

El aprendizaje de conceptos de comparación, seriación y clasificación en personas con retraso mental

Concepción Alcalde*, José I. Navarro,

Esperanza Marchena, Gonzalo Ruiz y Manuel Aguilar

Universidad de Cádiz, España

ABSTRACT

Learning of comparison, seriation and classification concepts in children with mental disabilities. The concepts of seriation, classification and comparison are not only results of child development but also because of formal training consequence. Standard development possibly has many structured and non structured training opportunities. But in mentally disabled children, it is necessary to increase the structured learning because of their cognitive malfunctioning. In this paper we studied if children with mental disabilities could be trained in the concepts of seriation, classification and comparison using specific software. 15 children with mental disabilities participated. They did not know the concepts of seriation, classification and comparison. They received several Computer Assisted Teaching sessions during their regular school hours. The hypothesis was that exhaustive training in these concepts would reduce errors in the seriation, classification and comparison computer tasks. Results suggest an improvement in learning these concepts for all participants. Learning curves as a function of the training are presented.

Keywords: Mental Disabilities, Computer assisted teaching, Seriation, Classification, Comparison.

RESUMEN

Los conceptos de seriación, clasificación o comparación son resultado de la evolución adaptativa del niño y consecuencia, en mayor o menor medida, de su entrenamiento específico. En el niño normal este entrenamiento puede darse tanto en situaciones no estructuradas como estructuradas, pero en el discapacitado psíquico la resultante de estas dos fuerzas debe incrementarse añadiendo más componentes al vector aprendizaje estructurado, dados los déficits cognitivos de estas personas. Este estudio pretende considerar si los conceptos evolutivos de comparación, clasificación y seriación pueden ser entrenados en personas con retraso mental mediante un software informático. Quince participantes con diferentes tipos de discapacidad psíquica, que desconocen el manejo de los conceptos referidos, recibieron sesiones de entrenamiento exhaustivo de los conceptos de comparación, clasificación y seriación, mediante un sistema de enseñanza asistida por ordenador durante su tiempo de escolarización. Se hipotetizó que un entrenamiento exhaustivo en los conceptos referidos puede reducir los errores cometidos en las tareas multimedia de comparación, clasificación y seriación. Los resultados indicaron una mejora en los aprendizajes de los conceptos de seriación, clasificación y comparación para los participantes, presentándose las curvas de aprendizaje y su función a lo largo de las sesiones de tratamiento.

Palabras clave: discapacidad psíquica, enseñanza asistida por ordenador, clasificación, seriación, comparación.

*La correspondencia sobre este artículo puede dirigirse a los dos primeros autores: Depart. Psicología, Universidad de Cádiz, Campus Río San Pedro, Puerto Real, 11510 Cádiz, España. Estudio parcialmente financiado por el proyecto I+D BSO2003-04188 del MEC, y el programa europeo HORIZON-II 98H1061 y 997ESP625. Email: jose.navarro@uca.es; concepcion.alcalde@uca.es.

Los conceptos de clasificación, seriación y comparación resultan fundamentales para el desarrollo de algunos aprendizajes instrumentales y otros de carácter más aplicados. En términos generales podemos referirnos al aprendizaje de diferentes maneras: bien como el procedimiento para incorporar al repertorio conductual de una persona un dominio en el que anteriormente no tenía pericia (Aguado, 2003; Matute, 2004). O más cognitivamente, como el recorrido que debe hacer un *novato* para convertirse en un *experto* en un determinado dominio (Pozo, 2003; Trumpower y Goldsmith, 2004). Esta segunda definición tiene más utilidad para los objetivos que nos proponemos con este trabajo. Una población tan extensa como el colectivo de discapacitados psíquicos, reúne una diversidad de características que hace imposible homogeneizar cualquier tipo de intervención con ellos. Resulta difícil establecer unidades comunes para explicar el recorrido existente entre el aprendiz y el experto en una tarea determinada. No existe una sola manera de recorrer ese camino y no se dan los mismos resultados en personas con las mismas alteraciones que hacen el recorrido de manera equivalente (Baum, 2004).

La Psicología del procesamiento de la información en las últimas décadas ha sido posible, entre otras razones, por la progresión sufrida por el desarrollo de la tecnología informática (Lopes, Lopes y Teixeira, 2004). Diríamos que ambas se alimentan mutuamente. Desde sus inicios (Neisser, 1967), esta forma de entender el funcionamiento de la mente humana ha empleado la metáfora del ordenador como una metodología de trabajo capaz de hacernos ver que nuestro cerebro es un portentoso mecanismo que recibe información, la integra y la elabora, de manera metafóricamente parecida a como lo hace uno de los ordenadores que forman parte de nuestra vida cotidiana (Carriedo, García-Madruga, y González-Labra, 2002; Gottfredson, 2004; Yamanashi, 2005). Esta convergencia entre las ciencias de la computación y la Psicología ha sido aprovechada por los expertos en aprendizaje, al ser evidente que el potencial de cómputo del ordenador nos libera de dos aspectos vinculados a aquel: por un lado, la formidable capacidad de almacenamiento de la información que poseen, que hace menos útil el aprendizaje memorístico y, por otro, la capacidad de realizar tareas rutinarias a gran velocidad, que hace inútil muchos de los aprendizajes basados en la repetición.

Estas ideas que son bien admitidas por los educadores en la actualidad, han permitido desarrollar un sistema de aprendizaje más basado en procesos, que en contenidos, más centrado en estrategias heurísticas que puramente algorítmicas o exhaustivas, y más preocupado por la planificación de las formas de aprender, que por los contenidos del aprendizaje (Navarro, Marchena, Alcalde y Ruiz, 2001). Este sistema que en ocasiones ha sido denominado *aprendizaje estratégico* (Pozo y Monereo, 1999) puede incorporarse al sistema instruccional del discapacitado psíquico con ayuda de las tecnologías computacionales existentes, tanto la robótica, la realidad virtual o la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO). Sin embargo, no se nos escapa que hay tareas que no requieren de este aprendizaje, y también que hay personas con un nivel de discapacidad que difícilmente podrían asimilar una planificación, dado el nivel de abstracción que conlleva. En estos casos, el *aprendizaje asociativo* abre enormes posibilidades (Wehmeyer, 2003; Reichle, McComas, Dahl, Solberg, y Pierce, 2005). Algunos de ellos se han

puesto en práctica en el diseño de *software* educativo (Alcalde, Navarro, Marchena, y Ruiz, 1998; Navarro, Marchena, Alcalde, Ruiz, Llorens y Aguilar, 2003; Navarro, Marchena, Alcalde, y Ruiz, 2004), con personas afectadas de discapacidad psíquica, con buenos resultados prácticos.

La EAO es un método instruccional que tiene ciertas prestaciones en el aprendizaje. Su secuencialidad, la progresión que puede establecerse en el ritmo de aprendizaje del alumno, la facilidad de presentación de los contenidos, la capacidad de almacenamiento, su repercusión en la motivación del aprendiz, la accesibilidad para cualquier usuario, etc. Por otro lado, los avances producidos en los últimos años, tanto en el campo del *hardware* (Davies, Stock, y Wehmeyer, 2003, 2004) como del *software* (Huguenin, 2004), hacen de la EAO una herramienta pedagógica muy versátil y con posibilidades de aplicación en el aprendizaje básico, a lo que hay que añadir el interesante campo de la *realidad virtual* (Standen y Brown, 2005).

Estudios anteriores se han centrado en el entrenamiento de habilidades básicas de comprensión de los conceptos de discriminación de colores, formas y posiciones del cuerpo en el espacio, para afectados con síndromes neurológicos y/o genéticos (Alcalde, Navarro, Marchena, y Ruiz, 1998). Los resultados obtenidos nos permiten predecir que un entrenamiento en estos conceptos con EAO puede producir un impacto en el desarrollo intelectual del sujeto, dada la rapidez con la que estos conceptos pueden asimilarse, y las características del procedimiento didáctico, donde se exige una alta frecuencia de respuesta para el aprendiz. Se trata de un *aprendizaje con respuesta* (Barr, 2004; Brasted, Bussey, Murray, y Wise, 2005) cuya filosofía se centra en la necesidad de que exista conducta manifiesta para que el aprendizaje resulte más fácil y efectivo.

En el contexto de esta experiencia inicial, hemos considerado que el aprendizaje de conceptos más abstractos pudiera entrenarse también mediante estos procedimientos multimedia. ¿Qué consecuencias tiene la utilización del ordenador en el proceso de enseñanza-aprendizaje en alumnos de centros específicos de Educación Especial? ¿Cuál debe ser la estructura, validez y versatilidad del *software* educativo para que sea efectivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante una EAO con este tipo de poblaciones? En efecto, lo que se pretende con el presente trabajo es considerar si los conceptos evolutivos de comparación, clasificación y seriación pueden ser entrenados en personas con retraso mental mediante un *software* informático. Utilizando alumnos con diferentes tipos de discapacidad psíquica, que desconocen el manejo de los conceptos referidos, hemos sometido a sesiones de entrenamiento exhaustivo de los conceptos de comparación, clasificación y seriación, mediante un sistema de EAO durante su tiempo de escolarización. De esta manera quisiéramos poder confirmar la hipótesis inicial donde se concreta que un entrenamiento exhaustivo en los conceptos referidos puede reducir los errores cometidos en las tareas multimedia de comparación, clasificación y seriación.

En nuestra opinión, los conceptos de seriación, clasificación o conservación no son sólo resultado de la evolución adaptativa del niño (Maynard y Greenfield, 2003), sino que son consecuencia en mayor o menor medida de su entrenamiento específico (Caroff, 2002). Posiblemente, en el niño normal este entrenamiento se dé en situaciones no estructuradas (vida cotidiana, interacción madre-hijo, etc.), tanto como en las

estructuradas (Rennie, Bull y Diamond, 2004); pero en el discapacitado la resultante de estas dos fuerzas debe incrementarse añadiendo más componentes al vector aprendizaje estructurado, dadas las características cognitivas deficitarias de este tipo de personas. Por ello, entendemos que un entrenamiento de estos requisitos mejorará la comprensión del mundo físico que les rodea y, en consecuencia, las posibilidades de ejercitar eficientemente una actividad laboral como las propuestas.

MÉTODO

Participantes

El estudio se llevó a cabo en un Centro de Educación Especial concertado ubicado en una zona residencial de una población de 60.000 habitantes. El centro cubre las etapas escolares de Educación Especial de Primaria y Pre-talleres.

La muestra estuvo constituida por 15 participantes que se encontraban en los niveles de "primaria" y "pretalleres". De edades cronológicas con un rango de 9,8 a 21,1 años (Media= 14,4; dt= 3,4). Estaban diagnosticados como discapacitados psíquicos de nivel moderado o severo, con etiologías diversas: seis eran Síndrome de Down, uno Síndrome de Lenox, parálisis cerebral y atrofia cerebral, respectivamente, y seis con retraso madurativo. Nueve eran varones (60%) y seis mujeres. Para su selección, además del desconocimiento de los conceptos de seriación, clasificación y comparación que serían entrenados durante las sesiones de tratamiento, tuvimos en cuenta que los participantes presentarían unos niveles mínimos de funcionalidad en atención y concentración, una capacidad de comprensión de un relato corto y, capacidad de seguimiento de órdenes sencillas. Estas características fueron evaluadas por el profesor permanente de los alumnos y por el psicólogo del centro. Quedaron excluidos los alumnos con alto nivel de medicación, comportamientos perturbadores y los que la familia mostró desacuerdo para el desarrollo de la experiencia.

Instrumentos

Se utilizaron como instrumentos el *software Aprendizaje laboral en talleres y habilidades conceptuales* (Navarro, Ruiz, Alcalde y Marchena, 2001) y una versión del *Test de Evaluación Matemática Temprana de Utrecht* (TEMTU), (Van Luit, Van de Rijt y Pennings, 1999).

Software Aprendizaje laboral en talleres y habilidades conceptuales: el prototipo desarrollado combina los elementos conocidos del desarrollo de programas multimedia con altas dosis de interactividad. Se estructura en los siguientes componentes: (a) tareas de Seriación de elementos conocidos y desconocidos; (b) tareas de Clasificación de elementos conocidos y desconocidos; y (c) tareas de Comparación. La estructura general de las presentaciones conlleva unas instrucciones verbales y/o escritas con una demostración de la actividad mediante animaciones específicas realizadas para la ocasión. Tras esta fase de demostración, el programa permite acceder a diferentes tipos de actividades interactivas que el sujeto debe realizar generalmente manejando el ratón del

ordenador. La estructura de las actividades se encuentra jerarquizada de menos a más dificultad, tratando de estimular un aprendizaje acumulativo. Asimismo, trata también de organizar un tipo de aprendizaje desde lo más general a lo más específico. Como puede verse en las figura 1, los elementos iniciales del programa tienen unas características generales dirigidas a entrenar aspectos conceptuales útiles para las tareas específicas. De manera que iniciamos el entrenamiento con tareas de clasificación de objetos, porque después hacemos pasar al usuario en el entrenamiento de actividades específicas simuladas de taller donde se ponen en juego dichos conceptos de clasificación.

Tipos y Procedimientos de tareas. El análisis de tareas que se efectuó en los diversos talleres protegidos para personas discapacitadas psíquicas, indicaba que las tareas de clasificación, seriación y conservación eran denominadores comunes en múltiples subrutinas que desarrollaban las personas discapacitadas. Por otra parte, el conocimiento y dominio del mundo físico que nos rodea exige buena dosis de estos pre-requisitos. El tipo de tareas ejecutadas en el programa informático aprovechan los procedimientos contrastados de la Psicología cognitiva y de la Psicología asociacionista. Uno de los más utilizados en el programa es el procedimiento de discriminación simple, comparando objetos que se diferencian por el tamaño, el color, etc., como es el caso de algunos niveles de los ejercicios de seriación, donde el usuario tiene que ordenar una serie de instrumentos de trabajo cotidiano. Otro de los ejercicios muy utilizados también en este



Figura 1. Ejemplo de tarea de clasificación del software “Aprendizaje laboral en talleres y habilidades conceptuales”. Se pide al usuario que ponga la botella en el cajón que le corresponde (igual color).

software es una variante de la *igualación a la muestra* (Hetzroni, y Oren, 2002; Clark y Green, 2004; Lowe, Horne y Hughes, 2005). En este caso, los participantes tienen que comparar un estímulo seleccionado por ellos con uno de los diferentes aparecidos en pantalla como muestra de determinado dominio que presenta o no una ligera variación al modelo o que puede ser igual a éste. Por ejemplo, al entrenar aspectos como el dominio de los tamaños, o los tipos de botellas, el sujeto encuentra cuatro estímulos tridimensionales que se diferencian por su tamaño y por su color. El ordenador le permite que en cada ensayo aparezca otro estímulo que actúa como comparador, que tiene las propiedades físicas de alguno de los estímulos expuestos como modelo.

Incentivos y evaluación de aprendizaje. La motivación por la actividad ante un ordenador generalmente suele ser proporcional al grado de novedad que presente para el usuario. Pasado una fase de cierta euforia, el interés decrece. Hemos pensado en desarrollar una actividad de aprendizaje que exija esfuerzos poco sostenidos para el usuario. Para ello hemos diseñado actividades que procuran ensayos cortos, combinados con consecuencias reforzantes muy evidentes ante los aciertos en los diferentes ensayos. Palabras de aliento, refuerzos verbales, feedback aclaratorios, sonidos gratificantes ante las respuestas correctas, etc. suelen ser los feedback empleados para actuar como incentivos extrínsecos del aprendizaje. En algunas de las tareas hemos tenido especial cuidado en no desalentar al usuario ante un error reiterado. Por ejemplo, en las tareas de seriación se dan hasta cuatro niveles de feedback para el aprendizaje de manera sucesiva. Igual ocurre con los aprendizajes de tareas específicas de talleres.

Hoja de resultados. Los resultados del aprendizaje se van recogiendo en hojas

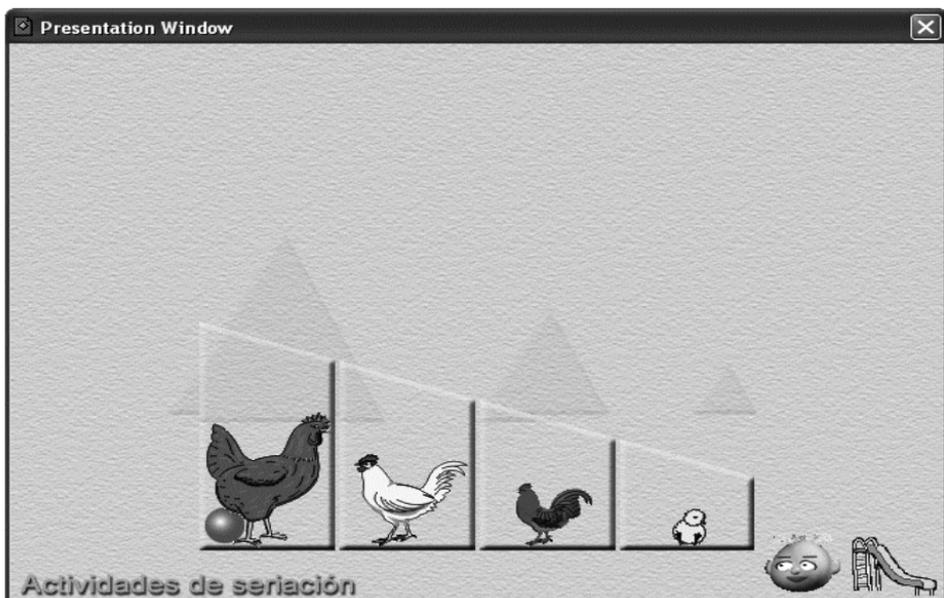


Figura 2. Ejemplo de ejercicio de seriación del software *Aprendizaje laboral en talleres y habilidades conceptuales*. Se pide al usuario que ponga las gallinas de la más grande a la más pequeña.

de respuestas parciales para cada ejercicio. El volumen de datos en un programa suele ser considerable y conviene diferenciar aquellos que pudieran ser más útiles a efectos de control de la evolución del usuario, de los que pueden resultar más interesantes desde el punto de vista de la investigación psicológica. Por ello, hemos tratado de que cada actividad del sujeto pueda ser recogida en pantalla y transmitida a una base de datos personal de cada alumno. En principio, hay dos tipos de datos de interés: la curva de aprendizaje de cada tarea según las sesiones de entrenamiento y los tiempos desarrollados por los sujetos en cada actividad. Esto nos obliga a utilizar dos tipos de variables dependientes en el registro, una de razón y otra de tiempo. En la primera se especifican el número de aciertos o errores realizados por el usuario en las tareas de aprendizaje interactivo donde se exige el ajuste de una respuesta; en la segunda, se recogen los tiempos empleados en la elaboración de la respuesta. Ambas variables admiten diferentes medidas, como el sumatorio de errores, la media de tiempos empleados o la duración total de la sesión de entrenamiento.

Navegación por el software. La navegación del usuario del programa hemos querido hacerla de forma sencilla e intuitiva. La filosofía fundamental es que pueda abandonarse el programa en cualquier momento que se desee, para lo cual el icono de salida está siempre activado. Se hace esto porque se entiende que el aprendizaje de los sujetos a los que va dirigido este software deberá realizarse en sesiones breves y con numerosas interrupciones. El resto de los elementos del programa consisten en iconos que permiten saltar de una actividad a otra, avanzar o retroceder dentro de los contenidos, repetir las instrucciones verbales o imprimir las hojas de resultados.

Herramienta de programación. La herramienta de programación utilizada ha sido un *software* de autor denominado *Authorware 4.0* (Macromedia). Se trata de un programa que permite desarrollar aplicaciones multimedia muy versátiles con distintas posibilidades de entrelazar material audiovisual y animaciones 3D. La potencia del programa hace posible que se lleguen a definir múltiples variables cuantitativas que, bien vinculadas con una base de datos, permite almacenar la secuencia de aprendizaje de los usuarios. El diseño de programación es secuencial y basado en iconos representativos de las diferentes funciones de texto, imágenes, animaciones, sonidos o videos.

Requisitos de software y hardware. Son los propios de un ordenador estándar actual: PC con procesador Pentium a 100 Mhz o superior, espacio en disco duro de 10 Mb, tarjeta gráfica, tarjeta de sonido, monitor superVGA, CD-ROM 8x, sistema operativo Windows 98 o superior.

Variables dependientes registradas en la aplicación del software. Para las tareas de clasificación se registraron el número de aciertos, el número de errores de atención (cuando no responde en el tiempo de respuesta), los errores de colocación (cuando el usuario responde pero lo hace de manera errónea, por ejemplo, colocando una botella en un cajón que no le corresponde por ser las botellas más o menos grandes o de otro color) y el número de aciertos correctos en cada ítem de las tareas de clasificación. Los parámetros registrados para las tareas de *seriación* fueron los errores (respuestas incorrectas en la colocación de los objetos a ordenar) y los tiempos de respuesta en segundos en cada una de las tareas presentadas. En las tareas de *comparación* se recogieron seis tipos de errores: cuatro corresponden a la elección incorrecta de la respuesta frente

al modelo (por ejemplo, señala la botella un poco más grande que la del modelo), y dos a la elección sin modelo (señala la botella más grande). Cuando estas son correctas contabiliza aciertos y cuando la respuesta no es correcta contabiliza errores. También se proporciona los seis tiempos de respuesta, uno para cada ítem presentado.

Test de Evaluación Matemática Temprana de Utrecht (TEMTU) (Van de Rijt, Van Luit y Pennings, 1999). Es una prueba dirigida a la medida del nivel de competencia matemática temprana. Su aplicación es para las edades de 4,6 a 7 años. El test consta de tres versiones paralelas (versiones, A, B y C) de 40 ítems cada una. En este estudio se ha aplicado solamente la forma A. Se compone de ocho subtests y cada uno de ellos es evaluado a través de cinco ítems. Los ocho componentes del tests reúnen tareas relacionadas con las operaciones piagetianas pero también incluye tareas relacionadas con el conteo. Los ejercicios de conteo del test proceden del trabajo original de Fuson (1988) y Fuson *et al.*, (1997). Los componentes de la prueba se indican a continuación:

Conceptos de comparación. Este aspecto se refiere al uso de conceptos de comparación entre dos situaciones no equivalentes relacionados con el cardinal, el ordinal y la medida. Son conceptos usados con frecuencia en las matemáticas: el más grande, el más pequeño, el que tiene más, el que tiene menos, etc. Un ejemplo de ítem de este subtest aparece en la figura 3.

Clasificación. Se refiere al agrupamiento de objetos basándose en una o más características. Un ejemplo de ítem es: "Mira estos cuadros. ¿Puedes señalar el que tiene cinco cuadrados pero ningún triángulo?". Con la tarea de clasificación se pretende conocer si los niños, basándose en la semejanza y en las diferencias, pueden distinguir entre objetos y grupos de ellos.

Correspondencia uno a uno. Este subtest evalúa el principio de correspondencia uno a uno. El niño debe ser capaz de establecer esta correspondencia entre diferentes objetos que son presentados simultáneamente. Una muestra de este subtest es el ítem 12: el evaluador le da al niño 15 cubos y le presenta un dibujo que representa las caras de dos dados con el patrón de puntos de 5 y 6. Entonces se le dice al niño: "Yo he lanzado dos dados y he conseguido estos puntos ¿puedes darme la misma cantidad de cubos?".

Seriación. Aquí hay que ordenar una serie de objetos discretos según un rango determinado. Se trata de averiguar si los niños son capaces de reconocer una serie de objetos ordenados. Los términos usados en esta tarea son: ordenadas de mayor a menor, del más delgado al más grueso, de la más pequeña a la más grande. Ejemplo: "Aquí ves unos cuadrados que tienen unos palos, señala el cuadrado donde los palos están ordenados del más delgado al más grueso".

Conteo verbal (uso de la secuencia numérica oral). Se evalúa la secuencia numérica oral hasta el 20. La secuencia puede ser expresada contando hacia adelante, hacia atrás y relacionándola con el aspecto cardinal y ordinal del número. Ejemplo: "Cuenta desde el 9 hasta el 15".

Conteo estructurado. Este aspecto se refiere a contar un conjunto de objetos que son presentados con una disposición ordenada o desordenada. Los niños pueden señalar con el dedo los objetos que cuentan. Se trata de averiguar si son capaces de mostrar coordinación entre contar y señalar. Ejemplo: El evaluador pone sobre la mesa un total de 20 cubos de forma desorganizada. El niño es requerido a que

cuenta todos los bloques. Se le permite señalar o tocar los cubos con los dedos o mover los bloques contados de un sitio a otro.

Resultado del conteo (sin señalar). El niño tiene que contar cantidades que son presentadas como colecciones estructuradas o no estructuradas y no se le permite señalar o apuntar con los dedos los objetos que tiene que contar. Un ejemplo es: Se le presenta al niño 15 cubos en tres filas de cinco cubos cada una con un espacio entre ellos y se le pregunta: “¿Cuántos cubos hay aquí?”.

Conocimiento general de los números. Se refiere a la aplicación de la numeración a las situaciones de la vida diaria que son presentadas en formas de dibujo. Un ejemplo es: “Tú tienes 9 canicas. Pierdes 3 canicas. ¿Cuántas canicas te quedan? Señala el cuadro que tiene el número correcto de canicas”.

Cada uno de los ocho componentes del test tiene cinco ítems. Cada acierto se puntúa con 1 y los errores con 0. La puntuación directa máxima que puede obtenerse es de 40. El TEMTU fue aplicado individualmente en las condiciones especificadas por el manual de instrucciones.

Procedimiento

Después de la presentación a los profesores del centro el estudio que se pensaba llevar a cabo, se solicitó a cada uno de ellos una relación de los alumnos y alumnas que en su opinión fueran aptos para este estudio. Resultó una muestra de 25 alumnos de los

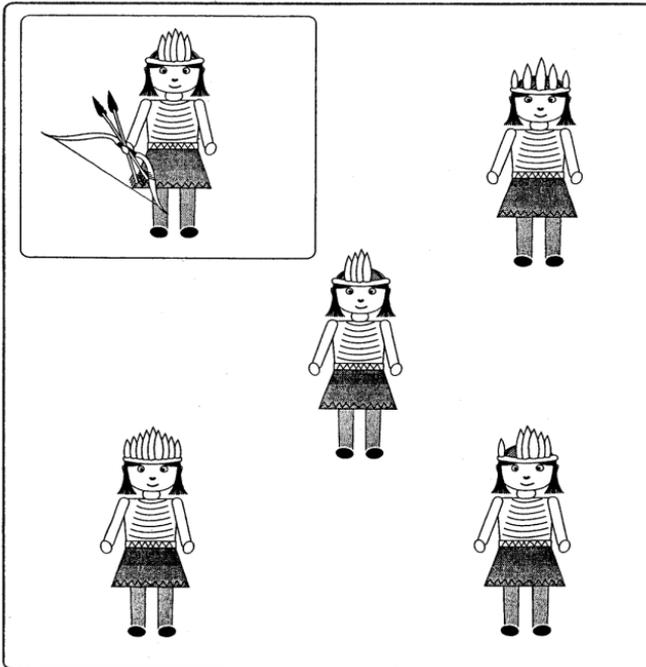


Figura 3. Ejemplo de un ítem de Comparación del Test de Evaluación Matemática Temprana de Utrecht (TEMTU). Se le pide al usuario “Aquí ves unos indios. Señala el indio que tiene menos plumas que este que tiene su arco y sus flechas”.

niveles escolares de primaria y pretallares. Así mismo se pasó la lista de alumnos seleccionados al psicólogo del centro para que certificara sobre su diagnóstico de retraso severo en el desarrollo madurativo y de no presentar problemas graves de conducta. Esto redujo la muestra a 20. A estos 20 participantes, se le aplicó individualmente el TEMTU, cuyos resultados obligó a excluir a 3 alumnos que ya tenían adquiridas las habilidades cognitivas a entrenar. Finalmente, resultaron seleccionados para el estudio un total de 17 alumnos (dos abandonarían el estudio una vez iniciado por diversas razones).

Una vez conocida la muestra ($n=15$), se realizaron 10 sesiones de entrenamiento individuales de 15 a 20 minutos de duración cada una. Las sesiones se iniciaban tras un período de adaptación al nuevo espacio y al supervisor de la tarea, para lo cual en las 2 primeras sesiones, la profesora estaba también presente. En las sesiones se colocaba al participante frente al ordenador ubicado en un aula del centro, en el que previamente se había entrenado el uso del ratón durante al menos 3 sesiones de 30 minutos. Las sesiones de entrenamiento se realizaban con un supervisor que indicaba al usuario los pasos a realizar en cada una de las pantallas del programa. En cada sesión se presentaban un mínimo de 3 actividades de seriación, 3 de comparación y 3 de clasificación mediante el *software Aprendizaje laboral en talleres y habilidades conceptuales*. Cada actividad permitía presentar al menos 3 ítems diferentes de cada concepto. Para cada ítem se registraban en una base de datos vinculada al *software* los parámetros de tiempo de respuestas, errores y ayudas necesitadas para resolver el ítem.

El diseño utilizado corresponde a un diseño cuasi experimental intragrupo con medidas repetidas de las variables dependientes (tiempo de respuesta, errores y número de ayudas necesitadas para resolver el ítem).

RESULTADOS

Las respuestas de los alumnos que han participado en las tareas de aprendizaje se recogían en una base de datos desarrollada en el propio *software*. Estos datos fueron tratados después con el paquete estadístico SPSS. El análisis estadístico se ha desarrollado en tres niveles, teniendo en cuenta los conceptos a aprender (seriación, clasificación y comparación), y las variables dependientes que son recogidas por el propio programa: errores cometidos en cada concepto, tiempo de reacción en cada ítem y nivel de partida inicial en cada uno de los conceptos evaluados a través del test de Utrecht.

Tareas de clasificación. El programa registraba el número de aciertos a cada ítem, así como los errores de atención y los errores de colocación en cada una de las sesiones individuales. En la tabla 1 puede apreciarse las variaciones en las respuestas de los sujetos en cada una de las sesiones. En general se da un descenso progresivo del número de errores por sesión. Particularmente importante son los errores de colocación (de un total de 99 en la primera sesión a 34 en la última sesión de entrenamiento). De interés es también la evolución de la curva de aprendizaje para esta tarea de clasificación reflejada en la figura 4. La curva de aprendizaje tiene su mejor ajuste a una función cuadrática del tipo $f(x) = ax^2 + bx + c$, donde el valor $R^2 = 21,93\%$. Si embargo el valor de significación F es no significativo, no existiendo ninguna función que se ajuste

de manera significativa a los datos para las tareas de clasificación. Los valores medios de aciertos para el grupo inicial pasan de 112 en la primera sesión a 172 en la séptima (incremento medio= 63). Dado que podemos considerar la tasa de aciertos como uno de los mejores indicadores del aprendizaje de las tareas de clasificación, los resultados podemos considerarlos favorables.

Tareas de seriación. Los parámetros registrados para las tareas de seriación fueron los errores (respuestas incorrectas a los ítems) y los tiempos de respuesta en segundos en cada una de las tres tareas presentadas. Una de las constataciones que se observan es que el grupo evoluciona favorablemente en cuanto a los errores cometidos, con unos rangos que van desde 35 a 40 en la primera sesión hasta 1 en la sesión 10 (ver tabla 2), con una reducción importante también de los tiempos de respuesta medios

Tabla 1. Valores medios en aciertos, errores de atención, errores de colocación y tiempo medio de respuesta (en segundos) para el grupo de participantes en las tareas de clasificación realizadas con el software educativo *Aprendizaje laboral en talleres y habilidades conceptuales*.

Sesiones	Aciertos	Errores atención	Errores colocación	Tiempo medio de respuesta (seg.)
1	112	29	99	170
2	139	22	78	140
3	154	14	72	133
4	170	21	49	120
5	166	20	54	127
6	153	15	72	133
7	118	14	48	118
8	98	17	51	123
9	118	14	28	113
10	175	12	34	125

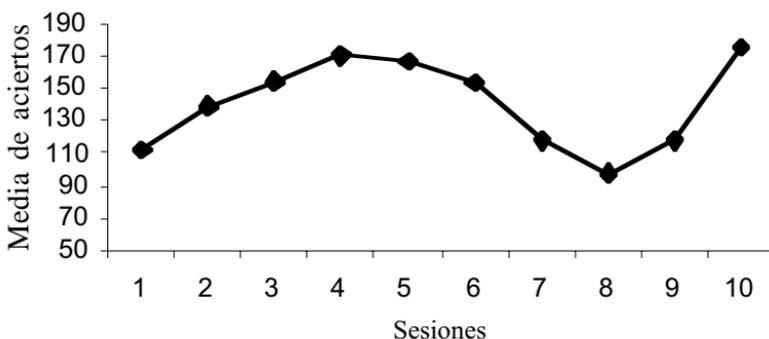


Figura 4. Curva de aprendizaje de la tasa media de aciertos para el grupo de discapacitados psíquicos entrenados en las tareas de clasificación realizadas con el software educativo.

Tabla 2. Número de errores y medias de tiempos de respuestas en segundos de los participantes por el grupo en las tres tareas de seriación.

Sesiones	Errores tarea 1	Errores tarea 2	Errores tarea 3	Media tiempo 1 (seg.)	Media tiempo 2 (seg.)	Media tiempo 3 (seg.)
1	40	35	35	106	87	76
2	25	25	33	83	62	78
3	27	22	23	104	85	70
4	13	18	26	68	67	74
5	14	14	16	74	52	55
6	5	12	18	54	60	57
7	5	8	12	52	54	59
8	12	10	8	63	58	63
9	5	7	6	40	59	49
10	1	5	3	35	48	52

Tabla 3. Tasa de aprendizaje para las tareas de seriación. Los valores recogidos corresponden a las medias del grupo ante cada uno de los ítems en cada una de las sesiones, además de un valor general extraído de los anteriores.

Sesiones	Media ítem 1	Media ítem 2	Media ítem 3	Media general
1	.45	.59	.53	.47
2	.53	.60	.52	.51
3	.51	.59	.51	.47
4	.70	.60	.52	.51
5	.63	.72	.62	.59
6	.82	.68	.63	.63
7	.87	.81	.71	.71
8	.54	.61	.72	.59
9	.88	.75	.71	.72
10	.88	.54	.71	.63

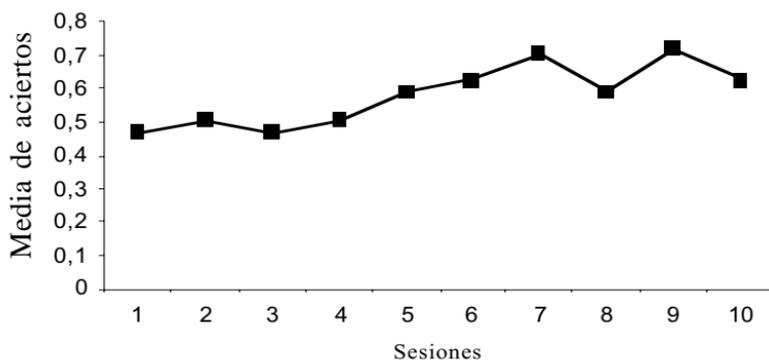


Figura 5. Curva de aprendizaje del grupo participante en las tareas de seriación mediante el software educativo. Los valores refieren la tasa media de aciertos (eje de ordenada) ante los ítems presentados en cada sesión.

Tabla 4. Valores acumulados por el grupo en los seis tipos de errores ante los ítems presentados en las tareas de comparación.

Sesiones	Error 1	Error 2	Error 3	Error 4	Error 5	Error 6
1	35	30	43	26	14	21
2	28	25	31	22	20	20
3	27	18	37	14	10	24
4	17	9	32	9	17	17
5	25	12	21	14	16	18
6	14	5	24	14	5	8
7	17	6	27	10	12	17
8	11	14	28	11	11	14
9	12	7	21	7	10	11
10	7	4	9	4	1	10

Tabla 5. Tiempos de respuesta en segundos acumulados para cada ítem en las tareas de comparación.

Sesiones	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6
1	649.24	613.00	696.43	498.47	564.72	588.72
2	308.27	509.37	362.87	244.37	507.95	489.92
3	503.66	514.73	562.55	451.55	512.94	468.05
4	325.43	198.71	277.32	261.37	364.53	465.04
5	290.28	301.48	331.87	422.48	373.73	606.36
6	239.06	221.76	470.71	290.82	482.42	449.20
7	276.53	293.41	377.63	344.06	498.28	558.07
8	237.02	290.03	499.22	340.99	567.44	581.89
9	115.37	195.44	221.60	194.40	325.08	212.80
10	118.23	149.45	116.56	203.64	220.62	29.68

del grupo (rango de 76 a 106 segundos para la primera sesión a 35 segundos en la sesión 10). La curva de aprendizaje en estas tareas de seriación que refleja los aciertos medios del grupo es más irregular (ver figura 5). En el caso de las tareas de seriación, la curva de aprendizaje tiene su mejor ajuste a una función cuadrática del tipo $f(x) = ax^2 + bx + c$, donde el valor $R^2 = 75,45\%$ / Significación de $F = 0,0073$). No obstante, hay una mejora en cuanto al número de aciertos ante los ítems de seriación. Hemos determinado una tasa de aprendizaje a partir de los valores medios obtenidos por el grupo de participantes en cada una de las sesiones y para cada uno de los ítems presentados, así en la tabla 3 vemos que la media de aciertos general para la sesión 1 fue de .47, mientras que en la última sesión subió a .63.

Tareas de comparación. En las tareas de comparación se recogen seis tipos de errores (cada tipo se refiere a la respuesta errónea ante el ítem presentado), también se proporcionan los seis tiempos de respuesta, uno para cada ítem. Presentamos en primer lugar los errores cometidos por el grupo en la tabla 4. Se puede apreciar aquí el

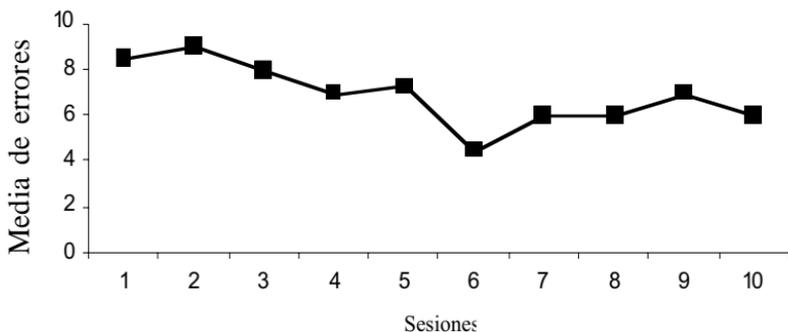


Figura 6. Curva de evolución de la media de errores para todos los ítems en tareas de comparación.

progresivo descenso en cada uno de ellos (rangos de 14 a 43 en la primera sesión) a 1 en la última sesión. Se ve un descenso en los errores indicativo de una mejora del aprendizaje, igual ocurre con los tiempos de respuestas que van disminuyendo a medida que el aprendizaje se va instaurando, siendo el rango para la primera sesión de 498,47 a 649,24 segundos, hasta un mínimo de 116,56 segundos en la última sesión (tabla 5). La curva de errores general para todos los participantes (figura 6) nos indica la tendencia de aprendizaje de las tareas de comparación. La curva de aprendizaje tiene su mejor ajuste a una función cuadrática del tipo $f(x) = ax^2 + bx + c$, donde el valor $R^2 = 68,47\%$ (significación de $F = 0,0176$).

DISCUSIÓN

Los conceptos de seriación, clasificación o comparación, junto a los de conservación fueron bien establecidos por Piaget y constituyen uno de los componentes esenciales de la explicación cognitiva del desarrollo de la inteligencia (Piaget y Inhelder, 1941, 1969). Estos conceptos son importantes para el aprendizaje numérico (Fuson *et al.*, 1997) y hoy no es sostenible que sean conceptos que aparecen espontáneamente, o que sea imposible su mejora mediante entrenamiento específico (Das, 2002; Paskin, Maccubbin, Campbell y Gadzichowski, 2004). Hay evidencia de que las llamadas tareas operatorias descritas por Piaget han podido observarse incluso en algunos mamíferos superiores como los bonobos, los chimpancés y los orangutanes (Suda y Call, 2004). Por supuesto también han sido entrenados en individuos con discapacidad psíquica (Tanaka y Zigler, 2005) y hay antecedentes experimentales de que complejos aprendizajes numéricos pueden desarrollarse en este tipo de personas (Akatsura, Ejiri, Matsui y Koike, 2002; Bashash, Outhred y Bchner, 2003; Calhoon y Fuchs, 2003).

Los datos recogidos en nuestro trabajo indican que un entrenamiento sistemático puede mejorar el dominio de conceptos de comparación, seriación y clasificación en personas gravemente afectadas por una discapacidad mental. Las curvas de aprendizaje que se dibujan en las tablas 1, 2 y 3 sugieren que son más complejas para ellos las

tareas de seriación que las de clasificación o comparación, observándose un retardo en su aprendizaje evaluado por el número de aciertos y/o errores presentados. Sin embargo, una vez alcanzado un nivel de adquisición inicial, los errores son menos frecuentes (tabla 1). Las tareas de clasificación han sido particularmente exitosas dado que se consiguen unas tasas de errores en los ítems muy reducidas para el grupo, siendo estos datos coincidentes con los de Tanaka y Zigler (2005), donde se refieren que los resultados eran muy semejantes cuando se comparaban con los obtenidos por los niños no discapacitados de la misma edad mental. En el caso de la seriación, los datos son igualmente prometedores. Se consiguen curvas de aprendizaje satisfactorias indicando que podemos mejorar estas tareas a pesar del nivel de abstracción necesario, en la línea publicada por Pasnak *et al* (2004), que refieren haber conseguido aprender a desarrollar hasta 65 tareas de seriación en un niño con una edad mental de 4 años, con un diseño de línea base múltiple.

La metodología utilizada ha sido muy individualizada. Ello exige una dedicación de recursos humanos considerable, si bien esto hace posible centrar más la atención del alumno y garantizar niveles de motivación que difícilmente pueden conseguirse con procedimientos menos personalizados. Asimismo, la disposición a través del programa de ordenador diseñado específicamente para el entrenamiento de estas tareas posibilita una variedad de ejercicios y el control sistemático de los ítems y las respuestas.

Por otro lado, se trata de tareas que tienen una dimensión práctica relevante dentro del aprendizaje académico y como instrumento para la adquisición de otros conceptos numéricos que tienen una amplia aplicación en la vida cotidiana. En este sentido creemos que además de aportar información sobre el nivel de desarrollo intelectual del sujeto, nos permite calibrar su grado de conocimientos previos para el desarrollo de tareas más prácticas, como son las realizadas en los pre-talleres de los centros específicos que trabajan con poblaciones de discapacitados psíquicos.

No obstante, habría que considerar que las tareas entrenadas en la pantalla del ordenador no se generalizan automáticamente a la vida cotidiana del usuario. En este sentido, una investigación más extensa sobre el efecto expansivo de este aprendizaje mediado por ordenadores sería necesaria para comprobar el grado de efectividad a la hora de aplicar lo aprendido a tareas de la vida real.

REFERENCIAS

- Aguado L (2003). Neuroscience of Pavlovian Conditioning: A Brief Review. *The Spanish Journal of Psychology*, 6, 155-167
- Alcalde C; Navarro JI, Marchena E y Ruiz G (1998). Acquisition of basic concepts by children with intellectual disabilities using a computer-assisted learning approach. *Psychological Reports*, 82, 1051-1056.
- Akatsura M, Ejiri M, Matsui H y Koike T (2002). Counting performance and its developmental relation to the verbal regulation of behavior in children with intellectual disabilities. *Japanese Journal of Special Education*, 40, 205-214.
- Barr O (2004). Loss and Learning Disability. *Journal of Learning Disabilities*, 8, 408-410.
- Bashash L, Outhred L y Bochner S (2003). Counting skills and number concepts of students with moderate intellectual disabilities. *International Journal of Disability, Development and*

Education, 50, 325-345.

Baum EB (2004) *What Is Thought?* Cambridge, MA: MIT Press.

Brasted PJ, Bussey TJ, Murray EA y Wise SP (2005). Conditional Motor Learning in the Nonspatial Domain: Effects of Errorless Learning and the Contribution of the Fornix to One-Trial Learning. *Behavioral Neuroscience*, 119, 662-676.

Calhoun MB y Fuchs LS (2003). The effects of peer-assisted learning strategies and curriculum-based measurement on the mathematics performance of secondary students with disabilities. *Remedial and Special Education*, 24, 235-245.

Caroff X (2002). What conservation anticipation reveals about cognitive change. *Cognitive Development*, 17, 1015-1035.

Carriedo N, García Madruga JA y González Labra MJ (2002). *Mental models in reasoning*. Madrid: UNED.

Clark KM y Green G (2004). Comparison of two procedures for teaching dictated-word/symbol relations to learners with autism. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 37, 503-507.

Das JP (2002). A better look at intelligence. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 28-33.

Davies DK, Stock SE, Wehmeyer ML (2003) A Palmtop Computer-Based Intelligent Aid for Individuals with Intellectual Disabilities to Increase Independent Decision Making. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*. 28, 182-193.

Davies DK, Stock SE, Wehmeyer ML (2004) Computer-Mediated, Self-Directed Computer Training and Skill Assessment for Individuals With Mental Retardation. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*. 16, 95-105.

Fuson K (1988). *Children's Counting and Concepts of Number*. New York: Springer-Verlag.

Fuson KC, Wearne D, Hiebert J, Human P, Olivier A, Carpenter T y Fenema E (1997). Children's Conceptual Structure for Multidigit Numbers and Methods of Multidigit Addition and Subtraction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 130-162.

Gottfredson LS (2004) Life, death, and intelligence. *Journal of Cognitive Education y Psychology*, 4, 23-46.

Hetzroni O y Oren B (2002). Effects of intelligence level and place of residence on the ability of individuals with mental retardation to identify facial expressions. *Research in Developmental Disabilities*, 23, 369-378.

Huguenin NH (2004) Assessing visual attention in young children and adolescents with severe mental retardation utilizing conditional-discrimination tasks and multiple testing procedures. *Research in Developmental Disabilities*, 25, 155-181.

Lopes EJ, Lopes R y Teixeira J (2004) Experimental Cognitive Psychology Fifty Years Later: The Crisis of the Information-Processing Paradigm. *Cadernos de Psicologia e Educacao Paideia*. 14, 17-26.

Lowe CF, Horne PJ y Hughes JC (2005). Naming and categorization in young children: III. Vocal tact training and transfer of function. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 83, 47-65.

Marchena E, Alcalde C, Navarro JI y Ruiz G (1998) Formación de conceptos en alumnos de educación infantil mediante instrucción asistida por ordenador. *Psicothema*, 10, 75-83.

Matute H (2004). Investigación con humanos en aprendizaje asociativo. En R Pellón y A Huidobro (Eds.). *Inteligencia y aprendizaje* (pp. 261-304). Barcelona: Ariel.

Maynard A y Greenfield OP (2003) Implicit cognitive development in cultural tools and children: Lessons from Maya Mexico. *Cognitive Development*, 18, 489-510.

Navarro JI, Alcalde C, Marchena E y Ruiz G (1992). *Jugar con formas, colores y posiciones corporales*. *Software Educativo*. Departamento de Psicología. Universidad de Cádiz.

Navarro JI, Ruiz G, Marchena E, Alcalde C y Amar J (1997). *Cómo mejorar tus habilidades mentales*. *Software educativo*. Departamento de Psicología. Universidad de Cádiz.

- Navarro JI, Ruiz G, Alcalde C y Marchena E (2001). *Aprendizaje laboral en talleres y habilidades conceptuales. Software Educativo*. Departamento de Psicología. Universidad de Cádiz.
- Navarro JI, Marchena E, Alcalde C y Ruiz G (2001). Aprendizaje de habilidades laborales por personas con discapacidad psíquica mediante tecnología de la información. *Apuntes de Psicología*, 19, 65-78.
- Navarro JI, Marchena E, Alcalde C, Ruiz G, Llorens I y Aguilar M (2003) Improving attention behavior in primary and secondary school children with a Computer Assisted Instruction procedure. *International Journal of Psychology*, 38, 359-365.
- Navarro JI, Marchena E, Alcalde C y Ruiz G (2004) Stimulus Control with Computer Assisted Learning. *Journal of Behavioral Education*, 13, 83-91.
- Neisser U (1967). *Cognitive Psychology*. New York: EUA.
- Pasnak R, Maccubbin EM, Campbell JL y Gadzichowski M (2004). Learning Set Instruction in Seriation and the Oddity Principle for a Child with Severe Mental Disabilities. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 39, 337-345.
- Piaget J y Inhelder B (1941). *Le développement des quantités physiques chez l'enfant*. Neuchatel, Switzerland.
- Piaget J y Inhelder B (1969). *The Psychology of the Child*. London: Routledge y Kegan Paul.
- Pozo JI (2003). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo JI y Monereo C (1999). *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Aula XXI, Santillana.
- Reichle J, McComas J, Dahl N, Solberg G y Pierce S (2005) Teaching an individual with severe intellectual delay to request assistance conditionally. *Educational Psychology*, 25, 275-286.
- Rennie DAC, Bull R y Diamond A (2004). Executive functioning in preschoolers: Reducing the inhibitory demands of the Dimensional Change Card Sort Task. *Developmental Neuropsychology*, 26, 423-443.
- Standen PJ y Brown DJ (2005) Virtual Reality in the Rehabilitation of People with Intellectual Disabilities: Review. *CyberPsychology and Behavior*, 8, 272-282.
- Suda Ch y Call J (2004). Piagetian Liquid Conservation in the Great Apes (Pan paniscus, Pan troglodytes, and Pongo pygmaeus). *Journal of Comparative Psychology*, 118, 265-279.
- Tanaka M y Zigler E (2005). Discrimination Shift Learning and Outer directedness in Children with Mental Retardation. *Japanese Journal of Special Education*, 42, 459-466.
- Trumppower DL y Goldsmith TE (2004) Structural enhancement of learning. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 426-446.
- Van Luit JEH, Van de Rijt AM y Pennings AH (1999). *The Utrecht Early Numeracy Test*. Doetinchem. The Netherlands: Graviant.
- Wehme ML (2003) Defining Mental Retardation and Ensuring Access to the General Curriculum. *Education y Training in Developmental Disabilities*, 38, 271-282.
- Yamanashi J (2005) Inclusive education: Readings and reflections. *International Journal of Disability, Development and Education*, 52, 71-73.

Recibido, 12 noviembre 2005

Aceptado, 26 julio 2007