

# NUEVAS TECNOLOGÍAS Y APRENDIZAJE MATEMÁTICO EN NIÑOS CON SÍNDROME DE DOWN: GENERALIZACIÓN PARA LA AUTONOMÍA

**Juana M. Ortega-Tudela**  
Departamento de Pedagogía

**Carlos J. Gómez-Ariza**  
Departamento de Psicología

*Universidad de Jaén*

## **RESUMEN**

El presente trabajo analiza el efecto del uso de materiales multimedia en el aprendizaje de contenidos matemáticos y sus posibilidades de generalización a personas con síndrome de Down. Dos grupos de niños fueron instruidos, con distintas metodologías de enseñanza, en los principios de conteo y cantidad. Mientras un grupo trabajó con material multimedia, el otro lo hizo con una metodología tradicional de lápiz y papel. Tras el proceso de enseñanza, ambos grupos fueron evaluados mediante una tarea que simulaba una situación de compra. Los resultados sugieren un claro efecto facilitador de la metodología multimedia en la generalización de los conceptos y habilidades básicos de conteo en niños con síndrome de Down.

Palabras clave: Multimedia, enseñanza asistida por ordenador, síndrome de Down, aprendizaje matemático.

## **ABSTRACT**

The present study aims to explore the effect of using multimedia material on the learning and generalization of mathematical contents in Down syndrome children. Two groups of children were trained in the principles of counting and cardinality. One group learned by means of a computer-assisted teaching and the other did it by using a paper-and-pencil-based methodology. After the teaching process, both groups were assessed with a task pretending a shopping setting. The results strongly suggest an effect of multimedia teaching to facilitate the generalization of the concepts and skills learned by Down syndrome children.

Keywords: Multimedia, computer-assisted learning, Down syndrome, mathematical learning.

## **1. Introducción**

Uno de los objetivos deseables de cualquier aprendizaje, al menos desde un punto de vista educativo, es el de conseguir la generalización de los conocimientos a contextos distintos de los utilizados durante su proceso de adquisición. Sin embargo, es bien sabido que los niños con síndrome de Down (SD) presentan serias dificultades de generalización. Es por esto que la consecución de esta transferencia del aprendizaje es uno de los mayores retos en la enseñanza de estas personas. Así, algunos trabajos demuestran que los problemas de generalización se observan ya en las primeras etapas de la vida del niño con SD y en diferentes áreas de su desarrollo. Salzberg y Villani

(1983) observaron, por ejemplo, que la imitación vocal no se generalizaba al ambiente del hogar hasta que se llevaba a cabo un entrenamiento específico.

Una de las áreas de conocimiento en la que mayores dificultades de aprendizaje y generalización presentan las personas con SD es la de las matemáticas (Faragher y Brown, 2005). De hecho, la literatura al respecto enfatiza que estas personas muestran problemas incluso con la adquisición de conceptos y habilidades matemáticas fundamentales (e.g., Byrne y otros, 1995; Carr, 1988; Gijón, 2000; Nye y Bird, 1996); contenidos estos que se suponen pilares básicos tanto para el posterior aprendizaje de nuevos y más complejos conceptos matemáticos, como para su desenvolvimiento y desarrollo social. Uno de los ejemplos más significativos en este sentido tiene que ver con el manejo del dinero. Una actividad diaria para la que resultan imprescindibles la habilidad de contar y el concepto de cantidad. Por ello, el aprendizaje de estos primeros contenidos lógico-matemáticos es fundamental en la vida académica y social de estas personas pues, por un lado, permitiría un acercamiento a contenidos de mayor complejidad y abstracción y, por otro, facilitaría su integración activa en la sociedad. Todo esto permite pensar en la importancia de planificar situaciones de enseñanza que favorezcan la posterior generalización de aprendizajes, así como la necesidad de intentar establecer ejercicios de práctica vinculados a situaciones de la vida diaria.

Un reciente estudio realizado por Faragher y Brown (2005) sugiere la importancia de considerar la habilidad numérica como un índice de calidad de vida para las personas con SD. En concreto, hacen referencia al término “numeracy” (alfabetización numérica) que desde finales de los cincuenta ha sido entendido como el equivalente, en el ámbito de las matemáticas, a lo que conocemos como alfabetización en el ámbito de la lectura y la escritura. El trabajo de estos autores se centra en conocer hasta qué punto la alfabetización numérica puede ser el desencadenante y el facilitador de una garantía de calidad de vida de adultos con SD. Para ello, analizan el uso que hacen estas personas de las habilidades numéricas y en qué medida esto influye o puede verse favorecido por su calidad y estilo de vida.

Según su estudio, las personas con SD poseen y usan contenidos matemáticos en función de la cantidad y riqueza de los contextos en que se desenvuelven, lo que supone una mejora de su calidad de vida. La adquisición de contenidos lógico-matemáticos ligados a experiencias de la vida diaria les permite observar los beneficios que les reporta su utilización. En conclusión, no parece que pueda ser un objetivo suficiente que las personas realicen sumas perfectamente sobre el papel, si no son capaces de aplicar esa habilidad para resolver una situación problemática en el supermercado. La idea sería, más bien, diseñar condiciones y situaciones de aprendizaje orientadas hacia su aplicación a la vida cotidiana. No obstante, parece obvio que para ello deban tenerse en cuenta las características de las personas con SD y planificar las actuaciones de enseñanza a partir de ellas (Borbones y Golano, 1998).

#### El ordenador como facilitador del aprendizaje

Existe una ingente cantidad de estudios que demuestra la bondad del ordenador como herramienta de enseñanza de contenidos matemáticos en niños con y sin necesidades educativas especiales (e.g., Boone, Higgins y Notari, 1996; Chen y Bernard-Opitz, 1993; Clements, 2002; Davidson, Elcock y Noyes, 1996; Heimann y otros, 1995; Shilling, 1997; Talley, Lancy y Lee, 1997). Por ejemplo, Brinkley y Watson (1987)

encontraron que niños de tres años realizaban mejor tareas de clasificación de objetos mediante la simulación en el ordenador, que con objetos reales. Char (1989) mostró que un grupo de niños sin necesidades educativas especiales aprendían determinados contenidos lógico-matemáticos de forma más rápida y significativa cuando utilizaban el ordenador como herramienta. En esta misma línea, Clements y sus colegas (Clements y Nastasi, 1993; Clements y Samara, 2002) mostraron que los niños que utilizan el ordenador durante el aprendizaje de la aritmética adquirirían un pensamiento conceptual de más alto nivel que aquellos que lo hacían de forma tradicional. Langone y otros (1999), por su parte, encontraron que los alumnos con dificultades de aprendizaje enseñados con material multimedia realizaban mejor tareas de emparejamiento que alumnos que habían sido instruidos sin el uso de este material.

En su conjunto, todos estos resultados permiten pensar en la importancia que el uso del ordenador podría tener para la enseñanza de conceptos matemáticos en personas con SD. Además, podría pensarse que gracias a las posibilidades de individualización que presenta este medio sería fácil conseguir la simulación de múltiples contextos, lo que proporcionaría mejores condiciones para la posterior generalización de los contenidos y habilidades aprendidos.

En ese sentido, el principal objetivo de este trabajo es el de explorar las posibilidades del ordenador como instrumento de enseñanza que ayude en la posterior generalización de conocimientos y habilidades matemáticos. En concreto, se centra en los contenidos de conteo y cantidad por considerarlos la base fundamental sobre la que se asientan gran parte de los posteriores aprendizajes lógico-matemáticos.

Como se sugirió anteriormente, para optimizar el proceso de enseñanza en las personas con SD han de tenerse en cuenta algunas de sus características que, de otra manera, podrían limitar sus posibilidades de aprendizaje. Por ejemplo, sus alteraciones sensoriales podrían dificultar el acceso a la información (Dahle y Baldwin, 1992; 1994, Pueschel y Sustrova, 1997), y sus deficiencias del procesamiento, especialmente en la modalidad auditiva, podrían hacer más difícil la adquisición y consolidación de conocimientos y habilidades (Lincoln y otros, 1985; Marcell y Armstrong, 1982; Pueschel, 1990; Rondal y otros 1997).

Sin embargo, algunas de estas características podrían ser contrarrestadas con el uso del ordenador como instrumento de enseñanza, por ejemplo, al permitir la adaptación de la presentación de la información a las necesidades del usuario. En esta línea, Buckley (1995) atribuyó la facilitación del aprendizaje proporcionada por el ordenador al hecho de que la mayor parte de la información sea presentada por el canal visual, además del auditivo.

Por otro lado, los problemas en el funcionamiento de la memoria de trabajo que presentan las personas con SD (e.g. Byrne y otros, 1995; Florez, 1990; Jarrold y Baddeley, 2001) requerirían el uso de materiales que puedan ser presentados de forma reiterada y flexible para facilitar su organización y elaboración. Además, sus dificultades en atención sugieren la necesidad de ayudarles a focalizarse sobre los elementos relevantes de la tarea (Flórez, 1999; Nadel, 1988; Rondal y otros, 1997). En este sentido, la individualización y secuenciación de las tareas que permite el ordenador podría ayudar a solucionar estas dificultades mediante la presentación de la información relevante en el momento y la forma oportunos.

Otras posibilidades que presenta el software multimedia están relacionadas con su poder motivacional. Chen y Bernard-Opitz (1993) han demostrado la influencia positiva del ordenador sobre la conducta y el aprendizaje de alumnos con necesidades educativas especiales. Además, el material multimedia permite concretar determinados contenidos mediante estructuras dinámicas de presentación (por ejemplo, mediante elementos en movimiento e inclusión de ejemplificaciones y experiencias), que podría permitir salvar sus problemas en pensamiento abstracto. Así, el uso de una metodología que utilice material multimedia como instrumento formativo podría facilitar el acceso a la información y el aprendizaje de las personas con SD, siempre que estos materiales resulten accesibles a estas personas (Ortega-Tudela y Parras, 2002).

En resumen, parece obvia la necesidad de tener en cuenta las características de las personas con SD, en especial aquellas que afectan a sus procesos de aprendizaje, para poder ofrecer una respuesta adecuada a sus necesidades. En este sentido, el material multimedia parece ser una buena herramienta para adaptar el contexto de aprendizaje a las particularidades de estas personas. No obstante, no debe olvidarse la enorme variabilidad individual en relación con la presencia y grado de las dificultades de aprendizaje de las personas con SD.

### Principios de conteo

En este estudio, se pretende explorar la capacidad de niños con SD para aprender contenidos lógico-matemáticos, especialmente, en conocer hasta qué punto el uso del ordenador podría ayudar a generalizar los conceptos y habilidades adquiridas a contextos distintos a los puramente académicos. Nos centraremos en el aprendizaje de conteo y cantidad dada su importancia como elementos vertebrados de futuros aprendizajes matemáticos más complejos. En concreto, en la adquisición de tres de los principios de conteo enunciados por Gelman y colaboradores (e.g., Gelman y Gallistel, 1978; Gelman y Meck, 1983; Gelman, Meck, y Merkin, 1986). Estos autores proponen que para poder contar de forma eficiente, debe poseerse un conjunto de principios de conteo. Este conjunto sobre el “cómo” contar engloba a cinco principios individuales. El principio de “correspondencia uno a uno” establece que a cada objeto le debe corresponder una, y sólo una, etiqueta numeral, sin que ningún objeto se cuente dos veces y ninguno se quede sin contar. En segundo lugar, el principio de “serie estable” hace referencia a la necesidad de utilizar una serie constante y convencional de números que en nuestro caso es la secuencia decimal. El principio de “cardinalidad” establece que el último número de la serie contada responde a la pregunta de “¿cuántos hay?” e indica la cantidad de elementos en el conjunto. Sin embargo, este procedimiento para probar el concepto de cantidad ha sido criticado por algunos autores. Frye y otros (1989), por ejemplo, consideran que responder a la pregunta ¿cuántos hay? con el último número contado no implica necesariamente la comprensión de la cardinalidad de un conjunto. (en adelante precantidad). Sin embargo, se asume que realizar correctamente la tarea de dar un conjunto “X” de elementos cuando son solicitados por otra persona requiere, necesariamente, la comprensión de la cardinalidad del conjunto solicitado (Frye y otros, 1989). Por ello en el presente estudio se hizo también uso de esta tarea (en adelante “Dar X”) que proporciona una medida más fiable de la ejecución de este principio.

Los otros dos principios enumerados por Gelman y colaboradores son: “Irrelevancia en el orden”, que implica que podemos contar en diferentes direcciones y sentidos siempre

que mantengamos el principio de correspondencia uno a uno; y “abstracción”, que implica la necesidad de saber que todos los objetos que formen una colección pueden ser contados.

## **ESTUDIO**

Como se comentó anteriormente, el objetivo del presente estudio era conocer hasta qué punto el ordenador puede resultar un instrumento útil de enseñanza para ayudar a la generalización de conocimientos y habilidades matemáticas. A partir de lo expuesto anteriormente respecto a las posibilidades del material multimedia, esperábamos encontrar un efecto beneficioso de la enseñanza asistida por ordenador en la adquisición y generalización de los conceptos y habilidades que subyacen a los principios de conteo descritos anteriormente. Un efecto mayor al que cabría esperar si la enseñanza se llevara a cabo mediante un procedimiento tradicional de lápiz y papel.

### **2.-Método**

#### *2.1. Participantes*

En el estudio participaron 18 niños con SD asistentes a la Asociación SD “Jaén y provincia”. En un primer momento se comenzó a trabajar con 23 niños aunque, debido a la mortandad experimental, al finalizar el trabajo se disponía de 10 niños en el grupo experimental (7 niños y 3 niñas) con una media de edad de 6.3 años (DT = 2.3) y ocho en el control (3 niños y 5 niñas) con una media de edad de 6.8 (DT = 2.1). La asignación de los sujetos a los grupos fue aleatoria.

Estos niños fueron elegidos por no tener adquiridos, ninguno de ellos, los contenidos de conteo y cantidad una vez analizadas las competencias curriculares. Una comparación de los dos grupos antes de comenzar con los programas de enseñanza confirmó que no existían diferencias significativas entre ellos en ninguna de las pruebas.

#### *2.2. Diseño*

El estudio implicaba un diseño unifactorial entregrupos. La variable independiente fue el tipo de herramienta utilizada en el proceso de enseñanza (ordenador en el Experimental vs. fichas de lápiz y papel en el Control). El posible efecto de esta variable se evaluó mediante un grupo de tareas multimedia y de generalización.

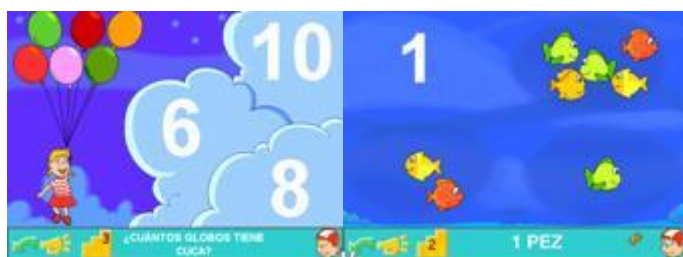
#### *2.3. Material y Procedimiento*

##### *2.3.1. Procedimiento de las sesiones de aprendizaje.*

Durante el tiempo que duró todo el proceso de enseñanza se llevaron a cabo un total de 15 sesiones de instrucción que diferían en ambos grupos. A continuación se describen las características de cada uno de ellos. Todas las sesiones, tanto las de evaluación como las de entrenamiento, se realizaron de forma individualizada y seguían el mismo procedimiento.

*Grupo Experimental.* El entrenamiento en este grupo se realizó con el programa informático multimedia *Mis primeros pasos con Pipo (Cibal Multimedia)* (Figura 1). En

concreto, a través de dos actividades de este programa. En estos ejercicios los niños debían realizar el conteo de diferentes conjuntos de peces y asociarlos a la cantidad solicitada, en el caso de uno de los juegos y, en el otro, contar los globos que llevaba en la mano una muñeca. Cada uno de los juegos presentaba tres niveles de dificultad en función de los elementos a contar (1 a 10 elementos). Los niños pasaban de nivel al realizar un ochenta por ciento de las demandas sin error en su primer intento. No obstante, la duración del ejercicio varió en función de la ejecución del niño, ya que tenía que realizar doce demandas en cada uno de los ejercicios.



**Figura 1. Pantallas del programa “Mis primeros pasos con Pipo”**

*Grupo Control.* En este caso, el periodo de formación se realizó con fichas de lápiz y papel, para lo cual se imprimieron en color las pantallas de los juegos de *Mis primeros Pasos con Pipo*. Así, se realizaban los mismos juegos que en el grupo experimental pero con la mediación del profesor y no del ordenador. La idea era minimizar las diferencias entre los grupos en relación con el material y las tareas (ver Figura 1). El desarrollo de los ejercicios era la misma que con el ordenador. Sin embargo, las tareas de entrenamiento se realizaban en fichas impresas y tanto la información adicional como las ayudas las proporcionaba el experimentador, aunque eran del mismo tipo que las ofrecidas por el material multimedia. La evolución de un nivel a otro se realizó de la misma forma que con el ordenador. Como para el grupo experimental, las tareas presentadas en cada ejercicio también eran doce.

### 2.3.2. Procedimiento en las sesiones de evaluación.

Los niños de ambos grupos fueron evaluados siete veces distintas durante el período de enseñanza-aprendizaje. No obstante, y dado los objetivos del presente artículo (para otras tareas ver Ortega-Tudela y Gómez-Ariza, 2006), sólo se consideraran a todos los efectos dos de las evaluaciones realizadas: la primera (inicial), que permitía asegurar la ausencia de diferencias significativas entre ambos grupos antes del comienzo del entrenamiento, y la última (generalización), dos semanas después de acabar el período de enseñanza.

En todas las sesiones de evaluación, el orden de presentación de las pruebas y el de los estímulos fue contrabalanceado a través de los sujetos. La idea era evitar efectos de cansancio y de aprendizaje de las secuencias.

*Evaluación inicial.* En esta sesión se evaluó la ejecución de los niños en los principios de conteo y cantidad a través de ejercicios en los que se tenía que realizar el conteo de series de elementos. Se utilizaron dos materiales multimedia diferentes. El primero de ellos presentaba conjuntos de elementos hasta una cantidad máxima de diez objetos. En

el segundo, el niño tenía que realizar el conteo de un conjunto de 20 elementos. Para realizar el conteo de estos materiales, los niños debían poner en práctica los principios aprendidos de correspondencia, serie estable y precantidad. Por otro lado, la evaluación inicial también implicaba una tarea manipulativa en la que se debían entregar al experimentador conjuntos de objetos solicitados, y cuya cantidad variaba de 1 a 10 objetos.

*Generalización.* Esta sesión implicaba una situación de compra en la que los alumnos de ambos grupos debían poner en práctica lo aprendido para conseguir una serie de premios. En ella se mostraba a los alumnos un cajón con diferentes compartimentos en los cuales había cuatro tipos de golosinas, y cada una de ellas con un valor asignado (1, 5, 10 y 15). Se dio a los niños un total de treinta y una fichas cuadradas, ofrecidas en conjuntos menores pero siempre en una cantidad superior a las requeridas para la ejecución de la tarea. De ese conjunto inicial, los niños tenían que dar la cantidad solicitada para conseguir cada una de las golosinas. Así, en primer lugar, el experimentador preguntaba qué golosina quería y el alumno debía contar y dar la cantidad exacta de fichas para conseguirla. Mientras los niños realizaban el conteo de las fichas se medía la ejecución en relación con los principios de correspondencia, serie estable y cantidad (dar “x”) en cuatro condiciones diferentes (1, 5, 10 ó 15 objetos).

### 3. Resultados

Las tablas 1 y 2 resumen los resultados de ambos grupos en las distintas tareas utilizadas en la evaluación inicial. La Tabla 1 recoge la ejecución en la tarea de 10 elementos en todos los principios estudiados, además de la ejecución en el principio de serie estable en la tarea de 20 elementos y la ejecución en la tarea manipulativa de dar “x”. Por su parte, la Tabla 2 muestra los porcentajes de niños de ambos grupos que realizan correctamente la tarea de 20 elementos (principios de correspondencia y precantidad).

Como era de esperar, la ejecución de ambos grupos en esta primera evaluación (antes del proceso de enseñanza) fue equivalente. Lo que queda del presente apartado se dedicará a describir los resultados de ambos grupos en las pruebas de generalización. Para facilitar su exposición, la descripción de resultados se hará en función del tipo de principio evaluado.

Principio	Grupo control			Grupo experimental			<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>R</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>R</i>	
Correspondencia	5'5	3'8	10	6'0	2'9	10	0'75
Serie estable (10)	3'8	2'2	6	4'5	2'4	7	0'50
Precantidad	3'9	3'6	9	5'5	2'4	7	0'27
Serie estable (20)	4'9	5'4	14	4'3	2'6	9	0'77
Cantidad (dar “x”)	3'8	1'2	3	4'6	2'0	7	0'30

**Tabla 1. Puntuaciones promedio (M), desviaciones típicas (DT) y rangos para cada grupo de enseñanza en cada una de las tareas evaluadas. La columna de la derecha muestra los valores *p* para cada comparación entre los grupos (a partir de contraste de medias mediante ANOVA).**

Principio	Grupo Control	Grupo experimental	<i>p</i>
Correspondencia (20)	37'5	40	0'71
Precantidad ¿Cuántos hay?	12'5	30	0'75

**Tabla 2. Porcentaje de participantes de ambos grupos de enseñanza que realizan correctamente las tareas de correspondencia y precantidad en la tarea de 20 elementos. La columna de la derecha muestra los valores *p* para cada comparación entre los grupos (a partir de un contraste de proporciones mediante la prueba Chi Cuadrado).**

Los análisis estadísticos implicaban la comparación entre ambos grupos mediante contrastes de medias (mediante análisis de la varianza, ANOVA) o de proporciones (mediante la prueba  $\chi^2$ ). En todos los casos, el nivel de significación estadística utilizado fue del 5%.

*Correspondencia ítem-objeto en Generalización.* La recogida de datos en esta prueba se realizó en función de si los alumnos eran capaces de realizar la correspondencia ítem-objeto en los cuatro conjuntos de objetos (1-5-10-15 fichas) que tenían que entregar. El análisis de datos se llevó a cabo sobre las proporciones de sujetos de cada grupo que realizaban las tareas de forma correcta, utilizando el estadístico  $\chi^2$  modificado de Yates. A continuación, se describirán los resultados de los contrastes para cada uno de los cuatro grupos de objetos.

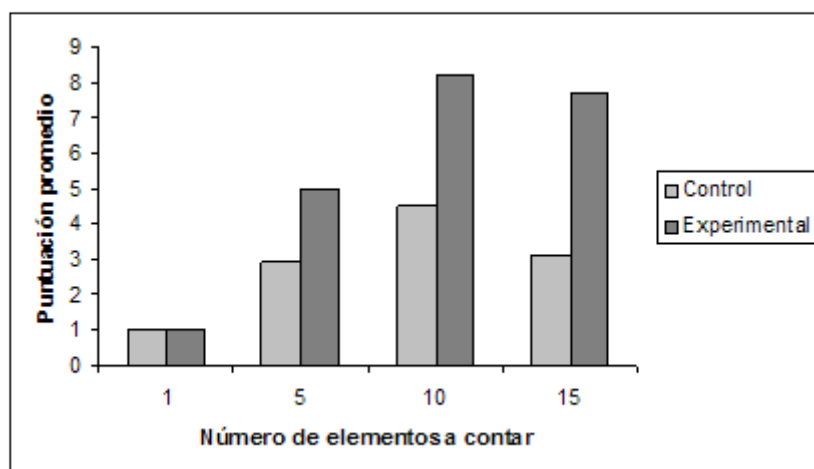
Para el caso de un único objeto presentado no aparecían diferencias entre ambos grupos. El 100% de los participantes en el estudio realizó esta tarea sin ningún tipo de error ( $\chi^2(1) = 0'0$ ). Respecto al conjunto de cinco objetos, el análisis reveló que tampoco existían diferencias significativas entre ellos,  $\chi^2(1) = 0'85$ ,  $p > 0'35$ . El 75% de los niños del grupo control y el 100% de los del grupo experimental realizaron correctamente la tarea. Una distribución de frecuencias idéntica se produjo con el conjunto de 10 elementos, por lo que tampoco se observaron diferencias significativas entre los dos grupos ( $\chi^2(1) = 0'85$ ,  $p > 0'35$ ). La única diferencia entre los dos grupos de niños aparecía en la tarea en la que el conjunto era de 15 objetos ( $\chi^2(1) = 38'6$ ,  $p < 0'05$ ). Mientras sólo el 50% de los niños del grupo control realizaron la prueba correctamente, el porcentaje en el grupo experimental fue del 100%.

*Tarea de Serie Estable Adquirida en Generalización.* Como la anterior, esta tarea se divide a su vez en cuatro subtareas, dependiendo del tamaño del conjunto de elementos presentado (1, 5, 10 y 15). Los niños habían de contar hasta cada uno de estos cuatro números manteniendo la serie estable convencional a la hora de entregar las fichas al experimentador. La puntuación de cada alumno en cada caso correspondía al último número de la serie estable que producían correctamente. En el caso de un único objeto, todos los niños de ambos grupos eran capaces de contar un objeto. Sin embargo, la ejecución en las restantes tres series (5, 10 y 15) mostró ser diferente para cada uno de los dos grupos de enseñanza (ver Figura 2).

En la subtarea de 5 elementos, el ANOVA sobre las puntuaciones reveló que el grupo multimedia obtuvo, en promedio, una mejor puntuación que el grupo control,  $F(1, 16) = 11'12$ ,  $MCE = 1'8$ ,  $p < 0'01$ . En este mismo sentido, y respecto a la serie de diez



elementos, el tamaño de la serie estable producida también dependía del grupo,  $F(1, 16) = 8'56$ ,  $MCE = 7'1$ ,  $p < 0'01$ . Por último, en la serie de 15 elementos también se observó una mejor ejecución en el grupo experimental,  $F(1, 16) = 8'70$ ,  $MCE = 10'68$ ,  $p < 0'01$ , a pesar de que ninguno de los grupos consiguió realizar la serie adecuadamente.



**Figura 2. Ejecución de ambos grupos en el principio de Serie estable adquirida en las cuatro condiciones evaluadas (1, 5, 10 y 15 objetos).**

*Tarea de Cantidad “Dar X” en Generalización.* En este caso, el alumno debía entregar el número correcto de fichas solicitado por el experimentador para conseguir la golosina deseada. Los cuatro grupos de fichas que se pedían correspondían al “precio” que se le había puesto a los objetos que querían conseguir (1, 5, 10 y 15 fichas). Para analizar la ejecución en las cuatro condiciones de la tarea se utilizó el estadístico  $c2$  (corregido de Yates).

Los resultados mostraron que no había diferencias entre ambos grupos ante la petición de un único objeto. El 100% de los niños de ambos grupos realizó la tarea correctamente. Sin embargo, un mayor porcentaje de niños del grupo experimental (100% frente a un 37'5% del grupo control) mostró realizarla de forma adecuada cuando el conjunto a entregar era de cinco elementos ( $c2(1) = 5'82$ ,  $p = 0'01$ ).

No obstante, ante las peticiones de 10 y 15 objetos ambos grupos presentaban una ejecución similar. En la tarea de 10 elementos, ningún niño del grupo control y sólo el 40% de los del grupo experimental la realizó adecuadamente ( $c2(1) = 2'81$ ,  $p > 0'9$ ). En el caso de los 15 objetos, ninguno de los niños del estudio completó la tarea.

#### **4. Discusión**

El objetivo principal de este trabajo era estudiar la posible facilitación del ordenador en el aprendizaje de habilidades matemáticas y su generalización en personas con SD. Los resultados hallados avalan por completo nuestra hipótesis, mostrando la bondad del material multimedia en la adquisición de este tipo de contenidos en personas con SD. Aunque el rendimiento de ambos grupos era similar en todas las tareas antes del comienzo de la enseñanza, el grupo de niños que aprendió mediante el uso de material multimedia mostró una mejora sustancial tras el período de formación. Un cambio que

no se observó en el grupo de enseñanza mediante lápiz y papel. Así, la utilización del multimedia parece facilitar la adquisición de habilidades matemáticas simples, pero especialmente importantes tanto desde un punto de vista académico como social (Faragher y Brown, 2005).

Nuestro principal objetivo era explorar la persistencia del aprendizaje dos semanas después de que concluyese el proceso de enseñanza, mediante una tarea y un contexto diferentes a los utilizados durante la instrucción (generalización de lo aprendido). Para ello se simuló una situación de compra-venta en la que los niños debían poner en práctica los principios de conteo supuestamente adquiridos. Así, podían conseguir cuatro chucherías si daban al investigador el número de fichas correspondientes al valor de cada una de ellas (1, 5, 10 y 15 fichas). Esta tarea permitía evaluar la adquisición de los principios descritos por Gelman y Gallistel (1978). Hasta el punto en que los niños tengan consolidados los conceptos que subyacen a tales principios, sería esperable una ejecución paralela a la encontrada al finalizar la formación (para un análisis detallado de la ejecución de ambos grupos en las tareas de seguimiento véase Ortega-Tudela y Gómez-Ariza, 2006).

Respecto al principio de correspondencia, se observó que fue sólo ante la serie de quince elementos cuando existían diferencias entre los grupos. Todos los niños del grupo de multimedia realizaban correctamente la tarea con los cuatro conjuntos utilizados. Sin embargo, la tendencia en el grupo control describía una disminución paulatina en el número de niños que aplicaban adecuadamente el principio. Sólo el 50 % de ellos conseguía el objetivo con el conjunto mayor. El aumento en el número de objetos a contar supone que los alumnos han de poner en juego estrategias para diferenciar los elementos ya contados de los que aún quedan por contar (Baroody, 1988; 1992). Esto parece resultar complicado en los niños del grupo control. El comportamiento del grupo experimental, sin embargo, corrobora nuestra hipótesis de que la enseñanza multimedia facilita la capacidad de generalización de conocimientos. Así, el principio de correspondencia parece adquirirse con mayor facilidad cuando las situaciones de enseñanza presentan materiales dinámicos, que promueven la adquisición del mecanismo que permite señalar y adjudicar una etiqueta numérica a cada uno de ellos. En este sentido, la ejecución del grupo experimental parece haberse desligado de las situaciones en las que se aprendieron los principios de conteo y cantidad. Los alumnos que han aprendido con material multimedia se muestran más capaces que los del grupo control para extrapolar los conocimientos adquiridos, así como utilizarlos en otros contextos en los que se requiere su aplicación.

Por otro lado, y respecto al principio de serie estable, el patrón de ejecución era diferente entre los grupos ya desde el segundo conjunto pedido (5 objetos). El aumento del conjunto de elementos a contar implica, claramente, una peor ejecución para el grupo control. Ha de subrayarse que en esta tarea de generalización no se pedía al niño que contara las fichas que tenía que entregar. Únicamente se le decía que para conseguir una determinada golosina tendría que dar "x" fichas. Congruente con nuestra hipótesis de partida, los niños del grupo multimedia eran capaces de hacer uso de las habilidades de conteo necesarias para ofrecer la cantidad solicitada. Sin embargo, el grupo control se limitaba a dar un puñado de fichas sin poner en práctica las habilidades que requiere el conteo. Por tanto, no se producía generalización por parte de este grupo de niños, lo que sugiere que los contenidos aprendidos están mucho más ligados a la situación de enseñanza que en el grupo experimental. La serie convencional de números utilizada en

nuestra cultura decimal parece ser menos accesible a los niños que aprenden mediante el método tradicional.

El grupo multimedia, sin embargo, parecía haber consolidado el principio de serie numérica e, incluso, hacer uso de él en una situación diferente a la utilizada en las pruebas académicas convencionales y utilizadas durante las sesiones de entrenamiento. De hecho, de forma espontánea hacen uso de ese principio para resolver de forma adecuada un problema con el que podrían encontrarse en la vida real, como el de comprar la golosina que desean. Esta facilitación podría deberse al constante trabajo de repetición de la serie numérica que se realiza con el ordenador. Una de las características que se han señalado como ventajas del ordenador frente a la enseñanza tradicional es su “eterna paciencia”. Ante una respuesta errónea por parte del alumno, el ordenador repetirá el mismo contenido y en la misma forma, tantas veces como sea necesario. Algo que puede favorecer la adquisición de contenidos que exigen cierto grado de repetición para su aprendizaje, como el de la serie numérica convencional.

Respecto a la aplicación del principio de cantidad, y en comparación con la de los otros principios, se observó una inferior ejecución en los dos grupos de niños. Desde luego, esta tarea entraña una mayor dificultad que las anteriores ya que exige aplicar simultáneamente los principios de correspondencia y serie estable. Cualquier error en el proceso de aplicación generaría dar una cantidad diferente a la solicitada. El empleo de la serie numérica no implica necesariamente al concepto de cantidad. Como señalan Frye y cols. (1989) y Wynn (1990; 1992), a pesar de hacer uso de la serie numérica los niños pueden terminar ofreciendo un puñado arbitrario de objetos al experimentador ante la petición de un determinado número de éstos. En nuestro estudio, ambos grupos daban correctamente un objeto cuando se les pedía. Sin embargo, cuando se solicitaban más de cinco elementos los niños del grupo control presentaban más errores que los del grupo experimental.

Como ya señalamos con anterioridad, la ejecución del grupo control en el establecimiento de la serie estable disminuía considerablemente a partir de la presentación del conjunto de 5 elementos. Es en este mismo conjunto donde se produce el descenso en ejecución en el principio de cantidad, posiblemente provocado por la incorrecta ejecución en la serie estable, lo que hace que se falle a la hora de otorgar una cantidad. Si el niño se equivoca en la serie estable convencional, aunque aplique correctamente el principio de correspondencia, no será capaz de ofrecer la cantidad solicitada.

La totalidad de los niños del grupo experimental, sin embargo, realiza correctamente la petición de cinco objetos. Es ante la petición de diez elementos donde comienzan a observarse errores. De hecho, sólo el 40% de ellos realiza bien la tarea de dar en esta condición y ninguno consiguió dar al experimentador la cantidad solicitada en la de 15 objetos. Algo que pone de manifiesto un límite en la capacidad de generalización del grupo de aprendizaje multimedia. No obstante, parece claro que la ejecución diferencial de ambos grupos podría explicarse por la mejor comprensión del concepto de cantidad en los niños que han aprendido mediante una metodología multimedia. Éstos, además de haber consolidado los principios de correspondencia y serie estable, parece que pueden usarlos en situaciones que los requieren mejor que los niños que aprenden con el método tradicional.

En conjunto, por tanto, nuestros resultados muestran un efecto beneficioso de la metodología de enseñanza multimedia en el aprendizaje de conceptos matemáticos simples en niños con SD. Más aún, sugieren la bondad de este tipo de metodología para transferir lo aprendido a nuevas situaciones. Esto contrasta con los efectos de la utilización de materiales y metodologías tradicionales, basadas en tareas de lápiz y papel, que parecen favorecer aprendizajes excesivamente ligados a las situaciones en las que se adquieren (Faragher y Brown, 2005). En este sentido, los resultados de este trabajo están en consonancia con los encontrados en otros estudios en los que se señala la importancia de las nuevas tecnologías para el aprendizaje de poblaciones con necesidades educativas especiales (e.g., Bernardo, Bernardo y Herrero, 2005).

La investigación presentada aquí abre un gran abanico de posibilidades para futuros estudios en referencia al aprendizaje de las personas con SD. El material multimedia puede optimizar los procesos de aprendizaje de estas personas siempre que se adecue a sus características y necesidades. De esta manera, el uso de materiales multimedia puede ofrecer posibilidades de individualización y respuesta a las demandas de estas personas, y no sólo en el ámbito de las matemáticas. La elaboración de materiales multimedia, y la adecuación de los ya existentes a las necesidades de las personas con SD, puede brindar nuevos escenarios de aprendizaje que dinamicen los procesos de adquisición y consolidación de conocimientos así como su generalización a situaciones de la vida cotidiana. Por otro lado, el acercamiento del profesorado al uso de estas tecnologías y la desmitificación de la complejidad de su uso y creación, puede ofrecer herramientas sencillas pero tremendamente útiles que acerquen determinados contenidos, antes vetados, a las personas con síndrome de Down.

## Referencias

BAROODY, A. J. (1988). Number-comparison learning by children classified as mentally retarded. **American Journal on Mental Retardation**, **92**. 461-471.

BAROODY, A. J. (1992). The development of preschoolers' counting skills and principles. En **Pathways to number. Children's developing numerical abilities**. BIDEAUD, J.; MELJAK, C. y FISCHER J.P. (eds). Hillsdale, NJ. LEA.

BERNARDO, I.; BERNARDO, A. y HERRERO, J. (2005). Nuevas tecnologías y educación especial. **Psicothema**, **17**. 64-70.

BOONE, R.A.; HIGGINS, K. y NOTARI, A. (1996). Hypermedia pre-reading lessons: learded-centered software for kindergarten. **Journal of Computing in Childhood Education**, **7**. 39-69.

BORBONES, R. y GOLANO, M. (1998). The group: an instrument of intervention for the global development of the child with Down syndrome in the process of social inclusion. **Down Syndrome: Research & Practice**, **5**. 88-92.

BRINKLEY, V.M. y WATSON, J.A. (1987). Logo and Young children: Are quadrant effects part of initial Logo mastery? **Journal of Educational Technology Systems**, **19**. 75-86.

BUCKLEY, S. (1995). Aprendizaje de la lectura como enseñanza del lenguaje en niños con Síndrome de Down: resultados y significado teórico. En **Síndrome de Down. Aspectos específicos**. PERERA, J. (dir.) Barcelona. Masson.

BYRNE, A.; BUCKLEY, S.; MACDONALD, J. y BIRD, G. (1995). Investigating the literacy, language and memory skills of children with Down's syndrome. **Down Syndrome: Research and Practice**, 3. 53-8.

CARR, J. (1988). Six weeks to twenty-one years old: A longitudinal study of children with Down syndrome and their families. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, 29. 407-431.

CLEMENTS, D. H. (2002). Computers in early childhood mathematics. **Contemporary Issues in Early Childhood**, 3. 160-181.

CLEMENTS, D.H., y NASTASI, B.K. (1993). Electronic media and early childhood education. En **Handbook of research on the education of young children**. SPODEK, B. (ed.) New York: Macmillan.

CLEMENTS, D.H., y SARAMA, J. (2002). Building blocks for young children's mathematical development. **Journal of Educational Computing Research**, 27. 93-110.

CHAR, C.A. (1989, marzo). Computer Graphic Feltboards: New software approaches for young children's mathematical exploration. Conferencia presentada en el **Congreso de la American Educational Research Association**, San Francisco.

CHEN, S.M. y BERNARD-OPITZ, V. (1993). Comparison of personal and computer assisted instruction for children with autism. **Mental Retardation**, 31. 368- 376.

DAHLE, A. J. y BALDWIN, R. L. (1992). Audiologic and otoraringologic concerns. En **Biomedical concerns in persons with Down Syndrome**. PUESCHEL S.M. y PUESCHEL, J. K. (eds). Baltimore, MD. Brookes.

DAHLE, A. J. y BALDWIN, R. L. (1994). Problemas audiológicos y otorrinolaringológicos. En **Síndrome de Down. Problemática Biomédica**. PUESCHEL S. M. y PUESCHEL, J.K. (eds). Barcelona:. Masson.

DAVIDSON, J., ELCOCK, J., y NOYES, P. (1996). A preliminary study of the effect of computer-assisted practice on reading attainment. **Journal of Research in Reading**, 19. 102-110.

FARAGHER, R. y BROWN, R.I. (2005). Numeracy for adults with Down syndrome: it's a matter of quality of life. **Journal of Intellectual Disability Research**. 49. 761-765.

FLÓREZ, J. (1990). Síndrome de Down. Expresión génica y alteraciones cerebrales. En **Deficiencia mental I. Aspectos biomédicos**. BUENO, M., MOLINA, S. y SEVA, A. (eds.). Barcelona. Expaxs.

- FLÓREZ, J. (1999). Bases neurológicas del aprendizaje. **Siglo Cero**, **30**. 9-27.
- FRYE, D.; BRAISBY, N.; LOWE, J.; MAROUDAS, C. y NICHOLLS, J. (1989). Young children's understanding of counting and cardinality. **Child Development**, **60**. 1158-1171.
- GELMAN, R. y MECK, E. (1983). Preschoolers' counting: Principles before skill. **Cognition**, **13**. 343-359.
- GELMAN, R.; MECK, E. y MERKIN, S. (1986): Young children's numerical competence. **Cognitive Development**, **46**. 167-175.
- GELMAN, R. y GALLISTEL, C. R. (1978). **The child's concept of number**. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- GIJÓN, A. (2000). **Los alumnos y alumnas con Síndrome de Down aprenden en la escuela de la diversidad**. Granada. Andadown.
- HEIMANN, M.; NELSON, K.; TJUS, T. y GILLBERG, C.H. (1995). Increasing reading and communication skills in children with Autism through an interactive multimedia computer program. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, **25**. 459-480.
- JARROLD, C. y BADDELEY, A.D. (2001). Short-term memory in Down syndrome: Applying the working memory model. **Down Syndrome: Research and Practice**, **7**. 17-23.
- LANGONE, J.; SHADE, J.; CLEES, T.J. y DAY, T. (1999). Effects of multimedia instruction on teaching functional discrimination skills to students with moderate/severe intellectual disabilities. **International Journal of Disability, Development and Education**, **46**. 493-513.
- LINCOLN, A.J.; COURCHESNE, E.; KILMAN, B.A. y GALAMBOS, R. (1985). Neuropsychological correlates of information-processing by children with Down syndrome. **American Journal of Mental Deficiency**, **89**. 403-414.
- MARCELL, M.M. y AMSTRONG, V. (1982). Auditory and visual sequential memory of Down Syndrome and nonretarder children. **American Journal of Mental Deficiency**, **87**. 86-95.
- NADEL, L. (1988). **The psychobiology of Down syndrome**. Cambridge. MIT Press.
- NYE, J. y BIRD, G. (1996). Developing number and maths skills. **Down Syndrome Information Network. The Down syndrome Educational Trust**, **6**. 1-7.
- ORTEGA-TUDELA, J.M. y PARRAS, L. (2002). Escala de Evaluación de material multimedia para personas con Síndrome de Down. En **Las nuevas tecnologías en la respuesta educativa a la diversidad**. SOTO, F. J. y RODRÍGUEZ, J. (eds.). Murcia. Consejería de Educación y Cultura.

ORTEGA-TUDELA, J.M. y GÓMEZ-ARIZA, C.J. (2006). Computer-assisted teaching and mathematical learning in Down syndrome children. **Journal of Computer-Assisted Learning**. En prensa.

PUESCHEL, S.M. (ed) (1990). **A parent's guide to Down syndrome: Toward a brighter future**. Baltimore: Brookes.

PUESCHEL, S.M. y PUESCHEL, J.K. (eds.)(1994). **Síndrome de Down. Problemática Biomédica**. Barcelona: Masson.

PUESCHEL, S.M. y SUSTROVA, M. (1997). Percepción visual y auditiva en los niños con Síndrome de Down. En **Síndrome de Down: Perspectivas psicológica, psicobiológica y socioeducacional**. RONDAL, J. A.; PERERA, J.; NADEL, L. y COMBLAIN, A. (eds.). Madrid. IMSERSO.

RONDAL, J.A.; PERERA, J.; NADEL, L. y COMBLAIN, A. (1997). **Síndrome de Down: Perspectivas psicológica, psicobiológica y socioeducacional**. Madrid. IMSERSO

SALZBERG, C. L. y VILLANI, T. V. (1983). Speech training by parents of Down syndrome toddlers: Generalization across settings and instructional contexts. **American Journal of Mental Deficiency**, **87**. 403-413.

SHILLING, W.A. (1997). Young children using computers to make discoveries about written language. **Early Childhood Education Journal**, **24**. 253-259.

TALLEY, S.; LANCY, D.F. y LEE, T.R. (1997). Children, story-books and computers. **Reading Horizons**, **38**. 116-128.

WYNN, K. (1990). Children's understanding of counting. **Cognition**, **36**. 155-193.

WYNN, K. (1992). Children's acquisition of the number words and the counting system. **Cognitive Psychology**, **24**. 220-251.