



[i.cemacyc.org](http://i.cemacyc.org)

# I CEMACYC

I Congreso de Educación Matemática de América Central y El Caribe

6 al 8 noviembre. 2013

Santo Domingo, República Dominicana



## Evaluación del cambio en la producción de numerales arábigos

Diego Alonso **Medina** Rodríguez  
Facultad de Psicología, Universidad Cooperativa de Colombia  
Colombia  
[diego.medinar@ucc.edu.co](mailto:diego.medinar@ucc.edu.co)

### Resumen

El presente estudio busca caracterizar el cambio en la producción de numerales arábigos de 29 niños que cursan el 1° grado de primaria. Se utiliza un diseño microgenético que plantea la aplicación de una tarea de escritura de numerales al dictado. En total se realizan cuatro aplicaciones con un intervalo de una semana y en cada una se propone a los niños 32 numerales diferentes –que corresponden a 5 tipos distintos–. Los resultados revelan que los mayores índices de variabilidad se encuentran en la producción de numerales *dieces Tipo 1* y *numerales de 2 dígitos sin cero*, esto indica que el conocimiento que los niños poseen para la escritura de este tipo de numerales es inestable. Igualmente, los patrones de variabilidad identificados en las sesiones plantean que los procesos significativos de cambio relativos al aprendizaje ocurren entre la primera y las dos últimas sesiones.

*Palabras clave:* numerales arábigos, variabilidad, número, escritura numérica, comprensión, transcodificación numérica

### Introducción

Algunas investigaciones (Orozco, 2003; Orozco y Hederich, 2000; Medina, 2012; Otálora, 2009), evidencian la necesidad de abordar desde perspectivas diferentes la observación y exploración de la actividad de escritura de numerales arábigos, con el propósito de abandonar la visión tradicional como reduccionista del aprendizaje de la notación numérica que considera esta actividad como un procedimiento aislado de carácter instrumental y automático, que excluye los procesos complejos participantes en el aprendizaje y en la comprensión de los números.

La escritura de numerales arábigos exige a los niños acceder al conocimiento de formas de representación gráfica que expresan cantidades básicas y posibilitan representar cualquier número cuando se combinan entre sí. Estas cantidades básicas son denominadas *primitivos*

*léxicos* y comprenden los dígitos [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], así como también el [0], el cual indica ausencia de cantidad (Noël y Turconi, 1999). Por otra parte, los niños también deben comprender que el sistema numérico verbal se compone de palabras número, las cuales se utilizan para expresar de manera individual cualquier cantidad. Estas expresiones numéricas corresponden a *palabras unidad* (“uno”, “dos”... “nueve”), *palabras decena* (“diez”, “veinte”... “noventa”), *palabras multiplicadoras* (“ciento” y “mil”), es decir, palabras que expresan potencias de diez y finalmente, la palabra “cero” (Noël y Turconi, 1999).

Hughes (1986), propone que el proceso de aprendizaje de los primitivos léxicos del [1] al [9], no constituye una gran dificultad para los niños y afirma que el verdadero problema radica en la comprensión del dígito [0]. Al respecto Brysbaert (1995), así como Wellman y Miller (1986), establecen que esta dificultad se debe a que dicho dígito no tiene un equivalente directo en las expresiones numéricas verbales.

Según Hederich y Camargo (2002), la escritura de numerales de dos cifras confronta a los niños con las características sintácticas del formato arábigo; el valor de posición. Así, cuando ellos no comprenden esta regla invierten las cadenas de dígitos o establecen correspondencias biunívocas entre las expresiones verbales y las representaciones arábigas. No obstante, estos autores proponen igualmente, que a los niños se les facilita la producción de numerales finalizados en cero –denominados nudos– como una consecuencia que su aprendizaje ocurre de manera independiente al rango de los mismos.

Nunes y Bryant (1998), plantean que los numerales de 3 y 4 cifras proponen un incremento en la dificultad sintáctica para la composición de expresiones numéricas. Cuando los niños se enfrentan a numerales de este tipo, ellos parecen operar sobre dos sistemas diferentes: uno para los numerales de dos cifras y otro para los que tienen más de dos cifras. Así, los niños escriben correctamente los numerales redondos de 3 dígitos y de 2 dígitos sin cero, pero escriben incorrectamente los numerales con más dígitos (por ejemplo por *tres mil quinientos ocho*, los niños escriben 30005008). Igualmente, los numerales de 3 y 4 cifras proponen una novedad para la comprensión de los niños; los ceros intermedios, los cuales generan un grado de mayor dificultad para la producción de numerales arábigos. En síntesis, los formatos de representación numérica arábigo y verbal proponen una serie de exigencias que los niños deben solventar y que se encuentran en función del rango numérico que identifica la expresión numérica con la cual se opera.

### **La escritura de numerales desde la perspectiva del procesamiento numérico**

Desde la perspectiva del procesamiento numérico la escritura de numerales a partir de una tarea de dictado se concibe como la traducción de un número representado en un código numérico inicial a otro de diferente (Medina, 2012). Esta traducción de un formato numérico a otro se denomina proceso de transcodificación numérica (Barrouillet, Camos, Perruchet y Serón, 2004).

Las investigaciones que aportan evidencia empírica sobre el procesamiento numérico en niños normales se apoyan en el modelo de naturaleza semántica de McCloskey, Caramazza y Basili (1985), para realizar el análisis de las producciones numéricas que los sujetos generan. Así, este modelo de procesamiento numérico plantea un sistema conformado por dos módulos funcionalmente autónomos. El primero de ellos, denominado *modulo de comprensión* y el segundo *modulo de producción*. A su vez, cada uno de estos componentes se subdividen en un *componente grafémico* que procesa los numerales arábigos (por ejemplo; 42) y un *mecanismo*

*fonológico* que procesa los numerales verbales (por ejemplo; *cuarenta y dos*). Igualmente, cada uno de estos subcomponentes se encuentra integrado por mecanismos de tipo *léxico y sintáctico*. De esta manera, el modelo de McCloskey et al., (1985), permite establecer dos categorías diferentes para el análisis de los numerales arábigos como verbales; las producciones que presentan dificultades léxicas y aquellas que presentan dificultades sintácticas; en el primer caso se encuentra involucrada la substitución o el intercambio de dígitos y en el segundo caso el incremento u decremento en la magnitud del numeral. Otros autores como Macoir, Audet y Breton, (1999), consideran una categoría adicional de análisis resultante de la combinación de los dos tipos de dificultades anteriormente mencionados y que denominan errores mixtos. Así, en este tipo de error se ve afectada simultáneamente la magnitud y la producción de los dígitos del numeral. Igualmente, algunos investigadores han propuesto un análisis más detallado de los errores léxicos, estableciendo que este tipo de producciones puede subdividirse en errores *léxicos de clase y dentro de la clase* (Macaruso, McCloskey y Alimosa, 1993). De acuerdo con Guerrero (2004), los primeros corresponden al cambio de posición de por lo menos uno de los dígitos de cantidad del numeral dictado y los segundos, al cambio de magnitud de por lo menos un dígito en el numeral dictado.

Orozco y Hederich (2000) proponen un análisis morfo–fonológico como sintáctico para describir los componentes que integran las expresiones numéricas verbales y su carácter operatorio. Según estos autores, las palabras numéricas se componen de prefijos que marcan cantidades básicas (por ejemplo “mil”, “ciento”, “tres” y prefijos como “cuar”, “cinc”, etc.) y prefijos que expresan potencias de diez ó unidad en un orden dado (por ejemplo “tres”, “cientos”, “mil”, “millón” y el sufijo “enta”). De esta manera, en la composición de una expresión numérica verbal estas marcas se combinan unas con otras y generan la conformación de diferentes palabras número (por ejemplo “ochenta y cuatro”, etc.). En consecuencia, para traducir expresiones numérico verbales a numerales arábigos se debe comprender que las marcas que indican potencia de diez en la expresión verbal señalan la posición de los dígitos en el numeral como su magnitud numérica y las marcas que indican cantidad se codifican con dígitos. En este sentido, cuando en el formato verbal las cantidades y potencias de un orden dado no se explicitan se deben llenar con un “0” la correspondiente posición” (Orozco, 2003).

Las tareas que tradicionalmente utilizadas en los estudios que abordan la actividad de transcodificación, corresponden a tareas de dictado de numerales en voz alta para su escritura ó en la presentación de numerales arábigos para su lectura. Por ejemplo, Power y Dal Martello (1990) proponen a niños de 2º grado una tarea de escritura al dictado. Los resultados evidencian que los niños transcodifican correctamente numerales menores a 3 dígitos. Sin embargo, cuando escriben numerales de 3 y 4 dígitos aparecen en sus producciones errores sintácticos. Por ejemplo, cuando se dicta “*trescientos sesenta y cinco*”, los niños escriben “30065” ó “3065”. Tales errores parecen deberse a una aplicación errónea de los operadores que participan en la producción de la expresión numérica, consistente en la aplicación de un operador de concatenación en vez de uno de sobrescritura. De esta manera, para transcodificar “*doscientos cinco*” se requiere escribir el dígito 5 sobre el último cero del 200; pero en vez de esto los niños aplican el operador de concatenación y añaden el 5 al 200 y escriben “2005”.

Seron, Deloche y Noël (1991), aplican una tarea de escritura de numerales a niños de 2º y 3º grado de primaria. Los resultados evidencian que los niños no dominan las reglas de combinación y por esto transcodifican cada palabra con su número correspondiente en el formato arábigo (por ejemplo, la expresión verbal “*cuatrocientos cuarenta y ocho*” se traduce como

400408), ó cuando comienzan a dominar progresivamente las relaciones aditivas y multiplicativas con la unidad, aparecen nuevos tipos de errores (por ejemplo, la expresión verbal “cuatrocientos cuarenta y ocho” se traduce como 4038).

Orozco, Guerrero y Otálora (2007), presentan a niños de 1º, 2º y 3º grado con edades entre 6 y 8 años una tarea de escritura de numerales al dictado, los datos resultantes establecen que en 1º y 2º grado los tipos de numeral que presentan mayor dificultad para los niños son los que no proponen ceros (por ejemplo el 325) o ceros en las unidades (por ejemplo el 320). En 2º y 3º grado los numerales más difíciles son los numerales que proponen cero en la posición de las centenas (por ejemplo el 3025). De manera general, los numerales tipo nudo (por ejemplo el 200) resultan los numerales más fáciles en todos los grados observados.

Como se ha establecido de manera previa, el estudio de la producción de numerales arábigos en niños desde una perspectiva de procesamiento numérico involucra generalmente investigaciones que responden a diseños transversales y longitudinales e incluso la aplicación de estudios de caso. Este tipo de estudios han permitido identificar condiciones y factores que participan en la transformación de las producciones numéricas que los niños generan, como por ejemplo: (1) Los tipos de errores observados en las producciones numéricas de los niños varían en función del grado escolar. Orozco et al., (2007) plantea que el porcentaje de aciertos aumenta de 2º a 3º, como consecuencia de la utilización de tipos de procedimientos de composición específicos y que en cada grado se observa la tendencia al predominio de un tipo de error. Igualmente, Power y Dal Martello (1990), así como Seron y Fayol (1994), establecen que los niños tienden a cometer más errores sintácticos que léxicos en cualquiera de los grados escolares que se observen. Orozco (2001), observó que los errores sintácticos disminuyen a medida que los niños avanzan en el grado escolar. (2) La estructura que identifica un numeral, influye en el nivel de logro evidenciado en la producción de numerales arábigos. En este sentido, Orozco et al., (2007) halló que el desempeño de los niños varía en función del tipo de numeral dictado. Por ejemplo, estos autores encontraron que en todos los grados los numerales tipo nudos –como el “300”– tienden a ser escritos correctamente y que los numerales con ceros intermedios tienden a ser escritos de manera incorrecta. (3) La coordinación entre las reglas inherentes a los formatos numéricos involucrados al momento de generar una composición numérica determinan igualmente el éxito en la producción de una expresión numérica. Así, Seron et al. (1991) y Seron y Fayol (1994), observaron que en los primeros grados los niños tienden a codificar de manera literal los componentes de la expresión numérica verbal, generando numerales arábigos por yuxtaposición –por ejemplo, cuando se dicta “veinticinco”, los niños escriben “205”–.

No obstante lo anterior, la literatura revisada no reporta estudios que planteen una caracterización de las producciones arábigas de niños en términos de efectuar un seguimiento a nivel microgenético de los cambios en los desempeños que ellos evidencian durante su proceso de escolarización o incluso al interior de un mismo grado. Solo se identificó un estudio exploratorio (ver Ceballos, 2012) que combina el análisis microgenético y el método de estudio de caso con el objeto de caracterizar la relación entre el conteo, la composición aditiva y la equivalencia numérica en la comprensión del valor de posición en niños de 1º grado, a partir de un proceso de intervención pre y post–test el cual involucraba la aplicación de una tarea de escritura de numerales. Los resultados obtenidos en la tarea de escritura sugieren que la intervención efectuada genera un efecto directo sobre los desempeños evidenciados durante la producción de expresiones arábigas y que al parecer ocurre una generalización de las reglas de escritura de numerales que se utilizan en órdenes numéricos inferiores a órdenes superiores.

Por otra parte, la utilización a nivel metodológico de un diseño microgenético para la observación del proceso de aprendizaje de la escritura de numerales es prácticamente inexistente, algunos investigadores interesados en la comprensión numérica resaltan la importancia de la utilización de este tipo de análisis para lograr el acceso al funcionamiento cognitivo de los niños en periodos de tiempo breves y para la captura de cambios relevantes que se encuentran vinculados con la comprensión numérica que ellos poseen (ver Orozco, 1997; Otálora, 2009). Esto se debe a que el análisis microgenético permite efectuar la observación de fenómenos que ocurren en tiempo presente, los cuales pueden llegar a durar segundos, minutos o días y posibilitar con ello, el seguimiento riguroso de secuencias de micro-eventos para generar descripciones de los elementos de cambio que ocurren en los desempeños y procesos cognitivos de los sujetos (Aldunate, Infante, Carré y Cornejo; 2009). Siegler (2007), plantea que los patrones de variabilidad pueden ser identificados a través de las estrategias que usan los sujetos de cualquier edad en la resolución de un problema. El uso o no de una estrategia determinada ó de un grupo de ellas, permite establecer regularidades e identificar tales patrones. Así, la variabilidad refleja el cambio cognitivo y proporciona elementos tanto para su análisis, como para la formulación de los mecanismos que lo generan. Igualmente, permite explicar y comprender las relaciones entre los cambios que se evidencian en el uso de estrategias a lo largo de varios desempeños, cuando estas son medidas en periodos cortos de tiempo.

En consecuencia, en este documento se plantea la descripción de un estudio exploratorio que pretende evaluar los cambios que se generan en la escritura numérica de niños que cursan el 1º grado. Se utiliza un diseño de tipo microgenético que busca establecer si esta metodología de investigación es relevante para explicar los cambios en la producción de numerales arábigos generados por los niños, además de establecer las características de estos cambios y su significancia.

### **Metodología**

Se utiliza un diseño microgenético para evaluar el proceso de cambio en la producción de numerales arábigos. Se efectúan cuatro aplicaciones sucesivas con un intervalo de una semana. La variable independiente corresponde a la estructura que identifica los numerales propuestos y la dependiente las producciones de los niños al escribir numerales al dictado. La unidad de análisis son las producciones erradas de los niños.

### **Participantes**

Participan en este estudio 29 niños de estrato socioeconómico medio-bajo que cursan el 1º grado de básica primaria en una escuela pública de la ciudad de Cali, Colombia. La edad de los niños oscila entre 6,2 años y 6,9 años.

### **Tarea y procedimiento**

Se utiliza una tarea que consiste en la escritura de numerales arábigos al dictado y que se aplica de manera individual. Antes de cada aplicación se proporciona a cada niño una hoja de papel para que escriba los numerales dictados. En sesión individual de 30 minutos en promedio, un entrevistador entrenado dicta aleatoriamente a cada niño los ítems seleccionados, proporcionado el espacio de tiempo necesario para que puedan escribirlos. En total se aplicaron 32 numerales arábigos diferentes que responden a 5 clases distintas. Así, para identificar las variaciones en las producciones de los niños se tomó como criterio básico el *tipo de numeral*, que hace referencia a

la estructura numérica específica de cada ítem aplicado. Se consideran los siguientes tipos: a. *Dígitos* (por ejemplo; 9); b. *Dieces Tipo 1* (por ejemplo; 11 a 15); c. *Dieces Tipo 2* (por ejemplo; 16 a 19), d. *Nudos* (por ejemplo; 60, 70, 80, 90), e. *Numerales sin cero* (por ejemplo; 89).

Las producciones de los niños participantes se codifican en función de las siguientes categorías: (1) el nivel de logro; *acierto* y *error*; (2) El tipo de error identificado, según las categorías *sintáctico* y *léxico* que plantea McCloskey et al., (1985), la categoría *mixta* que propone Macoir et al., (1999). Igualmente, en los errores léxicos se considera la diferenciación de subcategorías establecida por Macaruso et al., (1993), respecto a los errores *de clase* y *dentro de la clase* léxica. Por otra parte, los dos primeros niveles de análisis propuestos involucran la aplicación de la prueba *Chi-Cuadrado* para establecer el nivel de significancia; (3) Tipo de numeral –que ya se han descrito en el párrafo inmediatamente anterior. (4) Procedimientos que emplean los niños para la escritura de los numerales dictados. Se identificaron cinco tipos de procedimientos: a. Recuperación de marca de cantidad en posición incorrecta; b. Recuperación de marca de cantidad en posición correcta; c. Recuperación de todas las marcas de cantidad en posición incorrecta; d) Recuperación solo de marca de potencia de 10. (5) Tipo de estrategias utilizadas, que corresponden a dos clases: La primera de ellas denominada *estrategia fonológica*, la cual involucra los procedimientos denominados *a*, *c* y *d*. En este tipo de estrategia los niños se guían por las marcas fonológicas que le proporciona el numeral verbal dictado. El segundo tipo de estrategia es denominado *estrategia posicional*, que involucra el procedimiento *b*. En este tipo de estrategia los niños parecen orientar la producción de numerales arábigos por reglas del sistema arábigo escrito, tales como el valor de la posición o de los dígitos. Finalmente, las categorías establecidas en los procedimientos como en las estrategias, son propuestas por el estudio que se soporta el presente documento.

## Resultados

### Logro

El acierto para la producción de numerales arábigos de 1 y 2 cifras, presenta una tendencia al aumento a lo largo de las cuatro sesiones de aplicación. Por otra parte, el porcentaje de niños que no genera algún tipo de producción ante los ítems propuestos disminuye de la primera a la tercera aplicación para aumentar nuevamente en la última (ver Tabla I). Los relación en la proporción de éxito en función de las sesiones de aplicación es significativa entre la primera y tercera sesión  $X^2(1) = 7,787$ ;  $< 0,016$ , así como entre la primera y cuarta sesión  $X^2(1) = 7,712$ ;  $< 0,017$ .

**Tabla 1**

*Distribución de las producciones en función de logro*

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
<b>Acierto</b>	74.5%	79%	83.3%	84.2%
<b>Error</b>	12.1%	10.5%	8.7%	7.3%
<b>Sin Producción</b>	13.5%	10.5	8%	8.5%

*Fuente:* El autor.

### Tipo de numeral

Los *dígitos* y *dieces tipo 1*, presentan el mayor porcentaje de éxito a lo largo de las cuatro aplicaciones realizadas (Media = 93.1% y 89.5% respectivamente). El menor porcentaje de acierto lo evidencian los *numerales sin cero* y los *nudos* (Media = 75.6% y 75.2%).

En general, todos los tipos de numeral presentan un incremento progresivo en el porcentaje de acierto que se obtiene (ver Figura 1). El análisis de logro en función del tipo de numeral establece relaciones significativas entre los *dígitos* y *dieces tipo 2*;  $X^2(1) = 14,425$ ;  $< 0,000$ ), *dígitos* y *nudos*;  $X^2(1) = 19,522$ ;  $< 0,000$ ), *dígitos* y *no nudos*;  $X^2(1) = 19,899$ ;  $< 0,000$ . Igualmente, los datos evidenciaron relaciones significativas entre *dieces tipo 1* y *dieces tipo 2*;  $X^2(1) = 8,922$ ;  $< 0,019$ , *dieces tipo 1* y *numerales sin cero*;  $X^2(1) = 14,019$ ;  $< 0,000$ , y entre los numerales *dieces tipo 1* y los *nudos*;  $X^2(1) = 14,396$ ;  $< 0,001$ .

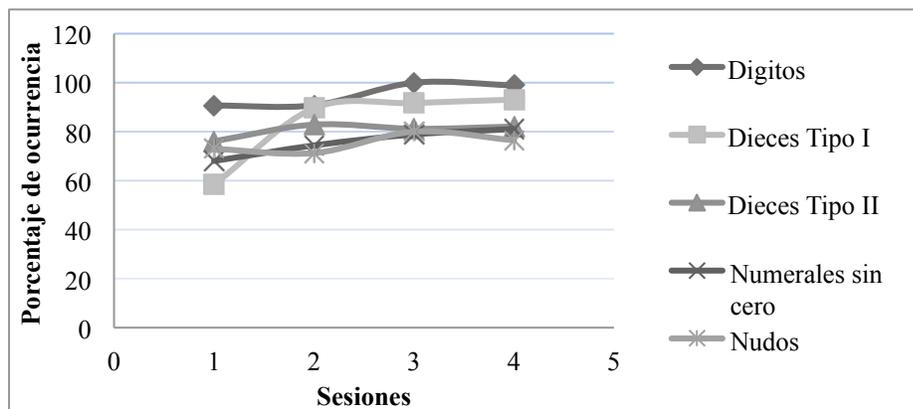


Figura 1. Variación en el porcentaje de ocurrencia en función de tipo de numeral.

### Tipo de error

Las producciones erradas de los niños son principalmente de carácter *léxico* que de tipo *sintáctico*. En las sesiones de aplicación, se evidencia un patrón de variabilidad inverso entre los errores *léxico de clase* y *léxico dentro de clase* (Ver Figura 2). Así, cuando el primer tipo de error decrece el segundo aumenta y viceversa. Los errores tipo *mixto* aumentan progresivamente de la primera a la segunda sesión. En la última sesión este tipo de error decrece. Los errores de tipo *sintácticos* aumentan de la primera a la segunda sesión. En la tercera sesión este tipo de error disminuye hasta desaparecer. En la cuarta sesión aumenta nuevamente.

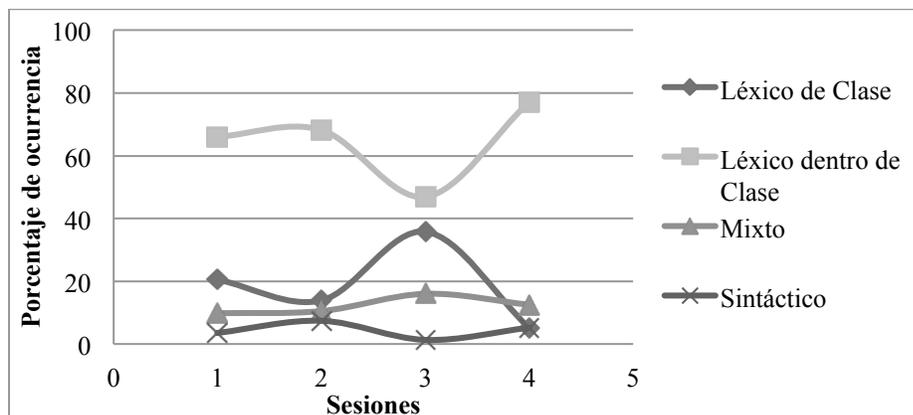


Figura 2. Variación en el porcentaje de ocurrencia en función del tipo de error.

## Procedimientos

El análisis de los procedimientos empleados por los niños, evidencia principalmente una tendencia a la recuperación de marcas sintácticas y a su codificación en dígitos correctos en una posición igualmente correcta (ver Figura 3). Igualmente, se evidencia un patrón de variabilidad inverso entre el procedimiento denominado *recuperación de marca de cantidad en posición incorrecta* y *recuperación de todas las marcas de cantidad en posición incorrecta*, que constituyen los procedimientos que con mayor frecuencia los niños acuden a su utilización.

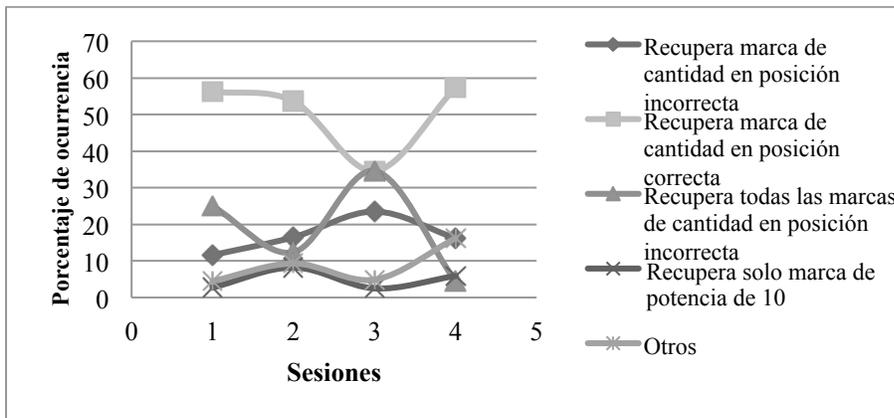


Figura 3. Variación en el porcentaje de ocurrencia en función del tipo de procedimiento.

## Estrategias

El análisis de las estrategias empleadas por los niños, evidencia que la *estrategia posicional* presenta un mayor porcentaje de ocurrencia sobre la *estrategia fonológica*. Igualmente, ambos tipos de estrategias presentan patrones inversos de variabilidad. Así, la estrategia fonológica disminuye entre la primera y segunda aplicación, para luego aumentar de la segunda a tercera aplicación, disminuyendo nuevamente de la tercera a cuarta aplicación.

En la *estrategia posicional*, el porcentaje de ocurrencia aumenta de la primera a la segunda aplicación y disminuye de la segunda a tercera aplicación. Finalmente aumenta nuevamente de la tercera a la cuarta aplicación.

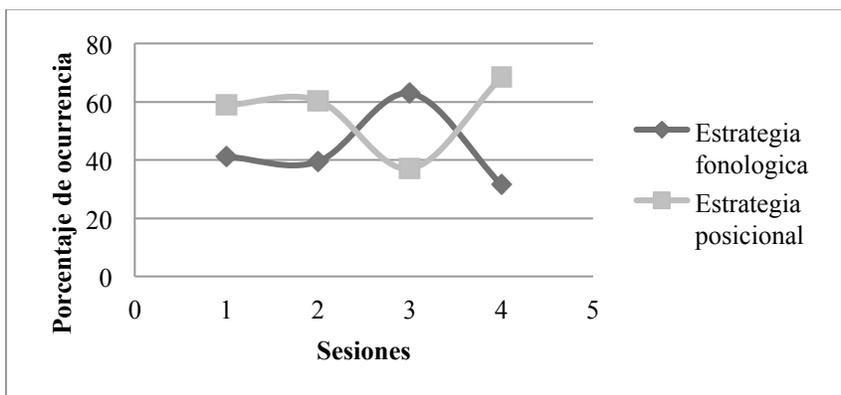


Figura 4. Variación en el porcentaje de ocurrencia en función del tipo de estrategia.

### Discusión y conclusiones

El patrón de cambio identificado a lo largo de las cuatro sesiones de aplicación con relación a la categoría de logro; consistente en un progresivo aumento del éxito para la producción de numerales arábigos de 1 y 2 dígitos, sugiere –de forma preliminar– que el conocimiento de los niños se transforma y consolida a lo largo de cada una de las sesiones de trabajo hacia la producción de numerales arábigos sintáctica y léxicamente adecuados. Igualmente, los resultados proponen que los procesos significativos de cambio ocurren entre la primera y las dos últimas aplicaciones. Sin embargo, análisis complementarios –presentados más adelante en este documento– establecen que no obstante esto ocurre, el conocimiento de los niños es todavía inestable frente al dominio de las reglas de escritura de numerales arábigos.

Por otra parte, los datos obtenidos en función de la categoría tipo de numeral, evidencian que los ítems con mayor variabilidad –en términos del éxito en su producción– son los numerales *dieces tipo 2* y los *nudos*. Los numerales *dígitos*, *dieces tipo 1* y *numerales sin cero*, tienden a ser transcodificados con el tiempo en cada nueva aplicación con expresiones arábigas estables y convencionales, es decir, se vuelven cada vez más fáciles de ser producidos para los niños. Los resultados observados en los *dieces tipo 2*, concuerdan con lo propuesto por algunos autores (ver Hugues, 1986, Medina, 2012; Noel y Turconi, 1999, Orozco y Otálora, 2007) en lo concerniente que la naturaleza propia de estos numerales –palabras numéricas base que corresponden a raíces o primitivos léxicos no derivados o resultantes de combinaciones entre palabras numéricas– afecta de manera especial la comprensión y producción de los mismos en la medida que no proporcionan indicadores fonológicos para su escritura. Sin embargo, respecto a los *nudos* los resultados parecen no concordar con lo propuesto en la literatura en cuanto que los niños se les facilita su producción (ver Hederich y Camargo, 2002; Nunes y Bryant, 1998; Orozco et al., 2007). Así, este tipo de numeral presenta un cambio constante en el porcentaje de éxito similar e incluso a veces menor al de los numerales sin cero –que la literatura reporta como de mayor dificultad–. Lo anterior podría implicar que el aprendizaje de los nudos no ocurre de manera tan independiente al de los ítems en el rango numérico al que pertenecen como proponen algunos autores (ver Hederich y Camargo, 2002); o como expresan otros, que debido al contacto más frecuente de los niños con este tipo de estructura numérica son más fáciles (ver Lerner y Sadovsky, 1997). Una posible explicación alternativa podría ser que los niños durante su proceso de aprendizaje generan representaciones procedimentales que se van transformando progresivamente (ver Kamiloff-Smith, 1994) a medida que los niños se ven exigidos a tener que re–conceptualizar constantemente la comprensión que han logrado construir en el uso cotidiano y al tener que vincular este conocimiento con el dominio que se le exige realizar frente a las estructuras numéricas de los numerales que pertenecen a un mismo orden. Lo que explicaría la variabilidad observada en este tipo de numeral. Los análisis estadísticos establecen igualmente una relación entre el éxito para la escritura de los *dígitos*, *dieces tipo 1* con los *dieces tipo 2*, *numerales sin cero* y *nudos*. Esta relación podría interpretarse como un indicador que el conocimiento adquirido para notar los dos primeros tipos de numerales mencionados es más sólido e incide en la escritura de los *dieces tipo 2*, *numerales sin cero* y *nudos*.

El análisis de los tipos de error en las producciones de los niños evidencia un mayor predominio de *errores léxicos* sobre los de tipo *sintáctico*. Lo anterior, parece señalar que ellos ya se encuentran operando sobre la coordinación de reglas de traducción convencionales entre el formato arábigo y verbal, que les permiten identificar la cantidad de espacios que componen las cifras de 1 y 2 dígitos. Así, muy posiblemente ya logran identificar que las partículas "enta" en

las expresiones numérico verbales se codifican con dos espacios en el numeral arábigo y su ausencia –en el caso de números de una cifra– con un espacio (ver Noël y Turconi, 1999; Orozco y Hederich; 2000). Por otra parte, respecto a la mayor ocurrencia de errores léxicos sobre los de tipo sintáctico es posible que sea una consecuencia originada de la exclusión en este estudio de numerales con estructuras más complejas que indujera a los niños a enfrentarse a numerales con un mayor grado de dificultad.

El predominio de errores *léxicos de clase*, *léxicos dentro de clase* y *mixtos*, evidencian que la comprensión de los niños se encuentra centrada en la codificación de marcas de cantidad y especialmente en las marcas de potencia de diez, otro claro indicador de la comprensión de reglas de coordinación para la traducción o transcodificación de expresiones numéricas verbales a numerales arábigos. En este sentido, el patrón de variabilidad inverso observado entre los errores *léxico de clase* y *léxico dentro de clase*, describe como ocurre el proceso de consolidación y dominio de estas reglas. Así, los niños parecen operar sobre dos ideas diferentes que se fundamenta en el *valor nominal* y *posicional* de los dígitos (por ejemplo, el dígito 3 en el numeral "32" alude al valor nominal de "3" y al valor posicional de "30"; para una ampliación de estos dos conceptos ver Várelas y Becker, 1997); la primera corresponde a la idea que las marcas de cantidad indican el valor nominal de los dígitos y la segunda, que las marcas de potencia de diez indican el valor posicional del dígito, en consecuencia, los niños parecen operar algunas veces sobre una u otra, pero se les presenta una gran dificultad conciliar de manera simultánea ambas conocimientos para la producción de un mismo numeral.

Lo anteriormente descrito guarda un estrecho vínculo con lo observado en el análisis de los datos relacionados con las categorías de los tipos de procedimientos, pues estos describen precisamente la dificultad entre la comprensión que poseen los niños sobre el valor nominal y posicional de los dígitos. Esto queda plasmado en el patrón inverso de variabilidad que evidencian los procedimientos: (1) *recupera marca de cantidad en posición correcta* y (2) *recupera todas las marcas de cantidad en posición incorrecta* (ver Figura 3). Así, cuando los niños codifican correctamente las marcas de potencia de diez de la expresión verbal, no logran codificar correctamente las marcas de cantidad de la misma expresión, o viceversa. La coexistencia de estas dos representaciones señala que los niños han construido reglas generales para la escritura de los numerales arábigos: 1) los espacios en el numeral son determinados por marcas de potencia de diez expresadas en el numeral verbal; 2) las marcas de cantidad en el numeral verbal expresan relación con un dígito determinado; 3) los dígitos deben ubicarse en un lugar específico. Respecto a esta última regla, es claro que los niños participantes aún no la dominan totalmente, lo cual señala que todavía no hay una comprensión clara de la regla del valor de posición.

El análisis de los patrones de variabilidad observados en las dos tipos de estrategias que se consideran en el presente estudio; *fonológica* y *posicional*, evidencian claramente el fenómeno descrito por Siegler (2007), en cuanto que en la mente de los sujetos coexisten estrategias de diferente nivel de complejidad para la resolución de un problema. Así, los niños parecen enfrentarse al conflicto cognitivo de orientarse para la producción de numerales arábigos únicamente a partir de los indicadores que les proporcionan las expresiones numéricas verbales; lo cual los llevan a realizar fenómenos de codificación literal de los fragmentos que la componen, y en otros casos parecen orientarse por una concepción elemental fundamentada en la regla del valor de posición. Así, estos patrones de variabilidad observados describen avances y retrocesos en la coordinación de las reglas inherentes a los dos formatos de representación

numéricos involucrados. Por otra parte, estos datos apoyan lo propuesto por Orozco et al., (2007), en cuanto que una de las mayores dificultades para dominar las reglas del sistema lo constituye el uso rudimentario de la regla del valor de posición. Finalmente, con relación al análisis microgenético, se puede establecer que su aplicación para el análisis en la producción de expresiones numéricas proporciona una oportunidad de profundizar en la comprensión que poseen los niños respecto a como ocurre el desarrollo y aprendizaje del proceso de transcodificación numérica.

### Agradecimientos

Artículo de investigación derivado del proyecto: "Escritura de numerales arábigos en niños de 1º grado de primaria. Una aproximación microgenética", el cual se desarrolló en el marco de la realización del "Seminario Permanente en Matemática y Cognición" de la Universidad del Valle, 2011, con el apoyo del grupo de investigación "Estudios Psicológicos en Educación" de la Universidad Cooperativa de Colombia – Sede Cali y el grupo de investigación "Matemática y Cognición" del Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura de la Universidad del Valle.

### Referencias bibliográficas

- Aldunate, N., Infante, J., Carré, D., & Cornejo, C. (2009). Saber –como sin saber– qué. Estudio microgenético de la percepción de las caras. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 22, 2, 311–326.
- Barrouillet, P., Camos V., Perruchet, P. & Seron X. (2004). ADAPT: A developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to Arabic numerals. *Psychological Review*, 111, 2, 368–394.
- Brysbart, M. (1995). Arabic number reading: on the nature of numerical scale and the origin of phonological recoding. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 434–452.
- Ceballos, F. A. (2012). *Comprensión del valor de posición a partir de la relación del conteo “a partir de”, la composición aditiva y la equivalencia numérica. Un estudio exploratorio en niños de 2º de primaria* (Trabajo de Pregrado en Psicología). Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.
- Guerrero L., D. F. (2004). *Escritura de numerales arábigos en una tarea de dictado: La notación de los ceros* (Trabajo de Pregrado en Psicología). Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.
- Hederich, C. & Camargo, A. (2002). Hacia la construcción de un modelo de procesamiento numérico. El desarrollo de la transcodificación de numerales verbales a formato arábigo. Informe Técnico Final Presentado a COLCIENCIAS. Bogotá: CIUP, Universidad Pedagógica Nacional.
- Hughes, M. (1986). *Children and number. Difficulties in learning mathematics*. Malden: Blacwell Publishers.
- Karmiloff-Smith, A. (1994). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza Editorial.
- Lerner, D., & Sadosky, P. (1997). El sistema de numeración: un problema didáctico. En Parra, C. & Saiz, J. (Eds.), *Didáctica de las matemáticas* (pp. 95–184). Buenos Aires: Paidós.
- Macaruso, P., McCloskey, M., & Aliminoso, D. (1993). The functional architecture of the cognitive numerical-processing system: Evidence from a patient with multiple impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 10, 4, 341–376.

- Macoir, J., Audet, T., & Breton, M. (1999). Code-dependent pathways for number transcoding: evidence from a case of selective impairment in written verbal numeral to arabic transcoding. *Cortex*, 35, 629-645.
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. G. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 44, 107-157.
- Medina R., D. A. (2012). Efecto de la comprensión del valor de posición en la escritura de numerales arábigos en niños de 1° grado (Tesis de Maestría en Psicología). Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.
- Noel, M., & Turconi, E. (1999). Assessing number transcoding in children. *European Review of applied psychology*, 49(4), 295-302.
- Nunes, T. & Bryant, P. (1997). *Las Matemáticas y su aplicación: La perspectiva del niño*. México: Siglo XXI Editores.
- Orozco, M. (2001). *Los errores sintácticos cuando los niños aprenden a escribir numerales* (PaperBook). Cali; Centro de Investigaciones en Psicología. Universidad del Valle.
- Orozco, M. (2003). *Estudio comparativo de errores de niños al escribir numerales*. Cali, COLCIENCIAS. Proyecto de investigación aprobado por la Universidad del Valle, con el auspicio de COLCIENCIAS.
- Orozco, M. (1997). *Análisis microgenético y procesual de la construcción de la operación multiplicativa* (Tesis Doctoral en Psicología). Universidad de Barcelona, España.
- Orozco, M., Guerrero, D. F., & Otálora, Y. (2007). Los errores sintácticos al escribir numerales en rango superior. *Infancia y Aprendizaje*, 30(2), 147-162.
- Orozco, M., & Hederich, C. (2000). *Construcción de la operación multiplicativa y del sistema de notación en base 10: una relación posible*. Informe final de investigación. Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura. COLCIENCIAS. Universidad del Valle; Santiago de Cali.
- Otálora, Y. (2009). *Cambio cognitivo en la comprensión numérica de niños en los primeros años escolares*. Informe final de investigación. Centro de Investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura. Universidad del Valle: Santiago de Cali.
- Power, R. & Dal Martello, M. (1990). The dictation of Italian numerals. *Language and Cognitive Processes*, 5, 237-254.
- Seron, X., Deloche, G. & Noël, M.P. (1991). Un transcodage des nombres chez l'enfant: La production des chiffres sous dictée. En J. Bideaud, C. Meljac & J.P. Fisher (Ed.), *Les chemins du nombre* (pp. 303-328). Presse universitaire de Lille, France. Traduction anglaise: Pathways to numbers. Lawrence Erlbaum.
- Seron, X. & Fayol, M. (1994). Number transcoding in children: A functional analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, 12, 281-300.
- Siegler, R., S. (2007). Variabilidad Cognitiva. *Developmental Science*, 10, 1, 104-109.
- Varelas, M. & Becker, J. (1997). Children's Developing Understanding of place Value: Semiotic Aspects. *Cognition and Instruction*, 15, 2, 256-286.
- Wellman, H., & Miller, K. F. (1986). Thinking about nothing: development of the concepts of zero. *British Journal of Developmental Psychology*, 4, 31-42.