

Instrumento de detección de alumnos con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: análisis de consistencia interna y validez de constructo

José Luis SANTOS CELA
Esperanza BAUSELA HERRERAS

Universidad de León
e-mail: dfcebh@unileon.es

RESUMEN:

En el marco de la orientación neuropsicológica de Luria, abordamos una función superior, el cálculo. Desde la neuropsicología cognitiva, el énfasis se pone en definir el sistema de procesamiento de la información subyacente. El modelo, sin duda, más influyente es el desarrollado por McCloskey y sus colaboradores. Apoyándonos en este marco teórico ha sido diseñado, por el primer autor de este artículo, un instrumento de aplicación colectiva de detección de alumnos con dificultades de aprendizaje de las matemáticas. Procediendo posteriormente, a desarrollar una evaluación individualizada de aquellos alumnos / as que manifiesten dificultades en el área de matemáticas. Con objeto de conocer la virtud de este instrumento se ha procedido a analizar sus propiedades psicométricas: consistencia interna y validez de constructo. Los resultados de los análisis efectuados nos indican la aceptabilidad de la fiabilidad del instrumento y la existencia de dos factores que explican la estructura factorial del mismo.

Palabras Clave: Neuropsicología cognitiva, neuropsicología de Luria, dificultades de aprendizaje de las matemáticas, sistema funcional, Modelo de McCloskey, Caramazza y Basili.

ABSTRACT:

In the context of the neuropsychology, whose maximum represente is Luria, we are going to approach a top function, the calculation. From the cognitive neuropsychology, the emphasis has been put in defining a system of processing the information. The model which is developed by McCloskey and this collaborators is, perhaps, the most influence. The first author of this paper has developed this model so as a collective instrument in order to assessment the mathematical learning disabilities and, subsequent, develop a individualized assessment of those case which show mathematical learning disabilities. In order to know the power of this instrument, we have analyzed its psychometric properties: internal consistency and construct validity. The result of this research shows us the acceptability of reliability and confirms the existence of two factors which explains the factorial structure of this instrument.

Words Key: Cognitive Neuropsychology, Luria's neuropsychology, mathematical learning disabilities, functional system, McCloskey, Caramazza and Basili's model.

SUMARIO: 1.Marco teórico. 2. Objetivos e hipótesis de investigación. 3. Metodología. 4. Análisis de datos y resultados. 5. Discusiones y conclusiones finales. 6. Agradecimientos

1. MARCO TEÓRICO

Si bien las dificultades de aprendizaje presentes en las personas son múltiples y de naturaleza muy variada, en este artículo nos aproximaremos, exclusivamente, en las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas que presentan niños de la etapa de Educación Primaria.

Si el *enfoque Neuropsicológico*, cuyo máximo exponente es Luria, considera la discalculia de desarrollo proveniente de una anormalidad subyacente a un sistema funcional (Luria, 1974; Christensen, 1978, p. 16; Miranda, 1988; Manga y Fournier, 1997; Alonso y Fuentes, 2001; Manga y Ramos, 2001; Deaño, 1988), la *neuropsicología cognitiva* pone su énfasis no tanto en buscar el sustrato neuroanatómico, sino en encontrar una explicación cognitiva similar y subyacente que permita explicar y comprender estos desórdenes (Temple, 1994). Desde este paradigma se considera que la ejecución en un dominio está mediada por un sistema de procesamiento de la información, que comprende un número de componentes funcionales distintos. Para hacer estas inferencias, la neuropsicología cognitiva parte de *tres presunciones o axiomas* (Ellis y Young, 1988): especificidad neurológica o isomorfismo, supuesto de sustractividad y supuesto de modularidad.

Desde esta perspectiva, la ejecución del cálculo está mediada por un sistema de procesamiento de la información que comprende un número de componentes distintos, de tal forma que una lesión cerebral puede afectar a uno de estos componentes y dejar intacto los demás. Se han propuesto varios modelos de procesamiento numérico que intentan explicar el porqué de los déficit numéricos: Modelo de McCloskey, Caramazza y Basili (1985), modelo de código triple (Dehaene, 1992; Dehaene y Cohen, 1995), modelo de Ciplotti y Butterworth (1995) y modelo de Cuetos y Miera (1998). Es, sin duda, el modelo desarrollado por McCloskey y sus colaboradores (McCloskey, Caramazza y Basili, 1985; McCloskey, 1992) es más influyente.

McCloskey et al. (1985) proponen componentes separados para la comprensión y producción de números arábigos y palabras. Uno de los postulados fundamentales de este modelo es la comunicación entre los distintos módulos - *input* y *output*-mediada por representaciones internas abstractas. Es ésta la principal diferencia, según Alonso y Fuentes (2001), entre este modelo y la mayoría de los modelos actuales, proponiendo además la existencia de rutas asemánticas. Según el mismo autor, la suposición que las representaciones internas de los números son abstractas ha sido criticado ampliamente y ha ocasionado la aparición de modelos alternativos, que cuentan con mayor apoyo experimental. Muchos autores consideran estas representaciones internas de los números no abstractas, sino específicas para cada formato. Además, consideran entre los mecanismos cognitivos implicados en el uso de los números *dos sistemas*: (i) El *sistema de procesamiento numérico* que incluye los

mecanismos para comprender y producir números. Además, dentro de cada subsistema del procesamiento numérico (comprensión y producción) también hacen una distinción entre componentes para procesar *números arábigos* (números en forma de dígitos, como 37) y componentes para procesar *números verbales* (números en forma de palabras, como treinta y siete). Los *componentes para comprender* los números arábigos y verbales convierten los inputs numéricos en una representación interna para usar en subsecuentes procesamientos cognitivos, como ejecutar cálculos. Los *procesos de producción* trasladan la representación interna de los números a un *output* arábigo o verbal. (ii) El *sistema de cálculo*, se compone de los conocimientos de hechos numéricos y procedimientos necesarios para realizar cálculos. En particular postula mecanismos para comprender el signo de la operación (por Ej. +), para la recuperación de hechos aritméticos (por Ej. $3 + 6 = 9$) y para ejecutar procedimientos de cálculo (por Ej. Para la multiplicación multidígitos, empezar por la columna de la derecha, trasladar los dígitos de esta columna a representaciones internas, utilizar estas representaciones para recuperar el producto de los dígitos..).

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Con este estudio pretendemos conocer las propiedades psicométricas de este instrumento, en concreto, con relación a su *fiabilidad*, *consistencia interna* y a su *validez de constructo*.

En coherencia con este objetivo, las *hipótesis* que guía esta investigación la formulamos en los siguientes términos: (i) El instrumento que aquí presentamos tiene una consistencia estadística suficiente como para ser utilizado en la práctica de la detección de posibles alumnos con dificultades en el área de las matemáticas y (ii) el análisis factorial confirmará la existencia de los factores que componen los mecanismos cognitivos implicados en el uso de los números según McCloskey et al. (1985): el Sistema de Procesamiento Numérico y el Sistema de Cálculo.

3. METODOLOGÍA

En esta investigación hemos optado por un *método correlacional*. Este método permite explorar hasta qué punto las variaciones observadas entre las variables dependen una de otras. A partir de la matriz de correlaciones se ha generado un *análisis factorial* con el fin de reducir las variables subyacentes (ver trabajos de Vázquez, Estalote, López y Barca, 1993; Gaviria, 1994).

3.1. PARTICIPANTES

En este estudio participaron 87 escolares de tercer curso de Educación Primaria (8/9 años) de cuatro centros escolares. La participación de los centros fue voluntaria y desinteresada, entregándoles al finalizar el estudio un informe de los resultados obtenidos, acompañados de unas orientaciones educativas en función de los mismos. Los cinco grupos de escolares que participaron en este estudio, pertenecen a centros escolares de la ciudad de León, cuatro de ellos son públicos y uno de ellos es concertado. Con relación a su ubicación geográfica, se seleccionaron dos centros urbanos, dos centros semiurbanos y un Centro Rural Agrupado (C.R.A.) En la tabla 1 se resumen las características más significativas y representativas de los escolares que han participado en este estudio.

Tabla 1 Distribución de la muestra de la investigación en función del tipo de centro y su ubicación geográfica

TIPO DE CENTRO	GRUPO	N	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			TOTAL
			Urbano	Semiurbano	(CRA)	
Publico	1	15				15
	2	14				14
	3	25				25
	4	13				13
Privado-Concertado	5	20				20
TOTAL		44	29	13		87

3.2. INSTRUMENTO

Las habilidades matemáticas han sido evaluadas a través de una prueba colectiva, que seguidamente pasamos a comentar, y que se apoya en el modelo de McCloskey et al. (1985).

Esta prueba ha sido diseñada por el primer autor de este artículo, consta de 48 ítems, aproximadamente un 95 % de ellos correspondientes al Nivel de Competencia Curricular (NCC) que debe alcanzar mínimamente cualquier tipo de alumno que haya superado los objetivos del área de matemáticas al finalizar el primer ciclo de Educación Primaria (2º curso de Educación Primaria). El otro 5%, contiene algún elemento operacional que forma parte del currículum matemático más elemental del

inicio del 2º ciclo de E.P. (3º de Educación Primaria). La explicación de su contenido es la siguiente: (i) Por una parte, al tratarse de una prueba que intenta detectar alumnos/as con importantes dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, se quiere constatar que tras haber trabajado un año más en este currículo (carácter cíclico de la etapa de Educación Primaria), ya que la prueba se ha aplicado durante el tercer trimestre de 3º de Educación Primaria, hay algunos alumnos en los que persisten dichas dificultades. Y (ii) por otra, se busca el estímulo del alumno medio / medio alto, al presentarle algún ítem nuevo trabajado durante este curso, si bien no es valorado a efectos globales de la prueba.

3.3. PROCEDIMIENTO

El estudio se desarrolló de forma colectiva en los grupos naturales (aulas) en tres centros educativos públicos y uno privado concertado de León. Fue administrado, por el autor de la prueba a cinco grupos de escolares en sesiones de una hora de duración, aproximadamente; segunda hora de la mañana en todos ellos; y en días martes o miércoles de dos semanas consecutivas para evitar variables contaminantes de horarios (inicio o final de la jornada), días de semana (primero o último) o efectos de aprendizaje por demora de la prueba de unos grupos a otros.

Para facilitar, por parte del alumnado, la aceptación y rendimiento en el trabajo se contó con la presencia del (de la) profesor/a tutor/a de cada grupo de alumnos. Este estudio tenía una *doble finalidad*: (i) Por una parte, colaborar en la mejora del rendimiento de todo el alumnado de Educación Primaria en el Área de Matemáticas desde el inicio del primer ciclo de Educación Primaria, lo que iría repercutiendo en los siguientes ciclos y (ii) por otra parte, estudiar, de forma individualizada, para su diagnóstico y posterior tratamiento si procede, a aquellos alumnos que presentaran claros indicadores de Dificultades Específicas en el Aprendizaje de las Matemáticas (*discalculia evolutiva*).

4. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Iniciamos el estudio de las propiedades psicométricas del estudio, con el *análisis de la fiabilidad* del mismo para proseguir posteriormente con el análisis de la *validez de constructo*.

4.1. ANÁLISIS DE LA FIABILIDAD: ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA INTERNA

En el cálculo de la fiabilidad se utilizó el procedimiento de *consistencia interna*,

utilizando para ello diversos procedimientos: El índice alfa de Cronbach, tomado como medida de consistencia interna de la escala, es 0.7684. La fiabilidad de la prueba es aceptable. Para Vianna (1983) una fiabilidad mínima de 0,70 se considera aceptable para fines de decisión. Este coeficiente ha sido contrastado con otros índices, obteniéndose resultados similares: (i). Con relación al coeficiente de dos mitades, se obtuvo un alfa= .4910 para la parte primera configurada por cuatro ítems y un alfa = .8575 para la parte segunda, configurada por tres ítems. El grado de correlación entre ambas formas fue .7472. Y (ii) con el método paralelo se obtuvieron dos coeficientes de fiabilidad de .7684 y .7738.

4.2. ANÁLISIS DE LA VALIDEZ DE CONSTRUCTO: VALIDEZ FACTORIAL

La validez factorial es un tipo *de validez de constructo* establecida a través del *análisis factorial*. A continuación procedemos a su desarrollo para comprobar si los dos constructos teóricos que subyacen en la elaboración de esta prueba colectiva pueden ser confirmados empíricamente: Sistema de Procesamiento Numérico y Sistema de Cálculo.

A partir de la matriz de correlaciones se generó un análisis factorial con el fin de explicar un número de variables mediante un número más reducido de variables subyacentes (ver trabajos de Vázquez et al., 1993; Gaviria, 1994).

Una vez que se dispuso de esta matriz de correlaciones comprobamos si sus características eran las adecuadas para realizar un análisis factorial. Uno de los requisitos que debe cumplir para que el análisis factorial tenga sentido es que las variables estén *altamente intercorrelacionadas*. El grado de significación unilateral de cada una de estas correlaciones fue altamente significativo con una p igual o próxima a cero.

Se analizaron algunos indicadores del grado de asociación entre las variables, tratando de confirmar la idoneidad de la matriz: (i) El *índice de Kaiser - Meyer - Olkin* (KMO) de adecuación muestral fue .794, que según Kaiser es mediano, próximo a meritorio. Por otra parte en la prueba de *esfericidad de Barlett*, obtenemos que para estos 87 escolares y 7 variables, el determinante de matriz de correlaciones es =.115, la chi - cuadrado es igual a 179,347 lo cual supone una $p=.000$. Es decir, se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que la matriz de correlaciones no es una matriz idéntica. (ii) Existen intercorrelaciones significativas, probablemente altas, dado que el valor hallado en la *prueba de esfericidad de Bartlett* es significativamente alto. Esto confirma que la matriz de datos es adecuada para proceder al análisis factorial.

Las comunales de los ítems son variables, siendo el mayor índice .952 (ítem 6, Resolución de problemas) y el menor .144 (ítem 1, Ordenar Series) (ver tabla 2).

Tabla 2 Comunalidades

ITEMS	Inicial	Extracción
1 ESC_NUM	,145	,144
2 CONT_SER	,496	,625
3 ORDENAR	,242	,280
4 COMP_DES	,276	,252
5 OPERACIO	,565	,677
6 RESOL_P	,533	,952
7 INVENC_P	,360	,342

Se ha optado por el método de extracción *mínimos cuadrados no ponderados* y por el *método de rotación Varimax con Kaiser*, ya que con este método se tiende a minimizar el número de variables que tiene saturaciones altas en un factor. Hemos extraído dos factores principales, los cuales explican el 46.741 % de la variabilidad total. El factor 1, el valor propio es de 3.236, explicando el 40.33 % de la variabilidad total. El factor 2, con valor propio de .967 explica el 6.5 % de la varianza total. El resultado supone una reducción considerable de variables y una pérdida mínima de información. En la rotación factorial: las variables Escribir Números, Contar Series, Ordenar, Operaciones, están muy próximos al eje del *factor II*. Mientras que las variables: Componer - descomponer problemas, resolución e invención de problemas están muy próximas al *factor I*.

A partir de estos factores se procedio a interpretar los factores. Las variables saturadas de un mismo factor aparecen agrupadas. Esto puede ayudar a descubrir la estructura latente de este factor. Para ello hemos recurrido a dos estrategias: *ordenar y de limpiar*. En la tabla 3 se ilustran los resultados del análisis factorial.

Tabla 3 Matriz Factorial rotada ordenada y eliminada factores de menor peso ponderal (<.25)

VARIABLES	FACTOR 1	FACTOR 2	VARIANZA EXPLICADA
ESOL_P	.957	.189	40,33 %
INVENC_P	.506	.294	
COMP_DES	.422	.273	6.5 %
CONT_SER	.441	.656	
OPERACIO	.490	.661	
ORDENAR		.522	
ESC_NUM	.215	.312	
VARIANZA TOTAL EXPLICADA			46,741 %

5. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES FINALES

Los resultados del estudio nos permiten confirmar las hipótesis de investigación que han guiado esta investigación. *El análisis de fiabilidad* del instrumento, tomando el índice de consistencia interna, es aceptable, no obstante, hemos de ser prudentes y considerar que una prueba o un test no poseen una única fiabilidad. Su cálculo se ha realizado sobre las puntuaciones de un grupo de sujetos con unas características determinadas. La misma prueba, al aplicarse de nuevo a otros grupos dará coeficientes de fiabilidad que pueden variar (Rincón, Arnal, Latorre y Sans, 1995). En este sentido, y en palabras de los mismos autores, la fiabilidad de un instrumento es relativa.

El *análisis de la validez de constructo, análisis factorial*, nos indica que dos factores explican la conformación de la estructura factorial de las habilidades matemáticas en nuestra muestra de escolares. Ello corrobora el constructo hipotético que asume la existencia de un modelo de dimensiones múltiples en las habilidades y destrezas matemáticas. La estructura que obtenida forma una agrupación de dos dimensiones no correlacionadas, lo que nos permite postular que estas dos dimensiones se corresponden con operaciones cognitivas independientes, las cuales se corresponderían con el Sistema de Procesamiento Numérico y con el Sistema de Cálculo, propuesto por McCloskey *et al.* (1985). No obstante, existen dos variables que tienen mayor peso factorial en factores no previsibles desde el marco conceptual desarrollado previamente. Así, la variable Componer y Descomponer Números, en nuestro estudio tiene mayor peso factorial en el Sistema de Cálculo y la variable Operaciones tiene mayor peso factorial en el Sistema de Procesamiento Numérico.

Como consecuencia de este análisis y en coherencia con el modelo teórico que venimos desarrollando a lo largo de este escrito, las alteraciones en las habilidades matemáticas podría ser atribuidas a: (i) Déficit en el Sistema de Procesamiento Numérico: *Alexia*, y *agrafia numérica* y *acalculia visoespacial* y (ii) déficits en el Sistema de Cálculo: alteraciones en la comprensión de símbolos y conceptos de las operaciones matemáticas, alteraciones en el recuerdo de los *hechos* matemáticos y alteración en la *ejecución* de tareas matemáticas. Esto nos permitirá orientar los posteriores planes de rehabilitación y reeducación.

Aunque el instrumento que presentamos en esta investigación está aún en desarrollo, los resultados de este estudio nos animan a seguir profundizando en su perfeccionamiento. En futuros estudios profundizaremos en estos aspectos, junto con la *validez predictiva* y *criteria* del instrumento que ha sido presentado en este artículo.

6. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a todos los alumnos y alumnas anónimos que han participado en este estudio y a sus profesores y profesoras por la colaboración voluntaria y desinteresada en el mismo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, D. Y FUENTES, L.J. (2001). Mecanismos cerebrales del pensamiento matemático. *REVISTA DE NEUROLOGÍA*, 33 (6), 568 - 576.
- CIPLOTTI, L. Y BUTTERWORTH, B. (1990). Toward a multiroute model of number processing: Impaired number transcoding with preserved calculation skills. *Journal Experimental Psychology*, 124, 375 - 390.
- CUETOS, F. Y MIERA, G. (1998). Processing Dissociations: Evidence from a Case of Dyscalculia. *Spanish Journal Psychology*, 1, 18 - 31.
- CHRISTENSEN, A.L. (1978). *El diagnóstico Neuropsicológico de Luria*. Madrid: Visor.
- DEAÑO, M. (1998). Dyscalculia. En MOLINA, S., SINUES, A., DEAÑO, M., PUJUELO SANCLEMENTE, M., Y BRUNA R., *El fracaso en el aprendizaje escolar II. Dificultades específicas de tipo Neuropsicológico* (pp. 159 - 250). Málaga: Aljibe.
- DEHAENE, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1 - 42.
- DEHAENE, S. Y COHEN, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83 - 120.
- ELLIS, A.W. Y YOUNG, A.W. (1988). *Human cognitive neuropsychology*. East Sussex: Lawrence Erlbaum.
- GAVIRIA, J.L. (1994). Procedimiento para la determinación arbitraria de los valores de una matriz de correlaciones. *Revista de Investigación Educativa*, 23, 384 - 390.
- LURIA, A.R. (1974). *Cerebro y lenguaje*. Fontanella: Barcelona.
- MANGA, D. Y RAMOS, F. (2001). Evaluación de los síndromes neuropsicológicos infantiles. *Revista de Neurología*, 32 (7), 664 - 675.
- MANGA, D. Y FOURNIER, C. (1997). *Neuropsicología clínica infantil. Estudio de casos en edad escolar*. Madrid: Universitas.
- MANGA, D. Y RAMOS, F. (1991). *Neuropsicología de la edad escolar. Aplicaciones de la teoría de A.R. Luria a niños a través de la batería Luria - DNI*. Madrid: Visor.
- MCCLOSKEY, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44, 107 - 157.
- MCCLOSKEY, M., CAMARAZZA, A. Y BASILI, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: *Evidence from dyscalculia*. *Brain and Cognition*, 4, 171 - 196.
- MIRANDA, A. (1988). *Dificultades en el aprendizaje de la lectura, escritura y cálculo*. Valencia: Promolibro.
- RINCÓN, D., ARNAL, J., LATORRE, A. Y SANS, A. (1995). *Técnicas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Dykinson.
- TEMPLE, C. (1994). The cognitive neuropsychology of the developmental dyscalculias.

Cahiers Psychologie Cognitive Current Psychology of Cognition, 13, 351 - 370.

VÁZQUEZ, P., ESTALOTE, M.L., LÓPEZ, J. Y BARCA, A. (1993). Influencia contextual familiar, inadaptación escolar y dificultades de aprendizaje: Una aproximación correlacional / causal al sistema contextual de influencias. *Revista Galega de Psicopedagogía*, 6 (8 - 9), 233 - 260.

VIANNA, M.H. (1983). *Los test en la educación*. Pamplona: EUNSA.