

# Microgénesis y cambio cognitivo: adquisición del cardinal numérico

Vicente Bermejo

Universidad Complutense de Madrid

En el presente estudio se pretende caracterizar el análisis microgenético y evaluar su eficiencia como instrumento para estudiar el cambio cognitivo e intervenir en el desarrollo. Numerosas investigaciones confirman la eficacia de este procedimiento. Así ocurre, por ejemplo, en el siguiente trabajo de intervención sobre la adquisición del cardinal numérico. Los grupos experimental y control pasaron sendos pretest y postests. El grupo experimental siguió además un programa de aprendizaje específico. Los resultados muestran la existencia de diferencias significativas entre los dos grupos, de modo que la mayoría de los participantes del grupo experimental pasó del nivel cuarto al nivel seis en escasos días, cuando normalmente los niños requieren varios meses para llegar a este nivel evolutivo.

*Microgenesis and cognitive change: cardinality acquisition.* This study pretends to characterise the microgenetic analysis and assess its efficiency for studying cognitive change and intervening in development. The effectiveness of this procedure has been confirmed by many researches. That is shown, for instance, in an intervention study about the acquisition of cardinality. The pretest and post-tests were administered to the control and experimental groups. The experimental group completed a specific learning program. Results show significant differences between the groups, so that the experimental group went from the fourth level to the sixth level in a few days, when children in regular conditions require many months to attain this developmental level.

El cambio es un tema central en áreas como el desarrollo, el aprendizaje y la intervención. Sin embargo, no es fácil observar el cambio mismo, conocer sus causas y sus mecanismos. En general, el diseño transversal sólo permite observar el producto, el resultado del cambio, pero difícilmente el cambio mismo. Incluso el mismo diseño longitudinal conlleva a resultados similares si las pruebas se pasan en momentos demasiado distanciados unos de otros. Un modo de facilitar esta observación del cambio, de sus mecanismos y de la misma transición es el análisis microgenético (Inhelder y Cellier, 1992; Inhelder y otros, 1976; Kuhn, 1995; Miller y Coyle, 1999; Siegler y Crowley, 1991; Siegler y Jenkins, 1989; Werner, 1956; Wertsch y Stone, 1978).

Este estudio contiene tres partes principales. En primer lugar se analiza y describe el análisis microgenético, partiendo de los orígenes del mismo. En segundo lugar resaltamos las principales ventajas y desventajas de este análisis. Y, finalmente, mencionamos algunas aplicaciones del análisis microgenético, ilustrándolo con una de nuestras investigaciones sobre la adquisición del cardinal numérico.

## Análisis microgenético

Los orígenes del término «microgénesis» se remontan a Werner (1956) según Flavell y Draguns (1957). Werner (1965) distingue

dos tipos de experimentos genéticos: «se puede tratar de analizar la evolución de ciertos procesos que han sido natural o artificialmente creados en el laboratorio, o bien se puede estudiar la “primitivización” que aparece en el adulto bajo ciertas condiciones controlables» (p. 40). Para este autor «el experimento microgenético ofrece los medios para actualizar o externalizar visiblemente el desarrollo de representaciones internas y los mecanismos que las construyen» (Catán, 1986, p. 256), debido a que toda actividad humana, como el pensar, el percibir, etc., «es un proceso desplegado, y este despliegue o “microgénesis” puede ocurrir en segundos, horas o días» (Werner, 1956, p. 347), pudiendo secuenciarse en pasos evolutivos.

Por su parte, Vygotsky (1978), aunque no emplea el término «microgénesis», su metodología está estrechamente relacionada con las ideas de Werner, ya que se hace eco de los objetivos de la actualización, primitivización, miniaturización, externalización y aceleración (Catán, 1986). El «experimento evolutivo» de Vygotsky consiste en «crear artificialmente un proceso de desarrollo», como Werner había propuesto. Se trata, por tanto, de reconstruir el proceso evolutivo de capacidades superiores que ya se han automatizado o fosilizado, utilizando el «método funcional de la doble estimulación». Ello permite observar cómo un objeto neutro se convierte en signo para el niño, y cómo este niño utiliza el signo para solventar problemas o conseguir metas. Tanto para Werner como para Vygotsky, el método es una especie de «modelling» consistente en construir a pequeña escala modelos de los procesos evolutivos de la vida real (Catán, 1986).

Los estudios microgenéticos posteriores se han distanciado del significado genuino propuesto por Werner y Vygotsky, perdiendo el carácter de «modelling» o de simulación propio del experimento genético werneriano. Así, por ejemplo, el trabajo de Wertsch y

Stone (1978) es un estudio observacional de cómo acaece naturalmente una secuencia de eventos, y no un procedimiento artificial simulativo que pretenda verificar una teoría.

Para Inhelder y colaboradores la idea de microgénesis aparece clara: «El método más apropiado para trazar la evolución de un proceso como éste es un método que permita al sujeto tener la oportunidad de realizar experiencias de aprendizaje repetidas a fin de activar sus esquemas e incrementar la oportunidad para la interacción entre estos esquemas y los esquemas emergentes que surgen de la interacción con el medio-problema. El despliegue del comportamiento del sujeto durante las sesiones repetidas constituye lo que puede llamarse una microgénesis, o en otras palabras, “a telescoping” de un período de tiempo más largo del desarrollo macrogenético» (Inhelder y otros, 1976, p. 58). Los autores ginebrinos utilizan el término «despliegue» como sinónimo de microgénesis, al igual que lo había hecho antes Werner (1956). Para Inhelder y De Caprona (1992) las ventajas de este método residen en la posibilidad de «analizar las conductas cognitivas con mayor detalle y en toda su complejidad natural» (p. 29).

Saxe emplea el término de microgénesis para designar los cambios cognitivos que «ocurren cuando los individuos transforman formas culturales en medios cognitivos para representar y alcanzar objetivos en la práctica» (Saxe, 1999, p. 20). Esta formación de representaciones o estrategias se realiza en períodos cortos de tiempo.

Siegler y Crowley (1991) describen el estudio microgenético como un medio útil e interesante para analizar y observar directamente el cambio, la transición y sus mecanismos evolutivos. Tres propiedades fundamentales definen este estudio:

- a) Las observaciones se extienden desde el principio del cambio hasta que se alcanza una cierta estabilidad.
- b) La densidad de las observaciones debe ser alta.
- c) El comportamiento examinado se somete a un análisis intenso, ensayo tras ensayo, con el objetivo de inferir los procesos que originan los aspectos cuantitativos y cualitativos del cambio.

Siegler y Crowley (1992) concluyen sus comentarios diciendo que «el camino más claro para estudiar este tema consiste en observar cambios particulares que están ocurriendo en ese momento, obteniendo una alta densidad de observaciones durante ese período y analizando intensivamente el comportamiento cambiante que se observa» (p. 1.243).

Para Kuhn el objetivo del análisis microgenético consistiría en «acelerar el proceso de cambio ofreciendo al sujeto frecuentes oportunidades para activar las estrategias cognitivas que van a investigarse durante un período de tiempo de semanas o meses» (Kuhn, 1995, p. 133).

Conviene resaltar que, mientras Siegler habla de la «densidad de las observaciones» en el estudio microgenético, resaltando el carácter evolutivo desde la perspectiva del experimentador, Kuhn prefiere utilizar la expresión «densidad de la experiencia» (p. 138) o «densidad del ejercicio» (p. 133), que hace referencia, más bien, a los participantes de la investigación desde una perspectiva instruccional o de aprendizaje.

Concluyendo este apartado, el estudio microgenético supone que los niños pasan múltiples ensayos de un problema, o de diferentes versiones del mismo problema, en (una o) varias sesiones experimentales, a fin de acelerar el proceso de cambio y poder observarlo con mayor precisión (dimensión evolutiva), o poder intervenir más eficazmente en las nuevas adquisiciones.

### Ventajas y problemas del análisis microgenético

Las ventajas que ofrece el análisis microgenético son varias. En primer lugar, el cambio puede observarse directamente mientras está ocurriendo. En segundo lugar, este análisis permite estudiar varios aspectos del cambio, como la secuencia de los comportamientos, la rapidez de su ocurrencia, el grado de generalización, las diferencias individuales y sus causas (Siegler, 1996). Igualmente, facilita la detección de la variabilidad del comportamiento de los individuos ante la misma o similares tareas o circunstancias. Finalmente, se trata de un análisis flexible, ya que puede utilizarse para estudiar diferentes conceptos y desde distintas posiciones teóricas.

En cuanto a los problemas que plantea, algunos autores señalan que no parece claro que el cambio microgenético se produzca en la misma dirección que el cambio acontecido en situaciones naturales y espontáneas. Sin embargo, Kuhn (1995) afirma que la forma y la dirección del cambio son muy similares en sus estudios microgenéticos y en los estudios transversales. Otros autores se preguntan si los procesos de cambio son los mismos en la microgénesis (corto plazo) y en la ontogénesis (largo plazo) (Miller y Coyle, 1999). Aunque la respuesta no es fácil, parece razonable pensar con la escuela de Ginebra que los aprendizajes se insertan en los mecanismos generales del desarrollo.

Por otra parte, este análisis requiere amplios recursos materiales para poder repetir frecuentemente las observaciones. Igualmente, esta repetición hace difícil diferenciar los resultados de la evaluación de los resultados del aprendizaje, siendo conveniente el uso de grupos controles o incluir dos o más grupos con diferente grado de experiencia empírica. Miller y Coyle (1999) concluyen que el diseño que combina análisis microgenéticos y transversales puede ser más poderoso para estudiar el cambio que cualquiera de los dos por separado. O, como escriben Wertsch y Stone (1978), el estudio completo de la transición requiere necesariamente la combinación del análisis ontogénico y microgenético.

### Aplicaciones del análisis microgenético: la adquisición del cardinal numérico

El análisis microgenético se ha aplicado con resultados prometedores en diferentes dominios: en el ámbito del descubrimiento e invención (Inhelder y Cellier, 1992; Metz, 1993), la aritmética (Siegler, 1995; Stern, 1994), en razonamiento científico (Kuhn, García-Milá, Zohar y Anderson, 1995; Schauble, 1996), en memoria (Coyle y Bjorklund, 1995; Miller y Aloise-Young, 1995), en lectura (Fletcher, 1997), en dificultades de aprendizaje (Fletcher, Huffman, Bray y Grupe, 1998, para una revisión; Werner, 1956).

En un estudio sobre el cardinal numérico (Bermejo, Morales y García de Osuna, 2004) intentamos evaluar la eficiencia de la intervención instruccional desde una perspectiva microgenética. Como he indicado anteriormente, este enfoque aporta un conocimiento más detallado del desarrollo infantil, facilitando la identificación precisa de las competencias cognitivas actual y potencial de los niños antes de implementar un programa de aprendizaje (Vyotsky, 1977). En este sentido, el modelo de Bermejo (1996) sobre niveles de comprensión del cardinal numérico ofrece esta información. Brevemente, el modelo propone seis niveles evolutivos:

1. El niño no entiende la tarea y responde al azar.
2. Referencia parcial al conteo-cardinal: el niño propone una secuencia de numerales como respuesta, sin referencia a los objetos.

3. Referencia total al conteo-cardinal: el niño cuenta los objetos de nuevo.
4. La regla del último numeral: se da el último numeral utilizado en el conteo, sea éste correcto o incorrecto.
5. Respuesta parcial del cardinal: se da el numeral mayor utilizado en el conteo.
6. Comprensión total del cardinal.

Los niños que están en el nivel cuarto del modelo necesitan habitualmente varios meses para pasar al nivel sexto, es decir, para comprender totalmente el cardinal numérico (Bermejo, 1996). Teniendo en cuenta la aceleración propia del análisis microgenético, este estudio pretende mostrar que mediante un programa de aprendizaje orientado a la comprensión del cardinal numérico el niño puede pasar del nivel cuarto al nivel sexto en escasos días. Este programa de aprendizaje sigue la línea marcada por Vygotsky cuando escribe: «el único tipo de instrucción adecuada es el que marcha adelante del desarrollo y lo conduce... Sigue siendo necesario determinar el umbral más bajo en que la instrucción de la aritmética, digamos, puede comenzar, puesto que se requiere un cierto mínimo de madurez de las funciones. Pero debemos considerar también el nivel superior, la educación debe estar orientada hacia el futuro, no hacia el pasado» (Vygotsky, 1977, p. 143).

#### Participantes

Cuarenta y ocho niños fueron seleccionados mediante un pretest, constituido por cuatro tareas, que consistían en presentar un conjunto de elementos, pedir al niño que los cuente a partir del «dos» y que nos diga cuántos elementos hay. Todos los seleccionados estaban en el cuarto nivel del modelo de Bermejo (1996) sobre el cardinal numérico. Veinticuatro niños formaron, al azar, el grupo experimental y los 24 restantes constituyeron el grupo control. Los dos grupos pasaron dos postests, mientras que sólo el grupo experimental siguió el programa de aprendizaje.

#### Intervención

El programa de aprendizaje estaba formado por cuatro tipos de tareas que se pasaron cuatro veces (cuatro sesiones) al grupo experimental durante dos semanas. Una de las tareas consistía en presentar tres cubos de madera (A1), o cinco cubos (A2), en hilera, y se pedía al niño que contara los cubos. Después se le preguntaba cuántos cubos había. El experimentador resaltaba la respuesta del niño a fin de que éste la retuviera mejor en la memoria. De nuevo el experimentador pedía al participante que contara los cubos de la hilera, pero en este caso el participante debía contar a partir del numeral «dos». Terminado el conteo, se preguntaba de nuevo cuántos cubos había en la hilera. Las respuestas esperadas eran «cuatro» en el primer caso y «seis» en el segundo. Si el niño no era consciente de la contradicción, el investigador insistía en el hecho de que en las dos situaciones había los mismos cubos, sin cambios, y sin embargo, él había dado dos respuestas distintas. El procedimiento seguido en las demás tareas fue similar al anteriormente descrito (para más detalles metodológicos ver Bermejo, Morales y García de Osuna, 2004).

#### Eficacia microgenética

En los inicios de la 1.ª sesión el comportamiento de los niños era típico del nivel 4.º, como es el caso, por ejemplo, de Elena:

Exp.: «¿Puedes contar estos cubos, por favor?».

El.: «Uno, dos, tres».

Exp.: «¿Cuántos cubos hay?».

El.: «Tres».

Exp.: «¿Quieres contarlos de nuevo empezando por el “dos”?».

El.: «Dos, tres, cuatro».

Exp.: «¿Cuántos cubos hay?».

El.: «Cuatro».

Pero muy pronto los niños empiezan a ser conscientes de la contradicción, dudando de su estrategia consistente en dar el último numeral ante la pregunta «cuántos hay». Así, por ejemplo, más adelante, Elena da el último numeral como respuesta, pero de inmediato se corrige a sí misma, respondiendo correctamente.

A medida que se implementa el programa, los niños suelen dar respuestas correctas en tareas con pocos elementos, pero fracasan cuando hay más elementos. Esto acaece, por ejemplo, a Raúl, que acierta con tres elementos, pero responde incorrectamente con cinco:

Exp.: «¿Quieres contar ahora estos cubos?».

Ra.: «Uno, dos, tres, cuatro, cinco».

Exp.: «¿Cuántos cubos hay?».

Ra.: «Cinco».

Exp.: ¿Quieres contarlos ahora a partir del “dos”?».

Ra.: «Dos, tres, cuatro, cinco y seis».

Exp.: «¿Cuántos cubos hay?».

Ra.: «Seis».

Los resultados obtenidos en los postests muestran que existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (experimental y control), como indica el análisis de covarianza (ANCOVA),  $F(1,46) = 80.57$ ,  $p < 0.01$ . Efectivamente, los resultados del grupo control no cambian o apenas entre el pretest y los postests, mientras que el porcentaje de aciertos del grupo experimental se incrementa sensiblemente a lo largo de las sesiones, especialmente durante las dos primeras, tal como puede observarse en la figura 1.

Por otra parte, la mayoría de los participantes del grupo experimental emiten su primera respuesta correcta ante tareas con po-

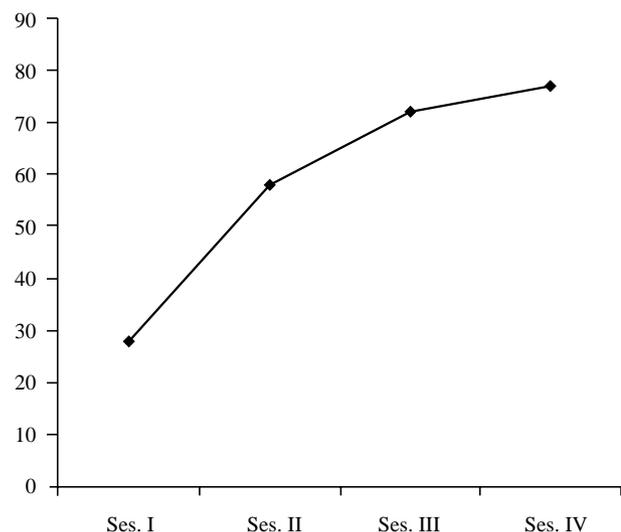


Figura 1. Porcentaje de respuestas correctas en el grupo experimental a través de las cuatro sesiones

cos elementos, de modo que los niños empiezan a adquirir el cardinal numérico ante pequeños conjuntos, y sólo más tarde son capaces de determinar el cardinal numérico de conjuntos mayores (ver tabla 1).

### Conclusiones

Numerosos estudios han puesto de relieve el interés y eficiencia del análisis microgenético para observar y analizar el cambio, las

	Ses. I	Ses. II	Ses. III	Ses. IV	Media
Tarea A1	0	42	58	75	44
A2	16	42	60	75	49
Tarea B1	29	60	75	83	64
B2	21	58	75	75	57
Tarea C1	75	79	87	91	84
C2	37	58	71	60	58
Tarea D1	25	71	71	79	60
D2	21	54	79	79	58

condiciones en que tiene lugar y las causas del mismo. El trabajo ilustrativo que hemos presentado muestra, además, cómo esta eficiencia se cumple igualmente en los diseños microgenéticos de intervención, especialmente con respecto a la aceleración del cambio. Efectivamente, el programa de aprendizaje utilizado ha tenido un efecto positivo a lo largo de las sesiones experimentales, de modo que la mayoría de los participantes del grupo experimental adquirieron el cardinal numérico en escasos días, cuando normalmente se requieren varios meses para alcanzar este nivel evolutivo.

Por otra parte, parece claro que tanto el conflicto cognitivo como el conocimiento de la competencia inicial y final del aprendizaje juegan un papel importante en la eficacia del programa. En el primer caso, la conciencia de la contradicción conduce a los niños a dudar primero, y después a rechazar la idea de que el cardinal de un conjunto viene dado, sin más, por el último numeral utilizado en el conteo, sea éste correcto o incorrecto. En el segundo, el modelo de Bermejo (1996) permite identificar con claridad ambas competencias.

Para concluir, este trabajo permite resaltar la relevancia de los estudios microgenéticos desde un punto de vista práctico. Cuando los profesores conocen los procesos (o pasos, como dicen Bermejo, 1996, y Werner, 1956) microgenéticos que los niños siguen para adquirir nuevos conocimientos, el proceso circular de evaluar, diagnosticar e intervenir en el aula resulta menos complejo y mucho más eficaz.

### Referencias

- Bermejo, V. (1996). Cardinality development and counting. *Developmental Psychology*, 32, 263-268.
- Bermejo, V., Morales, M. S. y García de Osuna, J. (2004). Supporting children's developing understanding of cardinality. *Learning and Instruction*, 14, 381-398.
- Catán, L. (1986). The dynamic display of process: historical development and contemporary uses of the microgenetic method. *Human Development*, 29, 252-263.
- Coyle, T. R. y Bjorklund, D. F. (1995). The development of strategic memory: a modified microgenetic assessment of utilization deficiencies. *Cognitive Development*, 11, 295-314.
- Flavel, J. H. y Draguns, J. D. (1957). A microgenetic approach to perception and thought. *Psychological Bulletin*, 54, 197-217.
- Fletcher, K. L. (1997, abril). Child-initiated behaviors during reading interactions in children from low and middle income backgrounds. *Paper presented at the Society for Research in Child Development*, Washington, DC.
- Fletcher, K. L., Huffman, L. F., Bray, N. W. y Grupe, L. A. (1998). The use of the microgenetic method with children with disabilities: discovering competence. *Early Education and Development*, 9, 357-373.
- Inhelder, B. y de Caprona, D. (1992). Hacia el constructivismo psicológico: ¿estructuras?, ¿procedimientos? Los dos indisolubles. En B. Inhelder y G. Cellier (eds.): *Los senderos de los descubrimientos del niño. Investigaciones sobre las microgénesis cognitivas* (pp. 25-56). Barcelona: Paidós (orig. 1992).
- Inhelder, B., Ackerman-Vallado, E., Blanchet, A., Karmiloff-Smith, A., Kilcher-Hagedorn, H., Montangero, J. y Robert, M. (1976). The process of invention in cognitive development: a report of research in progress. *Archives de Psychologie*, 171, 57-72.
- Kuhn, D. (1995). Microgenetic study of change: what has it told us? *Psychological Science*, 6, 133-139.
- Kuhn, D., García-Milá, M., Zohar, A. y Anderson, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 60 (Serial N.º 245).
- Metz, K. E. (1993). Preschoolers' developing knowledge of the pan balance: from new representation to transformed problem solving. *Cognition and Instruction*, 11, 31-93.
- Miller, P. H. y Coyle, T. R. (1999). Developmental change: lessons from microgenesis. En E. K. Scholnick, K. Nelson, S. A. Gelman y P. H. Miller (eds.): *Conceptual development. Piaget's legacy* (pp. 209-239). Mahwah, NJ: LEA.
- Saxe, G. B. (1999). Cognition, development and cultural practices. En E. Turiel (ed.): *Development and cultural change: Reciprocal processes* (pp. 19-35). San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32, 102-119.
- Siegler, R. S. (1995). How does change occur: A microgenetic study of number conservation. *Cognitive Psychology*, 25, 225-273.
- Siegler, R. S. y Crowley, K. (1991). The microgenetic method. *American Psychologist*, 46, 606-620.
- Siegler, R. S. y Crowley, K. (1992). Microgenetic method revisited. *American Psychologist*, 47, 1.241-1.243.
- Stern, E. (1994). A microgenetic longitudinal study on the acquisition of word problem solving skills. En J. H. E. Van Luit (ed.): *Research on learning and instruction of mathematics in kindergarten and primary school* (pp. 229-241). Doetinchem/Rapallo: Graviant Publishing Company.
- Vygotsky, L. S. (1977). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: Editorial la pléyade.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes*. London: Harvard University Press.
- Werner, H. (1965). *Psicología comparada del desarrollo mental*. Buenos Aires: Paidós.
- Werner, H. (1956). Microgenesis and aphasia. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 52, 347-353.
- Wertsch, J. y Stone, C. A. (1978). Microgenesis as a tool for developmental analysis. *Quarterly Newsletter Laboratory of Comparative Human Cognition*, 1, 8-10.