

IMPACTO DE LA CALCULADORA ELECTRÓNICA EN LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA PRIMARIA: UN ESTUDIO CUASIEXPERIMENTAL EN TERCER NIVEL

por

Antonio Fernández Cano

Dpto. Pedagogía. Área MIDE. Universidad de Granada
Facultad de Educación. Campus de Cartuja. 18071 GRANADA

RESUMEN

Este estudio cuasiexperimental muestra los efectos del uso de calculadoras elementales en la enseñanza de las Matemáticas de 3º de Primaria. Propone una integración plena de la calculadora en el currículo y su disponibilidad parcial en los exámenes. Un efecto adverso se detecta en cálculo mental. Efectos positivos se detectan en destrezas de cálculo y en actitudes hacia las Matemáticas y hacia la propia calculadora. No se detectan efectos en desarrollo cognitivo numérico, numeración básica, resolución de problemas y rendimiento matemático general.

Términos clave: Innovación curricular, educación primaria, diseño cuasiexperimental, matemáticas, calculadoras.

ABSTRACT

Impact of hand-held calculator onto the primary mathematical education: a quasi-experimental study in 3er grade

This quasi-experimental study shows the effects of the use of hand-held calculators for teaching primary mathematics (third grade of Spanish school system). Proposing a full integration of calculators into the curriculum and the partial availability of the machine in posttests. An adverse effect is detected on numerical estimation. Positive effects are detected on computational skills and attitude towards Mathema-

tics and towards the calculator. No effects on numerical cognitive development, basic numeration, solving problems and general mathematical performance.

Key words: Curricular change, primary education, quasi-experimental design, mathematics, calculators.

I. INTRODUCCIÓN

El problema genérico a resolver consiste en decidir si la calculadora es un buen recurso didáctico para lo cual habría que indagar cómo se integra y cuáles son las consecuencias de tal integración en la educación matemática primaria.

Tras una primera revisión de la bibliografía, a nivel conceptual, se constata que existe un extenso listado de argumentos a favor (71) y en contra (60) —véase Fernández Cano, 1992—. La polémica viene de antiguo pues ya en 1919, de Alcántara exponía una visión negativa del uso de aritmómetros (calculadoras mecánicas) en instrucción aritmética al decir: «Debe acudir al aritmómetro de Arens lo menos posible...Es un error querer darlo hecho todo o casi todo a los alumnos,...» (p. 428). Pero por esa misma época, Felix Klein, el gran renovador de la enseñanza de las Matemáticas en Alemania, emitía una opinión contraria al decir: «Que no salga de nuestras escuelas ningún alumno sin que, siquiera una vez, hubiese manejado una máquina de calcular. Recomendamos la práctica del cálculo con números enteros centrándolo en las máquinas de calcular...» (pp. 27-34).

Numerosas declaraciones político-normativas y de expertos recomiendan que es necesario invertir la tendencia del sistema educativo a permanecer de espaldas a las innovaciones tecnológicas, alentando pues la integración. (Véase Cockcroft, 1982; NCTM, 1980, 1987; MEC, 1989; Romberg, 1984).

La revisión de la bibliografía de investigación pone de manifiesto:

- * La indagación sobre uso de calculadoras ha sido probablemente uno de los tópicos más investigados en educación matemática (Suydam, 1979, 1980; Pagni y Wiebe, 1988).

- * La Cal. electrónica elemental es un recurso disponible mayoritariamente dado su bajo coste.

- * Existe cierto escepticismo, en padres y profesores, sobre las bondades de la integración en cursos escolares bajos.

- * Escasez de estudios en cursos bajos (en 3º sólo nueve) pero abundancia de estudios experimentales en cursos altos (Grupo Experimental contra Grupo de Control: Cal. vs. no Cal.) sintetizados, en su mayoría, mediante un *metaanálisis* (Hembree, 1984). El hallazgo general de tal metaanálisis indica que la Cal. no produce efectos adversos, excepto en 4º curso y en ciertas variables, y puede ser útil, en la mayor parte de los cursos, para mejorar ciertas variables del desempeño matemático escolar. Hembree apunta una distinción relevante en las variables dependientes al considerar su medición en modalidad extensión (uso de Cal. en los exámenes) o de mantenimiento (no uso de Cal. en los exámenes).

*Estudios interactivos (Behr y Wheeler, 1981; Fielker, 1986, 1987) ponen de manifiesto nuevas y sutiles conductas docentes y discentes a partir del establecimiento de relaciones alumno-profesor-máquina.

*Abundantes programas y proyectos internacionales (estudios de desarrollo) avalan su implementación. Por ejemplo: el ARK Project, proyecto sueco dirigido por Bjork y Brolin (1984); al proyecto alemán TIM (Meissner, 1978) o el PRIME, anglo-galés (Shuard, 1986-89), por citar a los más próximos).

La consecuencias de la revisión bibliográfica serían:

*La Aritmética del «tendero» es una arte obsoleto que habrá que ir desestimando como fundamentación de los currículos de Matemáticas escolares, dejándola «morir» lenta y pacíficamente cual programa degenerativo lakatosiano.

*La Cal. tiene virtualidades didácticas y no sólo funcionales.

*Es necesaria una mayor y progresiva integración de la calculadora en los currículos de Mats. elementales; pasando de los habituales currículos, a lo sumo, asistidos u orientados a los modulados. Y el sentido de tal cambio va en una pérdida progresiva de peso y énfasis de los algoritmos tradicionales de lápiz y papel hasta llegar a una disponibilidad total de la máquina.

*Se necesita una formación específica y un cambio actitudinal en los docentes.

*Se debe facilitar la máquina en el examen de variables no relativas a dominios aritméticos básicos (modalidad de extensión).

*Sería conveniente indagar más sobre el tópico, en nuestros contextos más próximos, utilizando complementariamente aproximaciones cualitativas junto con el enfoque tradicional proceso-producto.

II. METODOLOGÍA

II.1. El problema

Este estudio se decanta por tres problemas específicos:

*¿Cómo queda modificado el currículo de Matemáticas de 3º a la luz de un empleo universal de la Cal? Estamos tratando de optimizar un tratamiento experimental identificable como *currículo modulado*.

*¿Qué efectos diferenciales produce tal tratamiento sobre ciertas variables producto propias o afines al constructo «desempeño/rendimiento en Mats. escolares de 3º»?

*¿Qué efectos diferenciales produce, en tales variables, la mera disponibilidad de Cal. en los exámenes?

II.2. Variables

La variable independiente/experimental adopta dos o tres niveles, según la variable producto que se indague. Tales niveles son:

- * Currículo tradicional.
- * Currículo tradicional más disponibilidad de Cal. en exámenes.
- * Currículo modulado más disponibilidad de Cal. en exámenes.

Para generar un currículo modulado se hace preciso contemplar los diversos usos y funciones auspiciados por un empleo pleno de la máquina y cómo quedan afectados los contenidos matemáticos a nivel manifiesto/funcional y latente/pedagógico. La premisa conceptual sobre la que fundamentar un currículo modulado es que el alumno no debe depender de la máquina para desempeñarse en dominios básicos (sistema de numeración decimal y cálculo mental) y puede hacer un uso ilimitado en el desarrollo de destrezas y resolución de problemas que escapen del espectro de dominios básicos fijados.

No es sencillo generar un currículo modulado que incorpore la distinción entre dominios básicos y no básicos. Puestos en la tesitura de resolver un problema matemático o de comunicar información promatemática, el alumno deberá ser capaz de hacerlo autónomamente, de modo exacto o aproximado mediante cálculo mental, y en caso de precisar exactitud y/o seguridad acudir a la Cal. Un currículo modulado desenfatiza el excesivo peso que tradicionalmente han tenido los algoritmos de lápiz y papel. Para una fundamentación teórica y operativa de tal propuesta curricular, véase Fernández Cano (1990, 1993). Esquemáticamente un tal propuesta para 3º quedaría como indica la siguiente tabla:

TIPO DE CÁLCULOS (BANDAS) Y MODOS DE ACCESO EN UN CURRÍCULO MODULADO DE 3º (ALUMNOS/AS DE 8-9 AÑOS)

	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Suma	$a+b$	$abc+c00$	$ab+cd$	$abc+cd$	$abc+cde$
Resta	$1a-b$	$ab-c0$	$ab-cd$	$abc-cd$	$abc-cde$
Producto	axb	$a0xb0$	$abxc$	$abxc0$	$abxcd$
Cociente	$ab:c=d$ $r=0$	$ao:b=c0$	$r=0$	$ab:c=d$	
Acceso/ Resolución	Hecho básico	Mental exacto: un paso	Mental exacto: técnicas diversas	Mental aproximado + comprobar con Cal.	Cal. + Estimación del resultado

Obsérvese que se tiende a la Aritmética de un sólo dígito operando con las potencias de 10. Esta propuesta merecería ser ampliada a cursos inferiores y superiores intentando adecuar bandas y accesos, teniendo muy presente que, al menos, los algoritmos de lápiz y papel para la multiplicación y la división por dos o más cifras, que en un pasado no muy lejano marcaron el tránsito de la educación matemática primaria a la secundaria, no deberían considerarse.

El tipo de máquina usada en este estudio ha sido una Cal. elemental de cuatro funciones, Modelo CASIO LC-311E, con lógica algebraica parcial.

Las variables dependientes sobre las que se ha pretendido indagar posibles efectos son:

- * Desarrollo cognitivo numérico en modalidad de mantenimiento. La inclusión de esta variable obedece al extendido temor, expresado por Phillips (1969) y Reys (1980), de que la maduración cognitiva pudiera detenerse o paralizarse o que cualquier estado evolutivo pudiera saltarse/evitarse si al alumno se le sumergía en experiencias con la Cal. La AERA (1979), ante la falta de evidencia suficiente en base a resultados de investigación, recomendó indagar en profundidad el posible retardado o aceleración en el desarrollo cognitivo numérico cuando se utiliza Cal. en la enseñanza-aprendizaje de la Aritmética escolar.

- * Numeración básica o dominio del sistema decimal, en modalidad de mantenimiento.

- * Cálculo mental o estimación numérica, en modalidad de mantenimiento.

- * Destrezas de cálculo o cálculo algorítmico, en modalidad de extensión.

- * Resolución de problemas aritméticos, en modalidad de extensión.

- * Rendimiento matemático general determinado por la adición de las cuatro últimas variables anteriores.

- * Actitud del alumno hacia las Matemáticas.

- * Actitud del alumno hacia la Cal.

Se ha procurado controlar las posibles variables intervinientes individuales —por constancia, asumiendo constancia y aleatorización o indicando ausencia de control— según el modelo de Dunkin y Biddle (1974). Un posible efecto Hawthorne debido a la motivación del profesor, que implementó el tratamiento experimental, parece descartable ya que los profesores de los grupos de control eran sabedores previamente de su participación en el experimento.

II.3. Supuestos

Este estudio asume como supuestos:

- * La existencia de un currículo común, a nivel de objetivos o logros, cual era el dado por los Programas Renovados de Ciclo Medio para la E.G.B. (MEC, 1982).

- * El seguimiento fiable de un libro de texto para 3º de E.G.B. (Rico, 1984).

- * La adecuabilidad de la evidencia sumativa de destrezas y conocimientos.

- * La inexistencia de condiciones extrañas durante las sesiones de administración de pretests y postests.

- * La representatividad de las puntuaciones agregadas a nivel de grupo-clase.

II.4. Hipótesis

Se plantearon ocho hipótesis nulas de investigación, con sus consiguientes hipó-

tesis estadísticas a nivel de diferencias entre medias sometidas a contraste bilateral y con nivel de significación $\alpha = 0.05$. Aquellas son:

H₁: Los alumnos de 3º que reciben un currículo de Aritmética modulado por la Cal. tendrán un desarrollo cognitivo numérico similar al de alumnos que reciben un currículo tradicional.

H₂: Los alumnos de 3º que reciben un currículo de Aritmética modulado por la Cal. tendrán un rendimiento en numeración similar al de alumnos que reciben un currículo tradicional.

H₃: Ídem anterior pero en cálculo mental.

H₄: Los alumnos de 3º que reciben un currículo de Aritmética modulado por la Cal. y disponen de Cal. en los postests tendrán un rendimiento en destrezas de cálculo similar al de alumnos que desarrollan un currículo tradicional y al de alumnos que desarrollan un currículo tradicional pero disponen de Cal. en los postests.

H₅: Ídem. anterior pero en resolución de problemas.

H₆: Ídem. anterior pero en rendimiento matemático general.

H₇: Ídem. anterior pero en actitud hacia las Matemáticas.

H₈: Ídem. anterior pero en actitud hacia la calculadora.

Las hipótesis estadísticas se enuncian como no existencia de diferencias significativas a nivel de medias poblacionales entre los grupos de tratamiento respecto a la variable dependiente en curso. Téngase presente que un contraste de hipótesis mediante un estadístico inferencial sólo nos permite discernir la posibilidad de generalizar los hallazgos muestrales a la población referente.

El enunciar hipótesis de nulidad a contrastar bilateralmente tiene una doble racionalidad: el denotar que el tratamiento innovador no produce efectos adversos como las creencias de padres y profesores suelen testimoniar y permitir un contraste más ajustado.

III.4. Población y muestra

La población disponible constaba de cinco grupos-clase, naturales o intactos de 3º de E.G.B. de la ciudad de Huéscar (Granada). Se trataba de grupos en los que las variables status socioeconómico, sexo y aptitudes estaban igualmente representadas inter e intragrupalmente o eran constantes como la edad (8-9 años) o la etnicidad.

La muestra, obtenida por el procedimiento de muestreo por conglomerados de un estadio, constaba de tres grupos-clase, grupos de tratamiento no equilibrados. N = 62 sujetos: 18 en el grupo experimental (G_E: 18), 15 en un grupo de control (G_{C1}) y 29 en otro grupo de control (G_{C2}).

Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a los grupos tal como se indicará en el diseño.

Es cuestionable la representatividad de la muestra respecto al universo de alumnos de 3º de E.G.B.

* *Numeración*: Prueba objetiva de 18 ítems de formato variado a valorar como acierto o error. Dos ítems-ejemplo:

Rodea el número que está más cerca de 70, el más próximo: 77 64 107 67 75	Escribe el número que está en medio de cada pareja: 360.....380; 499.....501 800.....600; 200.....200
--	---

* *Cálculo mental*: Prueba objetiva de 12 ítems de elección múltiple a valorar como acierto-error. Dos ítems-ejemplo:

¿Qué cuenta nos da 8 y no sobra? a. 70:9 b. 71:9 c. 72:9 d. 73:9	El resultado de restar $60 - 4$ es: a. 56 b. 64 c. 66 d. 20
--	---

* *Destrezas de cálculo*: Prueba objetiva de 12 ítems de elección múltiple a valorar como acierto o error. Dos ítems-ejemplo:

El número que falta en $65 \times \dots = 455$ es: a. 3 b. 5 c. 10 d. 7	En la división $700 : 8 = 87$, su resto es: a. 1 b. 5 c. 4 d. 0
---	--

* *Resolución de problemas*: Prueba objetiva de 16 ítems de elección múltiple a valorar como acierto o error. Dos ítems-ejemplo son:

Pablo regala 24 pasteles en su cumpleaños. Da 4 pasteles a cada amigo. ¿Cuántos amigos asistieron al cumpleaños? a. 6 amigos b. 28 amigos c. 4 amigos d. 3 cumpleaños	La muñeca Tarby tiene 4 faldas y 8 camisas. ¿De cuántas maneras distintas puede vestirse a la muñeca? a. 12 maneras b. 4 maneras c. 48 maneras d. 32 maneras
---	--

* *Actitud hacia las Matemáticas*: Escala de evaluación sumaria tipo Likert de 3 ítems en formato de caras «alegres-tristes» a valorar de 1 a 5. He aquí un ítem ejemplo:

Figura 3. ¿Te gusta hacer problemas?

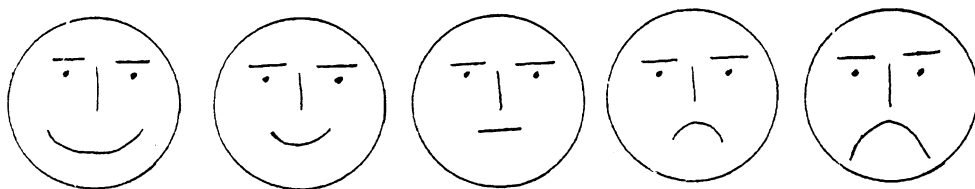
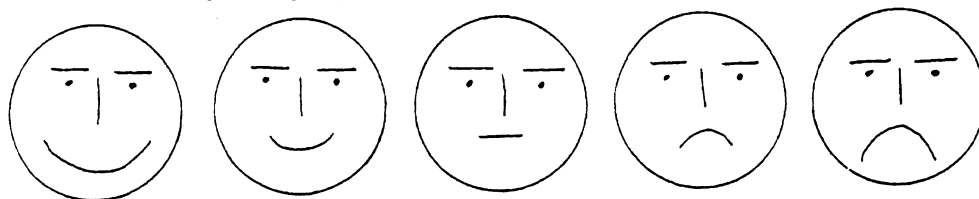


Figura 4. ¿Te gustaría hacer las cuentas con calculadora?



* *Actitud hacia la calculadora*: Escala de evaluación sumaria tipo Likert de 2 ítems en formato de caras «alegres-tristes» a valorar de 1 a 5.

En las pruebas de elección múltiple, evidentemente, se descontaron las respuestas por azar utilizando la corrección de Lafourcade.

La validez de constructo de la prueba de desarrollo cognitivo numérico se ha fundamentado básicamente en la teoría epistemológica genética del número elaborado por Piaget y Szeminska (1967) más ciertos aportes de las escuelas rusa (Galperin y Georgiev, 1969) y anglosajona (Acredolo, 1982; Hughes, 1986). Esta variable altamente novedosa no estaba considerada en el metaanálisis de Hembree (1984) ni en otros trabajos experimentales no incluidos en ese estudio.

La validación de la pruebas de numeración, cálculo mental y destrezas de cálculo viene dada por la acomodación a los Programas Renovados de Ciclo Medio para la E.G.B (MEC, 1982) y que en el currículo modulado (o tratamiento innovador) se corresponderían: Numeración: Banda-1; Cálculo mental: Bandas-2 y 3; y DC: Bandas-4 y -5.

La prueba de resolución de problemas se fundamentó en las estructuras semánticas propias de los PAEVs (problemas aritméticos de expresión verbal) y desarrolladas por Carpenter y Moser (1982), para problemas de suma y resta, y Hendrickson (1986), para los de multiplicación y división.

La validez de contenido de todos los instrumentos se ha otorgado por juicio y consenso de pares-expertos.

Se han calculado tres coeficientes de fiabilidad para cada instrumento: pretest-posttest (r_{xy}), consistencia interna de unidades, fórmula de Kuder-Richardson-21, sobre pretest (r_{xx}) y posttest (r_{yy}). Todos ellos son aceptables en magnitud (mayores en su mayoría que 0.5) y significación ($p < 0.05$). Para la variable aditiva, Rendi-

miento Matemático General, los coeficientes calculados son 0.83, 0.91 y 0.92, respectivamente.

III.6. Diseño

Dado que era imposible asignar aleatoriamente los sujetos a los grupos de tratamiento, se tuvo que optar por un diseño cuasiexperimental; en concreto, un diseño de doble grupo de control no equivalente con tratamientos paralelos y pre-test-posttest, una ampliación del famoso diseño 10 de Campbell y Stanley (1973). El esquema de este diseño es como sigue:

Para las variables desarrollo cognitivo numérico, numeración y cálculo mental:

Control-1:	O ————— O;	x_1	x_1 :	Currículo tradicional (CT).
Experimental:	O ————— O;	x_2	x_2 :	Currículo modulado (CM).
Control-2:	O ————— O;	x_3	x_3 :	Currículo tradicional (CT).

Para el resto de variables:

Control-1:	O ————— O;	x_1	x_1 :	C. tradicional + Cal. en posttest.
Experimental:	O ————— O;	x_2	x_2 :	C. modulado + Cal. en posttest.
Control-2:	O ————— O;	x_3	X_3 :	C. tradicional

Cook y Campbell (1979: 103-112) al distinguir entre los ocho tipos de diseños con grupo de control no equivalente consideran a éste como el más utilizado en investigación educativa, dentro de los de su género, y afortunadamente el más interpretable. A la hora de interpretar los resultados, diferencian entre cinco patrones de hallazgos. Quizá la gran amenaza a la validez sea un patrón de selección x maduración, también denominado «Efecto San Mateo» («el rico se hace más rico, el capaz se hace más capaz»). Tal amenaza parece poco plausible ya que de presentarse se manifestaría como un crecimiento diferencial intragrupos; sin embargo las varianzas intragrupalas del pretest respecto del posttest, para cada grupo y en la variable DCN (la más proclive a saltos abruptos en base al tránsito madurativo del estadio de no conservación a conservación), son homogéneas.

Aún así, el grado de control sobre la 36 amenazas a la validez de un diseño, propuestas por Cook y Campbell (1979), es como sigue: Alto, en 20, Bajo, en 9, Escaso, en 5, y Preocupante pero de difícil control, en 2.

II.7. Procedimiento

El desarrollo secuencial temporalizado del experimento fue sucintamente como sigue:

PERÍODO	Operación (s)
...-IX/1987	Preparación, ensayo piloto y elaboración de instrumentos.
1 al 15/X/1987	Administración standarizada de pretests.
15/X/1987 a 15/V/1988	Tratamiento.
15/V/ al 31/V/1988	Administración standarizada de postests.
1/VI/1988 a 1989	Análisis de datos y elaboración del informe.

El tratamiento experimental tuvo una duración de siete meses incluidos periodos vacacionales durante 4 horas semanales (de octubre a febrero) y 2 semanales (de marzo a mayo) en sesiones de mañana.

El método de enseñanza podría caracterizarse como: frontal (presentación - trabajo individual - discusión grupal), al ritmo del grupo, con rol directivo del profesor y con agrupamiento libre dentro del aula.

III. RESULTADOS

III.1. Estadísticos descriptivos

Para el tratamiento de datos se ha empleado el paquete informático SPSS, versión PC+, (Norussis, 1986).

Se ha utilizado como estadístico descriptivo, para comparar tratamientos, el tamaño del efecto calculado a partir de la diferencia de medias ajustadas de cada grupo partida por la desviación típica intragrupos, según la corrección propuesta por Cohen (1977:20) y Hunter et al. (1982:92).

Un tamaño del efecto igual o mayor que 0.5, en valor absoluto, podría ser considerado sustantivamente aceptable para rechazar cada hipótesis.

CONTRASTE DESCRIPTIVO DE LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

V. D.	V. I.	T. E.	H ₀
1. Desarrollo cognitivo numérico	GE vs. GC1	0,27	Aceptada
	GE vs. GC2	0,12	
	GC1 vs. GC2	-0,15	
2. Numeración	GE vs. GC1	0,05	Aceptada
	GE vs. GC2	0,31	
	GC1 vs. GC2	0,25	
3. Cálculo mental	GE vs. GC1	-0,50	Rechazada: GC1>GE
	GE vs. GC2	-0,02	
	GC1 vs. GC2	0,81	
4. Destrezas de cálculo	GE vs. GC1	0,32	Rechazada: GE>GC2
	GE vs. GC2	0,88	
	GC1 vs. GC2	0,63	
5. Resolución de problemas	GE vs. GC1	0,42	Aceptada
	GE vs. GC2	0,41	
	GC1 vs. GC2	0,04	
6. Rendimiento matemático general	GE vs. GC1	0,03	Aceptada
	GE vs. GC2	0,23	
	GC1 vs. GC2	0,18	
7. Actitud hacia las Matemáticas	GE vs. GC1	1,06	Rechazada: GE>GC1
	GE vs. GC2	0,40	
	GC1 vs. GC2	-0,39	
8. Actitud hacia la calculadora	GE vs. GC1	-0,41	Rechazada: GC1>GC2
	GE vs. GC2	0,39	
	GC1 vs. GC2	0,72	

III.2. Estadísticos inferenciales

Para generalizar los hallazgos más allá de sus valores muestrales se ha utilizado el análisis de covarianza (ANCOVA) simple (una sólo covariante: pretest). El ANCOVA es un test estadístico poderoso y robusto aunque no se se verifiquen los siete supuestos previos listados inicialmente por Elashoff (1969). Algunos de estos supuestos: uso de múltiples covariantes y unidades asignadas aleatoriamente a los tratamientos son totalmente imposibles de verificar aquí. El resto de supuestos: ausencia de error de medida en la covariante (descontable mediante la corrección de Cochran, 1982), parametricidad, independencia entre tratamiento y covariante, homogeneidad de las pendientes de regresión intragrupos y linealidad de la regresión posttest-pretest si son verificables. Una revisión conceptual en profundidad del

ANCOVA puede localizarse en Linn (1986), para fórmulas y desarrollos procedimentales véase Tejedor (1984).

Las distribuciones que verifican los supuestos básicos del ANOVA son las relativas a desarrollo cognitivo numérico, numeración, cálculo mental, resolución de problemas y rendimiento matemático general. Las tres restantes: destrezas de cálculo, actitud hacia las Matemáticas y actitud hacia la calculadora no verifican el supuesto de parametricidad, utilizándose, en consecuencia, un test no paramétrico.

CONTRASTE INFERENCIAL DE LAS HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS (g.l.= 2;58)

V. Dependiente	p	H ₀	ESTADÍSTICO	Diferencias
1. Desarrollo cognitivo numérico	0,67	Aceptada	Anova/Cochran	—
2. Numeración	0,21	Aceptada	Anova/Cochran	—
3. Cálculo mental	0,02	Rechazada	Anova/Cochran	GC1>GE
4. Destrezas de cálculo	0,00	Rechazada	Welch	GE>GC2 GC1>GC2
5. Resolución de problemas	0,16	Aceptada	Anova/Cochran	—
6. Rendimiento matemático general	0,42	Aceptada	Anova	—
7. Actitud hacia las Matemáticas	0,00	Rechazada	Welch	GE>GC1
8. Actitud hacia la calculadora	0,08	Aceptada	Kruskal-Wallis	—

III.3. Discusión de los hallazgos

Se mantienen cinco hipótesis nulas relativas a las variables-producto: Desarrollo cognitivo numérico, Numeración, Resolución de problemas, Rendimiento matemático general y Actitud hacia la calculadora. En consecuencia, el temor a que la Cal. puede producir efectos adversos no parece justificado. Controvertida es H₀ relativa a la actitud hacia la calculadora, pues a nivel descriptivo el tamaño del efecto calculado es alto (0,72). Este hallazgo habría que interpretarlo en el sentido de que a los alumnos a los que se les permitió utilizar calculadora en los postests (GC1), frente a los que no se les permitió (GC2), apreciaron en gran medida el «regalo». Tenga presente que dejar la Cal. para hacer un examen es algo impensable en primaria. Sin embargo, los alumnos de GE no mejoraron diferencialmente su actitud hacia la máquina ya que para ellos se había convertido en una herramienta usual de trabajo. Es más, el cambio actitudinal hacia la Cal. en tal grupo experimental fue negativo (j), una diferencia de centésimas, lo cual habría que interpretarlo como que el sentimiento de panacea que los alumnos pudieran tener, si se les facilitaba algo hasta entonces prohibido, no respondía a una realidad. Si se utiliza Cal. en clase de Mates también hay que trabajar.

Se rechazan tres hipótesis nulas relativas a Cálculo mental, Destrezas de cálculo y Actitud hacia las Matemáticas. Puede ser preocupante el hallazgo de que el

Cálculo mental se vea deteriorado en el grupo experimental, respecto a los grupos que no utilizan Cal. Pero, sin ánimo de descartar la evidencia aquí presente, hipótesis rivales podrían aventurarse. Una podría ser el presumible efecto «techo» del instrumento pues la media posttest de grupo de control-2 (5.03) era inferior a la media pretest del grupo experimental (5.94). Otra hipótesis rival plausible sería una posible hipótesis de interacción tratamiento x tamaño del grupo (no contrastada).

Las destrezas de cálculo mejoran ostensiblemente pero sólo por el hecho de facilitar Cal. en el posttest mas no por el tratamiento innovador; aunque en su descargo, podría afirmarse que este currículo modulado no produce efecto adverso.

Sin duda, donde tal tratamiento innovador produce un efecto positivo es en la variable Actitud hacia las Matemáticas. Pero este hallazgo también pudiera ser cuestionable en el sentido de una posible amenaza a la validez interna que Cook y Campbell (1979) denominan «desmoralización resentida de los sujetos que reciben el tratamiento menos deseable». Los grupos experimental y control-1 pertenecían a un mismo centro y los contactos/interacciones inevitables podrían haber producido esa desmoralización resentida en el grupo de control-1, que sabía que sus compañeros de GE utilizaban habitualmente Cals. en clases regulares de Matemáticas mientras que ellos no disponían.

Un comentario podría hacerse respecto a la variable Resolución de problemas. El instrumento de medida constaba de Problemas aritméticos de expresión verbal cuya complejidad (número de operaciones y tamaño de las cifras) era resoluble apelando a dominios básicos. Es probable que si los problemas hubiesen incorporado una mayor complejidad, sobre todo en el tamaño de los números, la Cal., como apoyo en exámenes, habría producido un efecto diferencial positivo al igual que se manifiesta en la variable Destrezas de cálculo.

IV. CONCLUSIONES

Varias conclusiones bastante definitivas podríamos extraer de este estudio; a saber:

- * Es posible integrar la Cal. en un currículo de Matemáticas de 3º de Primaria. Este nivel escolar debería ser el curso de arranque e integración progresiva.

- * El manejo de la máquina es sencillo pues el grupo de control-1, que utilizó Cal. en los posttests pertinentes no se desempeñó negativamente. Incluso podríamos aventurar que la Cal. constituye un recurso informal que los alumnos utilizan de espaldas a la institución escolar.

- * Un CMC no produce efectos adversos sobre variables de desempeño matemático deseables excepto en Cálculo mental; un ámbito susceptible de cierto deterioro.

- * Habría que facilitar Cal. en los exámenes de dominios no básicos para centrarse más en la comprensión de estructuras, desarrollo de estrategias y/o resolución de problemas.

* El Desarrollo cognitivo numérico no se retarda, acelera o deteriora si se implementa un currículo modulado por la Cal.

V. RECOMENDACIONES

Terminar el informe de un estudio investigacional apelando al «se necesita más investigación, para garantizar la evidencia que se declara», sería caer en el tópico habitual. Sin embargo, siempre quedan acciones que nos hubiese gustado acometer y/o que en un principio no se atisbaron o preveyeron. En esta línea sería aconsejable acometer un estudio a mayor escala que considerase:

* Profundizar en el tratamiento experimental CMC, tratando de optimizarlo en mayor medida. En este sentido, se debería según curso o nivel: adecuar más el contenido diferenciando entre dominios básicos y no básicos, estructurar el cálculo mental diferenciando entre exacto y aproximado y ofertar de un modo más standarizado el tratamiento utilizando materiales para el aula específicamente diseñados que simultanéen el uso de Cal. con material sensorial estructurado.

* Mejorar los instrumentos de medida dotándolos de mayor validez de construcción y aumentando su tamaño.

* Utilizar un diseño más potente susceptible de aplicar la aleatorización plena (selección y asignación de sujetos: profesores y alumnos), que incorpore más unidades de análisis (grupos-clase y no alumnos) y que indague posibles hipótesis de interacción. Un diseño factorial, 2×2 , [(Currículo modulado - Currículo tradicional) $\times$ (Extensión - Mantenimiento)], con pretest permitirá detectar posibles efectos interactivos.

* Informar al profesorado sobre las virtualidades de la Cal. en educación matemática primaria, haciéndoles partícipes de las realizaciones actualizadas y animándoles a incardinarse en investigaciones más amplias y enriquecedoras que este estudio iniciático y solitario.

BIBLIOGRAFÍA

- ACREDOLO, C. (1982): Conservation - No conservation. Alternative explanation. En «*Children's logical and mathematical cognition*», Ch. J. Brainerd (Ed.). Nueva York: Springer-Verlag.
- ALCANTARA GARCÍA, P. de (1919): *Compendio de Pedagogía Teórico-Práctica*. Madrid: Sucesores de Hernando.
- AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASOCIATION (1979): *The effects of calculator availability on school mathematics curriculum*. Simposium at 49th Annual Meeting of the AERA (San Francisco). Washington, D.C.: AERA.
- BEHR, M. J. y WHEELER, M. M. (1981): The calculator for concept formation: A clinical status study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 12, 323-338.
- BJORK, L. E. y BROLIN, N. (1984): *The ARK (Analys as Raknedosornas Konserkvemser) Project*:

- Progress report for the period (1976-1983)*. Estocolmo: National Board of Education - Liber Utbildningsförlaget.
- CAMPBELL, D. T. y STANLEY, J. C. (1973): *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu Editores. (Traducción del original en inglés *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*, 1966).
- CARPENTER, T. P. y MOSER, J. M. (Eds.) (1982): *Addition and subtraction: A cognitive perspective*. Hillsdale, NJ.: Lawrence Earlbaum Associates.
- COCHRAN, J. (1982): «New look» multiple regresion/correlational analysis and the analysis of variance/covariance. En «*Statistical and methodological issues in psychology and social sciences*», G. Keren (ed.). Hillsdale, N.J.: Earlbaum Associates.
- COCKCROFT, W. (ed.) (1985): *Las Matemáticas sí cuentan. Informe Cockcroft*. Madrid: MEC-Servicio de Publicaciones. (Traducción del original en inglés *Mathematics Count*, 1982).
- COHEN, J. (1977): *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Nueva York: Academic Press.
- COOK, T. D. y CAMPBELL, D. T. (1979): *Quasi-experimentation. Design and analysis issues for field settings*. Chicago: Rand McNally.
- DUNKIN, M. J. y BIDDLE, B. J. (1974): *The study of teaching*. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston.
- ELASHOFF, A. L. (1969): Analysis of covariance: A delicate instrument. *American Educational Research Journal*, 6, 383-401.
- FERNÁNDEZ CANO, A. (1990): Hacia un programa de investigación de la enseñanza/aprendizaje de la Aritmética elemental a la luz del empleo de calculadoras electrónicas de bolsillo. *Revista de Investigación Educativa*, 8(16), 129-138.
- FERNÁNDEZ CANO, A. (1992): «Pros» y «cons» al uso de calculadora en educación matemática primaria. Dpto. Pedagogía. Documento interno (disponible del autor). Granada: Facultad CC. de la Educación.
- FERNÁNDEZ CANO, A. (1993): Funciones didácticas de la calculadora en la enseñanza de las Matemáticas escolares. En *Actas de la Vª Jornadas de la SAEM «Thales»*, E. Navarrete et al (Eds.). Granada: SAEM «THALES».
- FIELKER, D. S. (1987): A calculator, a tape recorder, and thou. *Educational Studies in Mathematics*, 18, 417-437.
- FIELKER, D. S. (1986): *Usando la calculadora con niños de 10 años*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciencia. (Traducción del original en inglés *Using a calculator with upper juniors*, 1985).
- GALPERIN, P. Y. y GEORGIEV, L. S. (1969): The formation of elementary mathematics notion. En «*Soviet studies in the Psychology of learning and teaching Mathematics*» (Vol. 1), J. E. Kilpatrick e I. Wirszup (Eds.). Stanford University y University of Chicago: SMSG (School Mathematics Study Group).
- HEMBREE, R. (1984): *A model for meta-analysis of research in education, with a demonstration in mathematics education: Effects of hand-held calculators*. (University of Tennessee, Knoxville). DAI 45-A, abril, pp. 3087. Original en UMI GAX 84-29597. Artículo en *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(march), 83-99.
- HENDRICKSON, A. D. (1986): Word problems of multiplication and division: Some difficulties and some solutions. *Arithmetic Teacher*, 33.
- HUGHES, M. (1986): *Children and numbers*. Oxford: Blackwell.
- HUNTER, J. E.; SCHMIDT, F. L. y JACKSON, G. B. (1982): *Meta-analysis: Cumulating finding across studies*. Beverly Hills, CA.: Sage Publications.

- KLEIN, F. (1948): *La Matemática Elemental desde un punto de vista superior*. Volumen: Aritmética y Álgebra. (2ª ed.). Buenos Aires: Iberoamericana. (Traducción del original alemán, 1905).
- LINN, R. L. (1986): Quantitative methods in research in teaching. En «*Handbook of research on teaching*», (3ª ed), M.C. Wittrock (Ed.), pp. 92-118. Nueva York: Macmillan.
- MEISSNER, H. (1978): Project TIM /5/12. Taschenrechner im mathematikunterricht für 5-bis-12—Jährige. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 10(4), 221-229.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1982): Programas renovados para la E.G.B. *Vida Escolar*, 216-217, marzo-junio.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1989): *Diseño Curricular Base. Educación Primaria. Área de Matemáticas*. Madrid: MEC-Servicio de Publicaciones.
- NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (1980): *An agenda for action. Recommendations for school Mathematics of the 1980*. Reston, VA.: NCTM.
- NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (1987): A position statement: Calculators in the Mathematics classroom. *Arithmetic Teacher*, 34(6), 61.
- NORUSSIS, M. J. (1986): *Statistical Package for Social Sciences. Manual*. (Versión SSPS-PC+). Chicago: SPSS Inc.
- PAGNI, D. L. y WIEBE, J. W. (1988): Calculators and Elementary School Mathematics. En *Proceedings of ICME-6*, A. y K. Hirst (Eds.). Budapest: Janos Bolyai Mathematical Society.
- PHILLIPS, J. L. jr. (1969): *The origing of intellect: Piaget's Theory*. San Francisco: W. H. Freeman & sons.
- PIAGET, J. y SZEMINSKA, A. (1967): *Génesis del número en el niño*. Buenos Aires: Guadalupe. (Traducción del original en francés *La genèse du nombre chez l'enfant*, 1964).
- REYS, R. E. (1980): Calculators in elementary classroom: How can we wrong. *Arithmetic Teacher*, 28(3), 38-40. Tambien en «*Calculators, Computers and Classrooms*» (1981), J. L. Higgins y V. Kirschner (Eds.) pp. 15-18. Columbus, OH.: Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education.
- RICO, L. (1984): *Matemáticas. 3º*. Madrid: Anaya.
- ROMBERG, T. G. (Coord.) (1984): *School Mathematics: Options for the 1990s*. Washington D.C.: Department of Education.
- SHUARD, H. (Coord.) (1986-89): *PrIME (Primary Initiatives in Mathematical Education) Project*. Newsletters, 1-10. Homerton College, Cambridge, U.K.: SCDC Publications.
- SUYDAM, M. N. (1979): *Calculators: A categorized compilation of references*. Columbus, OH: Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education. ERIC ED 171 152.
- SUYDAM, M. N. (1980): *International Calculator Review*. Columbus, OH: Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education.
- TEJEDOR, F. J. (1984): *Análisis de varianza aplicado a la investigación en Pedagogía y Psicología*. Madrid: Anaya.