocida como el *objeto permanente*, descubierto por Jean Piaget en 1934. Entre los 10 y los 12 meses de edad los niños pasan de buscar un objeto escondido ante sus ojos en el lugar B, para hacerlo en el lugar A, donde se

escondió inicialmente. Además de ser una experiencia reorganizadora para el sujeto toda vez que ella significa según Piaget que el sujeto construye su primer sistema normativo,<sup>8</sup> la crítica anglosajona lo ha tomado como centro de discusión acerca de todo el proceso de desarrollo. La cuestión entonces es saber por qué ocurre este cambio tan dramático en el funcionamiento mental del infante, en un período tan corto de tiempo. ¿Cómo es que los infantes entienden a los 12 meses, algo que ellos aparentemente no pueden entender a los 10 meses? (Smith & Thelen, 2003, p. 346).

El número de estudios que han replicado y vuelto a replicar esta experiencia con todas las modificaciones posibles, revela lo importante del suceso, y la complejidad de la posible explicación. La cuestión es que para Thelen a pesar del mérito que cada uno de los experimentos tienen, “ninguno puede explicar el resultado completo del patrón encontrado en ese experimento”. Y precisamente la razón es “buscar las explicaciones *en términos de una única causa*, allí donde no puede haber un único factor”. En ese marco los modelos dinámicos constituyen una excelente plataforma para explicar “como el error *A-no-B* es un *producto emergente de múltiples causas interactuando por encima de las escalas de tiempo*”. Igualmente con los estudios sobre el reflejo de pedaleo, Thelen demuestra que muchos cambios se deben a una multiplicidad de factores y no solo a los cambios cognitivos y del cerebro (Smith & Thelen, 2003, p.345).

Lo que estas autoras proponen entonces es el abandono de la concepción de pensar desde relaciones causales particulares. En su reemplazo, la idea es pensar el objeto psicológico como resultado de múltiples relaciones de interacción en los que no se privilegia ninguna relación causal (Smith & Thelen, 2003, p.345). Pensar desde los sistemas dinámicos es el resultado de las interacciones entre un conjunto de factores tanto del mismo sistema como de otros sistemas. Desde el punto de vista del modelamiento y de la investigación, precisamente esa propiedad iterativa explica muchas propiedades interesantes del cambio de los sistemas en desarrollo (van Geert 2003). Para la psicología, y para el desarrollo cognitivo que ha tratado de pensarse siempre bajo relaciones de causalidad únicas, este nuevo modelo de construcción del conocimiento, como un sistema dinámico puede ser muy pertinente. Smith & Thelen ilustran con el famoso error A no B, como se denominó desde la crítica, a las réplicas experimentales del objeto permanente de Piaget, una bella y simple aplicación de los SDNL. El fracaso de las innumerables explicaciones que se dieron para dar cuenta que los infantes siguieran buscando el objeto en A luego de haberlo escondido bajo sus ojos en B, ellas lo explican como el hecho de buscar un solo factor. Es decir: pensar el problema como resultado de una solitaria relación causal.

## **LA ECUACIÓN LOGÍSTICA: UNA ILUSTRACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES**

Para ejemplificar la manifestación de las características de los sistemas dinámicos no lineales se mostrarán algunos ejemplos empíricos con la ecuación logística. Esta ecuación

---

<sup>8</sup> Crucial porque todos los niños la presentan y supone el ingreso a un sistema de lograr construir invariantes en un sistema sometido a transformaciones. Para Piaget, a los 12 meses es el momento en que el objeto existe independientemente de las acciones del niño. Otros autores han sugerido que durante esos dos meses, el cambio de los niños se debe a un cambio en la representación del espacio.

fue difundida en el mundo científico mediante el trabajo del biólogo May (1976) que tituló “Modelos matemáticos simples con dinámicas muy complicadas”. Entre sus recomendaciones está la propuesta de enseñar SDNL desde la matemática elemental.

La ecuación logística constituye un modelo relativamente simple y en el plano de lo metodológico se pueden ilustrar propiedades que no resulten exclusivas de un plano teórico y meta teórico, sino que se operacionalizan en un nivel más concreto.

El artículo de May (1976) cobra relevancia, tal vez por recoger un conjunto de hallazgos alcanzados hasta mediados de la década de los setenta en torno a los SDNL. Los conceptos de sistema caótico, atractor y bifurcación, por ejemplo, son descritos utilizando la ecuación logística y entre las implicaciones más importantes destacadas por May están las consecuencias del comportamiento de los sistemas dinámicos no lineales para la forma en que normalmente se modelan fenómenos: “el hecho de que una ecuación determinística simple pueda poseer trayectorias dinámicas que se parecen al ruido aleatorio, tiene implicaciones prácticas molestas” (p. 13). De hecho poder diferenciar si un conjunto de datos proviene de un proceso dinámico no lineal o son datos aleatorios es una tarea no terminada aun en el campo de los SDNL.

La ecuación logística trabaja con una sola variable, digamos  $X$ , y de aquí el llamado de atención de May sobre su sencillez, cuyos valores cambian en el tiempo de manera que el valor de  $X$  en un periodo está influido por su valor en el periodo anterior. Además, esta variable es afectada por un coeficiente, digamos  $r$ , denominado en la terminología de los SDNL un parámetro de control, esto es, un parámetro que determinará en buena parte el comportamiento de la variable. Intuitivamente, la construcción de la ecuación logística implica la existencia de una oposición entre dos “fuerzas” que influirán en la manera como  $x$  evoluciona. Estas fuerzas no son externas o elementos raros, sino que se configuran a partir de la misma variable  $x$  bajo estudio. Así, cuanto mayor el valor de  $X$  en un momento dado, mayor el valor de  $X$  en el momento siguiente, pero también, cuanto mayor sea el valor de  $X$  en ese mismo momento, menor será en el periodo siguiente. ¿Cómo? Pues esto se puede modelar matemáticamente configurándose la llamada ecuación logística (en diferencias); el primer componente se puede escribir como  $X_{t+1}$  que iguala a  $X_t$  multiplicado por el parámetro de control  $r$ , y el segundo componente se formaliza escribiendo  $X_{t+1}$  que iguala a  $(1-X_t)$  también multiplicado por el parámetro de control  $r$ . En conjunto la ecuación logística tendrá dentro la oposición entre la tendencia a aumentar y la tendencia a disminuir de la variable  $X$  y una forma usual de escribir esta ecuación es:

$$X_{t+1} = rX_t (1-X_t)$$

Donde  $X_t$  es el valor de la variable dinámica en el momento  $t$ ,  $X_{t+1}$  es el valor de la variable dinámica en el momento siguiente ( $t+1$ ) y  $r$  es el llamado parámetro de control o variable clave que influirá en la forma como se comporte el sistema a través del tiempo.

Las características matemáticas de la ecuación logística han sido estudiadas desde hace muchos años, así como su utilización, por ejemplo, para el modelamiento de poblaciones en biología y ecología, entre otras, que fue el problema que trató May (1976) y May y Oster (1976) en sus artículos clásicos de mediados de los años setenta para difundir los nuevos conocimientos sobre los SDNL.

En psicología del desarrollo la familia de las ecuaciones logísticas ha sido utilizada, entre otros, por van Geert (1991,1994), para modelar el crecimiento cognitivo y recientemente Vallacher y Nowak (2007), desde el campo de la psicología social, proponen que al expresar la ecuación logística tendencias en conflicto en un fenómeno, sería posible buscar su aplicación a fenómenos psicológicos cuyas teorías reconocen la existencia de fuerzas opuestas como por ejemplo, la existencia de tendencias de aproximación y rechazo en cuanto el sujeto se dirige hacia una meta en la teoría de acercamiento-evitación, o en la teoría de la motivación, la propuesta de que tanto el deseo de suceso como el temor al fracaso se combinan para producir un nivel de motivación resultante. Podría pensarse entonces en buscar modelar alguna de estas teorías con la ecuación logística, recolectar datos para encontrar dicha relación y enriquecer la teoría psicológica con los hallazgos empíricos realizados a partir del modelo utilizado. Nótese que lo que parece importante cuando se acude a un modelo de SDNL para estudiar una teoría psicológica es colocar la posibilidad de que la teoría psicológica se acoja a los principios de los SDNL, esto es, que haya cierto isomorfismo entre los principios de ambas teorías y de allí en adelante buscar las pruebas de esta relación.

Para los ejemplos que se traen, presentes en cualquier introducción a los SDNL, puede pensarse que se está tratando de modelar de manera muy elemental, el nivel de crecimiento en el lenguaje. Este modelo ha sido utilizado concretamente, entre otras aplicaciones, para describir de manera simplificada (cuantitativamente) el proceso de evolución del lenguaje en los niños al proponer que el número de palabras que un niño utiliza en un momento dado depende del ritmo con el que ha venido aprendiendo y del total de palabras que sea capaz de aprender.

Aquí es importante resaltar que los sistemas dinámicos no sustituyen las teorías y los conceptos que subyacen en el trasfondo de la comprensión del desarrollo del lenguaje y que sustentarían la utilización u operacionalización de las nociones de tasa de crecimiento y nivel máximo de palabras aprendibles en el ejemplo del lenguaje. En otras palabras, el modelo logístico se puede utilizar en muchos dominios diferentes de la ciencia (economía, psicología...), entonces la apuesta es por dar sentido desde el campo específico del conocimiento al modelo dinámico no lineal de base general que se propone utilizar. En esta línea tal vez sea van Geert quien más ha insistido, por ejemplo, en la compatibilidad entre las ideas de Piaget, Werner y Vigotsky y los sistemas dinámicos no lineales (van Geert, 1998).

Volviendo al ejemplo, se tiene que la ecuación logística en términos discretos se puede computar matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$X_{t+1} = X_t(1+r-r(X_t/K))$$

En donde

$X_{t+1}$  = Nivel de la variable en periodo  $t$  (las palabras que el niño sabe hoy), por tanto  $X_t$  son las palabras que el niño sabía ayer o en mi anterior periodo de información.

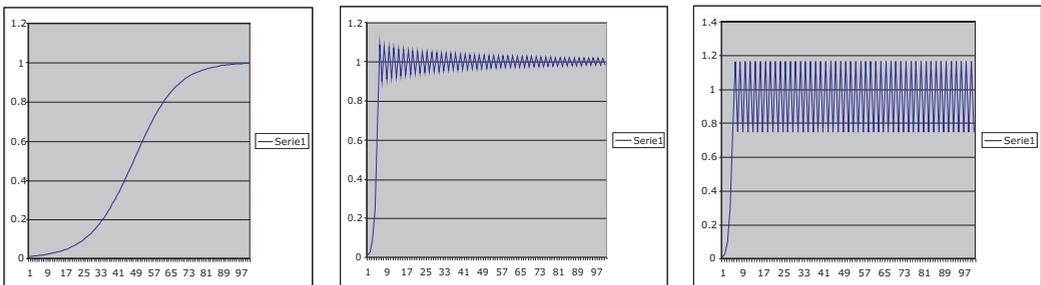
$r$ = tasa de crecimiento (cuántas palabras por día ha venido aprendiendo el niño recientemente expresada de manera conveniente)

$K$ = nivel máximo de la variable o de equilibrio (un número teórico que podemos sacar de la experiencia sobre cuantas palabras puede aprender un niño de determinada edad).

A partir de este modelo se pueden visualizar las características de los sistemas dinámicos no lineales ya descritas y otras nuevas implicadas, la emergencia y la auto-organización. Para obtener resultados de él, esto es, sus diferentes valores a lo largo del tiempo, se deben proporcionar unos valores iniciales para  $r$ ,  $K$  y  $Xt-1$ , y a partir de estos y el funcionamiento del modelo se obtiene  $Xt$ , esto es, se obtienen los puntos que conforman la trayectoria de  $Xt$ . Si se tienen observaciones empíricas del proceso, entonces es posible contrastar estos resultados con los que proporciona el modelo.

Los resultados del modelo logístico ilustran la *emergencia* y la *auto-organización* de manera bastante palpable pues cumple con la idea fundamental de representar un sistema que es *auto-organizado* o “autocatalítico” en la medida que no depende de influencias externas para su funcionamiento y de ella *emergen* sus propios resultados, lo sorprendente es que estos resultados pueden ser totalmente novedosos. La emergencia y la auto-organización son el fenómeno a encontrar y su fundamento, digamos, es la no linealidad.

Las gráficas 2.1, 2.2 y 2.3 muestran los distintos resultados de la ecuación logística descrita cuando se modifica la tasa de crecimiento  $r$  en la ecuación. Cualquiera de los tres resultados proviene de la misma ecuación matemática, esto es, del mismo sistema y no hay otra influencia para resultados tan diversos que los cambios en el parámetro  $r$  o tasa de crecimiento.



**Figura 2.1. Ec. Logística con  $r= 0.1$**

**Figura 2.2. Ec. Logística con  $r=1.99$  (at. de punto)**

**Figura 2.3.  $r= 2.2$  (at. cíclico)**

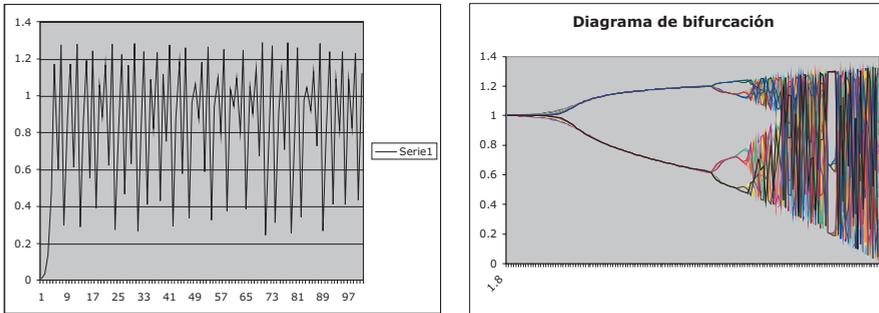
La percepción visual hace evidente lo que la no linealidad significa, así como la variedad de atractores que pueden encontrarse. Todo esto a partir de un mismo “modelo” o “sistema” al que se le ha cambiado el valor de uno de sus componentes internos.

La novedad (o emergencia de ella) que puede surgir es alta, pero surge del modelo mismo. Veamos el ejemplo de la ecuación logística: los resultados del modelo, esto es, los patrones temporales que sugiere para la variable dependiente ( $Xt$ ) son muy diferentes dependiendo del valor de la tasa de crecimiento que se use. Esto se observa en las figuras 2.1 a 2.4, donde se ha variado  $r$  (0.1, 1.99, 2.2 y 2.8 respectivamente).

La ecuación logística es *no lineal* porque al cambiar los parámetros (por ejemplo la  $r$ , que es la tasa de crecimiento del léxico del niño, esto es, el “parámetro de control” en la jerga) los efectos sobre la variable  $X_t$  que estamos buscando, pueden cambiar cualitativamente y de manera significativa en comparación con los cambios realizados en la variable inicial. Esto es lo que muestran las figuras 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4. Los efectos de las interacciones en el sistema sobre la variable resultado,  $X_t$ , pueden no ser proporcionales y, por lo tanto, generar saltos abruptos en esta variable. En otras palabras, los resultados no son proporcionales a las causas y esto se ve sencillamente simulando con datos el modelo.

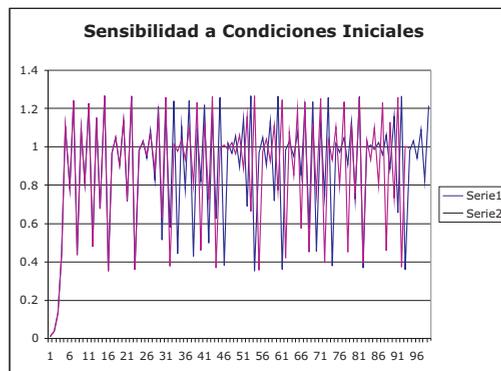
En el caso de la ecuación logística, es posible denotar la presencia de diferentes tipos de atractores para cada uno de estos casos (punto, cíclico e inestable) como se observa en las figuras 2.2, 2.3 y 2.4. Los atractores aparecen tan pronto como nos preguntamos hacia dónde tiende la variable en cada figura.

Para ejemplificar los cambios súbitos puede pensarse en términos de las figuras 2.4, 2.5 y 2.6, en donde además se puede caracterizar los fenómenos de bifurcación, fractal y la sensibilidad a las condiciones iniciales a partir del modelo logístico:



**Figura 2.4. Ec. Logística con  $r=2.8$  (at. caótico)**

**Figura 2.5. Bifurcación en la Ec. Logística (cambiando  $r$ )**



**Figura 2.6. Sensibilidad a las condiciones iniciales de la Ecuación Logística**

Bifurcación: los resultados del modelo para ciertas tasas de crecimiento son muy similares, pero cuando comienza a cambiar esta variable (tasa de crecimiento  $r$ ), también denominada parámetro de control del sistema, bien puede suceder que los resultados cambian súbitamente y de manera abrupta, se bifurcan. En parte aquí se observa también el

concepto de fractal: las bifurcaciones posteriores que se producen en el brazo de la primera bifurcación son resultado de la primera y se asemejan a ella.

La ecuación logística es tremendamente “sensible a las condiciones iniciales”, otra característica de los sistemas dinámicos relacionada en parte con la recursividad. Esto quiere decir que si suponemos que dos niños muestran “una muy pequeña diferencia en la manera como aprenden las palabras” y que esta diferencia no tendrá ningún efecto significativo en el futuro, podremos estar equivocados si el modelo logístico se aplica para explicar el fenómeno. Basta correr dos modelos (uno para cada niño), con muy pequeñas diferencias iniciales en sus variables, y luego se comparan los resultados cuando ya ha pasado algún tiempo.

Esto fue lo que se hizo con el modelo logístico en la figura 6: obtener los resultados del modelo con valores iniciales muy parecidos pero diferentes: la línea roja tiene un valor inicial de 0.1 y la línea azul de (0.1 + 0.000001!!). Como se ve, luego de cierto tiempo en el que los resultados se superponen, comienzan a obtenerse valores de la variable dependiente muy diferentes entre los modelos.

La recursividad se manifiesta en la retroalimentación que hace el modelo al utilizar sus mismos resultados para originar otros nuevos a través del tiempo. En el ejemplo que estamos presentando, la ecuación  $X_{t+1} = X_t(1+r-r(X_t/K))$  es *iterativa o recursiva* porque para hallar el nivel o estado en un momento ( $X_{t+1}$ ) se requiere su valor en el periodo anterior ( $X_t$ ). Así, en la ecuación inicial propuesta las palabras aprendidas por el niño en un momento dado ( $X_t$ ) son un elemento esencial dentro de la estructura planteada, esto es como elemento que interactúa con la tasa de crecimiento ( $r$ ) para saber cuántas aprenderá en el momento siguiente ( $X_{t+1}$ ). Esto lo que quiere decir es que el tiempo es tenido en cuenta, que el pasado influye de alguna manera en el presente. En este sentido, las figuras 2.1, 2.2, y 2.3 grafican a  $X_{t+1}$  en el tiempo, de manera que el valor de  $X$  en cada momento siempre es influido por el valor de  $X$  en el periodo anterior, el cual fue en su momento fue influido por el valor obtenido precedentemente. Nótese la presencia de un proceso recursivo interno interesante para el fenómeno del cambio.

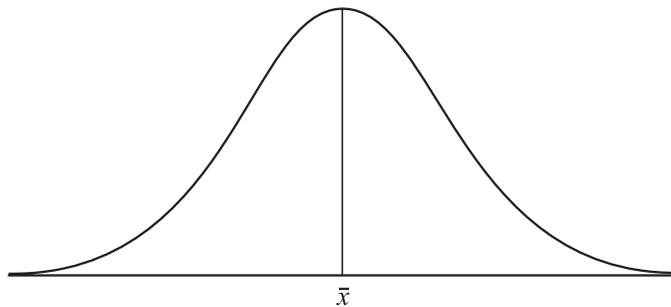
## **UN POSIBLE APORTE DE LOS SDNL AL TRATAMIENTO METODOLÓGICO PARA ESTUDIAR EL DESARROLLO COGNITIVO: LOS FRACTALES Y LA WAVELET**

Una noción que permite hacer el tránsito hacia una operacionalización de los SDNL es la noción de *fractal*. Se le puede tratar bien como una noción especialmente ‘metodológica’, o desde un plano más epistemológico, como una de las manifestaciones de la complejidad (junto con el caos, las catástrofes y la difusividad). Vista como un aporte metodológico, permite incursionar dentro de datos específicos que no encuentran una explicación adecuada desde el punto de vista de las distribuciones normales. De hecho, nuestro grupo, en el campo del desarrollo cognitivo, maneja la hipótesis de que algunos fenómenos propios al desarrollo cognitivo presentarían una estructura fractal. Y para ello se utiliza la técnica de las wavelet sobre la cual se comenta más adelante, como una forma de identificar, así sea de manera exploratoria, un patrón fractal en el funcionamiento cognitivo en niños pequeños (ver Combariza y Puche, en este mismo libro).

Muchas de las curvas de crecimiento y de los itinerarios del desarrollo están condicionados por las propiedades de medida de la regla, y no por la propia naturaleza del desarrollo. Thelen es muy perspicaz en su lectura de los sistemas dinámicos al afirmar que “In dynamic systems theory, the metric is not whether a child ‘has’ some static ability or unchanging concept”. Rather, as systems are always in flux, the important dimension is the relatively stability of behaviour in its particular context over time [36] (Smith & Thelen, 2003, pp.343). Lo que este planteamiento recupera es precisamente que no hay que adaptar el niño a las métricas, sino repensar en métricas a la escalas de la mente del niño.

En realidad lo que se plantea en los sistemas dinámicos es, como dice Fischer y Rose, “usar modelos como lentes, para ayudar a detectar patrones de cambio y sugerir las clases de cambio que producen esos patrones” (Fischer & Rose, 1999, pp.198).

Volviendo a los fractales y relacionándolos con “la carpintería” de los tratamientos metodológicos propios de los sistemas dinámicos no lineales, se puede aprovechar el compararla respecto de las distribuciones estadísticas más tradicionales. Como todo el mundo sabe, la función de Gauss es una distribución teórica estadística y muy estudiada, tiene como límite una función muy precisa y es adecuada para trabajar sistemas azarosos. (Ver figura 2.7).

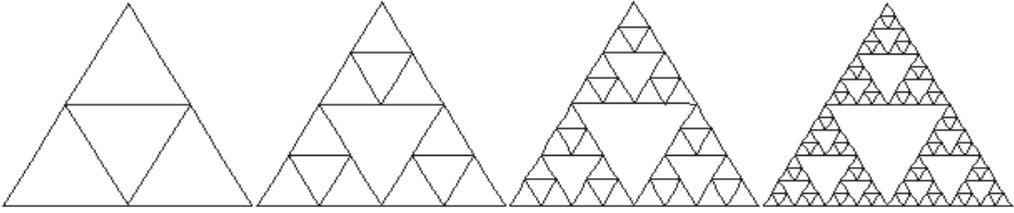


**Figura 2.7. Campana de Gauss**

En la distribución gaussiana los eventos extremos tienen menor probabilidad de ocurrencia (las dos colas de la campana) mientras que los eventos normales se distribuyen uniformemente en el centro de la campana, o de la curva.

Sin embargo la naturaleza está mucho más habitada y si se quiere mucho más caracterizada por objetos y fenómenos irregulares, que por objetos regulares y lineales. Y desde mediados de la década de los setenta, Mandelbrot introdujo un tipo de geometría para abordarlos. Esta geometría la llamó fractal. Un fractal (del latín *fractus*, que significa “dividir”) es un objeto irregular, esto es, un objeto cuya forma fluctúa y que tiene tres características 1) la invariancia de escala, 2) el representar un punto intermedio entre aleatoriedad y no aleatoriedad, y 3) el ser un sistema que no tiene memoria.

La figura 2.8 ilustra esta idea de que diferentes objetos tienen un invariante de escala en su forma: el fractal es la constancia que se puede descubrir en los objetos irregulares, es decir, en objetos donde la constancia o invarianza de escala está acompañada de una fluctuación persistente.



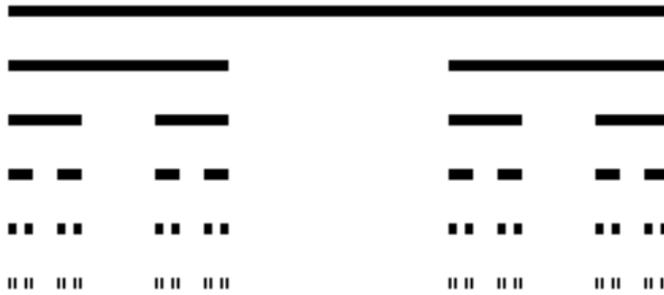
**Figura 2.8. Invarianza de escala**

Mandelbrot define el fractal como “el conjunto de formas que, generadas normalmente por un proceso de repetición, se caracterizan por poseer detalle a escala, por tener longitud infinita, por no ser diferenciables y por exhibir dimensión fraccional” (Mandelbrot, 2006, p. 23). Dicho de manera mas simple, los fractales, se caracterizan, “entre otras propiedades, porque contienen una imagen de sí mismas en cada una de sus partes” (Talanquer, 2002, p. 10). Y para completar esa definición habría que volver a Mandelbrot y añadir que los fractales tienen la característica de ser “*sistemas* en el sentido que están formados por muchas partes distintas articuladas entre ellas, la dimensión fractal describe un aspecto de esta regla de articulación” (Mandelbrot, 2006, p. 23).

El fractal resulta pues especialmente apropiado para el estudio de objetos irregulares y abre nuevas reglas para analizar conglomerados que antes resultaban inasibles. Básicamente y dentro de esta nueva clase de geometría, se pueden analizar las propiedades dinámicas de los sistemas, “la manera en que se desarrollan y evolucionan y la manera como interaccionan entre sí propiedades dinámicas para competir u organizarse” (Talanquer, 2002, p.77). En esa dirección los fractales son especialmente adecuados para el estudio de sistemas que se autorregulan y que se auto-organizan, y que por definición están lejos de los estados de equilibrio dada su sensibilidad a los efectos del medio (Briggs & Peat, 1996).

Los fractales pueden ser predecibles (aunque hasta un punto relativo) luego, no son completamente azarosos. En general son procesos que no se ajustan a la media ni a la desviación estándar. Ciertamente son comportamientos que no presentan un comportamiento gaussiano, pero tienen como característica que respetan la escala.

Un buen ejemplo del fractal quizá más conocido, aunque visualmente resulte poco ilustrativo al carecer de la seducción visual que en general caracteriza los fractales, es el polvo de Cantor (matemático alemán de finales del siglo XIX y comienzos del XX y que según Mandelbrot domina la prehistoria de la geometría fractal). El patrón fractal, del polvo de Cantor se obtiene de manera iterativa, a una longitud  $L$  que se secciona en tres partes idénticas ( $l = L/3$ ), se le extrae la sección central queda ( $N=2$ ), y a continuación se repite el procedimiento y a cada uno de los tercios que quedan se le quita el tercio central y así sucesivamente (Mandelbrot, 2006). La repetición del mismo procedimiento un cierto número de veces define aquello que es “mas que una colección de puntos pero menos que una línea”.



*Figura 2.9. Versión gráfica del “polvo de Cantor”*

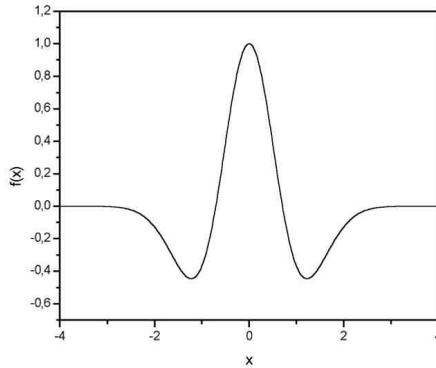
Lo extraordinario de este fractal es que según se afirma, la estructura del polvo de Cantor estaría “detrás de muchas cosas del mundo real y se lo ha utilizado como modelo para representar los anillos de Saturno, hasta las fluctuaciones de los precios del algodón” (Talanquer, 2002, p.26). En este campo de lo sorprendente, y de la mano del polvo de Cantor se puede llegar a lo alucinante (pues resulta difícil de entender para los psicólogos que no somos matemáticos) y es que “cuando la idea que subyace a la construcción de este conjunto se extiende a tres dimensiones, el patrón que se genera coincide sorprendentemente con la distribución de las estrellas y galaxias en el universo (Talanquer, 2002, p.27). En efecto en el capítulo 6 de su obra, Mandelbrot sugiere “que la teoría de la formación de las estrellas y las galaxias de Hoyle, con el modelo descriptivo de Fournier D’Albe, y los datos empíricos, sugieren unánimemente que la distribución de las galaxias en el firmamento, incluye una amplia zona de homotecia interna, en la que la dimensión fractal es próxima a  $D=1$ ” (Mandelbrot, 2006 p.83).

Pero volviendo a los fractales en el estudio de la psicología, las exploraciones son aún muy incipientes. Se encuentra una aproximación específicamente en el terreno de la psicología social aplicada al trabajo, en el grupo de José Navarro en la Universidad de Barcelona, quien ha empezado a utilizar técnicas que involucran los fractales para medir la dinámica no lineal en un estudio de la motivación en el trabajo, y han logrado ilustraciones de gráficos de recurrencia utilizando el software VRA (*Visual Recurrence Analysis*) (Navarro, Arrieta & Ballén, 2007).

### **UNA APROXIMACIÓN A LAS WAVELETS**

Para resolver el problema de calcular la dimensión fractal de un objeto, una técnica relativamente nueva es la *wavelet*.

La fórmula más simple de la técnica wavelet es tomar la función gaussiana y calcular su pendiente en varios puntos, obteniéndose valores tanto positivos como negativos; cuando se comparan estos puntos entre sí y se encuentra una variabilidad significativa entre ellos, esta variabilidad toma sentido y puede modelarse a través de la función del “sombrero mexicano”, la cual resalta las diferencias entre los datos (ver figura 2.10):



**Figura 2.10. El sombrero mexicano**

De lo que se trata es de obviar lo homogéneo y concentrarse en focalizar los cambios detectados, para posteriormente estudiar, en estas señales de cambio, la presencia de un patrón de regularidad, un patrón de evolución que siga una estructura matemática.

Vale la pena dedicarle unas líneas a la técnica utilizada de las wavelets con la que se estudian los fractales buscando los patrones escondidos en las variaciones significativas de una serie de datos. Dicha técnica constituye por ahora la base de las aproximaciones de nuestros estudios (para ver la aplicación de esta técnica remitirse a Combariza y Puche en este mismo libro).

La wavelet u ‘ondícula’ (síntesis de onda y de partícula), es una técnica de representación visual óptima, de carácter cualitativo, particular, y productora de patrones. Su virtud es su capacidad de encontrar un código que permite representar hechos de manera sencilla. La wavelet permite una representación de un universo extenso a partir de una descripción intensa. Un buen ejemplo se tiene en el caso de la música. La wavelet permite traducir sonidos de la naturaleza a una partitura en la cual cada nota es una wavelet donde tiene lugar tanto la tonalidad o altura del sonido, que es lo cualitativo, como la duración que es lo cuantitativo (en la pintura se verían los trazos y las tonalidades).

La wavelet se caracteriza por tener propiedades que la hacen propicia para identificar fenómenos de estructura irregular. Mucho de lo dicho respecto al fractal se aplica a la wavelet. Es una técnica apropiada para fenómenos recurrentes que resultan ‘acíclicos’, en la medida en que el período del ciclo no es fijo, es decir, presenta un margen de regularidad mezclado con cierta irregularidad. Es en este terreno que las wavelets operan como un excelente instrumento para el reconocimiento de fractales. En efecto, a pesar de lo aleatorio, ellas encierran una ecuación de evolución, que es por lo demás, muy sensible a las condiciones iniciales. Con razón se afirma que los fractales están en la frontera difusa entre el mundo del caos y el orden, “allí donde la imaginación apenas llega” (Talanquer, 2002, p.12).

Para concluir, se quiere traer una cita sobre sir James Lighthill, presidente de la Unión Internacional de Mecánica Pura y Aplicada, cuando en 1986 decía:

Llegados a este punto debo hacer un alto y hablar en nombre de la hermandad de los expertos en mecánica. Tal vez el entusiasmo de la mecánica newtoniana nos llevó a hacer generalizaciones en el campo de las predicciones que han resultado falsas. Queremos pedir disculpas colectivamente por haber inducido a error al público al propagar, a propósito del determinismo de los sistemas que cumplen las leyes newtonianas del movimiento, unas ideas que después de 1960 ya no se pueden sostener (Citado por Prigogine, 1999, p. 45).

### **A MODO DE CONCLUSIÓN: LOS SDNL COMO ALTERNATIVA PARA LOS ESTUDIOS EN DESARROLLO COGNITIVO**

Los SDNL son una base, en desarrollo, para ser empleada en el estudio de la problemática del desarrollo. ¿Cómo aproximarse a ellos? Es indudable que hay una tarea de “formación” en sus conceptos básicos, en primer lugar, de manera intuitiva y como resultado de los múltiples avances logrados recientemente en diversas disciplinas, los cuales habrían permitido enunciar algunos principios generales en el nivel epistemológico (por ejemplo la no linealidad Cfr. Munné, 2005). De allí en adelante, una opción es revisar y aproximarse a su formalización matemática, de manera que estos principios puedan ser operacionalizados en modelos y más allá de esto, derivar nuevo conocimiento y nuevos principios.

Obviamente también es posible permanecer en el plano de los principios y utilizarlos de manera cualitativa para la investigación. Esto es, sin que exista un modelamiento como tal de un SDNL para un fenómeno en particular, es posible hacer una aplicación de estos principios a datos existentes y sugerir la compatibilidad entre dichos datos, los SDNL y la teoría particular del desarrollo que se tenga.

No creemos posible una aproximación única a los SDNL, y eso en parte puede hacer parecerlos difusos, al igual que el concepto de complejidad o sistemas complejos con sus manifestaciones caóticas, catastróficas, fractales, o difusas (estas últimas recientemente incluidas dentro de la familia de los fenómenos de la complejidad, Cfr. Munné, 2005). Se podría permanecer indefinidamente en el estudio formal de cualquiera de estas manifestaciones y su relación con algún fenómeno del desarrollo en particular sin tener que acudir a la siguiente manifestación y tal vez con dificultad se llegue a dominar el “universo del discurso” de perspectiva compleja. Los principios más generales de la complejidad aplicarían a todos, esto es la no linealidad y la emergencia, a la vez que cada una de estas manifestaciones presenta propiedades cualitativas particulares.

La aclaración sobre los SDNL como una rama de las matemáticas, por una parte, y como enfoque aproximativo, por otra, merece una aclaración: es común encontrar llamadas mutuas de atención en la literatura (Luce, 1999; Thelen & Smith, 1994; van der Maas, 1995) sobre una utilización “metafórica” de los SDNL frente a otra más rigurosa o formal normalmente identificada con diferentes tipos de trabajo matemático. Creemos que la cosa es mucho más compleja y que esta distinción no hace justicia de los aportes que realizan los SDNL o pueden realizar al trabajo científico riguroso pero con diferentes grados de formalización matemática. Así, no nos parece un punto débil reconocer la dificultad del tratamiento de datos y el modelamiento utilizando los SDNL al mismo tiempo que las

oportunidades conceptuales que éstos ofrecen. Hoy es reconocido que solamente con el desarrollo del computador fue posible avanzar en la comprensión de los SDNL. Sistemas matemáticos que no tienen solución analítica han podido ser estudiados por medio de la simulación en computador, y este conocimiento ha permitido que avance la matemática.

Finalmente, una postura frente al uso de los SDNL como herramienta proveniente de la matemática puesto que hemos estado describiendo los resultados de simular un SDNL propiamente dicho. Esta matemática de la que hacen parte los sistemas dinámicos y sus propiedades, sujeta a una lógica rigurosa y libre de contenido o altamente abstracta, se desarrolló para intentar dar cuenta de problemas del mundo científico natural, dando origen a desarrollos interdisciplinarios significativos. Entonces es importante tener en perspectiva su particular origen abstracto como matemática pero concreto en cuanto intenta aplicarse para modelar problemas reales. Así, dado su carácter general, abstracto y simplificado, la forma en que esta meta-teoría se aplica a un fenómeno particular en un campo determinado del conocimiento coloca en juego las posibilidades y limitaciones de la modelación matemática en la construcción del conocimiento y en particular la debida ponderación que debe darse, por una parte, a las posibilidades deductivas del pensamiento matemático y, por otra, a la necesaria capacidad de percepción e intuición del investigador sobre los fenómenos bajo estudio (Lomelí & Rumbos, 2002). En otras palabras, la teoría de los sistemas dinámicos no lineales no aportará sustancialmente si no se encuentra coherencia entre sus implicaciones y las características propuestas del fenómeno estudiado a partir de alguna teoría. En esto, consideramos que sigue siendo vigente el juicio de von Bertalanffy (1972): “La teoría matemática de sistemas es un campo científico en rápida expansión, pero es natural que problemas básicos como los del orden jerárquico necesiten no sólo largo estudio sino también ideas y teorías novedosas [o tal vez recoger las buenas teorías ya existentes]. Y aquí no debe prescindirse de descripciones y modelos verbales. Hay que ‘ver’ intuitivamente los problemas antes de formalizarlos matemáticamente. Porque si no, puede que el formalismo matemático llegue a impedir la exploración de problemas muy ‘reales’” (p.150).

Este ir y venir continuo entre los componentes de una tríada compuesta por la matemática de los SDNL, la teoría sustancial de un problema bajo estudio que suponemos comparte los principios epistemológicos de la no linealidad y un cuerpo de datos relevante, conforman, pensamos y así lo hacemos, el trabajo desde esta perspectiva.

En esta línea de ideas nuestro equipo trabaja en alianza con físicos, matemáticos e ingenieros de sistemas, en aras a funcionar dentro de un lenguaje común. Esto implica claro, apropiarse de los principios teóricos de los SDNL pero también de los metodológicos, haciendo un esfuerzo por entender apropiadamente el sentido del tratamiento matemático. Ello implica re-pensar el desarrollo a partir de estas conceptualización renovando con nuevos sentidos provenientes de los sistemas dinámicos. Por otra parte, contempla el aporte de los físicos, matemáticos e ingenieros en los tratamientos y modelos, y busca en ese acompañamiento de los físicos la modelización que resulta fundamental como aporte de los SDNL.

Los sistemas dinámicos pueden contribuir a generar una mejor teoría del desarrollo. Pueden dar cuenta, a su manera, de la no gradualidad, de las diferencias individuales y de patrones prototípicos, de patrones recurrentes pero sin una periodicidad fija, procesos

pasajeros con avances y regresiones. Igualmente y esto es quizá lo que más ha llamado la atención de los investigadores, puede dar cuenta de los patrones que subyacen al fenómeno de la variabilidad intra-individual.

Otra posibilidad para “empatar” el acervo existente y la nueva propuesta es el modelamiento formal de mecanismos de desarrollo contenidos en teorías “verbales”, donde el concepto de iteración es fundamental (e.g. interiorización y zona de desarrollo próximo de Vygotsky, y adaptación piagetiana) permitiría realizar nuevas deducciones a partir del análisis de los modelos mismos (e.g. cambio de parámetros y simulaciones).

Sin embargo su aplicación no es sencilla, ni monolítica, ni tiene una única fórmula. La misma teoría de los SDNL sigue ampliándose continuamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIGGS, J., & P., PEAT, F.D. (1996). *A través del maravilloso espejo del universo*. Barcelona: Gedisa.
- CAMPOS, D. (2005). Caos y Complejidad. *Innovación y Ciencia*, XII, No. 4 p.82-91
- CORNEJO ÁLVAREZ, A. (1997). *Complejidad y Caos*. Madrid: Ediciones Castillo.
- COURAGE, M. L., & HOWE, M. L. (2002). From Infant to child. The dynamics of cognitive change in the second year of life. *Psychological Bulletin*, 128, 250-277.
- FISCHER, H.R. (1999). Sobre el final de los grandes proyectos. En Fischer, H., Retzer, A., & Schwertzer, J. (Compiladores). *El Final de los grandes proyectos*. (pp. 11-35). Barcelona: Gedisa.
- FISCHER, K. W., & ROSE, S. P. (1999). Rulers, models, and nonlinear dynamics: Measurement and method in developmental research. En Savelsbergh, G., van der Maas, H. & van Geert, P. (Eds.), *Nonlinear developmental processes* (pp. 197-212).
- FISHER, K. & BIDELELL, T. (2006). Developmental of psychological structures in action and thought. En R. Lerner (Ed.), *Handbook of child psychology: Vol. 1. Theoretical models of human development* (5th ed., pp. 467-561). New York: Wiley.
- GLEICK, J. (1987). *Chaos: Making a New Science*. London: Sphere Books Ltd.
- GOTTLIEB, G. (2003). Probabilistic Epigenesis of Development. En Valsiner, J. & Conolly, K.J. (Eds.), *Handbook of developmental psychology* (p. 3-17). London:Sage.
- GUTIÉRREZ, F. (2005). *Teorías del Desarrollo Cognitivo*. Madrid: McGraw-Hill.
- HEATH, R. (2000). *Nonlinear Dynamics. Techniques and Applications in Psychology*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- HOWE, M. & LEWIS M. (2005). The importance of dynamic systems approaches for understanding development. *Developmental Review*, 25, 247-251.
- LEWIS, M. D. (2000). The dynamic systems approaches for a integrated account of human development. *Child Development*, 71, 36-43.
- LOMELÍ, H. y RUMBOS, B.(2002). Métodos Dinámicos en Economía. Otra búsqueda del tiempo perdido. México, D.F.:Thomson.
- LORENZ, E. (1995). *La esencia del caos*. Madrid: Debate.
- LUCE, D. (1995). Four tensions concerning mathematical modeling in psychology. *Annual Review of Psychology*, 46, 1-26.
- LUCE, D. (1997). Several unresolved conceptual problems in mathematical psychology. *Journal of Mathematical Psychology*, 41, 79-87.

- LUCE, D. (1999). Where is mathematical modeling in psychology headed?. *Theory & Psychology*, 9, 723-737.
- MANDELBROT, B. (2006). *Los objetos fractales*. Barcelons: Tusquets.
- MAY, R. (1976) Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature*, 261, 459-467.
- MAY, R. & OSTER, G. (1976) Bifurcations and dynamic complexity in simple ecological models. *American Naturalist*, 110, 573-599.
- Mc NABB, D. (1999). *Peirce y la teoría del caos*. Manuscrito del Instituto de Filosofía, Universidad Veracruzana, México.
- MOLENAAR, P., HUIZENGA, H. & NESSELROADE, J. (2000). The Relationship Between the Structure of Inter individual and Intra-individual Variability: A Theoretical and Empirical Vindication of Developmental Systems Theory. En U. M. Staudinger & U. Lindenberger (Eds.), *Understanding Human Development*, Kluwer Academic Publishers
- MUNNÉ, F. (2005). ¿Qué es la complejidad? *Encuentros de Psicología Social*, 3, 6-17.
- MUNNÉ, F. (2008). De la Globalización del Mundo a la Globalización de la Mente. *Les C@hiers de Psychologie politique*, 13.
- NAVARRO, J. (2005). La psicología social de las organizaciones desde la perspectiva de la complejidad. Revisión y estado actual de una relación prometedora. *Encuentros en Psicología Social*, 3, 78-87.
- NAVARRO, J. ARRIETA, C & BALLÉN, C. (2007). Dinámica no lineal en la Motivación en el trabajo: una aproximación a su estudio. Videoconferencia Universidad de Barcelona-Universidad del Valle.
- POPPER, K.R (1991) Of Clouds and Clocks and approach to the problem of Rationality and the freedom of man in D. Cicchetti and W. Grove Thinking clear about psychology (Eds) Matters of Public Interest U of Minnesota Press, p 100-140
- PRIGOGYNE, I. (1999). *Las leyes del caos*. Barcelona: Crítica.
- RESTREPO, C. (2007). *Teoría del caos: sistemas dinámicos y series temporales*. Popayán: Editorial Restrepo Saavedra.
- SAMETBAND, M. J. (1999). *Entre el Orden y el Caos: La Complejidad*. México: FCE/SEP/CONACYT.
- SMITH, L. B. & THELEN, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in Cognitive Science*, 7, 343-348.
- TALANQUER, V. (2002). *Fractus, fracta, fractal*. *Ciencia para todos*. México: SEP FCE.
- THELEN, E. & SMITH, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge: MIT Press.
- THELEN, E., CORBETTA, D., & SPENCER, J. P. (1996). The development of reaching during the first year: The role of movement speed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 1059-1076.
- VALSINER, J. (2004). El desarrollo de las teorías del desarrollo: la “Hollywoodización” de la ciencia y su impacto. *Infancia y aprendizaje*, 27, 147 - 154.
- VALLACHER, R. & NOWAK, A. (2007). Dynamical Social Psychology: Finding order in the flow of human experience. En Kuglansky, A. & Higgins, T. *Social Psychology. Handbook of basic principles*. New York: The Guilford Press.
- van der MAAS, H. (1995). Beyond the metaphor?. *Cognitive Development*, 10, 621-642.

- van GEERT, P.(1991). A dynamic systems model of cognitive and language growth. *Psychological Review*, 98, 3-53.
- Van GEERT,P.(1994). *Dynamic Systems of Development: Change between Complexity and Chaos*. London: Harvester Wheatsheaf.
- van GEERT, P. (1998). We almost had a great future behind us: the contribution of non-linear dynamics to developmental science in the making. *Developmental Science* 1, 143-159.
- van GEERT, P. & van DIJK, M., (2002). Focus on variability; new tools to study intra-individual variability in developmental data. *Infant Behavior and Development*, 25, 340-374.
- van GEERT, P. (2003). Dynamic systems approaches and modeling of developmental process. In Valsiner, J. & Conolly, K. J. (Eds.), *Handbook of development 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.
- von BERTALANFFY, L. (1972/1986). *Perspectivas en la teoría general de sistemas*. España: Alianza Editorial.
- YAN, Z., & FISCHER, K. (2002). Always under construction: Dynamics variations in adult cognitive microdevelopment. *Human Development*, 45, 141-160.

**DE BLOOMINGTON, USA, A GRONINGEN, HOLANDA:  
DE THELEN A VAN GEERT, DOS PERSPECTIVAS  
DEL DESARROLLO DESDE LOS SISTEMAS DINÁMICOS**

*Julián González  
Jacqueline Benavides  
Yilton Riascos*

**PRESENTACIÓN**

Las aproximaciones y los usos de los enfoques dinámicos han sido diversos para comprender el desarrollo psicológico, no hay un enfoque unificado, y quizás en ello reside una de sus promesas. En este capítulo nos proponemos presentar y comparar, de manera general, dos interesantes modos de apropiación de los sistemas dinámicos no lineales (SDNL). El título del presente capítulo reproduce el utilizado por van Geert y Steenbeek en el 2006 para ilustrar estos dos enfoques en los que, haciendo referencia a las universidades y ciudades en que han sido trabajados, se denomina vía Groningen a los trabajos emprendidos por Paul van Geert en SDNL, y vía Bloomington, a la empresa intelectual encabezada por Esther Thelen.

Thelen y van Geert han sido pioneros en la aplicación de los SDNL al estudio del desarrollo psicológico, frecuentemente entendido como un proceso progresivo y acumulativo, una sucesión de etapas ordenadas y secuenciales, y determinado por algún tipo de programación interna, por algún patrón generador o por la influencia del medio. Ambos han sido agudos críticos de la concepción que entiende el desarrollo como un proceso lineal, secuencial y progresivo. Sin embargo, existen aspectos en los que Thelen y van Geert difieren a la hora de comprender los alcances y posibilidades de los SDNL.

En este capítulo se ofrece, en primer lugar, la vía Bloomington de los SDNL de acuerdo con las premisas, postulados y algunos de los estudios realizados por E. Thelen y su equipo. En segundo lugar, se ofrece una visión de los SDNL en la perspectiva de P. van

Geert y sus esfuerzos por modelar matemáticamente la dinámica del desarrollo. Y al final, se procede a realizar un análisis comparativo de estas dos tendencias.

## **LA FORMA BLOOMINGTON DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS NO LINEALES**

### **ORIGEN DE LAS IDEAS DE ESTHER THELEN SOBRE LOS SISTEMAS DINÁMICOS**

Thelen se graduó en zoología de la Universidad de Wisconsin, máster en Zoología y doctorada en Ciencias Biológicas de la Universidad de Missouri (Columbia). Spencer et al. (2006) destacan cómo la importante formación, estudios y métodos etológicos en Thelen la habilitaron para atender, examinar y comprender cómo “las acciones que son repetidas impactan el comportamiento subsecuente –incluso si el vínculo entre comportamiento pasado y presente no fue transparente” (Spencer et al, 2005, p. 1522). Una importante parte de la trayectoria académica de Esther Thelen transcurrió en el Departamento de Psicología de la Universidad de Missouri. Hacia 1985 se trasladó como profesora de psicología a Indiana University, Bloomington, en cuyo laboratorio empieza su particular aproximación a los SDNL, apoyándose en el uso de nuevas tecnologías para el registro del movimiento y sus refinados procedimientos de observación y seguimiento del comportamiento. Thelen muere en el año 2004, tras una larga y productiva aventura intelectual cuya influencia trasciende los estudios sobre el desarrollo motor en los que concentró su trabajo. Adolph y Vereijken (2005) sintetizan de manera precisa los principales problemas o preguntas que guiaron su actividad intelectual y de investigación en relación con una ciencia del desarrollo: “los orígenes desarrollistas de nuevos comportamientos, la posibilidad de patrones sin un patrón generador, los efectos de la interacción de múltiples factores en el desarrollo, y la naturaleza del cambio en varias escalas de tiempo anidadas” (Adolph & Vereijken, 2005, p.1032).

A continuación se exponen de manera sintética las que, a nuestro juicio, constituyen las fuentes principales de ideas que dieron origen a la particular concepción que sobre los SDNL desarrolló Thelen. En primer lugar, estaría Nicolas Bernstein, que tiene el mérito de romper con una concepción *top-down* del desarrollo motor y estimuló el estudio de las propiedades biomecánicas y autónomas de los músculos, entendiéndolos como mucho más que pura prolongación y respuesta a la actividad del sistema nervioso central. La segunda fuente de ideas proviene de los propios estudios de Thelen, previos a su aproximación a los SDNL y realizados en la década de 1980. Estos estudios versaban sobre la biomecánica muscular de los movimientos de niños, había en ellos una aguda preocupación por identificar, comprender y explicar las emergencias y las transiciones entre ciertos patrones motores. Y la tercera fuente de ideas es, sin duda, la concepción ecológica y gibsoniana del comportamiento.

La manera en que Thelen y su equipo realizan su propia y particular apropiación de los SDNL, sólo puede ser comprendida cabalmente en relación con la propia conformación del campo de estudio en que se inscriben y las influencias que permitieron transformar los estudios sobre desarrollo motor en, no sólo, un actual y prometedor ámbito de investigación con derecho propio, sino también en una fuente inestimable de hallazgos que permiten repensar y transformar las teorías sobre el desarrollo psicológico en general. De acuerdo con Thelen (2000), el control motor en los niños es quizás el objeto de estudio

más viejo de la psicología científica del desarrollo y compromete un complejo y largo legado en que se dan cita la tradición neuroembriológica de las primeras cuatro décadas del siglo XX, encarnada en las descollantes figuras de Arnold Gesell y Myrtle McGraw, una tradición vigorosamente renovada hacia la década de 1960 en virtud de la influencia de Nicolas Bernstein y de Eleonor y James Gibson. Gesell y McGraw contribuyeron a constituir el canon clásico de la investigación sobre desarrollo motor, mientras Bernstein y los Gibson transformaron significativamente las visiones tradicionales sobre el desarrollo motor heredadas de los fundadores del campo. Thelen se considera deudora de esta visión renovadora e inscribe su propio trabajo en ella.

La comprensión que alcanzó Gesell acerca del desarrollo, una comprensión en la que pueden reconocerse, según Thelen, tanto la influencia de Darwin como de Coghill. Gesell hereda de Darwin la firme convicción de que los procesos que conducen la configuración de la vida mental, son los mismos procesos que forjan el crecimiento orgánico. Y en virtud de los pioneros estudios neuroembriológicos de Coghill en salamandras, Gesell entiende que hay una importante “correlación entre el desarrollo de patrones de movimiento en estos animales y cambios correspondientes en su sistema nervioso” (Thelen, 2000, p. 386). Para Gesell el desarrollo sería un *proceso unitario* susceptible de estudiarse en diferentes niveles, desde el evolutivo hasta el embriológico, desde la psicología comparativa hasta la antropología. Al postular que el ambiente no genera *un potencial*, sino más bien soporta y sostiene *el despliegue autónomo* de ese *potencial* (Thelen, 2000, p.386), la visión de Gesell constituyó un importante desafío al conductismo dominante en la época, que había popularizado la idea según la cual los niños son formados por sus ambientes. También Myrtle McGraw (Thelen, 2000, p.386), habría desafiado el dominio conductista del momento. Su legado reside en el examen de los procesos de crecimiento, entendidos por McGraw como “procesos orgánicos, continuos, contingentes, holísticos y no lineales”. Mediante el estudio de los gemelos Jimmy y Johnny en 1935, el primero inscrito en diversas experiencias de entrenamiento corporal intensivo y el segundo no, McGraw estableció que “aunque el entrenamiento tuvo algunos efectos en la cualidad y actuación en los movimientos de Johnny, en el largo plazo el entrenamiento intensivo no hizo gran diferencia” (Thelen, 2000, p. 386), lo cual desafió las concepciones asociacionistas y situó al centro el problema de la maduración.

Pero además del legado conceptual, Thelen destaca de esta tradición neuroembriológica un rico legado metodológico –incluido el uso de filmaciones, fotografías y huellas en aceite de la marcha de los pies sobre papel, para analizar en detalle el movimiento–, la formalización de normas del desarrollo objetivadas en las escalas Bayley y la identificación de un catálogo de hitos del desarrollo motor, lo cual a la postre se convertirá en una de las limitaciones más significativas de Gessel, con la cual Piaget y la psicología piagetiana terminarán rompiendo.

Thelen atribuye al éxito y eficacia creadora de esta edad de oro, el posterior ocaso de los estudios sobre desarrollo motor. Cinco razones explicarían esta declinación entre los años 1950 y comienzos de 1980. En primer lugar, al producir una rica, basta y detallada literatura sobre los hitos básicos del comportamiento motor, datos normativos y modos de test, dejaron –en apariencia– muy poco por hacer. En segundo lugar, “las posiciones teóricas de Gesell y McGraw conducen a una suerte de camino sin salida en tanto establecen

que el desarrollo humano obedece a unos ciertos principios universales de la dirección del desarrollo, derivados de la maduración individual y los imperativos biológicos, y aunque ambos reconocen la importancia de la interacción maduración y experiencia, no se ocuparon de examinar tales interacciones, ni estimularon a otros a hacerlo” (Thelen, 2000, p.388). Una tercera razón del eclipse de los estudios sobre desarrollo motor, fue el dominio que sobre el campo vinieron a ejercer los teóricos del aprendizaje y los psicólogos experimentales. Y, adicionalmente, se devaluó el interés por comprender el movimiento mismo, el desarrollo motor, pues “es a menudo tratado como únicamente el producto de procesos psicológicamente más interesantes, o como una modalidad de respuesta arbitraria tal como presionar una palanca” (Thelen, 2000, p.388). Una cuarta razón, es la influencia del trabajo de Piaget sobre la psicología del desarrollo y su interés en la vida mental interna del niño, en contraste con el movimiento, tenida por forma abierta y visible del comportamiento. La quinta razón, fue la influencia de las teorías psicodinámicas y etológicas de John Bowlby y su rico trabajo descriptivo, implementado experimentalmente por Mary Ainsworth.

En resumen, al postular la maduración biológica como mecanismo central del desarrollo, al atribuir al sistema nervioso central la coordinación y control del movimiento corporal, y al enfatizar en la idea según la cual el desarrollo es una secuencia que se da en torno a hitos muy específicos y cuyo despliegue está basado en reglas definidas, la investigación en desarrollo motor declinó para convertirse más bien en un instrumento de evaluación, valoración y predicción de los estados de desarrollo tanto cognitivo como motoro de los niños.

De acuerdo con Thelen, Bernstein desafió las teorías *top-down* o las teorías que suponen y postulan la existencia de un *programa motor* que se va desplegando o expresando como movimientos corporales: “él afirmó que así como el sistema nervioso instruye a los músculos, la dinámica de los movimientos instruye al sistema nervioso” (Thelen, 2000, p.389). La pregunta que se hace Bernstein es decisiva: “¿Cómo puede el cerebro controlar el cuerpo, el cual está compuesto de muchos y diversos elementos –neuronas, músculos, articulaciones– para producir movimientos en un cambiante y variado ambiente?” (Lockman & Thelen, 1993, p.954). Esto es, ¿cómo consigue el cerebro realizar esas coordinaciones dado que habría un rango muy amplio de grados de libertad o posibles combinaciones de elementos comprometidos en el movimiento? De acuerdo con Bernstein habría, por un lado, movimientos organizados en sinergias y vínculos funcionales de los músculos, de tal manera que hay un papel funcional importante que asignar a los músculos en sí mismos; y, por otro lado, lo que haría el cerebro es seleccionar los “patrones apropiados para lograr una tarea funcional” (Thelen, 2000, p.388), y no tanto reclutar y manejar músculos individuales. El giro de Bernstein consiste, de acuerdo con Thelen, en que enfatizó una idea esencial: “muchos aspectos de los movimientos humanos no necesitan estar detallados en el sistema nervioso porque ellos surgen por sí mismos de las propiedades naturales del cuerpo” (Thelen, 2000., p.389).

Este aspecto es esencial: para entender el desarrollo motor, en Thelen, no es necesario ni algún tipo de programación ni un mecanismo de control/ejecución de la actividad cognitiva, tal como lo ha demostrado el conexionismo, ni tampoco se requiere de la idea de representación.

Después de Bernstein el estudio del desarrollo motor dejó de centrarse exclusivamente en el sistema nervioso central como mecanismo explicativo del desarrollo, para empezar a considerar las propiedades biomecánicas de los miembros del cuerpo. Thelen se inscribe en el legado de Bernstein.

Por su formación etológica y su inclinación a observar los comportamientos y el modo en que cambian, y por su proximidad a Bernstein, en quien se puede apreciar una visión del desarrollo en la que los nexos causales entre el pasado y el futuro no son transparentes ni simples y no se pueden atribuir a un mecanismo explicativo único (p.e. maduración cerebral a la hora de explicar el comportamiento motor), Thelen se entrega al estudio cuidadoso de tales nexos, entendiendo que el vínculo entre un comportamiento y otro en el tiempo no es transparente ni evidente. A través de sus primeros estudios sobre comportamiento motor en niños, Thelen comienza a examinar “cómo y por qué esos comportamientos emergen y cambian” (Spencer et al. 2005, p.1522).

En uno de sus primeros trabajos publicado en 1983, con D. M. Fischer sobre coordinación y control de movimientos espontáneos de las piernas, en niños, Thelen encuentra que la organización cinemática (tiempo-espacio) de los movimientos de pataleo hacia los primeros seis meses de vida del bebé no es arbitraria ni ocurre al azar y posee una cierta estructura. Se preguntó entonces cómo aparece esa estructura. Nota que la actividad electromiográfica subyacente era muy fuerte al comienzo del pataleo, pero muy baja en la fase de extensión. Es decir, las órdenes cerebrales y del sistema nervioso central se expresaban como actividad electromiográfica al comienzo, pero resultaban muy bajas en las fases posteriores. “Eso quiere decir que la extensión no fue directamente programada por el sistema nervioso central, sino que emerge como una consecuencia de las propiedades elásticas de las piernas y su energía almacenada cuando se flexionaron. En resumen, los precisos patrones de esos movimientos vinieron del interjuego entre el comando neuronal y las propiedades periféricas del cuerpo” (Thelen & Bates, 2003, p.389).

Tras un cúmulo importante de pruebas e investigaciones adelantadas en la década de 1980, Thelen llega a una conclusión clave: “estos simples, repetitivos comportamientos no solamente proveen una ventana para los investigadores interesados en estudiar el control motor, sino también proveen a los infantes oportunidades para derivar en participantes activos en su propio aprendizaje” (Spencer et al. 2005, p.1522). Esta idea es crucial: la participación del niño en su propio desarrollo. Por ejemplo, lo que encontró Thelen es que “patrones de coordinación” que subyacen en el pataleo de los niños son similares a los patrones que subyacen al caminar del niño. De esta manera, Thelen sostiene su tesis central: “que el comportamiento se auto-organiza y que la multicausalidad es el corazón del cambio en el desarrollo” (Spencer et al. 2005, p.1523).

Tanto como la influencia de Bernstein, Thelen reconoce la importancia de la psicología ecológica de los Gibson en la transformación de la concepción tradicional del desarrollo motor. De acuerdo con Thelen, la perspectiva gibsoniana supone que los seres humanos y los animales están habilitados para “percibir directamente información estructurada en el ambiente que les permite actuar funcionalmente en él” (Thelen, 2000, p.389). Thelen pone el acento en que esta visión contrasta con aquella otra según la cual “el ambiente no tiene significado hasta que éste es reconstruido en el cerebro” (Thelen, 2000, p.389). Thelen retoma de esta perspectiva la idea según la cual tanto la acción como la percep-

ción desempeñan papeles centrales en el desarrollo y adhiere a la teoría gibsoniana de *affordances* (*Theory of Affordances*), entendiendo *affordances* como todas las posibilidades de acción latentes en el ambiente, objetivamente medibles e independientes de la capacidad individual para reconocerlas, pero siempre en relación con el actor y por ello dependientes de sus capacidades. El énfasis, desde esta perspectiva, estaría entonces menos en comprender los mecanismos de control del movimiento, como en entender de qué manera el niño establece relaciones entre sus capacidades y las cualidades del ambiente de la tarea. Thelen considera que la psicología ecológica habría tenido tres contribuciones esenciales en el campo de estudios sobre desarrollo motor: la primera y la más importante, “es la noción según la cual percepción y acción son inseparables en la formación de habilidades” (Thelen, 2000, p.390). La percepción sería esencial para el movimiento, pero el movimiento in-forma a la percepción. La segunda idea sostiene que la percepción al servicio de la acción sería siempre “multimodal”, esto es, consideraría propiocepción, movimiento, percepción de los propios movimientos. Y la tercera influencia clave es su “énfasis en la exploración como una importante fuerza para el cambio en el desarrollo” (Thelen, 2000, p.390).

En resumen, la particular configuración y forma que tendrá el enfoque de los SDNL bajo E. Thelen y su equipo, no puede ser comprendida sin el giro bernsteiniano, que moderó el neurocentrismo de la concepción clásica del desarrollo motor y amplió el papel que desempeñaban los atributos y características biomecánicas de los propios músculos; no podría entenderse sin los descubrimientos conseguidos por Thelen acerca del carácter no aleatorio de los movimientos espontáneos en bebés y la presencia de patrones que emergen y se transfiguran en posteriores comportamientos motores; y no podría ser comprendida sin el radical énfasis gibsoniano en la exploración-acción, en la percepción del niño y en las demandas y restricciones que impone la tarea a la hora de entender la forma en que, en tiempo real, el niño usa los recursos e información disponibles para resolver motoramente un desafío.

## **EL DESARROLLO COMO UN SISTEMA DINÁMICO NO LINEAL**

Thelen encuentra que los Gibson y Bernstein enfrentaron de manera interesante el problema del *homínulo*, esto es, la presunción de que hay un centro consciente que coordina, controla y ejecuta las actividades y comportamientos del sujeto. Bernstein lo hizo poniendo el énfasis en *la organización sinérgica del cerebro y cuerpo*, y los Gibson subrayando el papel central de la percepción. Los SDNL contribuirán a confirmar estas intuiciones decisivas mediante un rico y creativo repertorio de conceptos y procedimientos de modelación matemática sin antecedentes en las ciencias del movimiento. Para Thelen, el hito fundamental que inscribe a los sistemas dinámicos dentro de la investigación sobre desarrollo motor son los Haskins Laboratories de New Haven, en Connecticut, en que se dan cita un grupo de jóvenes integrados por Peter Kugler, Scott Kelso y Michael Turvey para, desde hallazgos teóricos claves de la física y la termodinámica de sistemas complejos, pensar el comportamiento y desarrollo motor. Partiendo de la concepción sinérgica de Bernstein acerca del desarrollo motor, estos investigadores –afirma Thelen– habrían arrojado nuevas luces a las tesis bernsteinianas al enfatizar en las ideas de sistemas auto-organizados y los principios dinámicos que gobiernan la complejidad física y química,

entre los que se encuentran las estructuras disipativas. La idea que retoman de Prigogine, entre otros, es que “los sistemas disipativos absorben energía para mantenerse ellos mismo en estados organizados lejos del equilibrio termodinámico. Todos los sistemas biológicos son disipativos, así como otros sistemas naturales, tales como la formación de nubes o corrientes de fluidos” (Thelen, 2000, p.390). La idea clave aquí es que en estos fluidos hay un comportamiento auto-organizado y coherente sin necesidad de mando central.

De manera similar, en el equipo de Kelso descubren y describen patrones de comportamiento motor que no se pueden explicar como derivación de un programa o mediante algún tipo de mecanismo de coordinación centralizado, tal como se aprecia en algunos comportamientos, organizados y coherente, en los que hay baja actividad electromiográfica. “Kelso y sus colegas, y subsecuentemente otros investigadores, descubrieron que, cuando las personas mueven las partes del cuerpo en forma rítmica, tienen modos de coordinación preferidos que les resultan confortables y fácilmente realizables. Estos movimientos cíclicos consideran patrones espaciales y temporales que pueden describirse matemáticamente mediante osciladores acoplados. Otros posibles patrones son inestables o atractores, tales como los modos de succionar” (Thelen, 2000, p.390).

Thelen identifica tres razones por las cuales los SDNL tienen amplias implicaciones para la investigación sobre desarrollo motor y la teoría del desarrollo. La primera, es que confirman las ideas de Bernstein y esta concepción según la cual el movimiento implica la conjunción de varios componentes participantes que se articulan en relación con “el contexto de la tarea particular”. Esta idea se expresaría cabalmente en la noción de Kugler y Turvey llamada “soft-assembly”. “Esto significa que el comportamiento no está fuertemente cableado en el cerebro, sino que emerge *on-line* a la luz de la estructura disponible de la persona, los recursos energéticos, y la naturaleza de la tarea por realizar” (Thelen, 2000, p.390). La segunda implicación importante es el énfasis de los SDNL no sólo en los patrones del comportamiento expresados en el espacio, sino también en el tiempo, de modo tal que comienza a importar no sólo la repentina irrupción de un comportamiento particular a una cierta edad o en un cierto nivel de habilidades, sino cómo ocurre el cambio en el tiempo. Importa entender y considerar el cambio en diferentes escalas de tiempo (segundos, minutos, semanas, meses y años). Y la tercera implicación, es la idea derivada de los sistemas dinámicos según la cual un patrón de movimiento estable (caminar, saltar, alcanzar un objeto) implica un “atractor dinámico con variados niveles de estabilidad” (Thelen, 2000, p.390). El cambio en un patrón implica romper con un patrón previo, relativamente estable, para que los componentes se articulen y configuren en una nueva forma. En consecuencia resulta importante estudiar no sólo tales patrones estables, sino las transiciones en el tiempo hacia nuevas formas de organización de los componentes implicados en el comportamiento e identificar los mecanismos que generan esas formas emergentes de organización.

La variante Bloomington de los Sistemas Dinámicos se inscribe, para expresarlo en términos sintéticos, en una concepción del desarrollo con cinco premisas esenciales plasmadas en las siguientes ideas: el desarrollo consiste en la creación de ‘algo más’ a partir de ‘algo menos’ y emerge de la interacción de múltiples componentes en tiempo real e implica multicausalidad. El desarrollo se produce en diferentes escalas del tiempo –milisegundos, segundos, minutos, horas, días, años– y ese tiempo se unifica y se hace coherente en virtud

de la confluencia dinámica de los diferentes elementos del sistema: percepción, acción y cognición son inseparables. Se trata de experiencias corporalizadas en las que el sistema sensoriomotor está inextricablemente ligado con el sistema nervioso y el mundo físico que el niño explora activamente. El desarrollo procede mediante el suave ensamblaje de múltiples componentes que se auto-organizan alrededor de la resolución de un problema y de conformidad con las restricciones que impone una tarea aquí y ahora, en tiempo real, lo cual implica entender el desarrollo como el devenir y cambio de patrones que emergen, se estabilizan y se desestabilizan para ser reemplazados por otros que procuran mejores soluciones a los problemas que implican las tareas; y, finalmente, el cambio se produce a través de la exploración y la selección de alternativas, incluso allí donde hay movimientos y acciones espontáneos y sin meta u objetivo aparentes. En conjunto estas convicciones se resumen en una espléndida y sencilla metáfora: Thelen supone que el desarrollo es como un sistema dinámico.

¿En qué sentido el desarrollo es como un sistema dinámico? La respuesta desconcierta al sentido común, pero resume muy bien lo que Thelen y su equipo ponen en juego. Si bien adhieren a la idea según la cual en el niño y su “inmaduro cuerpo” preexisten y están programadas genéticamente las capacidades del lenguaje, del razonamiento social, de la comprensión de los fenómenos físicos, las habilidades matemáticas, creen que la mejor manera de comprender el desarrollo no es entendiéndolo como el puro despliegue y afinamiento progresivo de un programa innato, sino más bien como el producto emergente de “muchas interacciones locales y descentralizadas que ocurren en el tiempo real” (Smith & Thelen, 2003). Esta concepción del desarrollo enfatiza la necesidad de comprender la aparición de patrones de comportamientos y habilidades que no estaban presentes desde el principio en los múltiples componentes que participan de tales interacciones locales y descentradas. “La pregunta central para comprender el desarrollo motor y perceptual, y el desarrollo en general, es cómo los infantes adquieren un nuevo y diferenciado patrón de comportamiento –tal como *alcanzar un objeto*– a partir de precursores que no contenían el patrón” (Thelen, Corbetta, Zernicke et al, 1993, p.1058). Es respecto a esta concepción que los SDNL constituyen un notable recurso teórico y metodológico para examinar la emergencia de patrones no contenidos en los componentes individuales y discretos del sistema

### **ELEMENTOS CLAVES DE LA TEORÍA DE SISTEMAS DINÁMICOS EN THELEN**

Siete conceptos claves se destacan en la concepción Bloomington de los SDNL. Algunos de ellos han sido tratados en detalle en algunos de los capítulos de este libro y en consecuencia apenas si se mencionarán en éste. Cuando se precise se harán las respectivas remisiones y referencias para evitar reiteraciones. En este apartado mencionaremos de manera muy breve las nociones de multicausalidad, emergencia y auto-organización, ilustrándolos en relación con algunos estudios realizados por Thelen. Sobre la relación entre acción-cognición-percepción y la perspectiva de resolución de problemas, dos ideas muy caras y esenciales para Thelen, cabe aclarar que no hacen parte del núcleo técnico y conceptual de los SDNL, pero sí han contribuido a darle a los abordajes dinámicos la impronta Bloomington. Por esta razón se incluyen en este apartado. Finalmente, las nociones de variables colectivas o parámetros de orden (Kelso, 1999) y de escalas de tiempo serán tratadas con algún detalle en este capítulo. Estos conceptos se presentarán de manera ar-

ticulada a continuación, procurando conservar las relaciones e imbricaciones que existen entre ellos.

La multicausalidad supone un conjunto de elementos individuales incorporados en un sistema abierto, a su vez, inmerso en un ambiente complejo con el cual mantiene intercambios. Lo relevante aquí es la “coherencia en el comportamiento” de tal sistema, sin necesidad de un agente ejecutivo o un ente coordinador o programa, que regula y permite la coherencia del sistema. Esa es la idea clave. Lo que explicaría la coherencia en el comportamiento del sistema serían tanto las interacciones y relaciones entre los componentes del sistema como las restricciones y posibilidades que ofrece el ambiente. De esta manera, ningún elemento individual del sistema tendría “prioridad causal”, es decir, explicaría de manera determinante el devenir del sistema. Lo anterior también supone que en su devenir el sistema pasa por estados de relativa estabilidad o inestabilidad. En su tránsito entre estados estables/inestables con sus variaciones, el desarrollo consiste en una inevitable marcha hacia la maduración y hacia una suerte de “solución más eficiente”, como lo sugieren Smith y Thelen (2003, p.344) al describir el proceso que va desde el arrastrarse, pasando por ponerse de pie, hasta caminar.

En su estudio sobre las transiciones y diferencias en las formas de alcanzar un objeto (*reaching*) en bebés, o en los estudios sobre la presencia de patrones en movimientos espontáneos de brazos en recién nacidos e infantes, Thelen y su equipo destacan dos ideas que permiten comprender de mejor manera el énfasis particular en la multicausalidad, en la ausencia de un agente ejecutivo central que controle la actividad motora. Primero, la dinámica de exploración del espacio usando el movimiento de los miembros es un “proceso de solución individual de un problema”, esto es, las restricciones de la tarea, las características del ambiente y la experiencia del infante, su propia historia de desarrollo, se dan cita en este complejo proceso de exploración. No se trata de la primacía y conducción visual de la mano hacia el objeto, ni de “la construcción de un mapa entre la mano y el ojo”, o de una representación o algún tipo de programa previamente modulado en el sistema nervioso y que luego se despliega como control del sistema motor: “Desde una perspectiva de los Sistemas Dinámicos, tanto el comienzo del proceso de alcanzar el objeto, como la emergencia de otras nuevas formas, se pueden ver como una confluencia de componentes heterogéneos, reunidos en una unidad cooperativa para un propósito específico o tarea [...] Cuando el comportamiento es habilidoso –rápido, suave, fiable y preciso– el acoplamiento entre los elementos componentes es estable. Sin embargo, cuando los movimientos no son eficientes, los subsistemas están más vagamente acoplados, son más variables, y son más fácilmente alterados. En términos dinámicos, nosotros esperamos ver tal pérdida y ruptura en el conjunto de componentes en la fase de cambio, cuando emerge una nueva forma cualitativa, tal como aparece en la transición entre no alcanzar y alcanzar un objeto. De hecho, esta transición nos provee una ventana para ver cómo el sistema se auto-organiza para lograr una meta intencional particular –tomar un juguete, por ejemplo” (Thelen et al., 1993, p.1060).

Importa señalar que el énfasis en la multicausalidad implica desestimar cualquier intención de atribuir a algún elemento o factor en particular la dinámica compleja del sistema, e igualmente, evita ignorar algunos de los múltiples componentes que se dan cita en la dinámica del sistema.

Savelsbergh et al. (2006), Spencer et al. (2006) y Smith y Thelen (2003) refieren en particular el estudio sobre el reflejo de pataleo en bebés de ocho semanas de nacidos y su posterior desaparición cuando pueden sostenerse erguidos. A los investigadores les había intrigado la desaparición hacia el tercer mes de los movimientos de caminata en el recién nacido, mientras se incrementaba la frecuencia del pataleo. Era un intrigante misterio que algunos investigadores como Abdre-Thomas, Autgeardem, Oppenheim et al. (citados por Thelen, 2000) explicaban como el resultado de “la maduración de centros corticales que inhiben el reflejo primitivo de caminar”, es decir, “el reflejo de marcha estaría filogenéticamente programado para desaparecer”. Estos autores apelaban a argumentos clásicos de innatismo y maduración. Thelen va a trazar una vía que desafía estas formas convencionales de tratamiento de este tipo de misterios. Según Spencer et al. (2006), mediante un estudio longitudinal, Thelen se propuso comprender este misterio (la desaparición del reflejo de caminar).

Thelen, Fischer & Ridley-Johnson (1984) notaron que aquellos bebés rechonchos que ganaron peso rápidamente son los primeros en que desaparece el reflejo de caminar. Comprenden, además, que flexionar y extender las piernas cuando se está en posición vertical (marcha) requiere más esfuerzo que flexionar la pierna en posición supina u horizontal (pataleo). Entonces diseñan dos experimentos en que participaron 40 bebés de 2, 4 y 6 semanas. En el primer experimento examinaron el reflejo de marcha de los niños, realizaron un conjunto de medidas biométricas y de desarrollo corporal. Cuatro semanas después notaron que en aquellos niños que habían ganado grasa y peso más rápidamente entre la 2ª y la 4ª semana, desapareció el reflejo de marcha. El segundo experimento aumentaron peso en las piernas de algunos de los niños y notaron que desaparecía el reflejo de marcha y se debilitaban los movimientos de flexión. En tercer experimento, redujeron el efecto del peso en las piernas, sumergiendo a los niños, hasta la cintura, en una piscina de agua: se incrementaron tanto el reflejo de marcha como las flexiones de las piernas. “Estos datos demuestran que la tesis tradicional de maduración neuronal y capacidades innatas son insuficientes para explicar la emergencia de nuevos patrones y la flexibilidad del comportamiento es evidente en este caso. Esther al final propuso que caminar –así como cualquier otro patrón de comportamiento– no es algo que se *tiene*. *El comportamiento emerge en el momento a partir de la auto-organización de múltiples componentes*. Lo anterior es elegantemente ilustrado en los estudios del caminar, los cuales muestran cómo la postura del infante, la fuerza de los músculos, y el impulso del ambiente todos actúan coherentemente en un momento en el tiempo para crear o inhibir el movimiento de las piernas” (Spencer et al, 2006, p.1523).

Como puede apreciarse, entonces, la multicausalidad implica poner al centro tanto la forma individual e idiosincrática en que el niño enfrenta las restricciones y problemas de la tarea, en tiempo real, como la enorme diversidad de elementos y componentes comprometidos en la dinámica, incluyendo las restricciones específicas de la tarea.

Una consecuencia importante del valor asignado por Thelen y su equipo a la multiplicidad de factores a la hora de comprender la dinámica de un sistema, es su ruptura con los tratamientos estadísticos convencionales de datos. La multiplicidad implica que no es posible distinguir ni asignar una variable *independiente* respecto a la cual las otras adque-

ren valores dependientes. Por eso Thelen y su equipo hablarán de *variables colectivas* y *parámetros de orden* que son dos nociones conexas, y no sólo de *parámetros de control*.

Esta distinción puede entenderse con el siguiente ejemplo citado por Kelso (1999). En la inestabilidad dinámica de un fluido aceitoso sometido a calor, la superficie ondulatoria deriva de la convección de las moléculas que consiguen formar auténticos rollos dinámicos que se modifican en amplitud según cambian la temperatura y las características del fluido. Para Kelso, la amplitud de la convección de los rollos es un parámetro de orden o hace parte de las variables colectivas que auto-organizan el sistema. Las variables colectivas y los parámetros de orden expresan conceptualmente la cooperación de los elementos o partes individuales del sistema. “Todas las partes del líquido no se comportan de manera independiente, sino que son arrastradas o succionadas dentro de un orden, un patrón coordinado que puede ser descrito usando el concepto de parámetro de orden” (Kelso, 1999, p. 8). Los parámetros de control, en cambio, dan cuenta del grado de interacción entre el sistema y su medio ambiente, refieren a variables externas al sistema mismo: por ejemplo, la variación de la temperatura en el sistema de fluidos aceitosos.

Aunque en los estudios sobre el *reaching* no se apela a una caracterización dinámica del sistema, diferenciando por ejemplo los parámetros de orden y de control, sí es posible apreciar en Thelen su preocupación por diferenciar la multiplicidad de elementos implicados en los procesos y las múltiples causas que explicarían los comportamientos motores. Por ejemplo, Thelen y su equipo establecen importantes diferencias en las fuerzas que participan de determinados segmentos de los brazos durante movimientos espontáneos y movimientos dirigidos. Diferencian entre los torques —o fuerzas que permiten la rotación— relacionados con las articulaciones constituidos en tres componentes: el torque gravitacional o fuerza de gravedad que actúa en el centro de masa del segmento de brazo (GRA), los torques dependientes del movimiento (TDM), esto es las fuerzas que actúan en determinados segmentos mecánicamente transmitidas a otros segmentos de los miembros, y los torques musculares (TM), fuerzas que emergen de las contracciones musculares. “El torque muscular es la única fuerza que puede ser activamente controlada por el sistema nervioso; GRA y TDM son fuerzas pasivas” (Thelen et al, 1993, p.1065). Adicionalmente, el estudio definió valores y picos para definir los máximos y mínimos en las series de tiempo analizadas, el rango de desplazamiento, las fuerzas, la velocidad y los resultados de la electromiografía (EMG).

Otra consecuencia del significativo valor de la multicausalidad es la distinción que introduce Thelen entre ‘lo intrínseco’ y ‘lo innato’. “Nosotros usamos el término *dinámicas intrínsecas* aquí para denotar el comportamiento colectivo del sistema en ausencia de los requerimientos de alguna tarea específica o emparejamiento con una tarea. Las dinámicas intrínsecas no están sólo dentro del infante, sino que tienen en cuenta los efectos no específicos del ambiente, como la gravedad. Nosotros no queremos decir *innato* o genético con el término intrínseco” (Thelen & et al, 1993, p.1060).

Una segunda característica de la aproximación Bloomington a los sistemas dinámicos es la idea según la cual “el cambio en el comportamiento ocurre en diferentes escalas de tiempo” (Smith & Thelen, 2003, p.344). La idea de tiempo jerarquizado es esencial. Thelen insistió en la necesidad de distinguir fenómenos que ocurren en una escala de apenas algunos milisegundos como la excitación neuronal, la escala de horas, días y meses en

que se desenvuelve el aprendizaje de ciertas habilidades, y la escala de la evolución, que compromete largos periodos de tiempo. Lo interesante es el acento que Thelen hace en la condición coherente y unificada del tiempo visto desde la perspectiva del sistema viviente. Normalmente se ha considerado

la acción, el aprendizaje, el desarrollo y la evolución como procesos distintos”, pero desde el punto de vista “del organismo (y sus descendientes), el tiempo está unificado y es coherente, tal como lo son los elementos que colaboran dentro del sistema [...] La coherencia del tiempo y de los niveles del complejo sistema significa que las dinámicas de una escala de tiempo (por ejemplo, la actividad neuronal) debe estar en continuidad y en jerarquía con las dinámicas de todas las otras escalas de tiempo (por ejemplo, crecimiento, aprendizaje y desarrollo) (Smith & Thelen, 2003, p.344).

Thelen y Smith distinguen, en consecuencia, los resultados del desarrollo en el nivel global y los resultados del desarrollo en el nivel micro. El primero tiene restricciones derivadas de “la herencia biológica y de similitudes en los ambientes humanos”. Esos resultados se concretan en el hecho de que los niños no limitados aprenden a caminar, a hablar y a establecer relaciones sociales. Por otro lado, el desarrollo en detalle o micro “parece estar lejos del determinismo” y hay una “considerable indeterminación en los procesos que tienen globalmente resultados similares” (Smith & Thelen, 2003, p.347). Estos dos atributos del desarrollo, equifinalidad (resultados globales comunes) e indeterminación (microdesarrollo), tendrían que ver con propiedades de los sistemas complejos, sus niveles incorporados y sus diferentes escalas de tiempo: su capacidad de auto-organizarse. La auto-organización produciría “patrones cohesivos”. Pero, por otro lado, la alta sensibilidad de los sistemas vivos a las variaciones en las condiciones iniciales, esto es, su condición no lineal, “puede conducir a la reorganización y amplias diferencias en el comportamiento” (Smith & Thelen, 2003, p.347).

El acento en las diferencias individuales merece particular atención a la hora de comprender la vía Thelen de los Sistemas Dinámicos. El énfasis en las diferencias individuales y en cómo se desenvuelven tales diferencias en tiempo real, está unido al énfasis en la perspectiva *problem-solving*, esto es, en una concepción según la cual el niño es un solucionador de problemas en tiempo real y en relación con un entorno real específico. Sin embargo, es importante notar que Thelen no considera que toda la actividad esté al servicio de la resolución de un problema o tarea. En su famoso estudio sobre el *reaching* (Thelen et al. 1993), para efectos de análisis de los datos, claramente distingue entre aquellos movimientos espontáneos, que actúan en conjunción con movimientos orientados a alcanzar un objeto; movimientos no orientados a alcanzar un objeto, por ejemplo, los movimientos rítmicos de uno o ambos brazos, y los movimientos orientados hacia una meta o un objeto, por ejemplo, movimientos en que se alcanza un objeto, o los movimientos mano-boca. En el estudio, Thelen y su equipo excluyen del análisis cuando los niños se quedan quietos, cuando agarran sus prendas de vestir o se chupan los dedos con las manos cerradas sobre el rostro o hacen movimientos muy pequeños de las manos. Es interesante notar que Thelen pone particular énfasis en las dificultades que entraña distinguir entre movimientos *reaching* y los que no lo son, y los criterios para definir las diferencias resultan más difíciles de establecer de lo que parece a primera vista.

Thelen comparte una idea muy gibsoniana: los procesos que explican el cambio en el desarrollo, son exactamente los mismos procesos que le permiten al niño la exploración y el descubrimiento de soluciones en el mundo real. Esta exploración procura la generación de soluciones en el tiempo real, cada vez más adaptativas y adecuadas. “Nuestros datos aquí claramente ilustran la continuidad de escalas de tiempo entre el tiempo real de aparición de una nueva forma –la real transformación de un aleteo flexible para alcanzar un objeto– y el descubrimiento y la pérdida de formas de comportamiento en las escalas de tiempo del desarrollo. Cada alcance de un objeto es un esfuerzo por aparear capacidades actuales y soluciones estables [...]. Cada nueva solución, a su vez, abre nuevos dominios de tareas, los cuales requieren de nuevos apareamientos cuerpo-ambiente. Así, el paisaje del desarrollo se despliega a partir de la actividad del niño como un solucionador de problemas que trabaja cada día” (Thelen et al. 1993, p.1094). Examinar cómo los niños procuran tales soluciones en el tiempo usando los recursos y habilidades de que disponen exige necesariamente atender minuciosamente la actividad en tiempo real. Y para ella, esta particular atención al tiempo de despliegue del desarrollo es necesaria, entre otras cosas, porque el momento en que emerge un nuevo comportamiento, una nueva forma, y el momento en que aparecen los componentes dinámicos y precursores de esa nueva forma de comportamiento, no son sincrónicos. En el estudio del *reaching* Thelen atiende cómo el infante descubre la capacidad de alcanzar un objeto “a través de movimientos *non-reaching*” y subraya “el curso asincrónico y variado” que siguen las habilidades que componen el *alcanzar un objeto*. Es decir, antes de que se realice la capacidad de alcanzar un objeto ya han hecho aparición otras habilidades que constituyen límites que orientan el sistema hacia la aparición de “nuevas formas de comportamiento” (Thelen et al. 1993, p.1060). Y más adelante subraya: “Más importante aún es que estos estudios demostraron que los infantes conjugan sus habilidades para alcanzar objetos en una forma dinámica y contextualmente específica, usando cualquiera de los componentes que ellos individualmente tengan disponibles para la tarea.

Aunque alcanzar un objeto aparece como un cambio de fase discontinuo, la habilidad emergió de la confluencia de componentes que fueron continuos y manifiestos: la capacidad para localizar visualmente el juguete en el espacio, la intención de alcanzar o agarrar el juguete y transportarlo a la boca, el creciente control de la cabeza y el tronco, y la creciente capacidad para modular la fuerza y eficiencia de los brazos. Para entender la emergencia de esta nueva habilidad, es innecesario agregar otros constructos tales como dispositivos prefigurados, conocimiento innato, o programas de maduración. Nosotros sugerimos que los infantes ensamblan otras habilidades cognitivas, sociales y motor-perceptuales a través de una dinámica similar, resolviendo problemas, y de manera oportunista. Sin embargo, esto sólo se puede descubrir rastreando las transiciones individuales en los infantes individuales y a través de una caracterización no sólo al nivel de la actuación, sino también de las dinámicas de los componentes implicados, contribuyentes” (Thelen et al. 1993, p.1093-4).

Es decir, este énfasis en la solución de problemas, usando los recursos, habilidades y experiencia de que dispone el niño, apelando a la exploración continuada del mundo y el entorno en tiempo real, implican también una derivación sorprendente: si las formas nuevas de comportamiento emergen de procesos auto-organizativos, de conformidad con las

restricciones del entorno y la tarea, mediante una conjunción de componentes, en el seno de la propia actividad de exploración y selección de soluciones que emprende el niño, para explicar el surgimiento y emergencia de nuevos comportamientos no hace falta recurrir a la maduración, al innatismo, a algún tipo de programa genético o nervioso, y tampoco a algún tipo de representación mental. Su estudio sobre el *reaching* es concluyente y taxativo al respecto: “Nosotros descubrimos diferencias dramáticas en las maneras como cuatro niños alcanzan por primera vez juguetes. Estas diferencias hacen imposible que los patrones de *reaching* estén representados icónicamente de antemano y respalda con fuerza nuestra propuesta de que el control en sí mismo define la emergencia del alcance de objetos, aunque nosotros no probamos directamente esta propuesta. Nosotros sugerimos que las trayectorias del proceso de alcanzar objetos y los patrones de coordinación son productos de la modulación que hacen los infantes de la fuerza y las propiedades rígidas de los brazos para ajustar la dinámica continua del movimiento a la tarea” (Thelen et al. 1993, p.1061). A una conclusión similar llega en su estudio sobre el *objeto permanente* (error A-No B).

La tarea sobre el *objeto permanente*, diseñada por Piaget y su equipo hacia 1954 consiste en lo siguiente: se oculta un juguete en una posición A repetidamente, ante la vista del infante. Después de un breve lapso los infantes alcanzan el juguete. Después de varias pruebas ocultando el objeto en la posición A en donde los infantes lo encuentran, se procede a ocultar el juguete en una posición B, a poca distancia de la posición A, mientras los infantes observan la operación de ocultamiento. Casi siempre, los infantes entre 8 y 10 meses de edad vuelven a buscar en la posición A pasado un breve tiempo. Piaget explicaba este error como evidencia de la ausencia o incompleta formación del concepto de objeto permanente en los infantes. Otros autores más contemporáneos lo explican como derivación de problemas en la codificación espacial, estrategias de búsqueda o inmaduro concepto del objeto permanente. Thelen y sus colegas atienden más bien lo que los infantes *hacen* y no lo que los infantes *saben y conocen*. Ellos proponen una tarea que exige mirar y alcanzar una y otra vez un objetivo con una localización A, pobremente especificada. Y después de mirar brevemente un evento en localización B, miran y se dirigen de nuevo a la localización A (Spencer et al. 2006). Lo interesante, entonces, es que Thelen se pregunta si los procesos subyacentes tras la actividad de mirar y alcanzar repetidamente un objeto explican los patrones de comportamiento del error A-no B. Apelando a la teoría del campo dinámico de la activación de la memoria, desarrollada por Spencer a partir de los modelos de campos neuronales propuestos por Amari a finales de la década de 1970, Thelen y su equipo sostienen lo siguiente: la activación de la memoria respecto a la localización A alcanza un *alto pico* debido a las repeticiones de movimientos de ocultamiento del objeto en esa posición, y a la dirección de búsqueda del objeto realizada por el niño una y otra vez. Esto en contraste con el bajo pico de activación de la memoria en relación con la localización B, dado que no se repiten procedimientos de ocultamiento del juguete en esta localización ni hay búsquedas iterativas del niño orientadas hacia esa posición. Thelen sugiere que la decisión de moverse hacia A se deriva de una sobrerrepresentación de esta posición en la memoria del niño; señala que tres entradas (*inputs*) explican esta sobrerrepresentación de A: (1) la tarea de cubrimientos u ocultamientos sucesivos del objeto en A; (2) la señal asociada con la toma del juguete por el experimentador cuando

cubre/mueve con la tapa que oculta el juguete, una y otra vez; y (3) el pasado inmediato o previo conservado en la memoria perceptual y motora del niño. Mediante modificaciones específicas que afectan estas tres entradas o factores, se consigue demostrar que para producir el error A-no B basta con modificar el tiempo de retraso o separación entre el ocultamiento del objeto en A y en B, cambiar las propiedades de las cubiertas de modo tal que favorezcan mayor atención del niño, o aumentar o disminuir el número de búsquedas previas en la localización A. En resumen, el hallazgo central de Thelen y sus colegas consiste en confirmar que no es el *objeto permanente* lo que modula las búsquedas del niño en la situación. “Más bien, la decisión de alcanzar un objeto está basada en lo que los infantes han hecho, sus habilidades de alcance, la sensación de su cuerpo, la salida de la señal, el diseño perceptual de la tarea” (Spencer et al. 2006, p.1531).

Entonces, como puede apreciarse, Thelen no tiene ninguna inclinación de tipo mentalista y, por el contrario rechaza este tipo de tentativas explicativas. Rechaza la idea según la cual es posible acceder de manera directa a la mente a través de tareas que, de hecho, comprometen percepción, movimiento y acción. Y más bien adhiere a la condición localizada, emergente y situada –cognitiva, afectiva y corporalmente comprometida– del conocimiento en lo que el niño, de hecho, hace en ese momento, en tiempo real.

En síntesis y de acuerdo con Spencer et al. (2006), la aproximación y teoría de Thelen a los sistemas dinámicos tendría cuatro grandes conceptos centrales. El primer concepto, “un nuevo énfasis en el tiempo”. Este énfasis indica que “los comportamientos emergen en el momento, pero los efectos de cada decisión de comportamiento se acumulan sobre amplias y distintas escalas de tiempo, cada cambio establece una etapa para futuros cambios. Este tema es evidente en los muy detallados estudios longitudinales de Esther, que muestran una cascada de influencias en diferentes escalas de tiempo” (p.1533). Un segundo concepto clave, es la idea según la cual el comportamiento resulta de interacciones no lineales de múltiples subsistemas, múltiplemente determinados y suavemente ensamblados. El concepto clave es ‘soft assembly’ en tanto se permite entender el comportamiento y la actividad del niño en “un mundo cambiante y variable”. El tercer concepto es la condición incorporada o corporalizada (*embodiment*) del comportamiento: “la percepción, la acción, la cognición forman un sistema integrado que no puede ser dividido” (p.1533). Este sistema, además, no está gobernado por un centro (está distribuido, funciona de manera distribuida), es activo y compromete la actividad de todos sus componentes y está situado en el tiempo, “es un evento complejo en el tiempo”. Esto en contraste con aquellas perspectivas que piensan el sistema como una totalidad con un centro coordinador y un conjunto de representaciones (simbólicas) para el procesamiento centralizado de la actividad, como la perspectiva cognitivista de la computación simbólica. Y el cuarto concepto es destacar la singularidad e individualidad del comportamiento. “El desarrollo sucede en la propia y única vía en que los niños encuentran soluciones de manera individual a problemas individuales” (Spencer et al. 2006, p.1533). Es interesante notar que la aproximación de Thelen a los SDNL se expresa elocuentemente en la manera en que asocia dos términos. No se trata de sistemas dinámicos únicamente, sino de “dynamic and selectionist approach” (Spencer et al. 2006, p.1534). No sólo la emergencia, sino la exploración y la selección de soluciones en el mundo real del niño es clave en la perspectiva de Thelen.

## **ALGUNAS PREGUNTAS Y OBSERVACIONES CRÍTICAS A LA APROXIMACIÓN BLOOMINGTON DE LOS SDNL**

Para cerrar este apartado, parece conveniente al menos indicar algunas preguntas y observaciones críticas que se le han hecho a la manera Bloomington de abordaje de los SDNL. Una primera observación refiere a la noción de *soft assembly*. El concepto permite comprender la multiplicidad de factores comprometidos en la actividad y comportamiento del sujeto, y cómo esos factores (v.g., peso de las piernas del niño, características del medio –estar en el agua o no–, estar parado o de bruces, etc.) se ensamblan procurando un patrón (p.e., desaparición o emergencia del reflejo de marcha). Esta idea según la cual lo que se pone en juego, en el momento de emergencia del comportamiento, es la conjunción de factores de muy diversa naturaleza, es bastante interesante. Sin embargo, caben algunas preguntas, una de las cuales proviene de van Geert y Steenbeek (2005): ¿cuál es criterio para decidir y establecer tales factores? ¿Cómo se decide cuáles factores están comprometidos en el comportamiento?, pues se podrían incluir de manera ilimitada una multiplicidad indefinida de factores. ¿Es suficiente una fina y detallada observación de los comportamientos, en el tiempo, para identificar en ellos los viejos patrones, los patrones que emergen y los momentos de transición entre unos y otros, las *variables colectivas* y, sobre todo, los componentes suavemente ensamblados y reclutados para resolver de manera situada la tarea, de conformidad con las restricciones y metas que considera?

En segundo lugar, y muy relacionado con la anterior observación, se sabe que Thelen manifestó su particular inclinación por construir poderosas metáforas explicativas, más que por procurar modelos matemáticos y computacionales de los procesos de desarrollo y cambio. De ahí que se haya inclinado por usar los SDNL valorando más su heurística teórica que metodológica y técnica. Sin embargo, uno de los aspectos más celebrados y reconocidos de los sistemas dinámicos son justamente las promesas de simulación computacional y modelado matemático que ofrecen. En sus trabajos puede apreciarse una laboriosa puesta en escena experimental, rigurosos registros de vectores y análisis detallado de la dinámica cambiante de patrones e identificación de las transiciones. Son minuciosas las cifras de registro. Pero no es del todo explicable su renuencia al modelado matemático y computacional. Desde sus primeros estudios, Thelen recurre a minuciosos registros numéricos para establecer y describir comportamientos: dirección, velocidad, intensidad, fuerza, posición, etc. La Thelen de los ochenta y el estudio sobre movimientos espontáneos en bebés recurre a la estadística convencional para identificar los patrones comunes en movimientos espontáneos y movimientos de marcha de los infantes. Luego hay una Thelen que abandona estos procedimientos convencionales de tratamiento estadístico y refina los procedimientos técnicos y numéricos de registro del comportamiento en los estudios sobre la transición hacia las conductas de alcanzar (*reaching*) (1993), sobre la coordinación de los movimientos de los brazos en chelistas expertos (1994) o sobre movimientos expertos de los directores de orquesta (2004). Thelen y su equipo recurren a sofisticados registros métricos de fuerza, posición de los miembros, velocidad, aceleración y dirección de los movimientos –detectados a través de registro en video y representados en 3D a través de sistemas computarizados– y a la detección de las fuerzas musculares y comportamientos biomecánicos –a través de electromiografía. Y finalmente, hay una Thelen

que incursiona en la teoría del campo dinámico de activación de la memoria en la investigación sobre Error A-No B. Pero incluso en esta investigación, apela a procedimientos estadísticos estandarizados para tratar los datos (ver Spencer, Smith & Thelen, 2001). Es decir, aunque en ningún caso recurre a “fórmulas matemáticas” para modelar la dinámica, sí hace un enorme esfuerzo de formalización de los parámetros y variables colectivas comprometidas. Y aunque no recurre al modelado y simulación computacional si parece creer que la creación de “máquinas artificiales que se comportaran motoramente de manera autónoma” (2001, p. 599) podría ser un modo de corroborar y refinar las teorías sustentadas en SDNL y su propia teoría del desarrollo.

En tercer lugar, como ha podido apreciarse, para Thelen el desarrollo permite dirigirse flexiblemente hacia “soluciones estables” a partir del comportamiento de un sistema de múltiples componentes incorporados, situado en un contexto específico. Esa estabilidad ocurriría en diferentes niveles: por ejemplo, estabilidad a nivel de dinámicas neuronales, estabilidad a nivel de dinámicas oscilatorias (cerebro y médula espinal) o a nivel muscular. Por supuesto, se trataría de una estabilidad no definitiva. Thelen manifiesta de esta manera su relativa adhesión al seleccionismo de Edelman,<sup>9</sup> destaca que las soluciones escogidas emergen de las relaciones, no del diseño (Thelen & Smith, 1994, p. xix), y que “aunque en el comportamiento y el desarrollo parecen guiados por reglas, no hay reglas” (1994, p. xix). Pero este seleccionismo requeriría algún tipo de argumento *ad hoc* más o menos explícito, por ejemplo, las soluciones elegidas son aquellas que permiten mejores adaptaciones, para explicar por qué se seleccionan esas y no otras “soluciones”.

De acuerdo con Beer (2000), la crítica a la representación no se limita a afectar el cognitivismo simbólico, sino también conexionista, al que Thelen parece adherir. Beer (2000) usa tres estudios, entre otros el estudio sobre el error A-No-B, de Thelen y Smith, para destacar las diferencias y contrastes entre los abordajes clásicos de la cognición en la ciencia cognitiva (la aproximación simbólica y la aproximación conexionista) y la emergente aproximación dinámica. Beer cree haber demostrado los límites de la “representación” y “la computación” como constructos para hacer una teoría computacional de la mente. “Si cualquier estado interno es una representación y cualquier proceso sistemático es un cómputo, entonces la teoría computacional de la mente pierde su fuerza empírica” (Thelen, 2000, p.97). Y destaca justamente que las aproximaciones dinámicas están forzando a repensar las nociones de representación y computación en las ciencias cognitivas. Beer estima que las diferencias entre abordajes conexionistas y simbólicos de la cognición, y los abordajes dinámicos, no reside en que los últimos permitan simula-

---

<sup>9</sup>El neurodarwinismo o seleccionismo “natural” de G. M. Edelman distingue dos tipos de selecciones: la de desarrollo y la selección experiencial. La primera refiere al irreplicable y singular mapeo neuronal que ocurre en el proceso de desarrollo del feto y que permite configurar una neuroanatomía única e irreplicable, incluso entre gemelos idénticos. La segunda, refiere al debilitamiento o fortalecimiento de poblaciones de sinapsis en virtud de la experiencia y el comportamiento. “Teniendo en cuenta que hay alrededor de mil millones de conexiones en una sección del cerebro del tamaño de una cabeza de fósforo, no es difícil imaginar el grado de complejidad de las conexiones, repertorios, mapas de repertorios, y mapas de mapas que involucra el curso de las experiencias. Estos mapas y circuitos adaptan anatómicamente sus límites, algunas veces de manera sorprendentemente dramática, basándose en la experiencia vivida” (Ghent, 2002, p.777).

ciones en computadores digitales, ni que permitan descripciones computacionales, o que los abordajes dinámicos puedan ser representados en términos de redes conexionistas o en que las redes conexionistas sean sistemas dinámicos (Beer, 2000, p.96). Beer plantea que los tres admiten simulaciones digitales y consideran representaciones matemáticas a través de ecuaciones diferenciales. Las diferencias entre los tres residen en el tipo de ecuaciones diferenciales usadas, en la concepción de espacio y tiempo que tienen, y en la concepción y naturaleza de la fuerza gravitacional. Lo que distingue a los sistemas dinámicos es que “un modelo dinámico típico es expresado como un conjunto de ecuaciones diferenciales que describen cómo los estados del sistema cambian en el tiempo” (Beer, 2000, p.96). El énfasis en los sistemas dinámicos está puesto en la “estructura del espacio de las trayectorias posibles” del sistema y en la identificación de las “fuerzas internas y externas que forman la particular trayectoria que se despliega en el tiempo”, y menos en la caracterización de la naturaleza física y en la descripción de los mecanismos que subyacen a su dinámica. Desde esta perspectiva, no hay un sistema que tiene representaciones internas de estados externos, sino que más bien “en cada instante en el tiempo, los estados internos especifican los efectos que una perturbación dada puede tener en una trayectoria en despliegue” (Beer, 2000, p.97). La que ofrece Beer es una perspectiva en que la representación no es un prerequisite de la acción y en que la cognición está al servicio de las metas y restricciones ambientales de la tarea. No es más que un recurso del agente orientado hacia metas específicas en entornos específicos y situados. “Otros importantes recursos incluyen las propiedades físicas del cuerpo del agente, la estructura de su ambiente inmediato (incluyendo artefactos tales como listas de compras, calendarios y computadores, etc.) y su contexto social. En ese sentido, la cognición puede extenderse más allá del cerebro del agente, para estar distribuida en el sistema de personas y objetos en un ambiente” (Beer, 2000, p.97).

## **LA CONCEPCIÓN GRONINGEN DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS**

### **ORIGEN DE LAS IDEAS DE PAUL VAN GEERT SOBRE LOS SISTEMAS DINÁMICOS**

Se ha denominado concepción Groningen de los sistemas dinámicos al modelo de desarrollo propuesto por el psicólogo Paul van Geert, de la Universidad de Groningen, Holanda. De origen belga, van Geert estudió psicología en la universidad de Gante (Bélgica) y en 1975 se doctoró en esa misma universidad. Su tesis doctoral versó sobre el desarrollo del lenguaje en su propio hijo. Este primer estudio constituyó para van Geert un punto de referencia fundamental para su modelo: “el estudio longitudinal de un solo niño me brindó muchas enseñanzas que pude apreciar con el tiempo” (van Geert, 1994, p.79). Durante 3 años, Paul van Geert realizó una observación diaria del cambio constante en la producción de lenguaje de su hijo y pudo apreciar que: a) las causas no son proporcionales a los efectos y que éstos dependen del contexto y del tiempo en que las causas ocurren; b) el uso de muestras amplias de sujetos con el objetivo de conocer un proceso subyacente, no es útil, si el proceso sigue cambiando con el tiempo; c) las causas accidentales no se promedian, es decir, por ejemplo, el lenguaje que un niño escucha contiene muchos errores cuyo resultado no es un promedio de errores del lenguaje del propio niño; d) el investigador, en el caso de van Geert, investigador y padre, no es sólo un observador, sino un productor del

fenómeno, y finalmente, e) el estudio de un solo sujeto puede enseñar mucho más acerca de los mecanismos que subyacen al desarrollo, que el estudio de una población donde se promedian los errores de los individuos.

Además de estas conclusiones, que señalan una particular disposición para el estudio del desarrollo, una anécdota acerca de la defensa de la tesis doctoral de van Geert ilustra las diferencias entre su posición epistemológica y los modelos estadísticos tradicionales, hegemónicos en psicología (van Geert, 1994). En 1819, la Universidad de Gante realizó la primera disertación doctoral cuyo autor fue Lambert Adolphe Jacques Quételet –conocido como el padre de la estadística moderna. La tesis de Quételet versaba sobre la aplicación de los principios de la estadística al estudio de la incidencia de ciertos fenómenos como la criminalidad, el suicidio y las epidemias en poblaciones humanas. Quételet defendió dos principios: a) las causas son proporcionales a los efectos que producen; b) un gran número de sujetos son necesarios para lograr conclusiones válidas y confiables. Siglo y medio después, en el mismo escenario, van Geert haría su disertación doctoral. El contraste con Quételet fue dicente: el seguimiento longitudinal de un solo sujeto con el cual, además, existía un vínculo afectivo, desafiaba la idea de muestras representativas, anónimas y estadísticamente significativas que prescribía Quételet,<sup>10</sup> y que había sido adoptada por los estudios psicológicos de corte cuantitativo. Van Geert señaló que la psicología perdió el norte con este apego al análisis estadístico propio de la sociología, y su pretensión de generalizar los hallazgos a poblaciones o muestras representativas de poblaciones. Para van Geert, el individuo, no las poblaciones, es el objeto de estudio de la psicología.

La tesis de van Geert rompió con el paradigma de la estadística y también con la idea de la relación neutra y objetiva entre el investigador y el sujeto experimental, otro de los grandes pilares del método empleado en la investigación psicológica que exige que el investigador no tenga vínculos con el sujeto experimental. Igualmente, van Geert demostró cómo los fenómenos psicológicos no responden a un modelo lineal y que las causas no son proporcionales a los efectos.

Estas ideas se han ido decantando en una importante carrera académica que lo ha llevado a ser profesor visitante de las universidades de Stanford, en California, de París y de Turín, entre otras. Van Geert trabajó con Kurt Fischer de la Universidad de Harvard en el grupo de investigación sobre *Modelamiento y medición del desarrollo*, que recibió aportes de Robbie Case, Katherine Nelson, Abe Tesser, Paul Harris, Peter Molenaar, Robert Thatcher, Nira Granott, Han van der Mass y J. Willet.

Algunas de las ideas de van Geert se apoyan en dos fuentes fundamentales: las teorías clásicas de Piaget y Vygotski sobre la naturaleza, los mecanismos subyacentes y el sig-

---

<sup>10</sup> El término “población” utilizado originalmente por Quételet, hacía referencia a conjuntos de datos. Debido a que Quételet trabajó fenómenos epidemiológicos, se creó una confusión entre la noción estadística de población y la noción de población en términos de sentido común (reunión de personas). En la Estadística moderna, población define un conjunto de datos o valores que puede tomar la variable. Por ejemplo: el conjunto de edades, pesos, tallas, son poblaciones estadísticas, así como el conjunto de elocuciones del niño de van Geert. La diferencia entre estos estudios radica en que los de Quételet son transversales, esto es requiere muchos y distintos sujetos para obtener representatividad; mientras que los de van Geert son longitudinales, es decir, basta con que un mismo sujeto produzca un conjunto representativo de datos a lo largo del tiempo. En ambos casos hay representatividad estadística de los datos.

nificado del desarrollo; y, algunos planteamientos de los SDNL. Para van Geert, estudiar el desarrollo implica estar atento a los procesos biológicos, sociales, a la actividad de la persona, sus recursos mentales y comportamentales (van Geert, 1998a). Pensar un modelo de desarrollo basado en los SDNL pasa por comprender y estudiar los principios fundamentales de cambio y emergencia que subyacen al desarrollo, larga y densamente expuestos en algunas de las teorías psicológicas clásicas. Van Geert (2003) retoma los principios constitutivos de los SDNL como auto-organización, no linealidad, iteración, entre otros, para analizar el desarrollo en su complejidad y proceder a algunos tipos de modelamiento matemático; y sostiene que “la amplia variedad de patrones del desarrollo cognitivo es, de hecho, la expresión de las dinámicas intrínsecas de sistemas dinámicos que operan sobre la base de mecanismos de desarrollo ya propuestos en el trabajo de Piaget y Vygotski” (van Geert 1998b, p.634).

Para todos es conocido que la pregunta fundamental que guió el trabajo de Piaget no fue a qué edad los niños adquieren ciertas capacidades ni cómo se distribuyen estas capacidades en una población determinada. Su preocupación se centró en conocer cómo emerge la novedad. Esta pregunta es, para van Geert, esencial para comprender cómo los niños cambian y se desarrollan. Se sabe que los mecanismos básicos de desarrollo para Piaget (1975/2000) son el resultado de un mecanismo central de equilibración a través de dos procesos fundamentales: la asimilación y la acomodación.

Para van Geert (1998b), la principal contribución de Piaget a la psicología del desarrollo fue su descripción de la adaptación que ocurre bajo la forma de experiencias que involucran una dialéctica sincrónica entre mecanismos conservadores del estado de desarrollo (asimilación) y mecanismos progresivos preparados para establecer el estadio futuro (acomodación). La dialéctica es por lo tanto uno de los principios de esta teoría clásica que van Geert rescata para su modelo de desarrollo. Además, van Geert (1998a) es un defensor del método de estudio utilizado por Piaget. Se sabe que los primeros estudios de Piaget se centraron en sus tres hijos. Para van Geert (1998a) el seguimiento de un sólo niño puede dar mucha más información respecto a los mecanismos del desarrollo, que los promedios que se obtienen de una muestra representativa de la población.

Según van Geert (1998b), la mayor contribución que Vygotski hizo a la psicología del desarrollo es la relación que estableció entre desarrollo y educación (instrucción, juego e imitación), relación que se explica a través de tres conceptos fundamentales: 1) zona de desarrollo próximo (ZDP); 2) internalización, y; 3) mediación (Kozulin, 1994). Van Geert (1998b) considera que la contribución central de la teoría de Vygostky fue el concepto de desarrollo como un intercambio dinámico entre dos niveles de desarrollo, uno actual y otro potencial. Para van Geert, esta visión del desarrollo es muy cercana a la interacción entre los procesos de asimilación y acomodación en Piaget. Van Geert se interesa en Piaget y Vygotski justamente porque ambos comparten una concepción similar, dialéctica y dinámica, de los mecanismos básicos del desarrollo. La discusión acerca de los estadios y la continuidad del desarrollo es secundaria. “La pregunta acerca de si estos mecanismos llevan a la continuidad, a la discontinuidad o ambas, depende de las condiciones en las que éstos operen” (van Geert, 1998, p.638). Otro elemento de la teoría de Vygotski que van Geert (1998a) retoma es la idea de interacción entre desarrollos en diferentes escalas de tiempo: el desarrollo socio-cultural-histórico y el cambio ontogenético.

Es evidente que van Geert (1998b) rescata los principios de las teorías de los clásicos de la psicología del desarrollo, no se limita a adoptarlas mecánicamente, y las transforma en sustento de su modelo de sistemas dinámicos. El primero de estos principios se refiere la distinción entre los dominios externos y los internos. Los dominios internos aluden al sistema cognitivo de la persona (habilidades, conocimientos, procesos y esquemas, etc.). Los externos consideran las fuentes de información, ayudas y recursos externos. El desarrollo es el resultado de transformaciones aplicadas a los contenidos desde los dominios externos e internos. El segundo principio asume que los dominios (externos e internos) se comunican y tienen relación. Por ejemplo, “la experiencia implica que algo en el dominio externo tiene relación causal o de contenido con el dominio interno, vg., la acción asume que el dominio externo puede modificarse por el interno” (p.638). El tercer principio supone que es factible ordenar el desarrollo a lo largo de escalas con, evidentemente, diferentes niveles. El cuarto principio indica que el desarrollo es posible y no es producto del aprendizaje, sino del aumento de complejidad en el proceso de auto-organización del sistema cognitivo. Finalmente, como ya hemos mencionado antes, el quinto principio alude a la dialéctica entre niveles consolidados de desarrollo y niveles futuros de desarrollo.

La apuesta que van Geert (1994) hace por la teoría de los SDNL como alternativa para explicar el desarrollo, se basa principalmente en los alcances metodológicos, no tanto los teóricos, que estos abordajes ofrecen. Van Geert encuentra que tanto las teorías de Piaget y Vygotski como otras teorías (procesamiento de la información, teoría de las habilidades), ofrecen un conjunto básico de modelos y mecanismos explicativos del desarrollo, “pero estas teorías están lejos de explicar todos los fenómenos mencionados antes, debido a que ellas sufren del mayor problema discutido en este capítulo, denominado la imposibilidad de extender el efecto de estos simples mecanismos a algo más que unos pocos puntos en el tiempo” (van Geert, 1994, p.14). Según el autor, los sistemas dinámicos permiten hacer seguimiento de los efectos que estos mecanismos, postulados por distintas teorías del desarrollo, tienen en procesos de larga duración. Es decir, los abordajes dinámicos parecen permitir estudiar el desarrollo en tiempo real y en períodos longitudinalmente prolongados.

Los planteamientos de la nueva física (ver capítulo 1 de este libro) permitieron concretar su modelo de desarrollo desde los SDNL. El modelo de van Geert combina dos elementos. Por una parte, rescata las ideas fundamentales de algunas de las figuras más influyentes de la psicología del desarrollo al enfatizar en el estudio de los mecanismos de cambio y emergencia de la novedad. Por otra, propone un modelo de seguimiento y simulación de procesos de desarrollo (van Geert, 1994, 1998a, 1998b, 2003) que apela más a las matemáticas que a las formulaciones estadísticas predominantes en los estudios psicológicos contemporáneos.

## **EL DESARROLLO COMO UN SISTEMA DINÁMICO**

Van Geert (1994, 2003) es muy crítico con el concepto de desarrollo que tradicionalmente se ha difundido, así como con la interpretación que se ha dado a la variabilidad del fenómeno. Sostiene que la concepción tradicional de desarrollo ha estado estrechamente relacionada con el origen etimológico del término. En inglés, las palabras ‘unwrap’, ‘unroll’ o ‘unfold’, cuya traducción al español significa desenvolver o desdoblar, sugiere que

el desarrollo o *development* es un proceso guiado por propiedades inherentes y que deviene puro despliegue de fuerzas innatas. Aunque no la comparte, van Geert (2003) señala que se trata de una metáfora muy hermosa en tanto proyecta la idea según la cual algo que está sin desenvolverse va exteriorizándose, como una rosa que, hecha capullo, lentamente y de manera programada se abre hasta alcanzar su plenitud. En esta concepción de desarrollo, para van Geert (2003), hay reminiscencias de la idea de *élan vital* (fuerza vital) de Bergson, definida como una fuerza que gobierna la vida y la evolución. Newton ha criticado esta idea de desarrollo, principalmente porque es opuesta a la segunda ley de la termodinámica, la cual sostiene que el orden no puede incrementarse espontáneamente y, al contrario, debe decaer a menos que esté regido por una fuerza externa con un nivel de orden superior al que está generando (van Geert, 2003). Igualmente, Darwin ha ofrecido evidencia de que no existe un plan previo y que las especies cambian para lograr una mejor adaptación y sobrevivir. No hay una meta intrínseca y, con frecuencia, los cambios son resultado de la acumulación de muchos cambios pequeños graduales y lentos (van Geert, 2003).

La idea tradicional de desarrollo se asocia estrechamente con una concepción de progreso, incremento de la complejidad, orden y estructura. Desde esta perspectiva, “[...] Nadie se desarrolla para volverse peor o menor” (van Geert, 2003, p.641). Van Geert (2003) sostiene que esta idea de progreso está presente tanto en las teorías retrospectivas, que describen el desarrollo desde el punto de vista de un estado final, como en las teorías prospectivas, aquellas que se basan en los estados y mecanismos iniciales.

Pensado como un proceso pre-diseñado, el desarrollo puede ser visto como producto de la acción de los genes o de la acción del ambiente, dirigido hacia un estado final o determinado y definido por un estado inicial, modulado por la naturaleza o el aprendizaje (*nature vs. nurture*), puede ser gradual o súbito, continuo o discontinuo, modular o de procesos distribuidos. En fin, los dualismos respecto al desarrollo se multiplican. La visión de desarrollo que adopta van Geert (1994, 2003) dista mucho del origen etimológico de la palabra y del énfasis en la idea de progreso. Este autor defiende el desarrollo como un proceso de auto-organización que da cuenta de la emergencia de la novedad y también del cambio. De este modo, algunos de los debates dualistas como el que existe entre *nurture-natura* dejan de ser cruciales para explicar el desarrollo pues, en tanto sistema auto-organizado, pueden intervenir elementos biológicos o ambientales que se organizan en un proceso dinámico. El motor del desarrollo es la variabilidad, y éste será un componente crucial en la concepción de desarrollo en van Geert. Este autor considera que en una persona pueden presentarse niveles diferenciados de desarrollo simultáneamente. Por ejemplo, en un momento específico el desarrollo de un niño puede fluctuar entre dos estados, uno más bajo y otro más elevado. Algunos estudios de van Geert (1994) muestran diferencias en el procesos de desarrollo a través del tiempo en un mismo individuo. En estos casos, la variabilidad intra-individual se define como “la diferencia en los niveles de la variable dentro de cada individuo y entre medidas repetidas” (van Geert & van Dijk, 2002, p.341).

El estudio del lenguaje ha sido uno de los campos más fructíferos para analizar la variabilidad intraindividual, dado que presenta gran inestabilidad y complejidad en tiempos muy cortos, y permite registrar un gran número de datos del mismo individuo, condición

fundamental para el dar cuenta de la variabilidad. En un estudio acerca del desarrollo del lenguaje en una niña de 1.6 meses, a lo largo de todo un año, se pudo observar que, si bien es posible determinar cambios a nivel macro –por ejemplo, el incremento del uso de las preposiciones de un mes a otro–, el lenguaje utilizado por la niña en el día a día, fluctuaba entre niveles bajos y altos (van Geert & van Dijk, 2002). Otro estudio reciente sobre el desarrollo del lenguaje (van Dijk & van Geert, 2007) muestra claramente la variabilidad intra-individual y trayectorias que combinan la continuidad y la discontinuidad del desarrollo. Para ello hicieron seguimiento durante un año a cuatro niños, con una edad inicial de 1.6 años. El estudio se basó en la observación del habla espontánea en condiciones naturales y el análisis se centró en conocer si las trayectorias individuales mostraban discontinuidad en el desarrollo. El desarrollo inicial del lenguaje se caracterizó por el uso de una sola palabra. Al final de las observaciones, los niños presentaron diferentes estados: por ejemplo, utilización de distintas categorías de léxico (sustantivos, verbos, adjetivos/adverbios), de diferentes funciones sintácticas (artículos, pronombres, preposiciones) y de variadas reglas morfológicas y sintácticas. En este caso, discontinuidad refiere a la transición de un patrón de variabilidad a otro, separados por una brecha. Se analizaron tres indicadores de discontinuidad: la existencia de dos sub-patrones; la existencia de picos en el desarrollo que demostraban la emergencia de nuevas formas del lenguaje; y la presunción de que la discontinuidad se puede apreciar cuando hay determinados grados de separación en los datos, dentro de un rango específico de puntuaciones. Los resultados presentaron diferencias íter-individuales en la continuidad y discontinuidad del proceso, pero también mostraron que las diferencias intra-individuales implican trayectorias continuas y discontinuas.

Y si la variabilidad es para van Geert (1994) el motor del desarrollo, la iteración es su mecanismo fundamental. “La iteración es un proceso que toma sus *outputs* como nuevos *inputs*, produce nuevos *outputs*, que se toman como *inputs* y así hasta el infinito” (p.14). La naturaleza del concepto de iteración plantea que el siguiente estado de desarrollo es una función del desarrollo del estado previo. Un ejemplo de iteración proviene de la biología y, específicamente, de la reproducción sexual. La reproducción sexual toma dos individuos en tanto *input* y produce nuevos individuos como *output*. Estos individuos entran en el proceso reproductivo, produciendo nuevos individuos y así sucesivamente. En la psicología de desarrollo, la escala de tiempo que se utiliza para analizar estos procesos iterativos no corresponden al de generaciones, como en la biología, sino a rangos que van desde fracciones de segundos hasta años de vida, en un individuo. Y en esas escalas de tiempo, la sucesión de iteraciones produce trayectorias que pueden ser simuladas y contrastadas con las trayectorias observadas (van Geert, 1994,1997; van Geert & Steenbeek, 2005).

Las trayectorias que la psicología del desarrollo valoró se caracterizaban por curvas de atractor fijo (ver capítulo 2, en este libro), es decir, que tendían hacia un estado estable: por ejemplo, el estado de maduración. Otros ejemplos de estas trayectorias de desarrollo son: a) los cambios uniformes; b) *steady-state path*, c) las trayectorias de desaceleración, y d) las trayectorias de cambio en el crecimiento. En estos casos, los cambios parecen uniformes y pueden representarse matemáticamente como producto de una adición y de una función lineal. El *steady-state path*, involucra trayectorias donde todo permanece cons-

tante. La función iterativa del sistema produce un estado estable, en el cual las entradas (*input*) son iguales a las salidas (*output*) y el atractor es siempre el mismo. Esta forma de desarrollo puede aparecer cuando se alcanzan ciertos logros, como el nivel de pensamiento formal en un adolescente (van Geert, 1994). En las trayectorias de *desaceleración*, la curva comienza por un aumento, y luego viene una desaceleración que no indica progreso, sino más bien estabilidad. Finalmente, un ejemplo elocuente de trayectorias de *cambio en el crecimiento*, son las de *aumento y caída*, tal como se ilustra en las famosas curvas en U del desarrollo. Suele hablarse de una abrumadora explosión del lenguaje entre los 18 y 22 meses de edad. El niño comienza a utilizar un número de palabras muy superior al que usaba apenas unas semanas antes. Sin embargo, la frecuencia de crecimiento decae posteriormente y en algunos casos, se presentan retrocesos en las curvas de desarrollo. Otro ejemplo de curva en U se aprecia cuando el niño comienza a utilizar algunas preposiciones de forma gramaticalmente correcta, pero al intentar encontrar las reglas de las preposiciones realiza una generalización que lo lleva a cometer más errores de los que cometía anteriormente.

Van Geert (1994) considera que no todos los procesos de desarrollo tienden hacia un atractor de punto fijo. La mayoría de las funciones cognitivas cambian de forma irregular a lo largo de vida, no ofrecen un perfil progresivo, lineal ni de atractor fijo. Tampoco parece ofrecer ese tipo de perfil el desarrollo de la auto-estima, la cognición social en los bebés (Lewis, Zimmerman, et al. 2004), la interacción social en los niños (van Geert & Steenbeek; 2005, Steenbeek & van Geert, 2008), la estructura de las interacciones en las relaciones familiares entre adolescentes (Granic, Holenstein, Dishion, et al. 2003).

La idea de la variabilidad intra-individual como motor del desarrollo, la iteración como mecanismo fundamental de este proceso, la no-linealidad y la existencia de estados más que estadios de desarrollo, forman parte del modelo propuesto por van Geert (1998a). Este modelo retoma algunos de los principios propuestos por los padres de la psicología del desarrollo y los conceptos de SDNL. Cuatro componentes caracterizan esta propuesta teórico-metodológica: a) un espacio de desarrollo y dimensión de distancia de desarrollo; b) el orden interno y externo del sistema; c) la actividad funcional del sistema; d) la función de cambio y desarrollo del sistema.

La idea de un desarrollo que se organiza en estadios, como lo plantea Piaget y que se caracteriza por cambios cualitativos, no coincide con el concepto de estados y espacios descriptivos multidimensionales de desarrollo que van Geert (1994,1998a) defiende. Van Geert, propone la existencia de un hiperespacio de desarrollo donde los desempeños se organizan en el tiempo. Por lo tanto, el estado de desarrollo de la persona se define como su posición en este espacio multidimensional. En las teorías que defienden las etapas de desarrollo se encuentran opciones dicotómicas, por ejemplo, si el niño tiene o no un pensamiento formal. Las opciones son limitadas. Por el contrario, en el modelo de estados, una persona puede ocupar muchas dimensiones en el hiperespacio. El desempeño puede especificarse como la diferencia entre el estado más bajo de desempeño y el punto más alto en el hiperespacio, en un tiempo determinado, Esta diferencia se denomina distancia de desarrollo. En este sentido, se parte de un punto mínimo arbitrario que se conoce como mínimo y otro que es el punto final, denominado máximo, en un marco de tiempo determinado (van Geert, 1994,1998b; van Dick, 2004 ).

El segundo elemento de este modelo hace referencia al orden interno y externo del sistema, e implica que cada desempeño de las personas en ese hiperespacio puede representarse en un tiempo  $t$  como una organización de condiciones específicas de los sujetos (habilidades, mecanismos, etc) necesarias para realizar una acción en un nivel determinado  $n$ . Pero además de este un orden interno, existe un orden externo que contiene todas las posibles experiencias, acciones, problemas, etc, que se presentan a lo largo de la vida de las personas. El orden interno y externo están en constante dinámica: el orden externo no puede comprenderse sino por lo que genera internamente, de modo tal que la experiencia, siendo subjetiva, depende a la vez del contexto. En cualquier evento que tome lugar en forma de acción o experiencia, confluyen contenidos internos y externos que compartan un nivel de desarrollo. En este sentido, van Geert (1998a) incorpora los principios dialécticos de las teorías de Piaget y Vygostky pues considera que si un sistema ejecuta una acción significa que consistentemente un contenido específico se ha activado. El orden interno corresponde a lo que Piaget identifica como asimilación y Vygotski denomina desarrollo actual. El externo se relaciona con la acomodación piagetiana y la información y las ayudas del contexto, en Vygotski.

El tercer elemento hace referencia a la actividad funcional del sistema. Van Geert en su modelo le otorga un peso a cada contenido: “la probabilidad de que un contenido  $c$  se active en un tiempo  $t$  es una función del peso asociado a dicho contenido” (van Geert, 1998a, p.640). El sistema de desarrollo, por lo tanto, se define desde dos coordenadas: una es la dimensión de distancia y la otra, la función, que proporciona un peso variable a cada contenido.

El cuarto componente indica que el sistema pasa por una secuencia de acción/experiencia. Se asume que la máxima ganancia en peso se da en el contenido actual, la asimilación piagetiana, y la máxima influencia del contexto, la acomodación.

### **ELEMENTOS CLAVES DE LA TEORÍA DE SISTEMAS DINÁMICOS EN VAN GEERT**

Van Geert (1998a) no considera que la teoría de los SD sea una nueva teoría del desarrollo. Él adopta la teoría de los SD como un método de estudio del desarrollo que se adapta a cualquier teoría que rescate sus propiedades. En este sentido considera que, como método, la teoría de los SD puede servir para analizar los datos o para transformar modelos conceptuales en modelos matemáticos que permiten realizar simulaciones para explorar ciertas potencialidades. La propuesta de van Geert (1998a) se centra en una psicología teórico-experimental del desarrollo que transforma los principios teóricos en modelos matemáticos que permiten seguir las trayectorias del desarrollo, sin considerarlo sujeto a reglas del azar. En este sentido, las teorías se deben transformar en modelos matemáticos que permitan capturar los principios dinámicos y las trayectorias del desarrollo.

Los modelos teóricos proporcionan un universo de discurso de donde se extraen las variables, los fenómenos o los componentes que se relacionan entre sí en el sistema. En un SD estos componentes se afectan mutuamente a lo largo del tiempo. Por ejemplo, es posible analizar el desarrollo de la comprensión del lenguaje en los niños desde la influencia del lenguaje paterno sobre el de los niños, sin embargo, este fenómeno se comporta como un SD donde el lenguaje de los niños se ve influido por el lenguaje de los padres pero a la vez, la forma en que los padres le hablan a sus hijos está influida por el lenguaje de los

niños (van Geert, 2003). Otro aspecto importante en el estudio de los SD es el ambiente. El ambiente es “todo aquello en el universo de discurso que no pertenece al sistema pero que interactúa con éste” (van Geert, 2003, p.656). Tradicionalmente se ha entendido por ambiente las variables externas que influyen en un determinado fenómeno y que se pueden controlar. En los SD el ambiente contempla todos los elementos que interactúan con el sistema. Por ejemplo, acerca de la comprensión del lenguaje, es posible considerar como ambiente todos los elementos que interactúan con el sistema: la memoria de trabajo, la atención, etc. Estos elementos interactúan con el sistema pero en los SD no se consideran como variables independientes, más bien se trata de variables co-dependientes. El desarrollo como SD cambia porque está influido por el ambiente (otros sistemas) y por el sistema mismo. En este sentido, un SD se puede ver influido por variables del ambiente y por los estados precedentes del mismo sistema.

Por esta razón, la no linealidad es una característica frecuente de los SD. La linealidad puede definirse matemáticamente de la siguiente manera:  $L(ax+by) = aL(x) + bL(y)$ . La no linealidad significa que los procesos dinámicos no pueden entenderse como una línea recta o curva y tampoco como una suma de las partes (van Geert, 2003). En este sentido, los efectos de las variables causales, no se describen como la suma proporcional de sus funciones (van Geert & Steenbek, 2005). La no linealidad de los SD y específicamente del desarrollo permite comprender cómo se construyen nuevas formas de organización que no siempre corresponden con los efectos esperados de los factores de entrada. Estas nuevas formas pueden ser mayores o menores que los insumos. Es claro que los SD tienden hacia una forma de equilibrio (atractor). Estos atractores pueden ser de punto fijo, en los cuales el sistema tiende hacia un estado estable o pueden existir atractores cíclicos.

Otra característica de los SD es la propiedad de auto-organización (van Geert, 2003). Por ejemplo, en la adquisición del lenguaje se presenta un proceso de intercambio continuo entre el niño (sistema) y una persona competente en el lenguaje (ambiente). El niño logra construir una gramática más compleja que la que recibe del adulto. Explicaciones a este fenómeno podrían basarse en el pensamiento de Chomsky acerca de la existencia de una gramática innata, sin embargo, se sabe que la auto-organización es un proceso que incrementa la complejidad.

La utilización del modelo de los SD no lineales para comprender el desarrollo es una alternativa basada en la idea que el desarrollo constituye un sistema complejo. Un sistema complejo es aquel donde interactúan gran cantidad de componentes, cuya actividad es no lineal y típicamente exhibe un comportamiento auto-organizado (Rocha, 1997). Al igual que otros sistemas complejos, la no-linealidad y la auto-organización, son características propias del desarrollo. La auto-organización implica la actividad del sistema e involucra tanto aspectos ambientales como genéticos que construyen nuevas formas de organización que no equivalen a la suma de las partes. En un sistema complejo la auto-organización implica que el orden macroscópico en los niveles de un sistema (p.e., la estructura) se incrementa espontáneamente como consecuencia de los niveles más bajos. En ese sentido, la no linealidad está muy relacionada con la auto-organización (van Geert & Steenbek, 2005).

En este sentido es factible analizar la *superposición* como una característica de los sistemas complejos, un fenómeno que se caracteriza por dos propiedades aparentemente

incompatibles al mismo tiempo, se denomina de superposición. En el desarrollo humano existen algunos ejemplos de esta superposición: ¿Es el desarrollo explicado por el ambiente o por los genes? ¿Es el aprendizaje una cuestión de transmisión o de auto-organización? Estas preguntas se pueden resolver a partir de la linealización en estudios de población, sin embargo, se concluye que cada una de estas variables permite contribuciones independientes al fenómeno. Un indicador de la superposición es la variabilidad intra-individual. El comportamiento humano y su progreso son fenómenos variables y fluctuantes y en ocasiones estas fluctuaciones llegan a un pico, esto indica una transición de un estado de desarrollo hacia otro y se puede explicar como la superposición de dos estados o niveles (van Geert & Steenbeek, 2005).

Otra característica de los SD complejos es la síntesis entre sustancia y proceso. La sustancia hace referencia a lo tangible, lo físico y el proceso se refiere a sucesiones temporales de cambios en la sustancia. Por ejemplo, en psicología, la relación entre el cerebro y los procesos mentales permite ver cómo se ha explicado el comportamiento por la localización en ciertas áreas del cerebro, lo cual no permite una explicación de los mecanismos subyacentes a estos procesos. Sin embargo, en los sistemas complejos es claro que tanto los componentes físicos como los procesos pueden explicar un fenómeno, de tal manera que la variabilidad intra-individual puede mostrar niveles bajos que permitirían pensar que el fenómeno está más relacionado con la sustancia; por el contrario, si existen niveles de variabilidad más altos es posible pensar que el fenómeno se explica por los procesos (van Geert & Steenbeek, 2005).

Una de las críticas que este autor hace a la actual psicología del desarrollo, es que perdió su norte cuando tomó el rumbo de los modelos estadísticos lineales. Esta decisión, desde luego, implicó un rigor metodológico en las investigaciones pero, a su vez, el abandono del estudio de los mecanismos del desarrollo individual. Van Geert (1998a) considera que la mayoría de los estudios actuales en psicología del desarrollo se basan en una comparación entre grupos de edades diferentes o en la influencia de variables independientes como la educación, la clase social, entre otras, “Yo defiendo que estos estudios no reflejan lo que es el desarrollo” (van Geert 1998a, p.148). La comparación entre grupos, para van Geert, no constituye un tópico de la psicología del desarrollo, aun cuando existan diferencias entre los grupos. Estas diferencias suelen tomar un carácter lineal que no refleja la dinámica del proceso de desarrollo que usualmente presenta bifurcaciones, emergencia de la novedad o simplemente trayectoria no lineales (van Geert, 1998a).

Los estudios actuales en psicología del desarrollo se realizan bajo las mejores condiciones de “neutralidad”, que el control experimental exige, pero van Geert y Steenbeek (2005) los critican por la forma como simplifican la complejidad del proceso. Esta simplificación se observa en el tratamiento lineal del fenómeno. Son frecuentes los estudios en los cuales se analiza el efecto de una variable independiente en un grupo determinado y se comparan estos resultados con los obtenidos en otro grupo con diferente edad. Estos diseños prestan poca o ninguna atención a la variabilidad intrasujeto y dan importancia a la variabilidad intersujeto; característica que resulta ser la exigencia de los métodos estadísticos clásicos, e implican estudiar el desarrollo como si fuera un fenómeno ergódico, (Molenaar, 2004). Es claro que la utilización de modelos estadísticos que promedian los

resultados obtenidos por una muestra de una población, no logra capturar la dinámica del desarrollo.

La propuesta de van Geert al estudio del desarrollo es claramente metodológica. Dentro de su modelo, van Geert (1998a) propone una metodología para acercarse al estudio del desarrollo, que implica un monitoreo detallado del proceso por medio de estudios más individuales, basados en series de tiempos que permitan capturar la dinámica del proceso. Los estudios sobre el desarrollo pueden comenzar con un muestreo de los estados que alcanza el proceso en una población, sólo con el fin de tener una idea preliminar sobre los estados del espacio (*state-space*) del SD. Sin embargo, el siguiente paso exige hacer seguimiento a las trayectorias individuales, que parten de unas condiciones iniciales. “Sólo con un número suficientemente amplio de estas observaciones intensivas es posible obtener un mejor *insight* de las propiedades de los procesos dinámicos que son el corazón del desarrollo” (van Geert, 1998a, p.155).

Lo interesante de la propuesta de van Geert es que retoma los elementos de los modelos teóricos para analizar un determinado fenómeno de desarrollo pero no considera las variables como independientes y dependientes sino como componentes de un conjunto de ecuaciones acopladas (Steenbeek & van Geert, 2005). Esto significa que, al plantear una ecuación, no se espera que el comportamiento de una variable se explique por el comportamiento de la otra, por lo cual plantea un sistema de ecuaciones, en el cual aparecen todas las variables observadas en el fenómeno representando las diversas relaciones. Por ejemplo, si  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , etc., son variables que describen el sistema cognitivo de un niño, de tal forma que,  $a$  representa su conocimiento lógico matemática,  $b$  las relaciones de su conocimiento social,  $c$  su conocimiento lingüístico, y así sucesivamente, y si el sistema cognitivo es un sistema dinámico y es muy probable que lo sea, el siguiente grupo de ecuaciones acopladas describe su evolución en el tiempo, así (van Geert, 1994, p.50):

$$a_t = f(a_{t-p}, b_{t-j}, c_{t-k}, \dots)$$

$$b_t = f(a_{t-p}, b_{t-m}, c_{t-n}, \dots)$$

$$c_t = f(a_{t-o}, b_{t-p}, c_{t-q}, \dots)$$

Otro elemento característico de sus estudios es la utilización de pocos sujetos. Van Geert (2003) explica las razones por las cuáles los modelos basados en los SD no requieren un muestreo representativo de la población<sup>11</sup> sino que, con pocos casos, es posible encontrar patrones de cambio. El problema del desarrollo, por lo tanto, no es tratar de generalizar comportamientos que se presentan en muestras representativas de una población

---

<sup>11</sup> Lo que aquí entendemos, es que para el estudio de los fenómenos de desarrollo no se requiere evaluar un sin número de sujetos para, a partir de los resultados, construir modelos estadísticos que consideran la variación intrasujeto como variación no explicada, que ha sido lo clásico; por el contrario, el fenómeno caracterizado por esta clase de variación requiere de pocos individuos para caracterizar el fenómeno bajo la consideración de la variación intrasujeto a la luz de una alta densidad de observaciones.

determinada, sino fundamentalmente encontrar los mecanismos de cambio de un estado anterior a otro. La ecuación de los sistemas dinámicos plantea este proceso como  $x_{t+1} = f(x_t)$  que es la ecuación característica de los sistemas dinámicos, donde se ve claramente el proceso de cambio en el cual un estado posterior ( $t+1$ ) del proceso, depende de un estado anterior  $t$  del mismo. La comparación de esta ecuación con aquella propia de los modelos estadísticos permite observar claramente que en los modelos estadísticos convencionales el tiempo y la relación entre un estado anterior y el siguiente, no existen. Esta ecuación tiene la forma de una función lineal  $y_t = f(x_t)$ .

Adicionalmente, este autor recurre a la simulación. Un modelo de simulación es una imitación idealizada del curso en el tiempo de un proceso real. Por lo tanto, un primer aspecto para intentar realizar una simulación consiste en identificar las características del fenómeno que se desea simular. Estas características son representadas a través de las variables. Un segundo aspecto del modelo es identificar las relaciones entre estas variables. Existen modelos de desarrollo humano que no necesariamente son sistemas dinámicos, por ejemplo los modelos de regresión. Las ventajas de la simulación consisten en que se permite una predicción detallada de diferentes niveles y trayectorias. Además, en algunos casos, por razones éticas, no se pueden obtener datos de situaciones reales. En general los modelos de simulación permiten analizar los procesos que ocurren en los sistemas dinámicos que de otra manera serían muy difíciles de analizar.

En sus explicaciones acerca del crecimiento de poblaciones, van Geert muestra que este crecimiento se comporta según un modelo matemático conocido como *ecuación logística*, que tiene la forma general  $L_{t+1} = rL_t(1-L_t)$ , en el que  $L$  representa el tamaño relativo de la población,  $t$  y  $t+1$  son los tiempos anterior y posterior y  $r$  es la tasa de crecimiento. Este modelo establece que el tamaño actual de una población está determinado por un parámetro ( $r$ ) y por las condiciones previas en las cuales se encontraba. Esta ecuación resulta ser un modelo dinámico y en su desarrollo se encuentra que el resultado de este crecimiento no significa que el tamaño actual de una población sea siempre superior a su tamaño previo, lo que implica no linealidad del fenómeno, sino que, además, las condiciones iniciales influyen en el comportamiento futuro de dicho comportamiento, van Geert acoge este modelo para estudiar el crecimiento de los fenómenos de desarrollo que a él le interesan y centra su atención en determinar tanto el valor de las condiciones iniciales como del parámetro del modelo, para intentar explicar el comportamiento de tales fenómenos a partir de estos resultados. Paralelo a esto, van Geert también considera que es urgente que las personas estudien, en su formación matemática, la ecuación logística, ya que, según May (1976),<sup>12</sup> “Tal estudio sería sumamente enriquecedor para fortalecer la intuición de los estudiantes acerca de los sistemas no lineales. No solamente en la investigación sino también en las cotidianidades políticas y económicas diarias, creemos que todo sería mejor si más personas fueran conscientes que un simple sistema no lineal no necesariamente posee propiedades dinámicas simples” (van Geert, 1994, p.102).

A partir de estas propuestas es factible encontrar que en el caso del desarrollo del lenguaje se asuma un promedio. Por ejemplo, el número de palabras que la niña puede utili-

---

<sup>12</sup> El documento que van Geert cita es: May, R. (1976) “Simple mathematical models with very complicated dynamics”. *Nature*, 261, 459-67.

zar en un año. De otra parte, las diferentes trayectorias que se presentan en el desarrollo no se analizan, por el contrario, se intenta encontrar una línea que represente la dirección de la trayectoria del desarrollo.

### **LAS SERIES DE TIEMPO COMO ALTERNATIVA ESTADÍSTICA DE ANÁLISIS DE FENÓMENOS DE DESARROLLO**

Los planteamientos de van Geert, centrados en la visión de los fenómenos de desarrollo como fenómenos dinámicos, exigen la implementación de metodologías que respondan a las consideraciones que atiende un nuevo paradigma, el de la complejidad. Sin embargo, la alternativa de análisis de procesos estocásticos aparece igualmente como propuesta explicativa para este tipo de fenómenos. Peter C.M. Molenaar, del Departamento de Psicología de la Universidad de Amsterdam, que ha trabajado con van Geert, plantea que es posible encontrar, a partir de la utilización de técnicas estadísticas para analizar procesos estocásticos, estrategias metodológicas que aporten explicaciones complementarias al estudio de fenómenos de desarrollo como lo pretende van Geert.

Si se entiende un proceso estocástico (fortuito o al azar) como un fenómeno empírico que se caracteriza por la propiedad de que, al observarlo bajo el mismo conjunto de condiciones, no siempre se obtiene el mismo resultado (de manera que no existe una ley de regularidad que lo determine) sino que los diferentes resultados ocurren con *regularidad estadística*,<sup>13</sup> y además que las observaciones del fenómeno se realizan a través de las distribuciones de probabilidad de los valores de las variables; se observa que en la medida en que estas variables sean de naturaleza aleatorias, se pueden utilizar metodologías estadísticas que involucran en su desarrollo el factor tiempo como una característica que implica dinámica, lo que obliga a una elección alterna a los modelos tradicionales en los cuales el tiempo es constante para todas las observaciones. De aquí que el estudio de la variación intra-individual se considera central en esta metodología de análisis y la utilización de las técnicas estadísticas de series de tiempo, resultan ser una alternativa viable para explicar fenómenos de desarrollo (Molenaar, 2004, p.203).

El estudio de estos procesos subyace en lo que se conoce hoy en día como: *problema ergódico* que surgió en el campo de la Física en el contexto de la mecánica estadística, en el cual se exige que bajo pequeñas perturbaciones aleatorias, el comportamiento de un sistema dinámico, se mantenga prácticamente sobre los atractores, y que la medida de probabilidad generada sobre estos sistemas sea estable (Restrepo, 2007, p. 4). En otras palabras, un proceso es ergódico si la estructura de su variación intra-individual es la misma que la estructura de su variación inter-individual.

Casi por definición los procesos de desarrollo tienen una variable-tiempo promedio y/o una variable-tiempo de dependencia secuencial y, por tanto, son no ergódicos. Esto

---

<sup>13</sup> La *regularidad estadística* es la forma de la conexión causal en que el estado concreto de un sistema no determina unívocamente todos sus estados subsiguientes, sino que lo hace tan sólo con cierta probabilidad, la cual constituye la medida objetiva de la posibilidad de que se realicen tendencias al cambio existente o en lo pasado. La regularidad estadística rige en todos los sistemas dinámicos no autónomos que dependen de condiciones exteriores en modificación constante y que poseen gran cantidad de elementos.

implica que para fenómenos de desarrollo, la estructura de la variación íter-individual de la población no es equivalente a la estructura de la variación intra-individual de un sujeto. De aquí que el nivel adecuado requerido para obtener resultados válidos acerca de fenómenos de desarrollo es el nivel de la variación intra-individual dentro de un sujeto (Molenaar, 2005). Aunque los métodos estadísticos tradicionales no funcionan adecuadamente cuando el fenómeno no es ergódico, los métodos estadísticos de series de tiempo sí permiten trabajar bajo estas condiciones. Es así como la propuesta de Molenaar se centra en encontrar explicaciones a fenómenos de desarrollo que presentan características de no ergodicidad.

Las cercanías de las propuestas de Molenaar y de van Geert, se encuentran en el hecho de que en ambas se requiere: 1) obtener una serie grande de observaciones del fenómeno para un solo individuo, y 2) analizar la variación intra-individual de un solo sujeto para explicar la dinámica del fenómeno; pero se diferencian en que la explicación de un fenómeno de desarrollo, para Molenaar, no se puede obtener del análisis de un solo sujeto y se requiere del análisis de los resultados encontrados para una gran cantidad de individuos diferentes, para lo que no existe en la actualidad una estrategia metodológica.

### **EJEMPLOS DE INVESTIGACIONES DE FENÓMENOS DE DESARROLLO**

La diversidad de temáticas que aborda van Geert en sus investigaciones contrasta con la unidad metodológica que emplea. Sus estudios pasan por analizar el problema del desarrollo de la teoría de la mente (TdM) en niños normales y con autismo leve (Serra, Loth, van Geert, et al. 2002), las interacciones diádicas (Steenbeek & van Geert, 2007) las interacciones madre-hijo (de Weerth, et al. 1999), los efectos de la intervención terapéutica en adolescentes con problemas de conducta (Lichtwarck-Aschoff & van Geert, 2004), o el desarrollo del lenguaje (van Dijk & van Geert, 2007). Todos los estudios parten de planteamientos teóricos y de investigaciones previas cuya perspectiva del desarrollo suele ser lineal o dicotómica.

Las problemáticas de interacción o de los efectos de las intervenciones terapéuticas señalan con mayor claridad la perspectiva de sistemas dinámicos del desarrollo. La interacción y la mutua influencia de los sistemas, como en el caso de las intervenciones grupales en las cuales el grupo, el individuo y la intervención generan mutuas interacciones que llevan a plantear una efectividad de ciertas intervenciones en contextos determinados y no en otros. Los estudios en contextos naturales han aportado elementos importantes para el estudio de la variabilidad. En el desarrollo del lenguaje, la posibilidad de observaciones naturalistas han permitido determinar patrones de continuidad o discontinuidad en este proceso (van Dijk & van Geert, 2007). En las interacciones madre-hijo, la variabilidad y la existencia de patrones determinados en la aparición de la sonrisa, el contacto físico madre-hijo, la alimentación y el llanto, han aportado una mayor claridad acerca de la variabilidad pero también de la existencia de patrones organizados en periodos de tiempo. Esto se hace posible por la utilización de estudios longitudinales y seguimientos muy detallados en el desarrollo de estos comportamientos (de Weerth, et al, 1999).

Otros análisis de problemáticas de interacción o de los efectos de las intervenciones terapéuticas señalan con mayor claridad la perspectiva de SD del desarrollo.

La interacción y la mutua influencia de los sistemas, como en el caso de las intervenciones grupales en las cuales el grupo, el individuo y la intervención generan mutuas interacciones que llevan a plantear una efectividad de ciertas intervenciones en contextos determinados y no en otros. El cambio en el comportamiento de un adolescente es un mecanismo que se analiza desde los atractores de la conducta como pueden ser el nivel potencial de conducta, en términos de Vygotski y el nivel actual de conducta puede modificarse por la interacción con el grupo de referencia y por la mutua interacción con otros elementos como puede ser la intervención en un momento determinado. Esto lleva a una auto-organización que tiene un atractor pero que no está programada, sino que depende de la interacción entre el sujeto, el grupo y la intervención. Esto mismo se ve en los procesos de crianza, los padres pueden tener ideas acerca de la educación de sus hijos, pero sólo a través de la interacción con el niño se realizan modificaciones y cambios que plantean un patrón. En este sentido, la auto-organización es no lineal (Lichtwarck-Aschoff & van Geert, 2004).

Los estudios en contextos naturales han aportado elementos importantes para el estudio de la variabilidad. En el desarrollo del lenguaje, la posibilidad de observaciones naturalistas han permitido determinar patrones de continuidad o discontinuidad en este proceso (van Dijk & van Geert, 2007). En las interacciones madre hijo, la variabilidad y la existencia de patrones determinados en la aparición de la sonrisa, el contacto físico madre-hijo, la alimentación y el llanto, han aportado una mayor claridad acerca de la variabilidad pero también de la existencia de patrones organizados en periodos de tiempo. Esto se hace posible por la utilización de estudios longitudinales y seguimientos muy detallados en el desarrollo de estos comportamientos (De Weerth, van Geert & Hoinjtink, 1999).

## **COMPARACIÓN ENTRE THELEN Y VAN GEERT**

Para terminar, y de manera bastante esquemática, conviene establecer algunos contrastes entre la manera Bloomington y la manera Groningen de aproximación a los sistemas dinámicos no lineales. ¿En qué aspectos difieren y en cuáles guardan similitudes?

El desarrollo para Thelen implica crear algo *mejor y mayor* a partir de algo *menos y menor*. Es el producto de muchas interacciones descentralizadas y locales que ocurren en el tiempo real. Para Thelen, existen procesos generales del desarrollo (con independencia de los dominios específicos) y comportamientos emergentes (situados) y corporalizados. En estos comportamientos convergen componentes de muy diferente naturaleza que se auto-organizan alrededor de la resolución de un problema o una actividad dirigida hacia una meta. Thelen no considera necesario utilizar constructos teóricos como maduración nerviosa, teoría de la mente, representación mental o programación genética para explicar el desarrollo.

Para van Geert el desarrollo supone tanto crecimiento (*growth*) como la aparición de nuevas formas endógenas de organización del sistema. De ahí su interés por examinar no solo el crecimiento, sino también identificar la emergencia de la novedad. Van Geert consigue mostrar la productividad heurística de las ecuaciones acopladas, logística y estándar, y las técnicas descriptivas de movimientos min-max y *State Space Grid* (SSG), para detectar la variabilidad individual, la presencia de picos o puntos atípicos y la emergencia

de comportamientos contextodependientes en tanto indicadores de exploración, cambio y aprendizaje, y adaptación flexible al entorno, en diferentes dominios (lenguaje, comprensión de las emociones en el niño, etc.)

En Thelen el desarrollo tendría un itinerario más del tipo *data-driven*, esto es, estaría guiado por las restricciones de la tarea y la actividad situada. En van Geert se aprecia una concepción del desarrollo más *top-down*. Además, mientras Thelen pone el énfasis en la fuerza explicativa de la *auto-organización* y la *multicausalidad*, quizás más propicias para entender lo que emerge de manera local y situada; van Geert valora la heurística de la *iteración*.

En términos operacionales, para Thelen y su equipo los SDNL permiten: a) mapear, en tiempo real y en detalle, las trayectorias de desarrollo en cada individuo y los parámetros de orden de esta dinámica, atendiendo a los componentes que la constituyen; b) identificar los cambios de fase y la emergencia de nuevos estados de comportamiento; y c) usar las inestabilidades asociadas con las transiciones para descubrir procesos de cambio y parámetros potenciales de control. Los SDNL ayudan a identificar patrones más estables e inestables, transiciones entre comportamientos y componentes constituyentes de nuevos comportamientos, y la desestructuración de viejos patrones. Lo anterior supone un registro minucioso de comportamientos motores y sus vectores, el tratamiento estadístico de datos para identificar tales patrones, registros métricos de fuerza, posición de los miembros, velocidad y dirección de los movimientos, detección de la actividad nerviosa y electromiográfica, para identificar en las dinámicas de corto plazo (*Short Term Dynamics*) la desestructuración, permanencia y emergencia de patrones.

van Geert et al., están interesados en técnicas de captura de datos en series de tiempo y en el modelado computacional y gráfico de trayectorias. van Geert utiliza de los SDNL la heurística de las ecuaciones logística, estándar y acopladas y las consecuencias explicativas de la recursividad y la iteración expresadas matemáticamente en tales ecuaciones. Sus estudios suponen diseños experimentales con variables previamente identificadas, ratas de crecimiento e indicadores cuantitativos de tales variables (número de palabras expresadas por el niño, incremento del número de elementos que el niño puede relacionar con otros cuando se trata de procesos de comprensión social, etc.). Este modelado trata de establecer comparaciones entre el modelo matemático (simulado por computador) y los comportamientos reales observados. van Geert estima que es posible examinar una hipótesis especificando las variables que contiene, modelando matemáticamente tales variables en el tiempo y contrastando tales modelos con el desarrollo de esas variables en los comportamientos reales observados. De acuerdo con van Geert y Steenbeek (2005) la función del modelo matemático es expresar de manera concisa relaciones complejas, procurar predicciones y estructurar tratamientos conceptuales suficientemente formalizados. Esta formalización matemática obliga al investigador a explicitar sus presunciones teóricas “para construir un modelo utilizable” (van Geert & Steenbeek, 2005, p.436).

Igualmente se pueden apreciar importantes contrastes en el tipo de sujeto empírico que participa de los estudios. Thelen no consideró estudios que se ocuparan del niño en situaciones de interacción social. El sujeto de estudio de Thelen es un niño inmerso individualmente en la tarea. Es decir, examina soluciones, selecciones y comportamientos individuales que emergen localmente en relación con tareas y actividades de exploración

del sujeto. En van Geert encontramos al sujeto inmerso en dinámicas de interacción social, el niño en relación con otros niños o adultos, la interacción diádica niño-entorno social. van Geert valora, ya sea en relación con el desarrollo del lenguaje o del vínculo afectivo madre-hijo, la importancia de la interacción mutuamente regulada, entendiendo que tales interacciones, en su reciprocidad y coherencia, explican el carácter contagioso del comportamiento y la condición social de las acciones individuales. Además, tales interacciones sociales constituyen una fuente inestimable de recursos para el crecimiento.

Se puede decir que Thelen no acude a la teoría de los SDNL como un utillaje operativo y técnico sino como un conjunto de categorías y conceptos comprensivos de los fenómenos que estudia, grafica y analiza con instrumentales clásicos (estadística convencional, registros gráficos de comportamiento motor, indicadores electromiográficos, etc.). Conceptos centrales de los enfoques dinámicos en Thelen son auto-organización y multicausalidad. Otros conceptos claves: variables colectivas y/o parámetros de orden, parámetros de control, no linealidad, atractores y escalas de tiempo. van Geert usa los enfoques dinámicos para: a) concebir y diseñar los experimentos, b) trazar análisis y testear hipótesis derivadas de los estudios empíricos, esto es, hacer una formulación matemática o computable de los fenómenos de desarrollo, y c) para hacer modelaciones computacionales de los procesos de desarrollo estudiados. Van Geert pone al centro de su comprensión de los SDNL la noción de iteración en tanto mecanismo central del desarrollo, un desarrollo que tiene en la variabilidad el motor.

Sobre la medida de la variabilidad se puede mencionar lo siguiente: en Thelen, siguiendo algunos aspectos de los SDNL, la métrica no es algo que el niño tiene, no es una habilidad estática o inmodificable. La métrica es el niño. Dado que lo importante es la estabilidad relativa o dinámica de la conducta y del sistema, en un contexto particular, en relación con las restricciones que impone la tarea y sus metas, no se puede hablar de una medida externa o independiente de la dinámica misma del niño. Las medidas de la variabilidad permiten ver trayectorias de cambio a lo largo de escalas cortas de tiempo en las situaciones de resolución de problemas o a lo largo del desarrollo. van Geert privilegiará una concepción dialéctica de la medida, al sugerir con van Dijk la métrica de mínimos y máximos, una métrica que deviene claramente consistente tanto con la centralidad atribuida a la iteración, como al valor asignado a las concepciones vigotskianas y piagetianas de desarrollo.

Como se ha podido apreciar, Thelen rehúsa cualquier tipo de constructo mentalista –representaciones, teoría de la mente– para explicar la conducta. Su aproximación a los abordajes conexionistas de la cognición le dan elementos para cuestionar los modelos de la computación simbólica, que consideran tanto representación como mando centralizado. “Sporns y Edelman sugieren que a través de la actividad exploratoria y espontánea del organismo y su aparato perceptual-motor, ciertas poblaciones de neuronas sensitivas y motoras están cada vez más correlacionadas y selectivas de conformidad con una tarea consistentemente relacionada o una meta lograda. En ese sentido, la coordinación sensoriomotora se comprende sin considerar representación neural del proceso, sino a partir de la intersección de procesos pertinentes a nivel del cerebro, cuerpo (aparato perceptual-motor) y comportamiento (actividad del organismo)” (Lockmann y Thelen, 1993, p.955).

van Geert, en cambio, sí reconoce constructos teóricos como la representación mental para explicar los fenómenos que estudia. Sugiere incluso que el cuestionamiento de Thelen a la representación mental ignora que en el comportamiento motor tales representaciones aparecen corporalizadas. De hecho, van Geert enfatiza en lo que él llama ecología mental del niño que son aquellos contenidos que el niño tiene en su mente para acceder al ambiente (1994, p.115)

Finalmente, los estudios de Thelen y su equipo consideran en la actualidad un conjunto de desafíos futuros por encarar: uno de ellos, la creación de sistemas motores autónomos artificiales. Estos sistemas permitirían corroborar empíricamente las hipótesis y supuestos que, a partir de SDNL, Thelen y su equipo han planteado acerca del desarrollo motor. También, algunos autores reconocen la importancia de incorporar a los estudios de Thelen seguidores el examen de la dimensión afectiva y motivacional del desarrollo en el mundo real del niño y adulto (incluidas las interacciones sociales). Otro aspecto en el que Thelen reconoció explícitamente la necesidad de ahondar es en lo que tiene que ver con la *generalización*, esto es, la habilidad para transferir soluciones estables de un ámbito localizado a otro. El desafío más importante para van Geert es la construcción de una ciencia del desarrollo cuyos logros puedan ser utilizados por otras disciplinas. También el perfeccionamiento de los procedimientos metodológico de modelización, de simulación y de captura de datos experimentales.

Sin duda, ambas formas de abordaje de los SDNL en relación con algunos de los problemas y objetos de estudio en psicología, han suministrado inestimables hallazgos para una comprensión más compleja, fina y rigurosa del desarrollo, el cambio y la variabilidad. Las diferencias entre estos dos tipos de abordajes no deben hacernos perder de vista aquello que comparten y han venido ofreciendo sin cesar en las últimas dos décadas: una decidida valoración de aspectos y fenómenos que aún siguen considerándose extraños, intratables, inapreciables y poco importantes. De ahí que la advertencia e invitación formulada por van Geert hace quince años goce de plena actualidad: “mientras nosotros sigamos intentando reducir la irregularidad, la turbulencia, las zambullidas y los choques, la aceleración y la desaceleración a un error de variación impuesto a un proceso subyacente liso, gradual y recto, nosotros nos privaremos de entender que lo esencial de ese proceso es la irregularidad y no la suavidad (van Geert, 1994, p.272)”.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLPH, K.E. & Vereijken, B. (2005). Esther Thelen (1942–2004). *American Psychologist*, 60 (9), 1032.
- BEER, R.D. (2006). Beyond control: The dynamics of brain–body–environment interaction in motor systems. En: D. Sternad. (Ed). *Progress in Motor Control: A multidisciplinary Perspective*. EE.UU: Springer.
- BEER, R.D. (2000). Dynamical approaches to cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, (3), 91–98.
- BOWER, B. (1999). Minds on the move. *Science News*, 155 (12), 184-189.
- de WEERTH, C., van GEERT, P & HOIJTINK, H. (1999). Intraindividual variability in infant behavior. *Developmental Psychology* 35 (4), 1102 – 1112.

- GHENT, E. (2002). Wish, need, drive: motive in the light of dynamic systems theory and Endelman's Selectionist Theory. *Psychoanalytic Dialogues*, 12 (5), 763–808.
- GRANIC, I., HOLLENSTEIN, T., DISHION, T., & PATTERSON, G. (2003). Longitudinal Analysis of Flexibility and Reorganization in Early Adolescence: A Dynamic Systems Study of Family Interactions. *Developmental Psychology*, 39 (3), 606–617.
- KELSO, J. A. S. (1999). *Dynamic Patterns. The Self-Organization of Brain and Behavior*. Cambridge, EE.UU: A Bradford Book MIT Press.
- KOZULIN, A. (1994). *La Psicología de Vygotski*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- LEWIS, M.D., ZIMMERMAN, S., HOLLENSTEIN, T. & LAMEY, A.V. (2004). Reorganization in coping behavior at 1<sup>1/2</sup> years: dynamic systems and normative change. *Developmental Science*, 7 (1), 56–73
- LICHTWARCK – ASCHOFF, A., & van GEERT, P. (2004). A dynamic systems perspective on social cognition problematic behavior and intervention in adolescence. *European Journal of Developmental Psychology*, 1 (4), 399 – 411.
- LOCKMAN, J. y THELEN, E. (1993). Brain, body, behavior connections. Special Section Introduction. *Child Development*, 64 (4), 953–959.
- MOLENAAR, P. C. M. (2004). A manifesto on psychology as idiographic science: bringing the person back into scientific psychology, this time forever. *Measurement*, 2 (4), 201–128.
- PIAGET, J. (2000). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. (6ª. Ed). (Trad. E. Bustos). México: Siglo XXI. (Trabajo original publicado en 1975).
- RESTREPO, C. J. (2007). *Teoría del Caos: Sistemas Dinámicos y Series de Tiempo*. Popayán, Colombia: Carlos Julio Restrepo Saavedra.
- ROCHA, L. M. (1997). *Evidence sets and contextual genetic algorithms: Exploring uncertainty, context and embodiment in cognitive and biological systems*. N.Y: Binghamton University Doctoral dissertation.
- SAVELSBERGH, G., van HOF, P., CALJOUW, S. R., LEDEBT, A., & van der KAMP, J. (2006). No single factor has priority in action development. *Journal of Integrative Neuroscience*, 5 (4), 493–505.
- SERRA, M., LOTH, F. L., van GEERT, P., HURKENS, E & MINDERAA, R.B. (2002). Theory of mind in children with “lesser variant” of autism: A longitudinal study. *Journal of Psychology and Psychiatry*, 43 (7), 885 – 900.
- SMITH, L., & THELEN, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (8), 343-348.
- SMITH, L. & THELEN, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in cognitive science*, 7 (8), 343 –348.
- SPENCER, J.P., SMITH, L., & THELEN, E. (2001). Test of a dynamic systems account of the A–Not–B–Error: the influence of prior experience on the spatial memory abilities of two years old. *Child Development* 72 (5), 1327–1346.
- SPENCER, J.P., CORBETTA, D., BUCHANAN, P., CLEARFIELD, M., ULRICH, B., & SCHÖNER, G. (2006). Moving toward a grand theory of development: In memory of Esther Thelen. *Child Development* , 77 (6), 1521-1538.
- STEENBEEK, H., & van GEERT, P. (2008). The Empirical Validation of A Dynamic Systems Model Of Interaction: Do Children Of Different Sociometric Status Differ In Their Dyadic Play Interactions? *Developmental Science*, 11 (2), 253-281.

- STEENBEEK, H., & van GEERT, P. (2007). A theory and dynamic model of dyadic interaction: Concerns, appraisals, and contagiousness in a developmental context. *Developmental Review*, 27, 1 - 40.
- STEENBEEK, H., & van GEERT, P. (2005). A dynamic systems model of dyadic interaction during play of two children. *European Journal of Development Psychology*, 2, 105 – 145.
- THELEN, E. & MARUYAMA, S. (2004). Invariant timing structures of orchestra conductors' ham strokes. ICMPC8: 8<sup>th</sup> Conference on Music Perception and Cognition, Evanston, IL, Australia.
- THELEN, E. & BATES, E. (2003). Connectionism and dynamic systems: are they really different? *Development Science* 6 (4), 378–391.
- THELEN, E. (2000). Motor development as foundation and future of developmental psychology. *International Journal of Behavioral Development* 24 (4), 385–397.
- THELEN, E. & SMITH, L.B. (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge, MA: MIT Press.
- THELEN, E., CORBETTA, D., ZERNICKE, R., SPENCER, J. P., SCHNEIDER, K., & KAMM, K. (1993). The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Development*, 64, 1058-1098.
- THELEN, E. (1986). Treadmill–Elicited Stepping in Seven–Month–Old Infants. *Child Development*, 57 (6), 1498–1506.
- THELEN, E., FISHER, D. & RIDLEY-JOHNSON, R. (1984). The relationship between physical growth and a newborn reflex. *Infant Behavior & Development*, 7, 479–493.
- van DIJK, M. & van GEERT, P. (2007). Wobbles, humps and sudden jumps: A case study of continuity, discontinuity and variability in early language development. *Infant and child development*, 16, 7 – 33.
- van DIJK, M. (2004). *Child Language Cuts Capers Variability and Ambiguity in Early Child Development*. Doctoral Thesis. Department of Developmental and Experimental Clinical Psychology, University of Groningen.
- van GEERT, P. (2003). Dynamic system approaches and modeling of developmental process. En J. Vasiner & K. Connolly (Eds). *Handbook of developmental psychology*. (pp. 640 –672). London: Sage.
- van GEERT, P. (1998a). We almost had a great future behind us: The contribution of non–linear dynamics to developmental science in the making. *Developmental science*, 1 (1), 143–159.
- van GEERT, P. (1998b). A dynamic systems model of basic development mechanism: Piaget, Vygotsky, and beyond. *Psychological Review*, 105 (4), 634 – 677.
- van GEERT, P. (1997). Que será, será. Determinism and nonlinear dynamic model building in development. En: A. Fogel., M.C.D.P. Lyra, & J. Valsiner. *Dynamics and indeterminism in developmental and social processes*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- van GEERT, P. (1994). *Dynamic systems of development: Change between complexity and chaos*. N.Y. EE. UU: Harvester Wheatsheaf.
- Van GEERT, P., & STEENBEEK, H. (2006). The dynamic of scaffolding. *New Ideas in Psychology*, 23, 115-128.
- 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. *Infant Behavior and Development*, 25, 340-374.

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

# EL USO DE LA WAVELET PARA EL ESTUDIO DE LOS FUNCIONAMIENTOS INFERENCIALES EN NIÑOS PEQUEÑOS

*Ernesto Combariza*  
*Rebeca Puche-Navarro*

## INTRODUCCIÓN

Este capítulo<sup>14</sup> pretende ilustrar con datos empíricos, la apuesta a la que apunta todo este libro según la cual, la re-conceptualización del desarrollo cognitivo pasa por acogerse al proyecto teórico de los sistemas dinámicos no lineales (de ahora en adelante SDNL). En ese orden de ideas, se parte de la variabilidad y se propone repensarla a partir de conceptos como el de la no linealidad, de los fractales y multifractales, en el escenario de los funcionamientos inferenciales.

El orden de la exposición comienza entonces por situar el problema de la variabilidad en el itinerario o evolución del desarrollo y de los funcionamientos inferenciales. A pesar de que la variabilidad es un tópico recurrente en la bibliografía reciente (Fralely & Roberts, 2005; Miller, 2002; Yan & Fischer, 2002), no se puede afirmar que ella haya modificado grandemente las teorías del desarrollo o las concepciones acerca del funcionamiento cognitivo. En este capítulo se pretende asumirla desde los SDNL, y en ese marco postularla como una expresión típica de un sistema dinámico. Para ello el punto de partida es la identificación de los patrones de la variabilidad de los funcionamientos inferenciales del niño de 3 años y 8 meses. La asunción conceptual de la variabilidad exige hacerlo también en el nivel metodológico, por ello se utiliza un tratamiento no lineal como son las

---

<sup>14</sup> La información contenida en este capítulo forma parte de la investigación titulada *El desarrollo cognitivo desde los sistemas dinámicos no lineales: un intento empírico*, identificado con el consecutivo 139 y financiado en la convocatoria interna de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle de 2006, al grupo Cognición y Desarrollo Representacional del Centro de Investigaciones de Psicología Cognición y Cultura.

wavelets. La técnica de la wavelet permite reconocer la estructura fractal o multifractal de los patrones subyacentes a la variabilidad. En ese sentido se propone la wavelet como una vía para modelar los patrones del cambio.

¿Qué es la variabilidad y como definirla? Se trata de un funcionamiento desigual del procesamiento cognitivo, caracterizado por fluctuaciones en el desempeño. La variabilidad es la más rotunda evidencia de lo erráticos que pueden ser los cambios del desarrollo, la evidencia de que ellos están lejos de la imagen del desarrollo como un proceso en escalones de idéntico tamaño que siguen etapas lineales y acumulativas. Se la puede entender entonces como un espacio en el que coinciden funcionamientos viejos y nuevos, mostrando avances y retrocesos (Miller, 2002; Yan & Fischer, 2002). Esa manera de definir la variabilidad apoya la propuesta de pensar el cambio del desarrollo a partir de reorganizaciones que se dan en formas discontinuas. Entonces, aunque resulte innegable que las trayectorias del desarrollo y del funcionamiento cognitivo, en el nivel macro, muestran avances, no obstante, en el nivel micro, lo que se observa son movilizaciones en direcciones desiguales como ires y venires.

La importancia de centrarse en el estudio de la variabilidad además de acopiar información para identificar la naturaleza del cambio en dichos funcionamientos inferenciales, radica en considerar que ella puede contener algunas de las claves del cambio y del desarrollo. Una de las tareas en la argumentación de este capítulo es establecer el itinerario de esas fluctuaciones, de manera a determinar si los cambios son graduales y se avanza de manera creciente, o si presentan discontinuidades con reorganizaciones abruptas.

## **REVISIÓN Y ANTECEDENTES DE LA LITERATURA**

El recorrido que lleva la literatura analizando distintos hechos en el funcionamiento cognitivo y en el desarrollo no ha sido desdeñable. La presencia del llamado “baby-boom” puso al descubierto capacidades insospechadas del bebé y con ellas la necesidad de volver sobre varias conceptualizaciones (Karmiloff-Smith, 1992; Mehler & Dupoux, 1999; Pouthas & Jouen, 1993). Otra fuente, es la presencia de un núcleo innato reabriendo preguntas sobre si esa presencia temprana de capacidades sorprendentes compromete o no conductas posteriores (Baillargeon, 1995; Condry, Carter & Spelke, 2001). Concomitantemente, el planteamiento modular ha tenido una incidencia en el momento de tomar partido sobre estos asuntos del desarrollo. La aparición temprana o tardía de algunas capacidades puede variar en función del dominio del que se trate. Igualmente la modularidad reaviva la cuestión de si las capacidades se desarrollan y funcionan conjuntamente o, por el contrario, si dependen de cada dominio. Aunque para muchos autores las teorías de dominio general en el desarrollo son incompletas o insuficientes (Goswami, 2001; Scholl & Leslie, 2001), no es menos cierto que la clásica discusión *nature-nuture* se ha ‘modularizado’; fertilizando nuevas perspectivas que tal vez han transformado esa ‘polaridad’ en alternativas que pueden no ser tan excluyentes como siempre se había creído. Un ejemplo emblemático lo ilustra Karmiloff Smith (1992) quien hasta la década del ochenta defendió posiciones pospiagetianas conocidas por oponerse al innatismo y de corte más constructivista. Luego a partir de las cargas en profundidad que traía consigo la investigación en recién nacidos y los replanteamientos de la obra de Fodor, ella formula planteamientos

según los cuales “la mente se modulariza a medida que avanza el desarrollo” (Karmiloff-Smith, 1992, p.21), y pasa a sugerir diferenciaciones entre dominio y módulo para postular la imposibilidad de seguir pensando el problema como una polaridad y más bien conseguir el diálogo entre esas posiciones.

Otra cuestión que los nuevos hechos sobre desarrollo, funcionamiento y variabilidad ponen en tela de juicio, es la propia noción de estadio, como lo recoge el título de texto de Goswami: *No más estadios por favor: somos británicos* (Goswami, 2001). Dominantemente se considera que la extensión y/o precisión del espacio que determinan un estadio y/o una etapa, en el proceso de cambio, dependen en parte de la presencia y/o adquisición de las habilidades cognitivas.

Ligada a esta cuestión del cambio aparece el problema de la medida, que ha puesto sobre el tapete problemas metodológicos de primera magnitud (Courage & Howe, 2002; Fischer & Rose, 1999; Smith & Thelen, 2003). Fischer y Rose (2003). Fischer y Rose (1999) se plantean la necesidad de construir “escalas sensibles en dominios donde las escalas preparadas de antemano no son aptas” (Fischer & Rose, 1999, p.200). Otros autores van más lejos pues consideran que la presencia de ciertas habilidades o conquistas en el desarrollo depende muchísimo “de la medida que fue usada para medirla” (Courage & Howe, 2002, p.251). En una línea todavía más radical, Smith y Thelen (2003) argumentan que no hay tal problema de escalas de medida toda vez que ‘la medida es el niño’ y desaconsejan el uso de escalas externas con sus unidades y desde donde se hacen comúnmente las mediciones (Smith & Thelen, 2003, p.344). Lo cierto es que este conjunto de autores coincide en encontrar en los SDNL una prometedora vía para integrar datos y teorías más potentes. Muchas de estas preguntas conllevan al problema de la naturaleza del cambio pues la diferencia entre dos momentos o estadios habilitaría para hablar de continuidad o discontinuidad en el desarrollo (Courage & Howe, 2002).

### **PROBLEMAS DE CAMBIO Y DESARROLLO COGNITIVO**

Algunas de las cuestiones más básicas de la naturaleza del cambio, remiten a la definición fundante de entenderlo como una tensión entre permanencia y novedad (Valsiner, 2004). Aunque ambos procesos, el de transformación y el de permanencia, son importantes en términos tanto de la estabilidad relativa como del cambio que requiere el desarrollo, no es menos cierto que la controversia para establecer en qué medida es una cuestión de transformación y/o de preservación, es todavía un debate abierto y no concluido entre los psicólogos del desarrollo (Kagan, 2008; Valsiner, 2004).

La naturaleza continua o discontinua de los procesos de cambio en el desarrollo está ligada con las concepciones que remiten a considerarlo como permanencia o considerarlo como novedad. Hace más de tres décadas, Bresson introdujo una diferenciación a este respecto, que tal vez no ha sido superada (Bresson & de Schonen, 1983). Él diferenciaba entre concepciones de tipo homológico entendiéndolas como aquellas visiones del desarrollo interesadas en establecer relaciones estrechas entre conductas tempranas y conductas tardías. Dentro de estas concepciones homológicas las conductas iniciales serían precursoras o anunciadoras de las otras, lo que implica que ambas conductas compartirían mecanismos comunes.

Por otra parte estarían las concepciones de tipo analógico, definidas por diferenciar de manera muy expresa, los mecanismos de conductas tempranas de las conductas tardías. En estas concepciones analógicas se considera una cierta independencia entre distintos momentos del proceso de cambio, de manera que el punto de llegada de una conducta no compartiría necesariamente los mismos mecanismos del punto de partida de la conducta en cuestión. Por supuesto que estos planteamientos de Bresson se planteaban sobre las concepciones del desarrollo, y es claro que las posiciones que se centran en el cambio tienen que tener otras especificidades (Puche, 2003). No obstante, la cuestión de establecer si los cambios son graduales, abruptos, lineales; resulta pertinente tanto en el nivel macro, como en el micro. Saber si se avanza de manera siempre creciente, o por reorganizaciones, o por discontinuidades, es una cuestión que ha estado, ya sea de manera implícita o explícita, siempre presente en las diferentes conceptualizaciones del desarrollo y del cambio.

Kagan en su último monográfico de *Child Development*, introduce nuevamente la problemática con argumentos similares a los de Bresson. Para él “la costumbre de aplicar los mismos constructos para explicar desempeños tempranos y tardíos, basados en la similitud, no garantiza que los mecanismos que subyacen a unos y otros sean los mismos” (Kagan, 2008, p.1607). Se le re-encuentra en ese texto tomando partido por la concepción del desarrollo como objeto de grandes transformaciones cualitativas a lo largo de la vida. Spencer participa igualmente en esta defensa del cambio cualitativo, pero con argumentos distintos (Spencer & Perone, 2008). Según él y muy en la línea de Thelen, los cambios dan lugar a algo nuevo que no estaría conectado con lo existente anteriormente (Smith & Thelen, 2003; Spencer & Perone, 2008). Esta idea del cambio como ‘novedad’ resulta bastante audaz y promisoria pues rompe radicalmente con los esquemas tradicionales con los que siempre se había pensado el desarrollo. Para Spencer los sistemas dinámicos serían los apropiados en este tipo de estudios del cambio, porque tienen una metodología desde la cual “se puede modelar matemáticamente el cambio, al usar ecuaciones que especifican la rata del (crecimiento) cambio de una variable o de un sistema de variables a cada momento en el tiempo” (Spencer & Perone, 2008, p.1639). En realidad, al ser el desarrollo un sistema dinámico complejo se está considerando mucha información que bajo otras metodologías no se podría tener en cuenta. Con los sistemas dinámicos podemos asegurarnos de la información relevante y elegir aquellas variables del sistema que se desempeñan alrededor de los llamados atractores. En esta dirección Spencer formula el cambio en términos de atractores. Él considera que lo que ocurre en el cambio es el paso de un atractor a otro “when a system goes from one attractor state through an instability into a different attractor state” (Spencer & Perone, 2008, p.1641). Siguiendo esta línea de pensamiento se puede considerar el estudio de las discontinuidades y las variables en los procesos de cambio en el desarrollo como propias a un sistema dinámico no lineal.

Todos balances hechos, los aportes de los psicólogos del desarrollo en esta problemática, sorpresivamente, y como dicen Adolph y colaboradores, no han sido prolijos (Adolph, Robinson, Young & Gil Alvarez, 2008), más bien han sido escasos para decirlo prudentemente. Puede ser que las razones de esta escasez de estudios, se deba en parte a la ausencia de metodologías que permitan dar cuenta de los procesos de cambio en escala de tiempo de real de segundo a segundo (Spencer & Perone, 2008). Otra de las razones de

esa ausencia de estudios, pueda deberse a la dificultad de pensar algo nuevo desligado de la tradición, como justamente lo exigen los SDNL.

Los SDNL, en contraste, sí parecen cambiar el panorama de los estudios del desarrollo cognitivo, incluso de manera radical. Desde que autores como Thelen (1994), Kelso (1999), van Geert (2003), Fischer y Bidell (2006), entre otros, empezaron a incursionar en los estudios sobre los procesos de cambio en el desarrollo, el perfil de la problemática ha cambiado, así como las metodologías y los análisis de los datos. La envergadura que toma la noción de cambio cualitativo en esa nueva perspectiva resulta especialmente importante.

### **LOS SDNL COMO POSIBLE ALTERNATIVA TEÓRICA PARA LOS ESTUDIOS DEL FUNCIONAMIENTO Y DESARROLLO COGNITIVO**

Tal vez es necesario profundizar un poco más en las razones por las cuales los SDNL cambian nuestra manera de estudiar los procesos de cambio en el desarrollo. A continuación se presentan algunas ideas, de cara a sustentar mejor esta aseveración. La primera de ellas es que la conceptualización misma del desarrollo y del funcionamiento cognitivo en términos de los SDNL implica su reformulación. El funcionamiento cognitivo se entenderá mejor en términos de un conjunto amplio y numeroso “de componentes interactuando” desde una pluralidad de niveles y multiniveles. Esas interacciones suponen que tanto el funcionamiento cognitivo, como el desarrollo, son actividades no lineales imposibles de capturar desde procesos tradicionales predominantes en la psicología, provenientes de concepciones lineales. La propuesta es abandonar los enfoques que pretenden seguir privilegiando las relaciones causales lineales y la unidireccionalidad de las relaciones entre variables independientes y dependientes. La alternativa es la de concebir el desarrollo como un espacio con un amplio rango de propiedades y variables y muchos niveles de causalidad. Varios autores, Munné (2005), van Geert (2003) y Valsiner (2004) advierten de la paradoja de esa herencia de la tradición psicológica, de basarse en la simplificación del estudio del fenómeno psicológico, que se caracterizaría, justamente, por su complejidad. Para van Geert, la comprensión del sistema tiene como eje central el centro cualitativo de las propiedades del sistema complejo (van Geert & Steenbeck, 2005). Complementariamente, la causalidad única entre la polaridad sujeto-objeto se reemplaza por un sinnúmero de relaciones e interacciones donde se pierde la simplificación de una sola relación de polos opuestos y se contemplan interacciones variadas y plurales.

Courage y Howe, por su parte (2002), lo sintetizan bastante bien, cuando identifican a varios principios propios de los sistemas dinámicos, suscribiéndose a ellos. Esos principios tienen que ver con la complejidad de la mente del niño, en segundo lugar con el posible abandono de la relación estructura o causa compleja y más bien la asunción de la interacción entre componentes no reductibles a uno solo de ellos, y finalmente con el principio de la emergencia (Courage & Howe, 2002). No nos detendremos más en este punto dado que en otro capítulo de este mismo libro estos aspectos se desarrollan más prolijamente (ver Cortés, Combariza & Puche, en este mismo libro).

## **Y RESPECTO A LA VARIABILIDAD**

Distintos autores coinciden en definir la variabilidad como aquel fenómeno en el que un mismo niño, frente a una misma tarea que se presenta repetidas veces, en un intervalo relativamente corto de tiempo, da lugar a diferentes respuestas (Miller & Coyle, 1999; Siegler, 2002; Yan & Fischer, 2002). Dicho en otros términos, son las respuestas diferenciadas que un niño (o un adulto) presenta frente a configuraciones similares de un mismo problema (conservación, o según del que se trate). Lo interesante en esa nueva manera de concebir la variabilidad, es considerarla como una manifestación de un espacio cognitivo donde están presentes niveles de comprensión heterogéneos, que implican niveles de comprensiones completas que co-existen con comprensiones caracterizadas por estar más en un nivel implícito (Siegler 2002, 2004).

¿Por qué son interesantes y recuperables las irregularidades y la variabilidad que muestran los desempeños y por qué su captura resulta tan decisiva? De manera genérica se puede decir que una de las grandes limitaciones que afronta la conceptualización de la actividad cognitiva, es la ausencia de estudios específicos. Este planteamiento introducido por Siegler, implica que se requiere abrirle a la variabilidad un lugar y un espacio en la reconceptualización del desarrollo. Para algunos autores, “La falta de atención a la variabilidad es sintomática de la amplitud de la crisis en la psicología tanto como en las ciencias biológicas y sociales” (Fisher & Bidell, 2006, p.471). Dicho de manera breve, entender el problema de la variabilidad permitiría entender el propio problema del cambio cognitivo (van Geert & van Dijk, 2002).

La variabilidad estaría orgánicamente articulada con el cambio, y un buen número de estudios reconocen que ella es un fiel indicador empírico, explícito y visible de la naturaleza del cambio cognitivo (Miller & Coyle, 1999). Variabilidad y cambio estarían entonces muy intrincadas. Miller se formula varias preguntas muy pertinentes: “¿Qué clase de patrones en el desempeño de la variabilidad estimulan y/o reflejan el cambio cognitivo? ¿Cuál es el mecanismo del cambio y del desarrollo que estos patrones de la variabilidad sugieren?” (Miller, 2002, p.163).

En este panorama de la variabilidad y de la naturaleza del cambio hay dos o tres realidades que es necesario tener en cuenta. Tal vez la más contundente de ellas, ha sido mencionada antes como definitoria, a saber: que la naturaleza del cambio y el acceso a lo nuevo, no parecen seguir siempre los mismos caminos y las mismas vías (Puche-Navarro, *in press*). En el estudio sobre la manera como el niño pequeño entiende el funcionamiento de los engranajes, se entiende la idea de un mecanismo que genera la transmisión de movimiento cuando se concatenan los dientes de dos ruedas dentadas (engranajes). Pero las maneras de llegar a esta conclusión son variadas. Para algunos la clave está en la dirección del movimiento, para otros en el tamaño de las ruedas (Puche Navarro & Navarro, 2007). Los caminos de la comprensión no son los mismos, así como tampoco se presenta una gradualidad regular. De la misma manera como la comprensión de un dispositivo toma vías distintas, también la presencia de discontinuidades en los procesos que se refieren al desarrollo y al funcionamiento echan por la borda la idea de una estricta linealidad. Incorporar la variabilidad entonces en una concepción más amplia va a tener repercusiones en distintos niveles. La segunda realidad remite a la presencia cada vez más apabullante de la variabilidad en los desempeños ante una misma situación. Fenómeno que se presenta

en muy diversos campos, el neuropsicológico (Westerann, Mareschal, Johnson, Sirois, Spratling, Michael & Thomas, 2007), en el funcionamiento y desarrollo del lenguaje (van Dijk, & van Geert, 2007), en el desarrollo perceptivo (Deutsche & Newel, 2005), y con envergaduras diversas. Estudios que intentan una reconceptualización general del desarrollo cognitivo (Colunga & Smith, 2008), hasta estudios más puntuales, como por ejemplo, sobre las interacciones en los procesos de categorización en los niños (Arterberry & Bornstein, 2002).

Igualmente se ha dicho que desde el punto de vista de los SDNL, los procesos del desarrollo no seguirían entonces necesariamente una única sucesión causa efecto por lo que se hace necesario abandonar esa premisa (Miller, 2002; Siegler, 2002, 2004; van Geert & van Dijk, 2002, Yan & Fischer, 2002). De acuerdo con ese planteamiento sería necesario adoptar una visión sobre el cambio en el desarrollo y los funcionamientos cognitivos como un proceso multicausal, con relaciones en multiniveles.

Esas realidades dan lugar a incursionar en conceptualizaciones que permitan considerar el desarrollo y el funcionamiento cognitivo como procesos dinámicos que evolucionan con el tiempo. La singularidad de esta evolución está contenida en el aspecto iterativo de la ecuación, en los que “un estado posterior estaría definido por un estado anterior”. En esa discusión, son los SDNL los que entregan un estatuto nuevo a la variabilidad. No se trata simplemente de señalar que la variabilidad requiera un espacio dentro de las conceptualizaciones del desarrollo. El punto es considerar que *el desarrollo es variable*. Tomar en serio la variabilidad exige entonces pensarla desde una conceptualización que dé cuenta de las dinámicas siempre cambiantes de la actividad cognitiva. En efecto, buena parte de la importancia de la variabilidad es postularla como una manifestación típica de la complejidad de la actividad cognitiva (Yan & Fischer, 2002). Para estos autores se trataría de una manifestación directa de los procesos dinámicos del cambio y del desarrollo, un exponente del grado de complejidad del sistema (Fischer, & Bidell, 2006; Yan & Fischer, 2002). Autores como van Geert y van Dijk (2002), apoyan esa posición y consideran la variabilidad como “fuerza impulsora que dirige el desarrollo y un indicador potencial de los procesos en curso” (van Geert & van Dijk, 2002, p.32). La variabilidad resulta un campo estratégico a partir del cual recuperar información importante sobre el desarrollo.

Fischer habla de “variación dinámica” (Yan & Fischer, 2002). Con ello quiere entender la actividad del sujeto en una dimensión más flexible de lo que suelen caracterizarse las definiciones estadísticas tradicionales, por ejemplo, en lugar del error de la medida o ruido aleatorio experimental, ese ‘ruido’ se convierte en la ‘nuez del problema’ por decirlo así. Se recupera una dinámica que emerge de la organización y regulación (*self-organized*), lo que no es posible desde una perspectiva estática. La variación dinámica se constituye en un índice primario de los procesos dinámicos y uno de los medios más eficientes para descubrir y explicar modelos de crecimiento incluso los juicios incidentales de estabilidad como los cambios de edad normativos (Yan & Fischer, 2002).

La introducción el concepto de atractor en tanto que andamio dinámico no-lineal, es importante para dar cuenta del origen y variación en el cambio (Yan & Fischer, 2002), articulando así el concepto de atractor con el de variación dinámica (Yan & Fischer, 2002, p.143). Se analiza la forma como los sujetos ajustan y reorganizan sus actividades entre dos atractores, uno de nivel superior y uno de nivel bajo. La función de estos atractores

es delimitar el rango de posibilidades dentro del microdesarrollo. Entre estos atractores es fundamental la función de andamiaje vygostkiano como contexto tutelar en la tarea de aprendizaje (Yan & Fischer, 2002).

El balance de estos estudios sobre la variabilidad permite incorporarla como un fenómeno crucial en el estudio de los procesos de cambio en el desarrollo. Al revisar el itinerario y rumbo de los argumentos, se puede incluso trazar a lo largo de las distintas fases que históricamente han caracterizado los estudios sobre desarrollo. La variabilidad comienza incomodando los esfuerzos de regularizar las tendencias del desarrollo, y durante muchos años la bibliografía no la menciona. Es en ese contexto que aparecen los estudios de Siegler, quien le recupera un lugar propio (Siegler, 2002, 2004). No obstante, a pesar del aporte de Siegler, es a partir de los sistemas dinámicos que varios autores consideran que explicarla conllevará a un nuevo nivel en la comprensión del desarrollo (Thelen & Smith, 1994; van Geert & van Dijk, 2002; Yan & Fischer, 2002). Es así como ella redefine la dirección de muchos tópicos del desarrollo cognitivo.

Un ejemplo ilustrativo lo formulan Colunga y Smith, (2008) quienes recuperan una vieja definición de inteligencia, incorporándole el nuevo sentido que ella tendría con la variabilidad, “es decididamente el no hacer siempre una y otra vez la misma cosa. La inteligencia –de la clase que la tienen los humanos sobre las máquinas– es una flexible adaptación que nos hace capaces de hacer cosas audaces y de integrar las conservaciones de la experiencia del pasado con las idiosincrasias del momento presente” (Colunga & Smith 2008, p. 175).

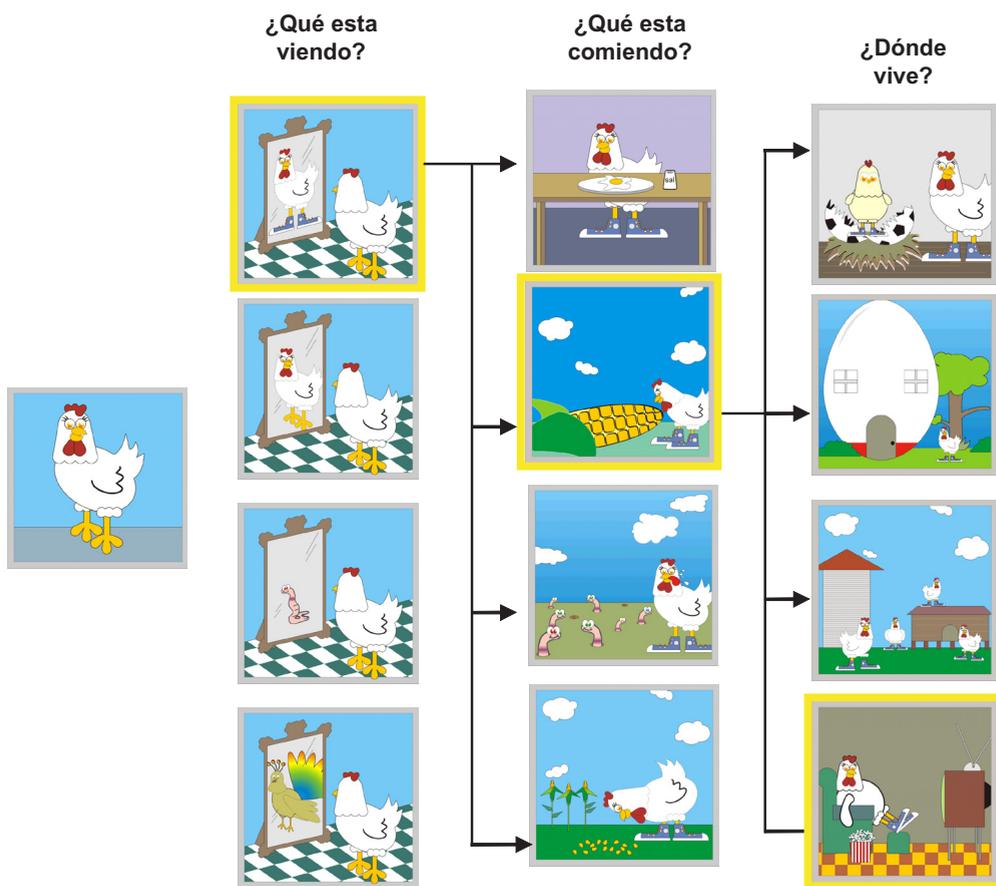
A manera de balance de esta revisión, y de cara a un horizonte más delimitado, este estudio se propone avanzar en una reflexión sobre la naturaleza de los procesos de desarrollo y de cambio cognitivo, así como del lugar que allí tiene la variabilidad. Se intenta explorar con más precisión, la forma en que opera una gama de funcionamientos inferenciales frente a distintos objetos visuales, y establecer la manera cómo se transita entre dichos funcionamientos del uno al otro y las relaciones entre las que se produce el cambio.

Para ello se considera indispensable combinar procedimientos microgenéticos con técnicas como la wavelet, procedentes de los SDNL que permiten capturar los patrones que subyacen a esa variabilidad aparente.

En ese marco general, este estudio, pretende tomar la variabilidad en serio, y a partir de la evidencia y la reflexión, tener mejores argumentos para participar en la discusión sobre el desarrollo de los funcionamientos y cambios cognitivos. Se trata de establecer si los funcionamientos y los cambios o la emergencia de lo nuevo son de naturaleza homogénea respecto a conductas previas, o si más bien se trata de cambios cualitativos que dan lugar a reorganizaciones totales.

## **ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Se trabaja una situación de resolución de problemas que utiliza objetos visuales en una estructura arbórea en un formato virtual diseñado a partir de un programa de computador. Para una mejor comprensión empezamos por ver figura 4.1.



**Figura 4.1. Situación humorística versión gallina**

La tarea planteada en términos de resolución de problemas, gira alrededor de la comprensión de diferentes objetos visuales (animales) dispuestos en tres columnas que presentan cada una, cuatro alternativas de dichos animales, involucrando diferentes tipos de inferencias. La resolución de problemas se combina con un abordaje microgenético que a partir de la línea de base (Kerlinger, 2002) dada por las elecciones del sujeto permite comparar las variaciones y el cambio de dichas elecciones para cada niño o niña. Cada una de las columnas verticales está tematizada con una pregunta diferente dentro de una estructura arbórea. En cada columna, a cada sujeto se le formula siempre la misma pregunta: *¿cuál es la imagen que te parece más chistosa?* La elección de un objeto-animal remite al niño a la siguiente columna, donde debe seleccionar nuevamente el objeto-animal que le parece más chistoso. La secuencia de las tres elecciones frente a las cuatro alternativas, permite observar si las elecciones permanecen constantes o si varían en cada columna. Al recuperar estas secuencias de elecciones en tiempo real, se puede entonces capturar el funcionamiento inferencial de una manera sistemática dentro de un abordaje microgenético. Las situaciones de resolución y el abordaje microgenético son dos modalidades que se han

venido utilizando por el grupo de trabajo y para mayores detalles se pueden remitir a los siguientes textos (Puche-Navarro, 2000; Puche-Navarro & Ossa, 2006) .

La Tabla 4.1 permite visualizar mejor tanto la estructura arbórea como las mediciones trabajadas con los objetos visuales animales

**Tabla 4.1. Estructura de la tarea con la secuencia en términos de resolución de problema**

	<i>¿Qué ve?</i>	<i>¿A quien va a visitar? / ¿Qué esta comiendo?</i>	<i>¿Donde vive?</i>
Animal mirando al espejo o tomando su foto	Objeto Animal Puntaje 2	Puntaje 1	Puntaje 2
		Puntaje 3	Puntaje 4
		Puntaje 2	Puntaje 3
		Puntaje 4	Puntaje 1
	Objeto Animal Puntaje 3	Puntaje 2	Puntaje 2
		Puntaje 4	Puntaje 4
		Puntaje 3	Puntaje 3
		Puntaje 1	Puntaje 1
	Objeto Animal Puntaje 4	Puntaje 2	Puntaje 2
		Puntaje 1	Puntaje 4
		Puntaje 3	Puntaje 3
		Puntaje 4	Puntaje 1
	Objeto Animal Puntaje 1	Puntaje 3	Puntaje 2
		Puntaje 4	Puntaje 3
		Puntaje 2	Puntaje 4
		Puntaje 1	Puntaje 1

\*El orden de los cuatro objetos visuales fue aleatorio

Las cuatro posibles elecciones de los objetos visuales, tienen puntajes diferentes de acuerdo con el grado de complejidad del proceso inferencial de cada objeto visual humorístico. La selección del objeto congruente tiene el puntaje 1, las elecciones de los otros objetos visuales, se puntúan como 2, 3, y 4 de acuerdo con sus niveles de complejidad referentes a la inferencia. El orden numérico ascendente indica aquí la complejización de la inferencia.

En lo que respecta las series de tiempo, se diseño un plan experimental para un período de 13 semanas, durante las cuales cada niño o niña debe pasar nueve sesiones experimentales, en intervalos de 10 días. La tabla 4.2 permite visualizar estos aspectos del diseño y de series de tiempo.

**Tabla 4.2. Diseño del conjunto de experimentos y orden de las versiones a lo largo de las nueve sesiones**

Mes 1	Mes 2			Mes 3			Mes 4	
1er Experimento	Experimentos			Experimentos			Experimentos	
	2	3	4	5	6	7	8	9
Versión 1 y 2 Total 4 Pantallas	Versiones			Versiones			Versiones	
	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2

Cada una de las nueve sesiones experimentales permitió recoger 12 observaciones (elecciones del sujeto), para un total de 108 observaciones por sujeto. Las capturas del desempeño realizadas de manera continua durante las 9 sesiones arrojaron información amplia y rica para contrastar cada elección contra el abanico de todas las otras elecciones.

En cada sesión se utilizaron dos versiones diferentes de la tarea y cada versión se repitió una vez, para un total de 4 aplicaciones de manera de no saturar los contenidos para el niño o niña.

Esta información permitió acumular los datos necesarios para introducir un modelamiento dinámico. La combinación de lo microgenético mencionado antes (en la estructura arbórea de las tres columnas) y las series de tiempos, permitieron aprovechar el esfuerzo de precisión en cada elección, de cara a rastrear el funcionamiento de la representación que el niño pone en evidencia para resolver la tarea a lo largo de las nueve semanas. Ahora bien, aunque hay un seguimiento a lo largo de nueve semanas no se puede hablar de estudio longitudinal propiamente dicho. Se trata de cambios a corto plazo, razón por la cual se prefiere hablar de funcionamientos en el nivel de microdesarrollo. La cuestión es que dichos funcionamientos son pertinentes tanto en el estudio del cambio como del desarrollo cognitivo, y tanto del niño como del adulto.

### **TÉCNICA DE REGISTRO Y PRESENTACIÓN DE LOS DATOS**

Se utiliza la técnica de mínimos y máximos (van Geert & van Dijk, 2002), que grafica las elecciones del sujeto en medidas de observación en un ancho de banda que representa el rango de las medidas entre dos valores mínimos y máximos. El gráfico muestra el itinerario individual como puntos simples describiendo la distancia entre los puntos mínimos y máximos de toda la secuencia temporal a lo largo de las 13 repeticiones de los experimentos. Esa secuencia permite visualizar las fluctuaciones de los desempeños en el ancho de banda en el que el eje Y representa el puntaje del objeto visual elegido y que está dentro de una escala de 1 a 4, y el eje X representa el periodo de las 108 observaciones. Como se puede concluir, se trata de una técnica que resulta especialmente apropiada para seguir las trayectorias individuales.

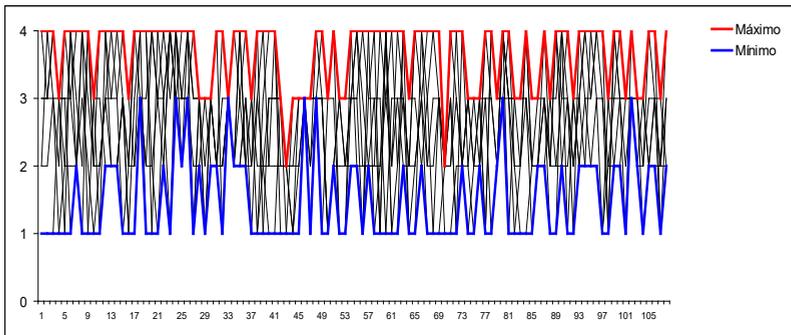
## **PARTICIPANTES**

Finalmente hay que decir que los participantes del estudio corresponden a 22 niños con una edad promedio de 3 años 8 meses, pertenecientes a cuatro jardines infantiles de la ciudad de Cali, Colombia. Se tomó un número similar de sujetos de cada jardín como elemento para no introducir sesgos de ningún tipo. Los cuatro jardines son instituciones privadas en donde asisten niños o niñas de nivel socioeconómico alto, de acuerdo con la clasificación del Departamento Administrativo de Estadística Nacional, Dane. Los niños participaron de manera libre y autónoma y una vez obtenidos los consentimientos requeridos por los protocolos de ética.

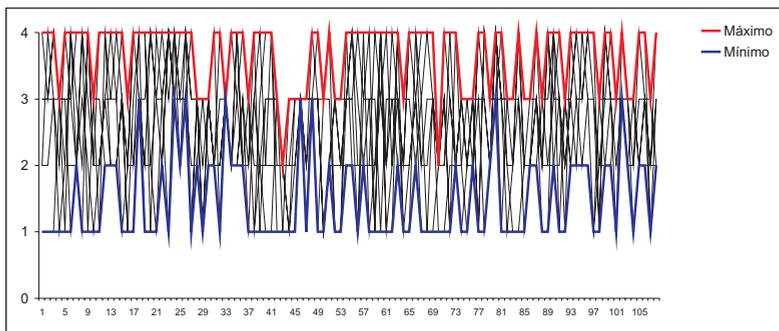
## **PRIMEROS RESULTADOS**

Recordemos que uno de los propósitos de este capítulo es explorar la variabilidad en el funcionamiento inferencial de los niños involucrados en la comprensión de objetos visuales. Los itinerarios de los desempeños de los sujetos, los abordamos como ha sido dicho, con la técnica gráfica de mínimos y máximos (van Geert & van Dijk, 2002).

Veámos los desempeños de dos grupos de niños en las figuras 4.2 y 4.3 que muestran grupos de 8 y 6 sujetos respectivamente, para dar cuenta que la variabilidad aparece en los funcionamientos inferenciales.



*Figura 4.2. Conjunto de los desempeños de 8 sujetos con la técnica gráfica de mínimos y máximos*



*Figura 4.3. Conjunto de los desempeños de 6 sujetos con la técnica gráfica de mínimos y máximos*

La técnica gráfica de mínimos y máximos, de los dos conjuntos de desempeños de sujetos, dan cuenta de fluctuaciones que presentan los sujetos en los procesos de elección de los objetos visuales. El color rojo representa los valores máximos y el color azul los valores mínimos. Los negros son los valores de los sujetos. La amplitud de la banda muestra que las elecciones de los sujetos en estas dos figuras (2 y 3), oscila intermitentemente entre los dos extremos de la banda; entre la elección del objeto puntuada como 1 y la elección del objeto puntuada como 4, y esto, a lo largo de las 108 observaciones. En la figura 4.3 nótese que en la observación 29, el máximo desciende a la elección del puntaje 3 y en la observación 43 ella desciende al puntaje 2. Pero los mínimos también ascienden hasta el puntaje 3 en las observaciones 25 27, y en la observación 79. La secuencia de estas elecciones, no parece responder a algún criterio consistente. Las elecciones por parte del niño o niña fluctúan entre los diversos objetos visuales sin razón aparente de manera que el panorama que estas trayectorias arrojan es el de una oscilación incesante en sus elecciones.

Los desempeños de todos los participantes que se ilustran en estas dos figuras de la técnica gráfica de mínimos y máximos, muestran una variabilidad muy alta. Cada uno de los objetos visuales elegidos arroja una alta tasa de variabilidad en elección. Como si la clasificación hecha de ellos (tres clases de objetos visuales, y uno de control), así como sus tematizaciones no fueran atendidas por el sujeto. Entonces, independientemente de cual objeto visual se trate, el puntuado como 1 o el marcado como 3 o el 2, o independientemente de los sujetos, los resultados siempre arrojan un alto nivel de variabilidad de elección. Y esto, tanto en el nivel intra individual como en el inter individual.

La única característica clara en el desempeño de los sujetos, son las fluctuaciones entre sus distintas elecciones. Y la técnica de las series de tiempo muestra el alto nivel de esta irregularidad en las elecciones como un proceso recurrente en el período de las 13 semanas estudiadas. La siguiente pregunta tiene entonces que ver con saber si esta variabilidad estaría ligada a patrones ocultos o no visibles, y de qué manera puede estar relacionada con los procesos de cambio.

Esta primera aproximación permite establecer que el itinerario de esas fluctuaciones muestra una tendencia de avances crecientes, y que presentan discontinuidades con reorganizaciones abruptas. Este experimento confirma entonces la variabilidad en relación con los funcionamientos inferenciales comprometidos en la comprensión de objetos visuales

## **EL EXPERIMENTO DE LAS WAVELETS**

Dada la presencia incontrovertible de la variabilidad en los funcionamientos inferenciales que arroja la técnica gráfica de mínimos y máximos, el paso siguiente es identificar la posible existencia de patrones en esa variabilidad. La importancia de establecer patrones ante el intrincamiento que presentan los funcionamientos inferenciales radica en encontrar una estructura a la variabilidad y una vía para acercarnos a los procesos de cambio cognitivo. “Un patrón es una combinación de cualidades, acciones, tendencias, etc., que dan lugar a un forma” (Kelso, 1999, p.3). Ellos son consistentes, independientes, frecuentes y en esa medida identificables. Ellos emergen de un millón de posibles interacciones de agentes locales (Wheelan & Williams, 2003). Encontrar patrones en la variabilidad es

el comienzo en el camino de encontrar una racionalidad en un fenómeno que hasta este momento, no parece mostrar una estructura definida.

La propuesta entonces en esta segunda parte del estudio, es utilizar las wavelets como una técnica visual de examen que grafica fenómenos definidos por su recurrencia y aperiodicidad. Fenómenos que se localizan en una zona entre la regularidad y la irregularidad, y que se denominan zonas fractales.<sup>15</sup>

### **WAVELET Y FRACTALIDAD**

Para empezar puede ser oportuno aclarar las relaciones entre la técnica de la wavelet y la fractalidad. Los fractales corresponden por definición, a objetos irregulares que se caracterizan por repetirse a sí mismos en las partes o en los niveles que la componen (Talanquer, 2002). Esa repetición de la misma forma en diferentes niveles es lo que los físicos llaman la invarianza de escala. Fractal en cierta manera significa precisamente: invarianza de escala (Stanely, Amaral, Goldberger, Havlin, Ivanov & Peng, 1999). “Epistemológicamente considerados [los fractales] consisten en una iteración creadora: generados por reglas o patrones que producen fenómenos autosemejantes, en diferentes escalas del tiempo y del espacio. Autosemejantes implica que son endógenos y que lo producido es, a la vez, igual y diferente del productor” (Munné, 2008, p. 13).

Para completar esos planteamientos, es también importante entender que el fractal se opone a la idea de la totalidad (Munné, 2008), aunque las formas globales están constituidas por un conjunto de unidades portadoras de información sobre la estructura global.

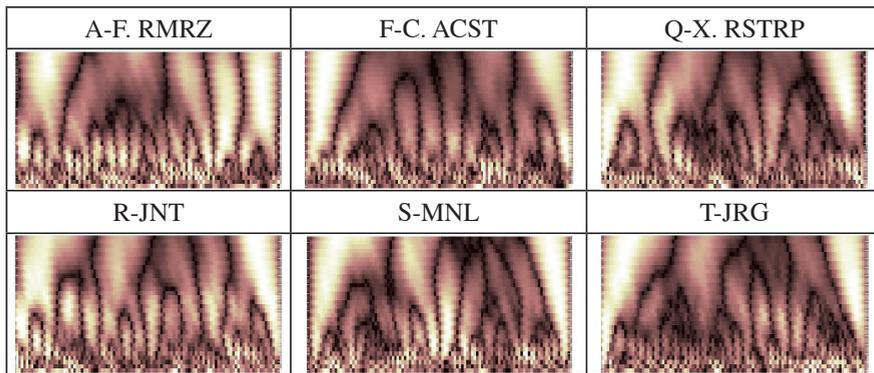
En lo que concierne la wavelet, hay que decir que ella responde precisamente al estudio de fenómenos en los que se trata de identificar un orden. En general los conjuntos sobre los cuales se aplica arrojan la apariencia de un desorden y confinamiento típico de los sistemas dinámicos. Este desorden aparente, una vez se observan las trayectorias con una técnica como la de las wavelets u otras, tiene como característica que no se repiten, ni se fusionan, ni se cruzan entre sí (Smith, 1998). La intrincación que presentan las trayectorias se debe a su alta sensibilidad a las condiciones iniciales (Smith, 1998), y en ese panorama de trayectorias aparentemente indescifrable, la virtud de las wavelets es reconocer patrones. La wavelet encuentra patrones en ese aparente desorden, porque captura la ‘intrincación infinita’ de la estructura geométrica del fractal.

La idea en esta fase del estudio, es entonces utilizar la wavelet para identificar patrones en la variabilidad de los funcionamientos inferenciales del niño (pero se podría decir lo mismo de los funcionamientos inferenciales del adulto). En efecto, más allá de las fluctuaciones de los funcionamientos de las inferencias, la hipótesis que se trabaja es que existen patrones que no son susceptibles de detectarse a simple vista, y el papel de las wavelets es precisamente ese: identificar una estructura multifractal en el funcionamiento inferencial de los niños

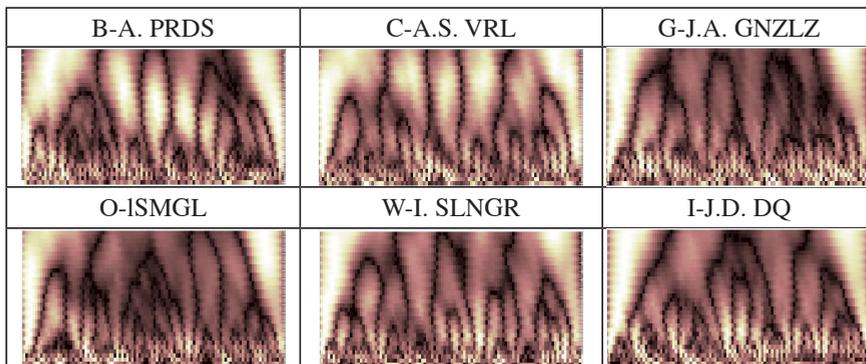
En la figura 4.4 se observan las wavelets que ilustran el desempeño del grupo de niños. El eje vertical (y) es el tiempo, y el eje horizontal (X) es la secuencia del tiempo.

---

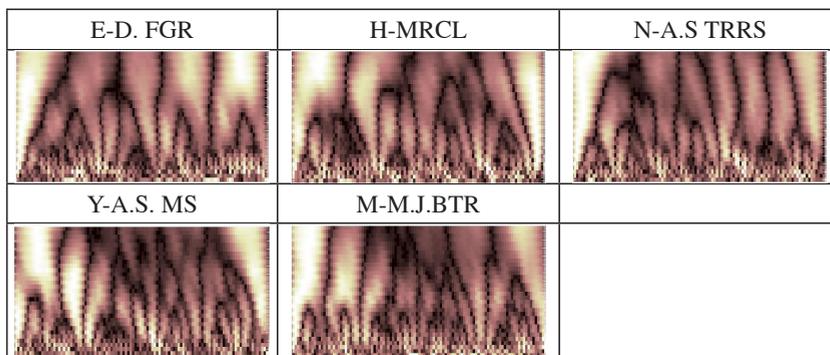
<sup>15</sup> Para una elaboración más detallada de las wavelets ver el capítulo Cortés, Combariza, Puche de este mismo libro.



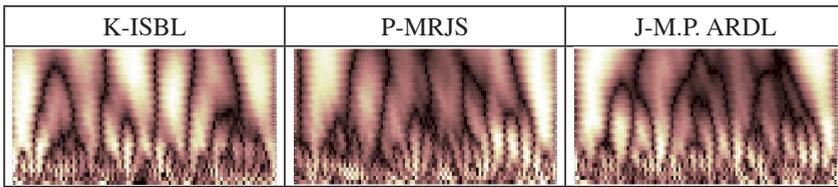
*Primer grupo de niños*



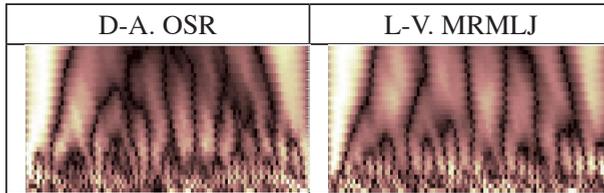
*Segundo grupo*



*Tercer grupo de niños*



*Cuarto grupo de niños*



*Quinto grupo de niños*

*Figura 4.4. Las wavelets de los 22 niños de la muestra*

**VARIABILIDAD Y WAVELET**

Los patrones que identifica la wavelet, toman la forma de arcos difusos en formas auto-contenidas, que son asimétricos. Esos arcos, introducen un orden en el conjunto y serían la expresión de la invarianza de escala. Es importante considerar que invarianza de escala quiere decir que no hay un único patrón uniforme, sino que hay muchas formas de autocontinencia, con múltiples tipos de encajamientos. La wavelet de los funcionamientos inferenciales del grupo de sujetos, arroja semejanzas generales entre todos ellos, produciendo un paisaje ‘horadado’, un espacio multifractal.

Los funcionamientos inferenciales observados en el conjunto de las respuestas de carácter irregular que presentan los sujetos, tal y como se observan en las gráficas de los mínimos y máximos, pueden ser comparados desde los fractales. Lo que la wavelet arroja son las trayectorias de las elecciones del sujeto en un momento determinado y las compara con ellas mismas en una escala mayor; la variación obtenida arroja ese carácter auto-similar de los arcos. Esa similitud indica que la escala desde la cual se pueden volver a observar los datos es una potencia (por ejemplo, el exponente de Hurst). El análisis multifractal para los funcionamientos inferenciales indica que el exponente o la potencia no es un número puro, monofractal, sino que es un conjunto de datos distribuidos alrededor de un valor básico. El análisis de este exponente demuestra que el funcionamiento inferencial lejos de ser aleatorio, presenta una regularidad no lineal, susceptible de analizarse mediante la geometría que la wavelet ilustra.

¿Qué significa la multifractalidad qué arroja la wavelet? y ¿qué es lo que ella prueba desde el punto de vista de los funcionamientos inferenciales? Se considera multifractal porque cada fractal es ligeramente diferenciado de los otros, aunque con semejanzas entre sí. La multifractalidad baraja de manera casi aleatoria un fractal simple. Allí radica la diferencia entre la fractalidad y la multifractalidad. Lo que la wavelet muestra es un paisaje de esas diferentes clases de funcionamientos inferenciales, comprometidas frente

a la resolución de los acertijos o problemas que proponen la elección de objetos visuales de distinta naturaleza.

### **LA WAVELET Y LOS ATRACTORES EXTRAÑOS**

Para dar cuenta de la relación entre atractores extraños y la wavelet, es importante entender que el atractor extraño corresponde a la superposición de muchos atractores pequeños que toman la forma de una cuenca. Véase la figura 4.5.



*Figura 4.5. Cuenca de atractores*

Con base en la figura 4.5 se puede apreciar que resulta engañoso o equivocado pensar que existe una tendencia base, o una cuenca fundamental. Más bien, se trata de micro-cuencas que presentan una estructura igualmente importante (auto-contenida).

Las respuestas de la wavelet condensan los saltos de un atractor a otro en esa zona de los muchos atractores que hacen la cuenca. Es así como los funcionamientos inferenciales se pueden visualizar en las formas de movimientos que se llevan a cabo entre muchos atractores simples dentro de un atractor extraño. En el caso del funcionamiento inferencial frente a las objetos visuales, una forma de ilustrarlo es considerar que los atractores simples van encadenando los eventos, en cada una de la serie de elecciones frente a los objetos visuales, y se observa el tránsito entre muchos atractores o el *landscape*. Es algo así como reconocer un rostro sin importar la escala en la que se presente. Se pierde o se gana en finura, pero el carácter central de la imagen del rostro es la misma.

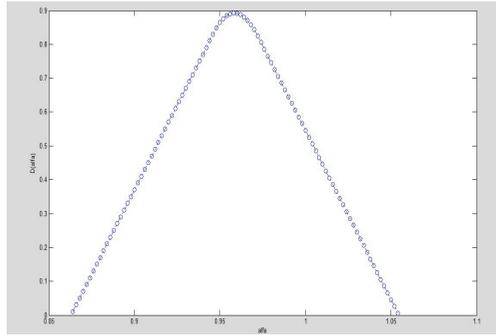
La wavelet ilustra entonces esa cuenca en las diferentes escalas, y permite simplificar la información, sin temor a perder la riqueza del sistema, pues mantiene la información al pasar de un nivel a otro.

### **EL CÁLCULO DE LA WAVELET CONTINUA**

Hasta ahora los datos presentados corresponden a un tratamiento desde la wavelet discreta, y con ella se ha podido establecer cualitativamente que los funcionamientos inferenciales corresponden a un sistema dinámico que se desempeña como un atractor extraño. Pero se puede avanzar aún más, y mostrar el cálculo preciso de ese atractor extraño en el escenario de los funcionamientos inferenciales. Para ello se utiliza la wavelet continua con la cual además, se pueden identificar los parámetros de orden del sistema.

En el cálculo de la mutifractalidad con el método máximo de la wavelet continua, se tiene en el eje **X** horizontal, el rango de los exponentes o las potencias de autosimilaridad que intervienen. Por otra parte en el eje vertical **Y**, se tiene específicamente el grado con el cual aparece cada exponente. En ese eje **Y**, se pondera cada uno de ellos en la wavelet. Existen diferentes exponentes indicadores de la dimensión fractal.

Veamos el caso en un sujeto como ilustración en la figura 4.6.



*Figura 4.6. Cálculo de la multifractalidad en los desempeños de Isabela*

El eje X arroja los índices de medida de la multifractalidad, y al ubicarse entre 0.87 y 1.06 indica una zona correspondiente a un sistema complejo. Si estuviera por fuera de esas cifras se trataría de un sistema simple. Los resultados muestran que todos los sujetos presentan índices de medida de multifractalidad ubicados entre 0.8 y 1.1. En el eje Y se muestra la altura máxima de la curva de multifractalidad representada en 0,9 y que corresponde a la dimensión fractal. Ese dato permite establecer la zona donde están los valores de los parámetros. Esta cifra corresponde a un atractor extraño (y no a un atractor simple o un expulsor). ¿Qué significan esos datos respecto de los funcionamientos inferenciales? La confirmación de que los funcionamientos inferenciales corresponden a un atractor extraño y a un sistema complejo. Pero lo más importante de que sea un atractor extraño, es que ello quiere decir que son pocas las variables que subyacen a esa región. No es un sistema abigarrado sino de baja dimensionalidad.

Vale la pena recordar las diferencias entre un sistema lineal simple, y un sistema complejo. Un sistema simple no tendría opciones, estaría unívocamente determinado sin alternativas. Lo contrario de lo que ocurre en un sistema complejo, que por definición está abierto a mucha riqueza y posibilidades. Con estos datos del eje X y del eje Y, se tiene entonces el cálculo exacto de la naturaleza de los funcionamientos inferenciales correspondiente a un sistema complejo y por consiguiente a una zona fértil en el desarrollo, llena de opciones y alternativas.

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

La cuestión del tránsito de un atractor a otro, tiene importantes posibilidades en el nivel conceptual y teórico para la psicología del desarrollo. Algunos autores postulan dicho tránsito como indicador de la naturaleza cualitativa y no lineal de los procesos de cambio en el desarrollo (Spencer & Perone, 2008). Se tendría allí la prueba requerida para ilustrar la presencia de cambios cualitativos discontinuos en el desarrollo. El trabajo de Spencer consiste precisamente, en ilustrar en un nivel micro los cambios discontinuos en el paso de un atractor a otro. Su trabajo lo realiza analizando las gráficas del comportamiento de neuronas expuestas a estimulaciones, y mostrando como dicho comportamiento corresponde a una transición cualitativa.

Frente a esos estudios sobre el tránsito entre atractores para apoyar la existencia de cambios cualitativos en el desarrollo, el presente trabajo introduce la posibilidad de relacionar atractores y fractales, ampliando por esa vía las posibilidades teóricas del análisis. La utilización de la wavelet sirve de puente entre la noción de atractor, y la noción de fractal y/o espacio multifractal. La cuestión de fondo en esa relación entre el atractor extraño y la fractalidad, es precisamente estar en capacidad de caracterizar el espacio multifractal y medirlo desde el punto de vista de su dimensionalidad. Entonces, por una parte el análisis en términos de atractores permite considerar el cambio como el paso de un atractor a otro, y por ese camino identificar si se trata de un pasaje o cambio de naturaleza discontinua, como se acaba de mencionar. Por otra parte, el análisis en términos de fractales, permite conocer las fuerzas encontradas características del espacio mutifractal y que subyacen al cambio. El análisis en términos de multifractalidad permite caracterizar la variabilidad por la presencia de fuerzas y tendencias contrarias estables e inestables, como el ‘paso de montaña’ que da lugar a las bifurcaciones del sistema. Esa multifractalidad en el caso de la variabilidad de los funcionamientos inferenciales, indica que ellos no siguen un itinerario con un criterio secuencial lineal, y que más bien se trata de procesos inherentemente variables, no secuenciales ni regulares. La wavelet ilustra gráficamente la multifractalidad de las múltiples cuencas de atractores, con imágenes cuantitativas, en los desempeños de la situación experimental con las elecciones del niño o niña frente a los distintos objetos visuales como indicadores de los funcionamientos inferenciales. Tanto en términos de fractales, como del paso entre atractores descrito como múltiples cuencas autocontenidas, se señala la bifurcación como el punto crítico.

En este sentido y no por cierto desdeñable, lo que la wavelet proporciona es la posibilidad de describir matemáticamente la estructura no periódica a la que corresponden los funcionamientos inferenciales. Es cierto que en este momento del estudio, no se pueden ofrecer las ecuaciones que muestran el tránsito de un atractor a otro, es decir, de un tipo de funcionamiento inferencial a otro. Pero sí se puede advertir que ese pasaje, no obedece a relaciones por extensión, sino a procesos inherentemente variables. La variabilidad en el funcionamiento inferencial se muestra típicamente como una zona crítica propia a los atractores extraños. La sensibilidad a las condiciones iniciales supone una divergencia o una inestabilidad pero al mismo tiempo la posibilidad de aproximarse a una estabilidad. Para los funcionamientos inferenciales ello correspondería al cruce entre esos dos estados. Cuando se calcula la mutifractalidad se supone que el barajamiento es el cruce entre una tendencia estable y una inestable.

Talvez vale la pena resaltar que una de las posibilidades que la wavelet permite, es la de trabajar con un número pequeño de datos, a diferencia de otros tratamientos de los SDNL, que requieren de grandes números. En el caso de la presencia de la variabilidad con sus avances y retrocesos o las diferencias de las respuestas del niño y niña, esa información puede ser tratada como patrones, con un conjunto de pocas ecuaciones.

Vale igualmente la pena anotar que los atractores extraños son los menos estudiados, dado que la geometría adecuada para representarlos, es una geometría no conmutativa. La cuestión es la de saber cuales son los elementos geométricos requeridos para dar cuenta de un espacio horadado.

## CONCLUSIONES

Este capítulo pretendía ilustrar con un *corpus* empírico, la apuesta según la cual la re-conceptualización del desarrollo y del funcionamiento cognitivo pasaba por acogerse al proyecto teórico de los SDNL. Específicamente se tomaba como escenario los funcionamientos inferenciales cuyo papel no es trivial en la actividad cognitiva, y se pretendía en ese escenario ilustrar empíricamente una alternativa de trabajo. En otras palabras se trataba de cruzar la distancia del nivel de la postulación acerca de la naturaleza fractal de la actividad cognitiva y de los funcionamientos inferenciales, al nivel de proporcionar los cálculos y la evidencia que permiten ilustrar esa naturaleza multifractal.

A partir de los resultados logrados, se puede afirmar modestamente, que este estudio inicia el camino para establecer que los funcionamientos inferenciales corresponden a un atractor extraño, proporcionando un *corpus* que da cuenta de la cuenca de dichos atractores. Por otra parte, se ha podido establecer matemáticamente, con el cálculo de la wavelet, que los funcionamientos inferenciales son un sistema dinámico de baja dimensión, con pocas ecuaciones acopladas y con un número que es igual a la dimensión del sistema. Este camino nos lleva a postular cuales pueden ser las invariantes de estado.

¿Qué nos pueden decir los datos de este trabajo respecto a la cuestión del desarrollo visto como cambios de tipo homológico, es decir, estrechamente conectado con lo existente, o de tipo analógico, o con discontinuidades que rompen con lo anterior? Lo primero es afirmar que detectar los funcionamientos inferenciales como de naturaleza multifractal, permite inclinarse por la segunda posibilidad. A partir de los datos obtenidos se puede hablar del desarrollo y del cambio en los funcionamientos inferenciales como de un espacio donde interaccionan una multitud de fuerzas y tendencias contrarias, en una pluralidad de niveles y multiniveles. La variabilidad no sería sino una expresión de ese sinnúmero de nuevas relaciones interactuando y donde se puede caracterizar la emergencia de patrones, como bien lo muestra la wavelet, patrones generados por millones de interacciones entre componentes.

En términos de la forma que toma el itinerario del desarrollo y del cambio, este estudio arroja evidencia según la cual los funcionamientos inferenciales evolucionan con el tiempo pero no necesariamente lo hacen en estadios, sino en escenarios cada vez más bifurcados. Se abre otra manera de concebir los procesos de cambio en el desarrollo en lo que a los funcionamientos inferenciales se refiere. El desarrollo y el cambio han sido tradicionalmente estudiados en términos de estadios, dentro de una unicidad en el que la posibilidad de cambio se haría en la circunstancia pasado-futuro como única y exclusiva opción. En contraste, desde los SDNL, se abre la posibilidad de concebir el desarrollo y el cambio como escenarios bifurcados, en el que el funcionamiento inferencial es concebido como múltiples espacios simultáneos con las mismas posibilidades de futuro para todas las alternativas. A partir de los datos de este estudio, se observa que la bifurcación de los funcionamientos inferenciales no siguen una lógica secuencial uniforme y acumulativa en su devenir.

En lo que a la trayectoria de esos funcionamientos bifurcados, se refiere, la wavelet aporta una caracterización de la posible ecuación de esas trayectorias. Esos escenarios bifurcados constituyen un indicador por una parte de lo que permanece y de lo que cam-

bia en ese proceso, pero también de la riqueza y posibilidades que tiene su naturaleza dinámica. Cabe recordar que si se concibieran los funcionamientos inferenciales como un proceso lineal, sólo se identificaría su característica creciente y acumulativa. Al concebirlos como un sistema dinámico se identifican por lo menos dos propiedades nuevas. Por una parte las sucesiones iterativas (ordinales), es decir, la acumulación. Por otra parte, la propiedad simultánea y su mezcla con otra variable que representa un estado distinto ( $n+1$ ). Entonces, los funcionamientos inferenciales no solo acumulan información, sino que producen un sistema vinculante que permite establecer miles de relaciones nuevas. Es allí donde el proceso de acumulación es reemplazado por un proceso iterativo, con la presencia de la otra variable ( $+1$ ) que tiene un efecto vinculante.

Aunque en un sistema bifurcado devolverse de los consecuentes a los antecedentes no se puede garantizar, justamente por su naturaleza no lineal, los parámetros que arrojan los patrones de la wavelet, sí lo permiten. Es cierto que en este momento de la investigación esos parámetros de orden todavía no se conocen, pero si se pueden aproximar por vía del modelo matemático con los valores que se tienen de las variables y con esa base se pueden conocer los valores de los parámetros.

Para terminar, se puede aludir a esa premisa de que los SDNL cambian nuestra manera de entender el desarrollo cognitivo, como lo proponía Thelen (Thelen & Smith 1994), y citar a Munné quien llama la atención acerca de que el sentido de la dinámica caótica no es el de estar ante un desorden sino al revés, ante la génesis de un nuevo orden, mediante procesos auto-organizativos (Munné, 1994). Vale insistir en las altas exigencias de esta nueva ruta, pero no menos importante, en su fertilidad poco explorada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLPH, K.E. & VEREIJKEN, B. (2005). Esther Thelen (1942–2004). *American Psychologist*, 60 (9), 1032.
- BEER, R.D. (2006). Beyond control: The dynamics of brain–body–environment interaction in motor systems. En: D. Sternad. (Ed). *Progress in Motor Control: A multidisciplinary Perspective*. EE.UU: Springer.
- BEER, R.D. (2000). Dynamical approaches to cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, (3), 91–98.
- BOWER, B. (1999). Minds on the move. *Science News*, 155 (12), 184–189.
- de WEERTH, C., van GEERT, P & HOIJTINK, H. (1999). Intraindividual variability in infant behavior. *Developmental Psychology* 35 (4), 1102 – 1112.
- GHENT, E. (2002). Wish, need, drive: motive in the light of dynamic systems theory and Endelman's Selectionist Theory. *Psychoanalytic Dialogues*, 12 (5), 763–808.
- GRANIC, I., HOLLENSTEIN, T., DISHION, T., & PATTERSON, G. (2003). Longitudinal Analysis of Flexibility and Reorganization in Early Adolescence: A Dynamic Systems Study of Family Interactions. *Developmental Psychology*, 39 (3), 606–617.
- KELSO, J. A. S. (1999). *Dynamic Patterns. The Self-Organization of Brain and Behavior*. Cambridge, EE.UU: A Bradford Book MIT Press.
- KOZULIN, A. (1994). *La Psicología de Vygotski*. Madrid, España: Alianza Editorial.

- LEWIS, M.D., ZIMMERMAN, S., HOLLENSTEIN, T. & LAMEY, A.V. (2004). Reorganization in coping behavior at 11/2 years: dynamic systems and normative change. *Developmental Science*, 7 (1), 56–73
- LICHTWARCK–ASCHOFF, A., & van GEERT, P. (2004). A dynamic systems perspective on social cognition problematic behavior and intervention in adolescence. *European Journal of Developmental Psychology*, 1 (4), 399 – 411.
- LOCKMAN, J. y THELEN, E. (1993). Brain, body, behavior connections. Special Section Introduction. *Child Development*, 64 (4), 953–959.
- MOLENAAR, P. C. M. (2004). A manifesto on psychology as idiographic science: bringing the person back into scientific psychology, this time forever. *Measurement*, 2 (4), 201–128.
- PIAGET, J. (2000). La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo. (6ª. Ed). (Trad. E. Bustos). México: Siglo XXI. (Trabajo original publicado en 1975).
- POUTHAS,V., & JOUEN, F. (1993). *Les comportements du bébé expression de son savoir?* Mardaga :Liège
- RESTREPO, C. J. (2007). *Teoría del Caos: Sistemas Dinámicos y Series de Tiempo*. Popayán, Colombia: Carlos Julio Restrepo Saavedra.
- ROCHA, L. M. (1997). Evidence sets and contextual genetic algorithms: Exploring uncertainty, context and embodiment in cognitive and biological systems. N.Y: Binghamton University Doctoral dissertation.
- SAVELSBERGH, G., van HOF, P., CALJOUW, S. R., LEDEBT, A., & van der KAMP, J. (2006). No single factor has priority in action development. *Journal of Integrative Neuroscience*, 5 (4), 493–505.
- SERRA, M., LOTH, F. L., van GEERT, P., HURKENS, E & MINDERAA, R.B. (2002). Theory of mind in children with “lesser variant” of autism: A longitudinal study. *Journal of Psychology and Psychiatry*, 43 (7), 885 – 900.
- SMITH, L., & THELEN, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (8), 343-348.
- SMITH, L. & THELEN, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in cognitive science*, 7 (8), 343 –348.
- SPENCER, J.P., SMITH, L., & THELEN, E. (2001). Test of a dynamic systems account of the A–Not–B–Error: the influence of prior experience on the spatial memory abilities of two years old. *Child Development* 72 (5), 1327–1346.
- SPENCER, J.P., CORBETTA, D., BUCHANAN, P., CLEARFIELD, M., ULRICH, B., & SCHÖNER, G. (2006). Moving toward a grand theory of development: In memory of Esther Thelen. *Child Development* , 77 (6), 1521-1538.
- STEENBEEK, H., & van GEERT, P. (2008). The Empirical Validation of A Dynamic Systems Model Of Interaction: Do Children Of Different Sociometric Status Differ In Their Dyadic Play Interactions? *Developmental Science*, 11 (2), 253-281.
- STEENBEEK, H., & van GEERT, P. (2007). A theory and dynamic model of dyadic interaction: Concerns, appraisals, and contagiousness in a developmental context. *Developmental Review*, 27, 1 - 40.
- STEENBEEK, H., & van GEERT, P. (2005). A dynamic systems model of dyadic interaction during play of two children. *European Journal of Development Psychology*, 2, 105 – 145.

- THELEN, E. & MARUYAMA, S. (2004). Invariant timing structures of orchestra conductors' ham strokes. *ICMPC8: 8th Conference on Music Perception and Cognition*, Evanston, IL, Australia.
- THELEN, E. & BATES, E. (2003). Connectionism and dynamic systems: are they really different? *Development Science* 6 (4), 378–391.
- THELEN, E. (2000). Motor development as foundation and future of developmental psychology. *International Journal of Behavioral Development* 24 (4), 385–397.
- THELEN, E. & SMITH, L.B. (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge, MA: MIT Press.
- THELEN, E., CORBETTA, D., ZERNICKE, R., SPENCER, J. P., SCHNEIDER, K., & KAMM, K. (1993). The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Development*, 64, 1058-1098.
- THELEN, E. (1986). Treadmill-Elicited Stepping in Seven-Month-Old Infants. *Child Development*, 57 (6), 1498–1506.
- THELEN, E., FISHER, D. & RIDLEY-JOHNSON, R. (1984). The relationship between physical growth and a newborn reflex. *Infant Behavior & Development*, 7, 479–493.
- van DIJK, M. & van GEERT, P. (2007). Wobbles, humps and sudden jumps: A case study of continuity, discontinuity and variability in early language development. *Infant and child development*, 16, 7 – 33.
- van DIJK, M. (2004). *Child Language Cuts Capers Variability and Ambiguity in Early Child Development*. Doctoral Thesis. Department of Developmental and Experimental Clinical Psychology, University of Groningen.
- van GEERT, P. (2003). Dynamic system approaches and modeling of developmental process. En J. Valsiner & K. Connolly (Eds). *Handbook of developmental psychology*. (pp. 640 –672). London: Sage.
- van GEERT, P. (1998a). We almost had a great future behind us: The contribution of non-linear dynamics to developmental science in the making. *Developmental science*, 1 (1), 143–159.
- van GEERT, P. (1998b). A dynamic systems model of basic development mechanism: Piaget, Vygotsky, and beyond. *Psychological Review*, 105 (4), 634 – 677.
- van GEERT, P. (1997). Que será, será. Determinism and nonlinear dynamic model building in development. En: A. Fogel., M.C.D.P. Lyra, & J. Valsiner. *Dynamics and indeterminism in developmental and social processes*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- van GEERT, P. (1994). *Dynamic systems of development: Change between complexity and chaos*. N.Y. EE. UU: Harvester Wheatsheaf.
- Van GEERT, P., & STEENBEEK, H. (2006). The dynamic of scaffolding. *New Ideas in Psychology*, 23,115-128.
- 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. *Infant Behavior and Development*, 25, 340-374.
- WESTERANN, G., MARESCHAL, D., JOHNSON, M.H., SIROIS, S., SPRATILING, MICHAEL W., & THOMAS. M.S.C. (2007). Neuroconstructivism. *Development Science Review*, 10 (1),75-83.

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## **BALANCE PROVISIONAL**

¿Qué es lo que los SDNL tienen que decir acerca del cambio en el desarrollo y en los funcionamientos cognitivos del sujeto? ¿Qué aducen los SDNL sobre la desconcertante y abrumadora presencia de la variabilidad en los funcionamientos inferenciales? ¿Qué decir, así sea de manera provisional?

Lo primero es ratificarnos en la apuesta según la cual los SDNL constituyen una alternativa de trabajo sobre el desarrollo cognitivo. Tanto en lo conceptual, como en lo metodológico, los SDNL contribuyen a renovar, repensar, reexaminar, problemas, preguntas y tradiciones acumuladas en el campo tal como se puede apreciar en los trabajos de van Geert, Lewis, Molenaar, Smith, Thelen, Fischer, por mencionar algunos.

La investigación en desarrollo cognitivo, se fertiliza con los SDNL y su importante utillaje conceptual y técnico desde donde volver a mirar tradiciones académicas acumuladas, y –por supuesto– crear y encarar problemas de nuevo tipo, acaso sugeridos y advertidos en el pasado por los padres fundadores Piaget, Vigotsky, Baldwin, entre otros. Es el caso de conceptos como el de la autorregulación o de sistemas abiertos, presente en algunos de ellos, y nucleares en el caso de los SDNL. También respecto a otras polémicas más recientes que ocupan a muchos investigadores del desarrollo, como el debate sobre la naturaleza cualitativa de los cambios cognitivos en general y que empieza a situar, a algunos en particular, ‘en defensa del cambio cualitativo en el desarrollo’, tiene en el escenario de los SDNL una alternativa. También el problema de la variabilidad que, como ha sido dicho, re-plantea el estudio del desarrollo, o el de aproximaciones como la sistémica que, de una u otra forma, incluyen principios de los sistemas dinámicos en sus teorías, aunque no llegan a formalizar matemáticamente sus modelos (Valsiner, 2004).

Algunos capítulos de este libro empiezan a mostrar que los SDNL son una opción en el momento de explicar la irregularidad en la evolución del desarrollo y múltiples funcionamientos en los procesamientos cognitivos del sujeto. En el caso de la variabilidad de los funcionamientos inferenciales los tratamientos con la wavelet permiten afirmar, con cierta certeza, que ellos corresponden a una zona de atractores extraños, zona típica de los

SDNL. La wavelet ilustra una operación secuencial bifurcada que ofrece una imagen visual, a saber: el reconocimiento del patrón geométrico. Esa imagen del patrón geométrico, capta el fenómeno y ofrece una vista instantánea, permitiendo interpretar dicho fenómeno y avanzar hacia una posible explicación. Explicación que va en la dirección de confirmar que los procesos de cambio cognitivo están lejos de ser secuenciales y ordenados y más bien se ajustan a una forma bifurcada, es decir, abierta.

La cuestión es saber si esta evidencia que compromete los funcionamientos inferenciales puede extenderse a otros procesos cognitivos y considerar la hipótesis de que buena parte de ese 'kit de herramientas', que componen el funcionamiento cognitivo, tenga también una estructura multifractal. Ese es un camino posible de recorrer a corto plazo. Pero lo cierto es que la variabilidad es un ejemplo privilegiado para estudiarse desde los SDNL, superando los modos lineales y estandarizados de tratamiento que en el pasado la confinaban y reducían a errores de varianza.

Otros conceptos nodales de los SDNL, tales como iteratividad, atractores-expulsores, emergencia, fractalidad, transiciones de fase, sensibilidad al cambio de las condiciones iniciales, se convierten en presupuesto y condición para el diseño de los propios softwares y procedimientos usados para el abordaje dinámico de los fenómenos. Muchos de estos conceptos hacen visible en términos técnicos pero también analíticos, dimensiones que los enfoques dinámicos han advertido en el campo de la biología, la física, la matemática, y que ahora parecen revelarse con importante peso en los procesos cognitivos.

En este libro se han hecho varias indicaciones respecto a estos repertorios digitales, técnicos, matemáticos y computacionales particularmente sensibles, desde su propio diseño, a las enfoques dinámicos: la wavelet, el State Space Grid, la técnica gráfica de movimientos de mínimos y máximos, y el modelamiento computacional a partir de ecuaciones logística y acopladas, para mencionar algunos ejemplos. En cuanto a la lógica de la práctica investigativa se parte de un diseño del experimento pensado para encontrar y dar cuenta de un mecanismo subyacente o de un modelo explicativo de los funcionamientos inferenciales. A partir de ese *corpus* se aplican las herramientas que tienen como objetivo concreto identificar los patrones de regularidades no visibles a simple vista. A partir de los resultados empíricos y experimentales, se intenta construir un modelo que aplique al comportamiento de los sujetos. En ese sentido, estamos ante un método inverso. Un método inverso no supone de entrada acoplamiento por medio de los parámetros de las variables.

Desde otro nivel de análisis, en este libro se pretende mostrar que los SDNL admiten una diversidad de modos de aproximación. Algunos debates al uso acerca de cuáles son las nociones nodales de los SDNL, sobre si su uso se limita a la heurística conceptual e interpretativa o exige necesariamente modelamientos matemáticos o computacionales, o acerca de a qué llamar SDNL (¿a un aspecto concreto y preciso de la realidad dinámica o al sistema de ecuaciones que lo describe?), antes que paralizar, consiguen animar el rico desarrollo que en términos de enfoques, diseños experimentales, tratamiento de datos, se han hecho dentro de los enfoques dinámicos en los últimos quince años.

La experiencia particular de este libro y del grupo del doctorado ha sido la de incursionar en compañía de físicos y matemáticos que, desde sus disciplinas, aportan, explican, corrigen algunas de las interpretaciones conceptuales que se suelen hacer sobre proble-

mas, nociones técnicas y categorías básicas de los SDNL. Vale decir que el trabajo en equipo entre colegas de la psicología y de la física y de la matemática no es sencillo y exige una ardua tarea de acoplamiento de lenguajes y perspectivas. Este tipo de colaboración pone en marcha *in situ*, procesos transdisciplinarios hartos complejos a los que tanto se alude desde la teoría y se rehúye en la práctica.

En conclusión, la plataforma de los SDNL es fecunda y el reto no lo es menos, parafraseando la frase del artículo de van Geert, se puede decir que si bien es cierto que tenemos un gran futuro detrás nuestro, no lo es menos el que se produce al frente.

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

**POSFACIO:  
SÍ, LA MENTE ES NO LINEAL –Y– ¿QUÉ SIGUE?**

*Jaan Valsiner*

Este libro puede ser pequeño en su tamaño, pero constituye un gran paso en el entendimiento de los diversos modelos de sistemas no lineales en la comunidad de las ciencias sociales hispanohablantes. También es un paso gigante en la síntesis intelectual dentro del programa de doctorado en psicología del Centro de Estudios Psicológicos de la Universidad del Valle. Primero, representa el énfasis de varios programas de investigación cultivados en el programa de doctorado a través de los últimos cinco años; y segundo, demuestra el poder de una generación más joven. Los autores principales de los capítulos –tres de cuatro– en este libro están en el proceso de convertirse en la primera cohorte de doctores en psicología en Colombia. Ellos son pioneros en el estudio diligente de lo que significa la no linealidad de las funciones psicológicas y probablemente llevará a soluciones profundamente novedosas a los numerosos y prevalentes problemas en psicología. Al comenzar desde la demostración de la no linealidad en las funciones psicológicas humanas en general, los autores probablemente procederán a desarrollar sus programas particulares de investigación en esta base axiomática. La psicología necesita tal cambio –reinstalación del pensamiento abstracto en el centro de la ciencia psicológica (Valsiner, 2009<sup>a</sup>).

Es claro que los fenómenos psicológicos son no lineales en su naturaleza –esta conclusión emerge de la revisión del campo en este libro. También puede deducirse de la característica general de los sistemas abiertos que son impredecibles en relación con su pasado, a medida que se desarrollan a través de continuos intercambios con sus ambientes. La respuesta positiva a la pregunta de la no linealidad ha estado presente por un siglo –únicamente la psicología en su rigidez disciplinaria la ha ignorado. Toma un grupo de investigadores motivados y capaces de un país alejado de aquellos lugares donde los psicólogos laboriosamente tratan de forzar toda la no linealidad de los fenómenos dentro del andamiaje del modelo lineal general –para cuidadosamente revisar los enfoques

existentes que asumen la no linealidad y compilan los resultados de sus análisis en este libro. El centro de la innovación de ideas está siempre en la periferia de la proliferación de las ideas. Las innovaciones en la ciencia ocurren en los límites –de las disciplinas, o en el caso de una idea dentro de una disciplina– a través de las rupturas con las “verdades” previas. La objetividad en la ciencia –como dijo algunas vez Jean Piaget– no es un dato de partida, sino un proceso intrincado de llegar al conocimiento a través de probar y probar de nuevo. El presente libro es un vívido ejemplo de exposición sistemática de una nueva dirección revolucionaria en la psicología contemporánea.

Lo que emerge de esta revisión sistemática de las aproximaciones no lineales es un conjunto productivo de ideas. De la Rosa, Rodríguez y Ossa (capítulo 1, p. 34) mientras analizan la historia del pensamiento de las teorías de sistemas dinámicos (TSD) desde Galileo y Poincaré a Lorenz –y más allá hasta las aplicaciones de la psicología del desarrollo por van Geert, Fischer y Lewis– arriban al problema de las miradas múltiples hacia el tiempo –“tiempo real” y “tiempo de desarrollo”. Por supuesto es precisamente aquí donde las dificultades de utilizar los modelos formalizados de las TSD al estudio del desarrollo comienzan. Primero, los modelos de tiempo son muchos (Rudolph, 2006<sup>a</sup>, 2006b) y únicamente una de las familias de tales modelos –aquella del tiempo irreversible– está intrínsecamente vinculada con el desarrollo. Henri Bergson lo entendió en el comienzo del siglo XX, Reames Mark Baldwin intentó crear una “lógica del desarrollo” (Baldwin, 1906, 1908, 1911) que fue la base para los esfuerzos empíricos del joven Jean Piaget. Más tarde, el sistema de lógica temporal fue desarrollado (Prior, 1957, 1967; Anisov, 2000, 2002), comenzando desde la premisa principal de la naturaleza asimétrica de la distinción pasado/futuro. Por supuesto, la irreversibilidad del tiempo es demostrada en el trabajo de Ilyia Prigogyne –basado en la filosofía de Bergson– en química física. Aun así, la mayoría de las bonitas imágenes que los usuarios del TSD incluyen prolíficamente en su trabajo –por ejemplo, “la mariposa” de Lorenz (ver figura 7, en el capítulo 1)– excluyen el tiempo irreversible. Mientras son dinámicos y reconocen la variabilidad en las trayectorias (por ejemplo, incluyen el tiempo como un parámetro) en la nueva carrera del modelo de proceso –ellos permanecen cerrados al flujo irreversible del tiempo de desarrollo. La perspectiva del tiempo multi-nivel de Esther Thelen (como se elabora en el capítulo 3 por González, Benavides y Riascos) multiplica las dimensiones de la perspectiva del tiempo y provee diferentes unidades de tiempo para eventos en diferentes niveles de desarrollo. Sin embargo, su trabajo tampoco hace el movimiento crucial –y teóricamente complicado– para reconocer la centralidad del tiempo irreversible. Esto no es sorprendente ya que el credo de Thelen en TDS –bien documentado en el capítulo 3– es aquel de la generalización inductiva (la mirada de “abajo arriba” para las generalidades basadas en los datos). La generalización inductiva en sí misma no puede llevar a avances teóricos.

Mucho del marco de los SD como ha sido desarrollado en psicología se concentra en la noción central de atractor (como se elabora en el capítulo 1 y el capítulo 3). La noción de un *atractor* en TSD es un concepto engañosamente atractivo para los científicos del desarrollo ya que promete dar cuenta del orden dinámico (Bar-Yam, Harmon y de Bivort, 2009). Aun así el trabajo matemático de Tsuda (2001) demuestra que es precisamente cuando los atractores decaen (y “las ruinas del atractor” emergen) que los procesos dinámicos pueden moverse a un nuevo nivel organizacional en su desarrollo. Mientras que la

noción de atractor le ha hecho a la psicología un favor crucial de devolverla a centrarse en fenómenos orientados hacia el futuro (de otra manera capturados en términos “mentalistas” por las nociones de *metas* y *orientaciones a metas*), ha reducido el rol del pasado –la noción paralela de *repulsores* es raramente mencionada si es que se menciona (Valsiner, 1994, 2005). El desarrollo es visto como siendo “capturado por el futuro” –a través de los atractores– en lugar de moviéndose con propósito hacia él. La noción de *intencionalidad* no está incluida en el TSD –un aspecto que limita generalmente su aplicabilidad en el caso humano. Es como si Franz Brentano y sus estudiantes nunca hubieran existido en psicología, y como si los fantasmas de J.B. Watson y B.F. Skinner aún fueran referenciados para aprobación de lo que ocurre en la psicología cognitiva hoy en día. Más aún, el enfoque en los atractores lleva hacia el pasado de alejarse de algunos eventos en el pasado (teóricamente conceptualizaciones como repulsores), o utilizar las experiencias del pasado para guiar el desarrollo en el futuro (signos promotores, Valsiner, 2004, 2007). La síntesis de la tradición histórico-cultural de Lev Vysotsky y las TSD contemporáneas permanecen por consiguiente muy limitadas –aun si un intento es hecho por Paul van Geert (ver capítulo 3 para un cubrimiento completo). El sistema de significado personal que un ser humano construye con base en su propia experiencia de vida es la fuerza-guía para su movimiento hacia el futuro –aun si un análisis *post-factum* de TSD de ese movimiento detecta un atractor en esa trayectoria de vida. En otras palabras, los atractores no existen, ellos se van construyendo a medida que la persona crea su propio mundo de vida. Los modelos matemáticos existentes –aun aquellos que se centran en las rupturas lejos-del-equilibrio en el sistema previo– permanecen ciegos a esta característica específica de la psicología humana. La noción de un *atractor* (o *repulsor*) es una abstracción para darle sentido a los fenómenos psicológicos. Estas abstracciones son tan irreales –aunque funcionales– como el nombre categórico de “silla” es para describir varios objetos en la categoría –aun así seguramente cualquier esfuerzo para sentarse en el concepto de “silla” llevaría a una peligrosa caída. La psicología como disciplina ha glorificado la investigación empírica al extremo de que falla al utilizar lenguaje abstracto en formas que puedan iluminar los nuevos estados potenciales de los fenómenos en desarrollo.

Existen extensiones promisorias desde los TSD que han emergido en la psicología. El uso de Kurt Fischer de la metáfora de la red –junto con su enfoque tradicional en el desarrollo de las estructuras– se acerca a un surgimiento productivo de los modelos utilizando el tiempo como una dimensión formal (por consiguiente, reversible) y el tiempo irreversible. Otras perspectivas teóricas centradas en la red pueden sacrificar el tiempo a la estructura (Rossetti-Ferreira et al, 2006). La lección es clara, el estudio de las dinámicas, aun si las dinámicas son vistas como un conjunto potencialmente infinito de trayectorias, no son todavía un estudio del desarrollo. Sin embargo, podría convertirse en eso –si la construcción de estas trayectorias se convierte en el foco de investigación (Sato et al, 2007).

Además, las aplicaciones de la TSD en todas sus versiones, desde la teoría empiricista de la construcción “abajo arriba” de Esther Thelen, hasta la teoría europea continental de la construcción “arriba abajo” de Paul van Geert, han tenido un muy positivo “efecto secundario” para la psicología, regresando al enfoque de la variabilidad, en general, y a la variabilidad intra-individual, en particular. El énfasis de Molenaar (2004, 2007) en la no-ergodicidad de los fenómenos psicológicos provee un soporte meta-teórico para redirigir

el trabajo empírico de los psicólogos hacia el análisis de casos únicos en sus dinámicas. La psicología está recuperando sus raíces fértiles –como todo su conocimiento clásico basado en un cuidadoso análisis de casos únicos. La noción de *muestra representativa* (cf. Valsiner y Sato, 2006) deja atrás a Jean Piaget, Lev Vigotsky, James Mark, Baldwin, Wilhem Wundt, Muzafer Sherif, Kart Lewin y muchos otros “clásicos” de la psicología, que sacudían sus cabezas preguntándose cómo la psicología en la segunda mitad del siglo XX podría estar tan extraviada (Kvale, 2003; Toomela, 2007). El uso de muestras promedio en la construcción del conocimiento psicológico es conocida por ser un artefacto inútil desde el tiempo de la “segunda cibernética” en la década de 1960 (Maruyama, 1963, 1988, 1999) –sin embargo, sigue siendo una práctica normativa muy arraigada. La sagrada creencia en la normalidad de la “distribución normal” ha cegado a los psicólogos por décadas.

Dado este estado de cosas en la disciplina, la perspectiva de los SD que nosotros encontramos críticamente revisada en el presente libro ha sido una fuerza importante de innovación en el campo. Lo que emerge como un tema general es la necesidad de ver la variabilidad en el tiempo –variabilidad dinámica (ver capítulo 2 de Cortés, Combariza y Puche-Navarro). Es sólo a través de ver el despliegue de la variabilidad en el tiempo como podemos llegar a acercarnos a las raíces del desarrollo. La variabilidad –después de todo– “nace” en un sistema individual en el Tiempo 1 actuando de una manera X, que lo guía a su transformación en Y en el Tiempo 2. Este es un proceso de movimiento en lo desconocido –aunque con alguna anticipación (esto es, conocimiento por imaginación) de cómo podría ser lo desconocido.

Obviamente, la variabilidad dinámica intra-individual puede ser estudiada únicamente en casos únicos –es “mi hijo” quien se desarrolla, no el “promedio de mi hijo y los hijos de mis vecinos”– aun si técnicamente podemos aplicar nuestros procedimientos de análisis de datos para promediarlos tan fácilmente como a los individuos. La variabilidad intra-individual es la llave para comprender el desarrollo. Si el fenómeno es no ergódico –entonces la transferencia de los resultados de estudios basados en muestras a casos individuales no está garantizada. Lo que esta afirmación quiere decir es que la mayoría de las generalizaciones empíricas en la última mitad del siglo (al menos) han producido conocimiento de valor no aplicado. Esta es una historia triste para la ciencia –y una tragedia personal para los científicos que han construido su trabajo de vida con la creencia en la aplicación del conocimiento de muestras a individuos.

Pero la ciencia –como cualquier persona– se mueve. Cada caso individual se desarrolla –en el tiempo– a través de trayectorias únicas. Por lo tanto, la singularidad es un principio general –como los esfuerzos de modelamiento de Paul van Geert lo han demostrado. El enfoque empírico de la psicología se está moviendo hacia la práctica ideográfica de la ciencia (Molenaar, 2004; Salvatore, Valsiner, Strout-Yagodinski and Clegg, 2009) en donde el enfoque es demostrar la transformación cualitativa en contextos únicos.

Sin embargo, este nuevo enfoque crea una nueva necesidad, ¿cómo analizar la variabilidad intra-individual y la emergencia de la novedad cualitativa en sus bases? Las técnicas tradicionales existentes –análisis de series de tiempo, por ejemplo– son insuficientes pues son ciegas a la emergencia de la novedad. Técnicas que enfatizan en la estructura cualitativa y sus cambios son necesarias. Por ejemplo, el paso audaz en el uso del método de las wavelets (capítulo 4, Combariza y Puche-Navarro)– que es aplicado a casos individuales

en un estudio longitudinal– podría servir como un nuevo lenguaje visual de tipo abstracto para presentar procesos clave del desarrollo de una manera formal.

## **PERO, ¿QUÉ SIGUE?**

Es claro en este libro como un todo –una respuesta decididamente “¡sí!” a la pregunta por la no linealidad– pero se trata solamente del comienzo. El reconocimiento de la no linealidad de los procesos psicológicos humanos conduce a una re-organización revolucionaria de la disciplina. Primero que todo, la noción de causalidad –usualmente comprendida en términos de una causalidad lineal simple (A causa B)– necesita ser reemplazada por una causalidad sistémica en donde un sistema de tipo dinámico (consistente en un A y B mutuamente relacionadas, o en un número de partes más grande) avanza a su propia transformación cualitativa en un nuevo estadio, a través de procesos autocatalíticos. Dado que los sistemas abiertos son interpretados con sus ambientes –la catálisis que guía la transformación del sistema emerge como el enfoque primario de la investigación empírica. Dicho de otra manera, los modelos de pensamiento generales para la psicología del desarrollo pueden ser encontrados en algunas áreas de la biología –inmunología, genética de proteínas, bioquímica– más bien que en los objetos “tradicionales” de “envidia científica” de la psicología –física, lógica clásica o estadística.

¿Qué direcciones pueden seguir los modelos abstractos de variabilidad dinámica en casos individuales? Si la reunión de estos modelos con la tradición histórico-cultural va a suceder, es la inclusión formal de las *partes orientadas hacia el futuro* en los modelos de sistemas dinámicos las que necesitan ser elaboradas. Los sistemas auto-organizados son el lugar de nacimiento no sólo de la reflexividad sino también de la orientación. La mediación semiótica a través de símbolos de varios tipos –el legado de Lev Vigotsky– se vincula con el enfoque de cómo los individuos crean instrumentos culturales para construir su propio futuro (Valsiner, 2007, 2009b). La psicología en general –y la psicología del desarrollo en particular– no puede evitar los procesos *teleogénicos* (generando metas) que tienen lugar dentro de los sistemas dinámicos, y conducen su curso futuro de desarrollo. Este libro es un paso innovador en esta dirección.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANISOV, A. M. (2000). *Temporal'nyi universum I ego poznanie* [The temporal universe and its perception]. Moscow: RANIF
- ANISOV, A. M. (2002). Logika neopredelennosti i neopredelennost' vo vremeni [The logic of inde-terminacy and indeterminacy in time]. *Logical Studies*, 8, 1-27.
- BALDWIN, J. M. (1906). *Thought and things: A study of the development and meaning of thought, or genetic logic*. Vol. 1. *Functional logic, or genetic theory of knowledge*. London: Swan Sonnenschein & Co.
- BALDWIN, J. M. (1908). *Thought and things: A study of the development and meaning of thought, or genetic logic*. Vol. 2. *Experimental logic, or genetic theory of thought*. London: Swan Sonnenschein & Co.

- BALDWIN, J. M. (1911). *Thought and things: A study of the development and meaning of thought, or genetic logic*. Vol 3. *Interest and art being real logic*. London: Swan Sonnenschein & Co.
- BAR-YAM, Y., HARMON, D., and de BIVOORT, B (2009). Attractors and democratic dynamics. *Science*, *323*, 1016-1017.
- KVALE, S. (2003). The church, the factory and the market: Scenarios for psychology in a postmodern age. *Theory & Psychology*, *13*, 5, 579-603.
- MARUYAMA, M. (1963). The second cybernetics: Deviation amplifying mutual causal processes. *American Scientist*, *51*, 164-179.
- MARUYAMA, M. (1988). This week's citation classic: Maruyama (1963). *Current Contents: Social & Behavioral Sciences*, *20*, 8, 12
- MARUYAMA, M. (1999). Heterogram analysis: where the assumption of normal distribution is illogical. *Human Systems Management*, *18*, 53-60.
- MOLENAAR, P.C.M. (2004), A manifesto on psychology as idiographic science: Bringing the person back into scientific psychology, this time forever, *Measurement: Interdisciplinary research and perspectives*, *2*, 201-218.
- MOLENAAR, P. C. M. (2007). Psychological methodology will change profoundly due to the necessity to focus on intra-individual variation. *IPBS: Integrative Psychological & Behavioral Science*, *41*, 1, 35-40.
- PRIOR, A. N. (1957). *Time and modality*. Oxford: Clarendon Press.
- PRIOR, A. N. (1967). *Past, present, and future*. Oxford: Clarendon Press.
- ROSSETTI-FERREIRA, M. C., de Souza Amorim, K., Soares da Silva, A. P., and A. M. Almeida Carvalho, A. M. (Eds) (2006). *Rede de significações e o studio do desenvolvimento humano*. Porto Alegre: ArtMed Editora.
- RUDOLPH, L. (2006a). The fullness of time. *Culture & Psychology*, *12*, 2, 169-204.
- RUDOLPH, L. (2006b) Mathematics, models, and metaphors. *Culture & Psychology*, *12*, 2, 245-259.
- SALVATORE, S., VALSINER, J., STROUT-YAGODZYNSKI, S. and CLEGG, J. (Eds.) (2009). *YIS 2008: yearbook of idiographic science*. Rome: G. Firreira.
- SATO, T., YASUDA, Y., KIDO, A., ARAKAWA, A., MIZOGUCHI, H., and VALSINER, J. (2007). Sampling reconsidered: Idiographic science and the analyses of personal life trajectories. In J. Valsiner, , & A. Rosa, A. (Eds.), *Cambridge Handbook of Socio-Cultural Psychology* (pp. 82-106). New York: Cambridge University Press.
- TOOMELA, A. (2007). Culture of science: Strange history of the methodological thinking in psychology. *IPBS: Integrative Psychological & Behavioral Science*, *41*, 1, 6-20.
- TSUDA, I. (2001). Toward an interpretation of dynamic neural activity in terms of chaotic dynamic systems. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*, 793-847
- VALSINER, J. (1994). Commentary (on P. van Geert's *Vygotskian Dynamics of Development*). *Human Development*, *37*, 366-369.
- VALSINER, J. (2004). The Promoter Sign: Developmental transformation within the structure of Dialogical Self. Paper presented at the Biennial Meeting of the International Society for the Study of Behavioural Development (ISSBD), Gent, July, 12 ( Symposium *Developmental aspects of the dialogical self*-Hubert Hermans, Convener)
- VALSINER, J. (2005). Attractors, repulsors, and directors: making Dynamic Systems Theory developmental. *Annual Report 2003-2004* of Research and Clinical Center for Child Development, Graduate School of Education, Hokkaido University. Sapporo, No. 27, 13-25.

- VALSINER, J. (2007). *Culture in minds and societies*. New Delhi: Sage.
- VALSINER, J. (2009a). Integrating psychology within the globalizing world. *IPBS: Integrative Psychological & Behavioral Science*, 43, 1, 1-16.
- VALSINER, J. (2009b). Cultural psychology today: Innovations and oversights. *Culture & Psychology*, 15, 1, 5-40.
- VALSINER, J., & SATO, T. (2006). Historically Structured Sampling (HSS): How can psychology's methodology become tuned in to the reality of the historical nature of cultural psychology? In J. Straub, D. Weidemann, C. Kölbl & B. Zielke (Eds.), *Pursuit of meaning* (pp. 215-251). Bielefeld: transcript.

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## ÍNDICE DE AUTORES

- Adolph, K. 74, 107, 114  
Ainsworth, M. 76  
Alvarez, F. 114  
Amaral, L. 124  
Arrieta, C. 66  
Arterberry, M. 117  
Ayoub, C. 35  
Baldwin, M. 33, 47, 48, 137, 142, 144  
Ballen, C. 66  
Bates, E. 77  
Beer, R. 89, 90  
Bell, H. 17, 41  
Bellagamba, F. 17  
Bergson, H. 56, 94, 142  
Bertalanffy, L. 50, 69  
Bidell, T. 17, 35-37, 47, 55, 57, 115-117, 129  
Bornstein, M. 117  
Bowlby, J. 76  
Bresson, F. 113, 114  
Briggs, J. 65  
Campos, D. 15-29, 37-41, 55-57  
Carter, S. 112  
Case, R. 91  
Chomsky, N. 98  
Colunga, E. 118, 119  
Combariza, E. 18, 19, 26, 40, 41, 64, 67, 115, 144, 145  
Condry, K. 112  
Corbetta, D. 47, 80, 83  
Corrigan, R. 35  
Courage, M. 47, 70, 113, 115  
Darwin, Ch. 75, 94  
Dawson, T. 35  
de Schonen, S. 113  
de Weerth, C. 103, 104  
Douglas, L. 32, 33  
Dupoux, E. 112  
Edelman, G. 89, 106  
Fischer, K. 15, 17, 30, 35-48, 55, 57, 91, 111, 112-118, 129, 137, 142, 143  
Fogel, A. 17  
Foong, Y. 46  
Fraleay, R. 111  
Galileo, G. 15-22, 39, 142  
Gesell, A. 75  
Gibson, J. 75-78  
Gleick, J. 25  
Goldberger, A. 124  
Goswami, U. 112, 113  
Gottlieb, G. 56  
Granic, I. 33, 96  
Granott, N. 91  
Gutiérrez, F. 49  
Harris, P. 91  
Havlin, S. 124  
Heath, R. 48  
Hofbauer, J. 23  
Hoinjtink, H. 103, 104  
Hollenstein, T. 31, 33, 129  
Howe, M. 33, 42, 46-48, 113-117

- Huizenga, H. 48  
 Hurkens, E. 103  
 Isaza, J. 15, 17, 22-29, 37-40  
 Ivanov, P. 124  
 Johnson, M. 117  
 Jouen, F. 112  
 Kagan, J. 113, 114  
 Karcher, M. 35  
 Karmiloff-Smith, A. 112, 113  
 Kelso, J. 78-83, 123  
 Kepler, J. 20  
 Kerlinger, F. 119  
 Knight, C. 36  
 Koeyer, I. 17  
 Kozulin, A. 92, 108  
 Kugler, P. 78, 79  
 Lamey, A. 32, 33  
 Laplace, H. 20, 22  
 Leibniz, G. 20  
 Leslie, A. 112  
 Lewis, M. 15, 17, 30-40, 46-48, 56, 96, 129, 142  
 Li, J. 35  
 Lichtwarck-Aschoff, 103, 104  
 Lighthill, J. 67  
 Lockman, J. 76, 106  
 Lomelí, 69  
 Lorenz, E. 18, 24, 25, 40, 45, 142  
 Loth, F. 103  
 Lotka, A. 18, 22, 23  
 Luce, D. 51-53  
 Mandelbrot, B. 64-66  
 Mareschal, D. 117  
 Mascolo, M. 35  
 May, R. 49, 50, 59, 101  
 Mc Naab, D. 26  
 McGraw, M. 75  
 Mehler, J. 112  
 Michael, W. 117  
 Miller, P. 111, 112, 116, 117  
 Minderaa, R. 103  
 Molenaar, P. 48, 72, 99, 102, 103, 137, 143, 144  
 Munné, F. 45, 50, 68, 115, 124, 130, 132  
 Navarro, J. 48, 66, 116  
 Nelson, K. 91  
 Nesselrode, J. 48  
 Newton, I. 18, 20-22, 39, 94  
 Novak, A. 48  
 Nowak, A. 60  
 Oesterr, G. 59  
 Ossa, J. 129, 142  
 Peat, F. 50, 65  
 Peng, C. 124  
 Perone, J. 114, 130  
 Piaget, J. 14, 33, 36, 47, 48, 50, 54, 57, 58, 60, 75, 76, 86, 91-97, 137, 142, 144  
 Poincaré, H. 18, 21, 22, 39, 50  
 Pouthas, V. 112  
 Prigogine, I. 68, 79  
 Puche, R. 13, 64, 67, 114-119, 144, 145  
 Quételet, J. 91  
 Restrepo, C. 49, 102  
 Roberts, B. 111  
 Robinson, S. 114  
 Rose, L. 37, 48, 64, 113  
 Rumbos, B. 69  
 Sametband, M. 50  
 Scholl, B. 112  
 Siegler, R. 116-118  
 Serra, 103  
 Sigmund, K. 23  
 Singh, I. 35  
 Sirois, S. 117  
 Smith, L. 17, 32, 48, 56-58, 64, 68, 80-89, 113-118, 124, 132, 137  
 Spelke, E. 112  
 Spencer, J. 47, 74, 77, 82, 86, 87, 89, 114, 130  
 Spratling, M. 117  
 Stanely, 124  
 Steenbeek, H. 17, 73, 88, 95-105  
 Stein, Z. 35  
 Stengers, I. 18  
 Stewart, J. 35, 36  
 Talanquer, V. 75, 124  
 Tesser, A. 91  
 Thatcher, R. 91  
 Thelen, E. 15-17, 32, 47, 48, 50, 56-58, 64, 68-89, 104-106, 113-118, 132, 137, 142, 143  
 Thomas, A. 82, 117

Turvey, M. 78, 79  
Vallacher, R. 48, 60  
Valsiner, J. 11, 46-48, 113, 115, 137, 141-145  
van der Mass, H. 91  
van Dijk, M. 17, 46, 48, 94, 95, 103, 104, 116-122, 129  
van Geert, P. 15-26, 32, 46-49, 54-60, 73-107, 115-122, 129, 137, 139, 142-144  
van Parys, M. 36  
Vereijken, B. 74  
Volterra, V. 18, 22, 23  
Vygotsky, L. 48, 70  
Watson, M. 35  
Werner, H. 47, 48, 60  
Westerann, G. 117  
Willet, J. 91  
Yan, Z. 35-37, 111, 112, 116-118, 129  
Young, J. 114

**PÁGINA EN BLANCO  
EN LA EDICIÓN IMPRESA**

## **PRESENTACIÓN DE LOS AUTORES**

**Jacqueline Benavides Delgado.** Profesora asistente Departamento de Psicología de la Universidad de los Andes. Master en Protección Infantil Universidad del País Vasco, España. Estudiante de doctorado en Psicología, Universidad el Valle (Colombia). Su trabajo académico se relaciona con el desarrollo cognitivo, el desarrollo de la comprensión de la mente de los otros, la producción de estados mentales en otros por parte de los niños y la cognición inter-subjetiva. E-mail: jabenavi@uniandes.edu.co

**Ernesto Combariza.** Profesor en el departamento de Física de la Universidad del Valle, su área de interés es la biofísica, historia de la ciencia y procesamiento de imágenes. Sus más recientes investigaciones están en el campo de la neurociencia con registros de inmaneología. E-mail: ernestocombarizacruz@gmail.com

**Mauricio Cortés.** Profesor asistente de economía en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali y actualmente realiza estudios de doctorado en Psicología en la Universidad del Valle (Colombia). Su trabajo académico se relaciona con desarrollo humano, teorías de la decisión y educación superior. E-mail: mcortes@javerianacali.edu.co

**Adriana de la Rosa Alzate.** Profesora asistente del departamento de lenguaje de la Universidad Autónoma de Occidente. Actualmente, estudia doctorado en Psicología en la Universidad del Valle. Su trabajo de investigación se relaciona con la comprensión de la imagen en niños, metáfora visual e inferencia abductiva. E-mail: adridelarosa@yahoo.com

**Julián González.** Profesor de la Escuela de Comunicación Social, de la Universidad del Valle. Es estudiante del doctorado en Psicología de la misma universidad, y ha dedicado parte de su actividad académica a estudiar los nuevos repertorios tecnológicos y su impacto en la educación. E-mail: piolin1966@yahoo.com

**Julio César Ossa.** Magíster en Psicología de la Universidad del Valle donde continua sus estudios de doctorado en Psicología. Sus áreas de interés son el desarrollo cognitivo y aspectos metodológicos. Ha venido trabajando en procesos de simulación con cadenas de Markov y redes bayesianas. E-mail: [jucesossa@univalle.edu.co](mailto:jucesossa@univalle.edu.co)

**Rebeca Puche-Navarro.** Profesora de Psicología de la Universidad del Valle, coordinadora del doctorado de Psicología. Trabaja en el desarrollo cognitivo del niño pequeño, particularmente en sus procesos inferenciales. Uno de los escenarios de trabajo son los objetos visuales. Recientemente incursiona en los sistemas dinámicos no lineales buscando allí una reconceptualización del desarrollo. E-mail: [rpuche@univalle.edu.co](mailto:rpuche@univalle.edu.co)

**Liliam Patricia Rodríguez B.** Profesora de la Facultad de Psicología de la Universidad de Sabana. Actualmente está terminando su doctorado de Psicología en la Universidad Univalle (Beca Colciencias). Su interés investigativo está en el desarrollo cognitivo infantil y en la educación. Como parte de su formación doctoral realizó la pasantía académica en la Universidad de York (Canadá) y en la Universidad Clark (USA). E-mail: [liliamb@unisabana.edu.co](mailto:liliamb@unisabana.edu.co)

**Yilton Riascos Forero.** Estadístico y magíster en Ingeniería de Sistemas, así como en Educación Matemática de la Universidad del Valle. Es docente del Departamento de Matemáticas de la Universidad del Cauca. Actualmente cursa el doctorado de Psicología de la Universidad del Valle, Estadística y Probabilidad; Educación Estadística; Educación Matemática. E-mail: [yirifo@unicauca.edu.co](mailto:yirifo@unicauca.edu.co)

## CRONOLOGÍA APROXIMADA DE HITOS Y EVENTOS

Fechas	Hitos eventos en la Cronología de los SDNL	Hitos y eventos en la Historia de la Psicología	Hitos y eventos en la Historia y la Cultura Mundial
570 a.C.	La ley de las cuerdas de Pitágoras		Esquilo, Esopo
565 a.C.	Tales de Mileto y el cálculo de las Pirámides Egipto		Revolución Hoplita
470 a.C.		Heráclito: el conocimiento llega a través de los sentidos	Revolución Hoplita
340 a.C.		Hipócrates Teoría de los cuatro humores	Fidias, Atenea y Partenón, siglo de Pericles
330 a.C.		Aristóteles Tratado sobre el Alma	Alejandro Magno, Helenismo, fin de la ciudad Estado
300 – a.C.	Euclides y la conmensurabilidad de las fracciones El primer número irracional: la diagonal del pentágono		
256 a.C.	Arriano (Arrio) Historiador y filósofo griego.	Dualidad vs trinidad de Plotino	Invasiones bárbaras
45 a.C.	Calendario astronómico, Juliano – Quintilis (origen del año en 365 días y 6 horas)  Precesión de los equinoccios (Pompilio)		Emperador Julio César
100-170 d.C	Ptolomeo de Alejandría y sus intentos de establecer las órbitas de los planetas		Antoninos apogeo del imperio romano
413			San Agustín de Hipona escribe <i>Las Confesiones</i>
660			Comienzos del Imperio Sansánida
760			Escuela de Bagdad Al Mansnur, el segundo califa de los Abássidas
1158			La Universidad de Bologna primera en tener reconocimiento universal y estatutos propios
1208			Fundación Universidad de Oxford
1224			Fundación Universidad de Salamanca

1225			Tomás de Aquino  Numerosas traducciones del árabe al latín en las Escuelas de Córdoba y Sevilla, como anticipación al renacimiento.  En música surgimiento del contrapunto
1350			Masolino Inicios de la Perspectiva en Pintura
1309			La Universidad de Coimbra recibe la Bula Papal de su fundación de Nicolás IV “De statu regni Portugaliae”.
1347			Fundación de la Universidad Carolina de Praga
1409			Universidad de Leipzig
1436			Uccello pinta el fresco para la Catedral de Venecia
1450			Primeros impresos de la Imprenta de Gutenberg que en realidad fue adaptada de un invento chino  Piero de la Francesa pinta <i>La Penitencia de San Jerónimo</i>
1443			Toma de Constantinopla
1483	Luca Paccioli tratamiento de la proporción áurea primer fractal en el sentido moderno		Leonardo Pinta <i>La Dama con el Armiño</i> y mas adelante entre sus 600 dibujos se encuentran movimientos de remolinos del agua que representarían la turbulencia y el caos. Primeras bifurcaciones registradas
1492			Conquista y Descubrimiento de América
Siglo XVI	Cardano, Tartaglia, Mercator, cartografía e impresión de mapas	Vesalio descubrimiento de la circulación de la sangre con Paracelso inicios de la medicina y de la química	Descubrimientos barroco música polifónica
1507	Copérnico expone por primera vez su sistema astronómico heliocéntrico en el que la Tierra orbita en torno al Sol,		

Cronología aproximada de hitos y eventos

1532			Maquiavelo escribe <i>El Príncipe</i>  Cuando el Imperio español de Carlos V Holanda se convierte en refugio de los comuneros y artesanos castellanos donde se traslada el desarrollo de la manufactura textil
1565	Writgh loxodroma Harriot, Benedeti maestro de Galileo		El imperio español con Felipe II aniquila los berberos
1594	J. Neper se le debe la Noción de logaritmo y el cálculo logarítmico		
1596	Metáfora del reloj, ecuaciones y nacimiento de la geometría analítica. Estudio de los fluidos, aplicación al sistema solar.  Surgimiento de nuevas tecnologías (termómetros, barómetros, micrómetros, relojes de péndulo).		
1606	J. Kepler y sus leyes de las orbitas elípticas		Guerra de los treinta años
1519			Los escritos de M. Lutero circulan ampliamente por Europa
1545-1563			La Contrarreforma o Concilio de Trento  Música de Zarlino música polifónica y relación entre lo emotivo y lo racional  Introducción de la música polifónica de Palestrina
1601			W. Shakespeare publica <i>Hamlet</i>
1606			M. de Cervantes publica <i>El Quijote de la Mancha</i>
1613			Góngora publica el poema <i>Soledades</i>
1620	Galileo y los estudios sobre el movimiento del Péndulo	Francis Bacon escribe el <i>Novum Organum Scientatorum</i>	Apogeo del siglo de oro Español
1633			Proceso a Galileo
1635			Nacimiento de la escala temperada, barroco

1637		Publicación del <i>Discurso del Método</i> y otros estudios de las operaciones de la Mente de Descartes	
1638			Juan Rodríguez Freyle escribe <i>Conquista y Descubrimiento del Nuevo Reino de Granada</i>
1653			Revolución de Cronwell, la burguesía comercial inglesa del partido “whig”
1656			Velásquez termina de pintar <i>Las Meninas</i>
1666	<p>Cartas náuticas y lunares, para enfrentar la debacle que impuso Isabel II en los océanos ingleses</p> <p>Newton desarrolla la mecánica de Galileo y la teoría del péndulo, la caída de los cuerpos e inicios de la gravitación</p> <p>Noción de tiempo medible como variable continua</p>	<p>T. Willis anatomía del cerebro Sydenhan síntomas clínica</p> <p>Papel de W. Petty tratado de la aritmética política (las conductas se pueden matemáticamente)</p>	Acta de Navegación, creación de la Royal Society
1690	<p>Newton: Las ópticas (orbitas) son elípticas no son lineales pero casi son caóticas. La pregunta es porque el sistema solar no colapsa y es estable. ¿Tiene solución el problema de 3 cuerpos?</p>	<p>Óptica luz y calor cualidades secundarias descritas a partir de primarias como átomos y movimiento, cosmología mecánica. Hipótesis de la conducción nerviosa por el vacío</p> <p>Jhon Locke y su obra <i>Tratado sobre el Entendimiento Humano</i> La mente está constituida por ideas que se adquieren en el curso de la niñez</p>	<p>Aplicación de Newton al cuerpo humano: la iatroquímica y la iatromecánica Polémica con las posiciones del vitalismo de Stalh.</p> <p>Federico II crea el estado prusiano Pedro y Catalina cambian el equilibrio Europeo</p>
Siglo XVII	Creación de las sociedades científicas		Las naciones, los estado, y el mercantilismo y los loros del siglo se consolidan
Siglo XVIII	D’alembert problema de la luna tierra y sol, la presesión Euler y el desarrollo la mecánica newtoniana	Hartley, de la óptica Newtoniana el asociacionismo, Berkeley percibir es existir	Música de Bach Paso de la manufactura a la industria, revolución francesa e industrial

Cronología aproximada de hitos y eventos

1740			Federico II crea el estado prusiano  Pedro y Catalina cambian el equilibrio europeo
1747	D'alembert y la Teoría de las Perturbaciones	El <i>Emilio</i> de Rousseau,	Sociedad lunar de Birmingham. Neumática y la química cuantitativa  Teoría musical de Rameau escala temperada
1748	Galvani irritabilidad y electricidad animal, estudio del magnetismo	David Hume <i>Tratado sobre la Naturaleza humana</i> donde expone sus planteamientos sobre inferencia	Voltaire de instala en Berlín y pocos años después publica el <i>Diccionario Filosófico</i>
1750	Linneo padre de las taxonomías en los estudios botánicos Plantas  Bach recompone la fuga del canon cangrejo mediante una iteración de tipo fractal de Federico II	Haller planteó que existía algún tipo de relación entre el dolor y los nervios.	Adan Smith origen de las costumbres humanas revolución en Norteamérica
1772	Joseph Luis de Lagrange Prueba las ecuaciones del movimiento, Estabilidad y perturbaciones	Mesmer Pinel	Lavoisieur, el oxigeno y la combustión
1798		Malthus publica su Principio sobre la población	Beethoven compone La sonata para piano en sol mayor opus 14
1799	Teoría cosmogónica de enfriamiento	Kant, juicio reflexionante	Termina la Revolución francesa y Bonaparte da el golpe de estado
Siglo XIX	Conservación de energía, electromagnetismo segunda ley de la termodinámica		Desarrollos en el Imperio Británico  Romanticismo Beethoven, Mendelson,
Siglo XIX	Conservación de energía, electromagnetismo segunda ley de la termodinámica		Desarrollos en el Imperio Británico  Romanticismo Beethoven, Mendelson,
1808			Juan VI de Portugal traslada su gobierno al Brasil constituyéndose el Reino unido de Portugal y Brasil.
1814			Goya pinta su obra 2 de Mayo

1816	Laplace, explicación de la estabilidad, por dispersión de las perturbaciones	J.F. Herbart <i>Manual de psicología</i>	Separación de las colonias
1819			Bolívar logra la independencia del virreinato de la Nueva Granada hoy Colombia
1820			Alexander von Humbolt pone en marcha la Universidad de Berlín, hoy llamada Humboldt
1827	Descubrimiento del movimiento browniano que da cuenta del efecto visible del choque de moléculas de agua con la partícula de polen.		Se estrena la opera <i>Il Pirata</i> de Bellini
1860	Irreversibilidad del calor sin hipótesis atómicas de Fourier, Thomson aplica este análisis a la muerte térmica del universo. Dirichlet aplica al problema de tres cuerpos	Gustav Theodor Fechner Padre de la Psicofísica y del concepto de umbral La magnitud de la sensación crece en progresión aritmética y la del estímulo en progresión geométrica, en una función logarítmica	Introducción del acero y el petróleo Expansión del imperio prusiano Unificación de Alemania e Italia,  Guerra de secesión en EE.UU.
1844		Trabajos de Augusto Comte sobre el espíritu positivo	Edgar Alan Poe publica la <i>Carta Robada</i>
1850.	Weierstrass estabilidad del cosmos desde la convergencia y el rigor	Polémica nativistas empiristas Herring, Wundt vs Helmholtz	impresionismo
1855	Charles Darwin y Alfred Russel Wallace formulan la teoría de la selección natural en la evolución biológica		Antonio Meucci presenta el primer aparato de teléfono
1858			A partir de los trabajos de Virchow, Schleiden y Shawnn se formula le teoría celular
1863		John Stuart Mill Publica <i>El Utilitarismo</i>	K. Marx trabaja en los primeros libros <i>del Capital</i>
1865	CANTOR inicia la teoría de los numero inconmensurables y da los elementos para la hipótesis de los FRACTALES	La acción y la fenomenología	Abolición de la esclavitud en EE.UU.  Teoría de la herencia. De G. Mandel
1867			Manet pinta el Fusilamiento del emperador Maximiliano decidido por Benito Juárez
1871			La comuna de París

Cronología aproximada de hitos y eventos

1874		Brentano y la intencionalidad de la conciencia  Stumpf la psicología del acto	FloreCIMIENTO del Impresionismo
1878		Claude Bernard y <i>La Science Expérimentale</i>  Th. Ribot Padre de la Escuela Francesa de Psicología autor de obras sobre la memoria, la voluntad y la personalidad	
1879		W. Wundt funda el primer laboratorio científico de psicología, en Leipzig	Dostoiewsky publica los <i>Hermanos Karamazov</i>  Se pone en funcionamiento la primera locomotora eléctrica
1885			Segundo imperio, el desarrollo de las redes de trenes y la electricidad trifásica  Aparición de los primeros autos de Benz y Damier  Primeros edificios con estructura de hierro de la Escuela de Chicago de William Le Baron Jenney
1886			J. Pemberton vende las primeras botellas de Coca-Cola
1890		William James publica <i>Principios d Psicología</i>	
1892	Poincaré publica <i>Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste</i> (tres volúmenes, 1892, 1893, 1899). Que se considera el inicio de la Teoría el Caos introduce el análisis cualitativo de trayectorias, un punto clínico y heteroclínico.	H. Ebbinghaus renueva los estudios sobre la memoria y el olvido con métodos cuantitativos	
1984		A. Michotte Alumno de Wundt y Kulpe trabaja en el laboratorio fundado por A. Thiéry y hace famosos sus trabajos en Percepción experimental en Lovaina	

1895		Sigmund Freud el padre del Psicoanálisis Publica <i>Estudios sobre la Histeria</i>	Buddy Bolen forma su banda lo que se considera el nacimiento del Jazz
1897	Cuantun de acción Relatividad especial	Ramon y Cajal y su teoría celular	
1898		Sigmund Freud publica <i>La interpretación de los sueños</i>	
Siglo XX	Morse continuador de Birchoff, Smale antecesor de Thom		
1901		E. Titchener escribe <i>Psicología experimental</i>	
1902	Células de H. Bénard campo de la hidrodinámica empleando el principio de la convección Desorden estructural de las redes bidimensionales		
1903	Trabajos de Lyapounov el exponente y los fractales	La ley del efecto de Thorndike  Publicación de los trabajos de H. Binet sobre medición de la Inteligencia en Francia.	
1904			Concluye el periodo Azul de Picasso
1907		Henri Bergson publica <i>la Evolución Creadora</i> y del otro lado del océano William James su obra <i>Pragmatismo</i>	
1908			Salon des Independents exhibición del arte cubista de Braque, Derain y otros Expresionismo Alemán
1905		Claparède, con su <i>Pedagogía experimental</i> , también trabaja sobre la formulación de hipótesis en el niño	
1907		Henri Bergson publica <i>L'évolution creatrice</i>	
1909		F. Galton publica <i>Essays in Eugenics</i>	
1910		Bertrand Russell publica <i>los Principia Mathematica</i>	Matisse, pinta <i>La danza</i>  Comienzos de la revolución mexicana
1912		Wertheimer en Frankfurt promueve la <i>Psicología de la Gestalt</i> con sus trabajos sobre la psicología del movimiento	Cubismo

Cronología aproximada de hitos y eventos

1913		Jhon Watson publica el manifiesto sobre <i>El conductismo</i>  Thorndike publica <i>La psicología educacional</i>	Igor Stravinsky estrena la <i>Consagración de la Primavera</i> en París
1914-1918		K. Pearson se le identifica con estudios biométricos, como que las leyes de la naturaleza son relativas a la habilidad perceptiva del observador	Primera Guerra Mundial
1916		Revisión de Terman llamada Stanford de la escala de Binet	
1917		Kohler en las Islas Canarias prosigue en la línea de la gestalt y publica <i>The mentality of Apes</i> resultado del trabajo con monos atropoides	Comienzo de la revolución Rusa
1919		Hull publica <i>Quantitative Aspects of the Evolution of Concept</i>	W. Gropius combina el diseño la arquitectura y el arte y crea el bauhaus
1921	A. Einstein recibe el Premio Nobel por sus contribuciones a la fotoelectricidad	Koffka con su teoría del Insight que vigoriza la teoría de la Gestalt	
1923		F.C. Bartlett autor de <i>Psicología y cultura primitiva</i>	Lenin acaba de crear la URSS
1925	Ecuación de Lotka depredador-presa  Birschoff sistemas ergodicos, mecánica cuántica	Jean Piaget publica <i>Lenguaje y pensamiento</i>  Lev Vigotsky crea el laboratorio de Psicología para la Infancia anormal	A. Berg estrena <i>Wozzeck</i> y Virginia Woolf publica la <i>Señora Dalloway</i>
1926	Ecuación de Volterra depredador-presa	I.P. Pavlov y el reflejo condicionado, o condicionamiento clásico, fundamental en el formulación del conductismo	John Logie Baird transmite en directo imágenes en movimiento originando la televisión
1927		C. Spearman el factor G y la teoría bifactorial de la inteligencia	Surgimiento de la generación del 27  C. Lindbergh llega a París
1928	Carnap publica su trabajos de Lógica	Pierre Janet autor del <i>Tratado de Psicología</i> , que escribe con G. Dumas.  M. Mead publica su antropología sobre la adolescencia en Samoa	R. Magritte pinta el <i>Falso Espejo</i> , y <i>Los Amantes</i> , entre otras obras

¿Es la mente no lineal?

1930		Trabajos sobre la teoría de la actividad de Leontiev	La gran depresión
1931		Comienzo de los <i>Collected Papers</i> de Charles Sanders Peirce	Mao proclama China una república soviética
1932		Edward Tolman publica <i>Purposive Behavior in Animals and Men</i>	Trostky se asila en Francia antes de irse para México
1933		Lev Vigotsky publica <i>Lenguaje y Pensamiento</i>	A. Calder produce sus primeros móviles
1935		Thurstone fortalece las concepciones psicométricas de la inteligencia con el libro los <i>Vectores del a Inteligencia</i>	Italia invade Etiopía
1936	Física nuclear	Jean Piaget publica <i>El nacimiento de la Inteligencia</i>	Guerra civil española
1937	Formulación de la Teoría general de los Sistemas de L. von Bertalanffy		Picasso pinta <i>Guernica</i>
1939		Alexander Luria de la escuela Psicológica Socio cultural realiza su estudio sobre los gemelos  Kurt Lewin ligado a la Gestalt publica <i>Teoría del Campo y experimentación en Psicología Social</i>	Alemania invade A Polonia y se inicia la II Guerra mundial
1943		C. Hull en la universidad de Yale amplía los planteamientos de Watson con la concepción de metas en la conducta y aportes del positivismo lógica	J.Himmler arrasa los judíos en el Gueto de Varsovia
1944	L. Landau la turbulencia se presenta		Matisse dibuja <i>Dibujo de Mujer</i>
1945		Merleau Ponty publica la <i>Fenomenología de la Percepción</i>	Concluye la II Guerra Mundial  EE.UU. lanza la bomba nuclear a Hiroshima y Nagasaki
1948	Wiener con la cibernética introduce el concepto de <i>feedback</i> o retroalimentación  Shannon y la teoría de la información, y los problemas de la transmisión de la información	El inicio de la revolución cognitiva y tecnológica con el Simposio de Hixon liderados por Lashley y von Newmann	Asesinato de M. Ghandi  Invención del transistor

Cronología aproximada de hitos y eventos

1949		<p>Club Ratio, grupo informal de psicólogos en Inglaterra centrado en el estudio del procesamiento de información en animales y en máquinas</p> <p>En la obra <i>The Organization of Behavior</i> de DO. Hebb, se encuentran las bases de la teoría del conexionismo</p>	<p>Simon de Beauvoir escribe el <i>Segundo Sexo</i></p>
1950	Aceleradores de partículas	<p>Aparece la obra <i>La personalidad Autoritaria</i> de TH. Adorno</p> <p>Aparece la propuesta de Máquina de Alan Turing</p>	<p>Posguerra fría</p> <p>Se inicia la ‘caza de brujas’ del macartismo en EE.UU.</p>
1951	Descubrimiento de la reacción Belousov Zhabotinsky, que da cuenta de un régimen no periódico sino caótico	<p>N. Tinbergen escribe <i>The study of instinct</i></p>	<p>Se inaugura en NY la sede de la ONU</p> <p>M. Yourcenar publica <i>Memorias de Adriano</i></p>
1953	Comienzos de teoría de sistemas dinámicos con aplicaciones a la dinámica hamiltoniana, por parte de Kolmogorov y que luego darán cuenta de la teoría KAM, que Arnold y Moser por caminos independientes habían llegado al mismo resultado	<p>B.F. Skinner, creador de la caja negra o caja de Skinner, del condicionamiento operante, del refuerzo de la conducta, la modificación de la conducta. Uno de los padres del conductismo.</p> <p>David C. Mc Clelland publica <i>The achievement Motive</i></p>	<p>Watson y Crick descubren la estructura de la doble hélice de la molécula del ADN</p> <p>I. Xenakis introduce la música estocástica</p>
1956		<p>Piaget Funda en Ginebra el Centro Internacional de Epistemología genética</p> <p>El “Simposio sobre Teoría de la Información”</p> <p>George Miller escribe el <i>Mágico numero siete</i></p>	<p>Cortázar publica <i>Final del Juego</i></p> <p>Presencia de la Generación Beat, con Borroughs, Kerouak, y Ginsberg.</p>
1957		<p>Publicación de la Reseña del libro de Skinner <i>La conducta Verbal</i> por parte de Noam Chomsky</p> <p>Festinger publica <i>A Theory of Cognitive Dissonance</i></p>	<p>Lanzamiento del Sputnik ruso primer satélite artificial ganándole la carrera espacial a EE.UU.</p>

1959	Primeros planteamientos de René Thom sobre la teoría de las Catástrofes		Triunfo de la revolución cubana
1960		Bruner, Austen y Goodoow fundan el Harvard Center of Cognitive Studies en Harvard	Se comercializan las primeras píldoras anticonceptivas
1962			A. Obregon pinta <i>La Violencia</i> y Andy Warhol realiza la serie de sopas Cambell
1963	E. Lorenz Introduce el concepto de atractores extraños y acuñó el término efecto mariposa.	Aportes de Kantor al conductismo	Los Beattles componen <i>I want to hold your hand</i>
1965	Lofti A. Zadeh elabora una teoría de los conjuntos borrosos ( <i>fuzzy sets</i> ),		Asesinan a Malcom X
1967	Steve Smale y la teoría topológica  Winfree y la primera modelización matemática de la sincronización mutua de los osciladores biológicos		Edición príncipe de <i>Cien años de soledad</i>  Muere el Che Guevara
1968		Publicación del libro <i>La psicología cognitiva</i> de U. Neisser	El Mayo parisino cuando se prohíbe prohibir  Asesinato de Martin Luther King
1969		Los trabajos de D. Marr sobre visión computacional	Jan Palach se prende fuego como protesta a la invasión de la URSS a Tchechoslovaquia  Y N. Amstrong realiza el primer viaje a la Luna
1970		Empiezan a aparecer bibliografía sobre las capacidades insospechadas de los recién nacidos, con trabajos de J. Mehler, P. Bryant, Trabajos, T. Bower entre otros	Los comienzos de la era del Internet
1971	David Ruelle y Floris Takens ilustran el caos en las turbulencias desde una visión topológica	Flavell introduce el término de metacognición, pero antes ha escrito una de las primeras introducciones sistemáticas a la teoría piagetiana	A. Solzhenitsyn escribe <i>Archipiélago Gulag</i>

Cronología aproximada de hitos y eventos

1972	Prigogyne y sus trabajos sobre las propiedades disipativas de los sistemas		S. Jay Gould y la hipótesis del equilibrio interrumpido en la teoría biológica de la evolución
1973		Nicolas Tinbergen comparte el premio Nobel por sus trabajos en fisiología con von Frisch, y Konrad Lorenz étologo descubre el 'imprinting'  F. Varela y H. Maturana avanzan en su teoría de la autopoiesis	Golpe de estado contra Allende
1975	Benoit Mandelbrot y la fractalidad "Las nubes no son esferas, las montañas no son conos, los litorales no son circulares"  Los números de Feigenbaum.		Cae Saigón y termina la Guerra del Vietnam
1976	Robert May muestra como la iteración en una población de individuos lleva a un punto crítico de bifurcación y caos	Olga Maratos defiende su hallazgo de las imitaciones precoces en recién nacidos	Se inventa Ethernet
1977	Ilya Prigoine gana el premio Nobel de Química	Aparece por primera vez la revista Cognitive Science	En Suráfrica muere en prisión Stephen Biko líder del movimiento 'conciencia negra'
1978		Premack y Woodruff acuñan por primera vez el concepto de 'teoría de la mente'	Nace el primer bebé probeta
1979		Juan Pascual Leone neopiagetiano empieza a plantear su teoría del constructivismo dialéctico	Tras dos años de terror el Pol Pot se retira de la selva pero deja 2 millones de camboyanos muertos
1982	Meyer crea la primera wavelet	Trevarthen desarrolla el concepto de intersubjetividad	La guerra de las Malvinas entre Argentina y la Gran Bretaña  Entra al mercado el CD
1983		Publicación de la obra <i>La mente modular</i> de J. Fodor  K. Fisher publica sus primeros trabajos críticos de la teoría del desarrollo cuestionando la noción de estadio y planteando la posible discontinuidad del desarrollo	Luc Montagnier identifica el virus del VIH

1984	Jean Morlet y Alex Grossmann, escriben el primer artículo sobre la "wavelet",	D. Rumelhart análisis formales de la inteligencia PDP Procesamiento distribuido en paralelo	Asesinan a Indira Ghandi
1987	Ingrid Daubechies descubre una nueva clase de wavelet y además encuentra las conexiones de ellas con la teoría de fractales.  Primer gran libro de divulgación sobre el Caos de Gleick	Aportes de I. Martin Baró desde la Teología de la Liberación a la psicología cultural latinoamericana	O. Niemeyer el arquitecto brasilero construye la sala de conciertos Memorial de América Latinoamérica en Sao Paulo
1989		Planteamiento de las redes neuronales y los Modelos conexionistas o procesamiento distribuido en Paralelo de McLelland y Rumelhart. Así como Smolensky, entre otros	Cae el muro de Berlín  Matanza de la Plaza de Tiananmen en Pekín China
1991		A. Riviére publica <i>Objetos con Mente</i>	Desaparece la URSS y pasa a llamarse Federación Rusa
1992		A. Karmiloff-Smith publica Mas allá de la Modularidad	Bosnia Herzegovina gana en un referéndum la independencia de la antigua Yugoslavia, y comienza la guerra civil entre bosnios
1993		Thelen, Fogel firman el primer artículo de SDNL en Psicología	Apogeo de la Arquitectura High Tech de Norman Foster, Renzo Piano entre otros
1994		Thelen publica en USA con Smith <i>A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action.</i>  Van Geert publica en Holanda <i>Dynamic systems of development: Change between complexity and chaos</i>	Genocidio en Rwanda por parte de la etnia hutus contra los tutsis
1998	P. Gaspard y R. Dorfman prueban experimentalmente el 'caos microscópico de de átomos y moléculas ' en fluido		El juez B. Garzón hace detener a A. Pinochet mientras visita Londres



## Programa Editorial

Ciudad Universitaria, Meléndez  
Cali, Colombia

Teléfonos: (+57) 2 321 2227  
321 2100 ext. 7687

<http://programaeditorial.univalle.edu.co>  
[programa.editorial@correounivalle.edu.co](mailto:programa.editorial@correounivalle.edu.co)