

EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN. UN EJEMPLO

ENRIQUE CASTRO ENCARNACIÓN CASTRO

ecastro@ugr.es

encastro@platon.ugr.es

Universidad de Granada

La realización de una investigación conlleva recorrer una serie de fases en las que el investigador se concentra en una tarea específica de la misma. Aunque toda investigación posee características propias, hay un amplio consenso en señalar etapas generales que ocurren en toda investigación. Aún a riesgo de asumir la pérdida de información que supone condensar en una pocas hojas el trabajo de varios años de investigación y, a dar la impresión de que el trabajo se desarrolló de manera lineal en el tiempo en el que se realizó, vamos a ejemplificar las fases generales del proceso de investigación con un trabajo realizado por E. Castro (Castro, 1994).

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Definición del problema

Selección del tema

Una de las primeras decisiones que tiene que tomar el investigador es seleccionar un tema que sea de actualidad en el área científica correspondiente y que afecte a un determinado colectivo de sujetos. En nuestro caso empezamos seleccionando un tema muy general como es la resolución de problemas contextualizada en sujetos que son estudiantes españoles.

Determinación del tema

Fase I. Se trata de investigar la resolución de problemas en sujetos inmersos en el sistema educativo español. Esta fase es demasiado vaga. No se puede empezar a trabajar sin antes haber determinado qué aspectos de la resolución de problemas interesa conocer en concreto y con qué estudiantes.

En Gómez, P., y Rico, L. (Eds.). *Iniciación a la investigación en didáctica de la matemática. Homenaje al profesor Mauricio Castro*. Granada: Editorial Universidad de Granada.

La resolución de problemas es un campo de investigación muy general donde se realizan investigaciones de diversa índole. A. H. Schoenfeld¹ señaló en 1984 que el término *resolución de problemas* se ha venido usando para designar distintos aspectos:

- 1) Resolución de ejercicios.
- 2) Investigaciones en psicología sobre los procesos cognitivos subyacentes a la resolución de problemas.
- 3) Enseñanza de heurísticos “tipo Polya”, a menudo presentadas como “trucos” o “recetas” para resolver un tipo particular de problemas.
- 4) Enseñanza de modelos matemáticos para caracterizar situaciones complejas del mundo real.
- 5) Desarrollo de aptitudes y actitudes para resolver problemas complejos, dentro del espíritu de los trabajos de Polya, pero diferentes a los trucos o de las reglas a que nos referimos en el punto 3.
- 6) Intentos de comprender la influencia del trabajo en grupo sobre el desarrollo de aptitudes individuales para la resolución de problemas.
- 7) Podríamos investigar las estrategias de resolución, los errores que se cometen, la caracterización entre resolutores expertos y novatos, la invención de problemas, aspectos metacognitivos, la evaluación en resolución de problemas, caracterizar distintos tipos de resolutores, etc.

Entre tantos aspectos hay que seleccionar uno más concreto.

Fase II. Supongamos que vamos a investigar la resolución de problemas aritméticos de los niños en escolaridad obligatoria. De nuevo nos vemos en la necesidad de precisar más. ¿Qué queremos investigar?, ¿queremos investigar todos los niños o sólo los de un determinado nivel?, ¿queremos investigar todos los niños españoles o sólo los de Granada?

Fase III. Los problemas aritméticos se clasifican en problemas aritméticos de estructura aditiva (se resuelven con una suma o una resta) y de estructura multiplicativa (se resuelven con una multiplicación o una división). También se distingue entre problemas simples (hay dos datos y una relación) y compuestos (hay más de dos datos y hay establecida en el enunciado más de una relación entre los datos). En la fecha en la que se inició la investigación 1988-90, los problemas de estructura aditiva habían sido estudiados muy exhaustivamente y se empezaba a profundizar el estudio de los problemas de estructura multiplicativa. Decidimos, en consecuencia centrarnos en el estudio de los problemas de estructura multiplicativa.

Fase IV. Los problemas de estructura multiplicativa son susceptibles de clasificación en categorías semánticas. Una clase de problemas de estructura multiplicativa que no

1. ICME-5 (Adelaida, 1984)

había sido estudiada en profundidad había sido la categoría de comparación multiplicativa. Tomamos la decisión de centrarnos en esta categoría.

Fase V. En la resolución de problemas en general se han establecido etapas de resolución (fases de Polya); en la resolución de problemas aritméticos verbales en particular tiene especial interés la fase de comprensión del problema y fue en esta fase del proceso de resolución en el que nos centramos. El objetivo es, pues, el de investigar y analizar la comprensión de los escolares de 5º y 6º curso (11 y 12 años de edad) en resolución de problemas aritméticos de comparación multiplicativa.

Marco teórico

Se trata de buscar bibliografía relativa a nuestro tema de estudio. Con ello, podremos observar los resultados de otras investigaciones que nos pueden proporcionar una ayuda interesante a la hora de enfocar nuestro análisis del tema. En nuestro ejemplo, nos vemos obligados a precisar una serie de conceptos básicos relativos al tema de estudio. Tenemos que responder a preguntas como:

- 1) ¿Qué se entiende por problema aritmético enunciado verbalmente?
- 2) ¿Qué es un problema de estructura multiplicativa?
- 3) ¿Qué es un problema de estructura multiplicativa de comparación?
- 4) ¿Qué se entiende por *comprensión* en resolución de problemas?
- 5) ¿Qué enfoques teóricos hay sobre resolución de problemas aritméticos de comparación de estructura multiplicativa, y qué resultados se han obtenido en las investigaciones?

Tomando como referencia la revisión de la literatura sobre el tema llegamos a la conclusión de que es necesario un mayor conocimiento del estudio de los problemas de comparación multiplicativa en los escolares que acaban la Educación Primaria. En concreto, justificamos que es necesario investigar la expresión lingüística con la que se enuncia la comparación multiplicativa y el papel que juega la cantidad desconocida en el problema sobre las dificultades y errores que cometen los escolares al resolver este tipo de problemas.

Objetivos del estudio y formulación de hipótesis

Una vez delimitado el campo de estudio y precisados los conceptos básicos que se van a utilizar, el paso siguiente es definir los objetivos y enunciar las hipótesis que van a encauzar la investigación.

La finalidad del trabajo de investigación que presentamos como ejemplo es estudiar la comprensión de los niños en problemas verbales de comparación multiplicativa en los dos últimos años de Educación Primaria: 5º y 6º (10-12 años de edad). Perseguimos cuatro objetivos particulares. El primero es examinar si distintos tipos de problemas verbales de comparación multiplicativa tienen igual índice de dificultad para los niños de 5º y 6º de Educación Primaria (niños de edad comprendida entre 10 y 12 años). Los problemas que hemos utilizado se diferencian en dos variables de tarea: en la cantidad desconocida en el esquema de comparación y en la expresión

lingüística utilizada para enunciar la comparación. La primera hipótesis que hemos planteado al respecto es:

Hipótesis 1. Las variables “cantidad desconocida en el esquema de comparación” y “expresión lingüística utilizada” influyen en la dificultad de comprensión de los problemas verbales simples de comparación multiplicativa en niños de 5º y 6º de Educación Primaria.

El segundo objetivo del estudio es hacer una descripción de los errores que cometen los niños de 5º y 6º de Enseñanza Primaria cuando resuelven problemas verbales de comparación multiplicativa. Nuestra hipótesis al respecto es:

Hipótesis 2. Cuando los alumnos de 5º y 6º de Educación Primaria resuelven problemas verbales de comparación multiplicativa cometen una variedad de errores de distinta naturaleza.

El tercer objetivo es describir la asociación entre los tipos de errores que cometen los niños y las variables de tarea utilizadas para definir los problemas. La hipótesis que nos planteamos al respecto es:

Hipótesis 3. Hay asociación significativa entre los tipos de error que cometen los niños y las variables de tarea “cantidad desconocida en el esquema de comparación” y “expresión lingüística” en las respuestas de los niños de 5º y 6º de Enseñanza Primaria.

El cuarto objetivo es categorizar a niños de 5º y 6º de Enseñanza Primaria en función de su comprensión de los problemas verbales simples de comparación multiplicativa definidos en función de las dos variables de tarea consideradas. La hipótesis que nos hacemos al respecto es:

Hipótesis 4. Entre los alumnos de 5º y 6º de Enseñanza Primaria se producen distintos niveles de comprensión en la resolución problemas verbales simples de comparación multiplicativa.

METODOLOGÍA

Estilo de investigación

¿Qué buscamos? Hemos indicado que nos interesa detectar la influencia de la expresión de comparación empleada en el enunciado de los problemas y la cantidad que se desconoce sobre la dificultad de los problemas. Además nos interesa conocer los tipos de errores que cometen los sujetos y relacionarlos con las variables anteriores. En función de los datos queremos establecer niveles de comprensión en los sujetos con respecto a los problemas de comparación. Para ello combinaremos los dos grandes estilos de investigación en ciencias de la educación, a saber, el cuantitativo y el cualitativo.

Comenzaremos con la *investigación cuantitativa* para ofrecer una descripción o panorámica general de las dificultades y errores que plantean los problemas de comparación multiplicativa a los sujetos de la muestra, y completaremos esta primera fase con la *investigación cualitativa* que nos permitirá profundizar más en este tema y contrastar los niveles de comprensión detectados a nivel general en los sujetos.

Sujetos

Las cuestiones que se nos plantean son las siguientes: ¿qué sujetos son los adecuados para realizar nuestro estudio?, ¿cuántos?, ¿cómo realizamos tal elección?

Una preocupación para elegir los sujetos de la muestra era que estuviesen en el nivel de desarrollo adecuado para que nos produjesen un efecto suelo o un efecto techo. Para evitar estos efectos indeseables en toda investigación se realizaron exploraciones previas con sujetos puntuales que proporcionaron indicios de cual podía ser el nivel adecuado. También se consultaron a profesores en activo para que dieran su opinión sobre cuál sería la edad de los sujetos más adecuada. Elegimos alumnos de 5º y 6º de Educación Primaria. Una vez detectados los niveles adecuados se les aplicó una prueba piloto.

Primera fase. Para el estudio cuantitativo

Los sujetos utilizados en este estudio han sido niños de ambos sexos de 5º y 6º curso de Enseñanza Primaria, de edades comprendidas entre 10 y 13 años, pertenecientes a colegios situados en distintas áreas urbanas de la ciudad de Granada. Los colegios se han elegido de forma *intencional* con la condición de que hubiera colegios públicos y privados, y que no todos pudieran catalogarse como colegios representativos de poblaciones con el mismo status socioeconómico. También se han evitado los colegios con rendimiento académico extremo. Se han evitado, por ejemplo, las unidades de educación especial, ya que producirían el efecto suelo.

El número de colegios utilizados ha sido seis. En cada colegio se ha elegido al azar un grupo de 5º y otro de 6º. En la aplicación de los cuestionarios se ha respetado la composición de los grupos de 5º y 6º existentes en los colegios.

Las pruebas se han aplicado en el tercer trimestre del curso 1992-93, durante el mes de Abril. El tamaño de la muestra escolar sometida a la prueba ha sido de 386, de los cuales 194 corresponden a 5º y 192 a 6º. Debido a que en la recogida de los datos se respetó la distribución de los alumnos según los grupos ya existentes en los colegios, el número de alumnos por grupo no era el mismo. Por ello, y por la ventaja que implica respecto al análisis estadístico y a su interpretación, se decidió recurrir a un diseño equilibrado, esto es, con igual número de alumnos en cada una de las combinaciones de los niveles de las variables independientes. Para conseguirlo, recurrimos a eliminar al azar de cada grupo de la muestra a tantos alumnos como excedían de nueve por prueba, lo que nos da un total de veintisiete alumnos por grupo.

Segunda fase. Estudio cualitativo

En este caso, el tamaño de la muestra obedece a unos criterios de selección establecidos por el investigador. Aquí nos interesa seleccionar sujetos de distinto nivel de comprensión. La finalidad de las entrevistas ha sido contrastar las categorías o niveles

de comprensión de sujetos que hemos establecido en la muestra utilizada en la investigación.

Las categorías de sujetos son definidas en función de los patrones de respuesta y de los tipos de error producidos por los niños de la muestra en los problemas de comparación incluidos en los tres cuestionarios escritos. Puesto que cada niño no hace todos los problemas de comparación, las categorías son generalizaciones estadísticas y surge la cuestión de si realmente hay niños concretos que se encuentren en la situación que describen las categorías. Para contrastar las categorías de niveles establecidos realizamos entrevistas individuales. Los niños entrevistados fueron nueve, seleccionados al azar de cuatro de los colegios previamente empleados en el estudio cuantitativo.

TRABAJO DE CAMPO

Recogida de información

Una vez determinados los objetivos, seleccionada la muestra, ¿cómo se recoge la información? Puesto que el estudio está basado en dos tipos de información, cuantitativa y cualitativa, hemos elegido la encuesta mediante cuestionario escrito en gran grupo y la entrevista individual como técnicas de recogida de información para su posterior análisis.

Mediante cuestionario escrito de resolución de problemas obtuvimos datos sobre si el proceso utilizado por los alumnos era correcto o incorrecto que fueron analizados con el SPSS y que nos permitió contrastar cómo influían la expresión de comparación empleada en el enunciado del problema y la cantidad desconocida en la dificultad del problema medida en porcentajes. También nos permitió analizar los tipos de errores que cometieron los sujetos y su relación con expresión de comparación y la cantidad desconocida en el problema.

Para obtener una confirmación de las hipótesis planteadas sobre los niveles de comprensión establecidos a partir de los cuestionarios escritos, hemos optado por realizar entrevistas individuales, lo que proporciona un análisis en profundidad de los sujetos enmarcados en cada categoría y permite confirmar la existencia real de sujetos en las categorías establecidas a priori.

Procesamiento y análisis de los datos

Después de aplicados los cuestionarios y realizadas las entrevistas disponemos de una gran masa de datos ¿Qué hacemos con ellos?

En nuestro estudio hemos realizado varios estudios de corte cuantitativo:

- 1) Un estudio del rendimiento de los sujetos en resolución de problemas de estructura multiplicativa en función de colegio el curso y el cuestionario. En este caso hemos aplicado un análisis factorial de la varianza de tres factores con efectos fijos: *colegio*, *curso*, y *cuestionario*.

- 2) Un análisis estadístico mediante ANOVA de la influencia de las variables “expresión de comparación” y “cantidad desconocida” sobre el *índice de dificultad* de los problemas verbales de estructura multiplicativa de comparación.
- 3) Un estudio de asociación entre las variables citadas y los errores cometidos por los sujetos empleando modelos log-lineales.

En el caso de las entrevistas se realizó una transcripción de las mismas en las que se reflejaban aspectos concluyentes de que el sujeto reflejaba las características propias de uno de los niveles definidos.

Fiabilidad y validez

Recogidos y organizados los datos es importante conocer si son buenos y merecen ser creídos. Para establecer este control de calidad de la investigación se estudia la *fiabilidad* y la *validez* de la misma.

Fiabilidad

En nuestro caso hemos realizado dos estudios de fiabilidad. El primero es el cálculo de la fiabilidad como consistencia interna de los tres cuestionarios empleados en la recogida de datos. El segundo es el cálculo de la fiabilidad como estabilidad de las respuestas a tres ítems específicos.

Los coeficientes de fiabilidad como consistencia interna de los tres cuestionarios utilizados los hemos calculado con la fórmula 20 de Kuder-Richardson (KR-20).

Cuestionario 1 (10 ítems)	r=0.66
Cuestionario 2 (10 ítems)	r=0.80
Cuestionario 3 (10 ítems)	r=0.78

Tabla 1. Coeficientes de fiabilidad como consistencia interna de cada cuestionario

Los coeficientes de fiabilidad obtenidos son aceptables dado el pequeño número de ítems en cada cuestionario.

Hemos estimado la estabilidad de las respuestas a los tres problemas que contienen una de las expresiones comparativas, la R_4 , puesto que es la expresión menos usual para expresar la comparación y, a priori, la menos fiable. Es decir, hemos recurrido a la técnica de *medidas paralelas* pero restringidas a un sólo ítem por cuestionario. Para ello hemos incorporado en cada cuestionario una réplica de uno de estos tres problemas con las mínimas variantes posibles.

Problema tipo Q_1	$0.67 \leq \rho \leq 0.91$
Problema tipo Q_2	$0.92 \leq \rho \leq 0.96$
Problema tipo Q_3	$0.56 \leq \rho \leq 0.67$

Tabla 2. Coeficientes de estabilidad

El intervalo obtenido globalmente para la fiabilidad como estabilidad de las respuestas es

$$0.72 \leq \rho \leq 0.91$$

que corresponde a una fiabilidad que oscila entre un límite inferior alto y un límite superior muy alto.

Validez

¿Hasta qué punto lo logrado en una investigación es verdadero? En nuestra investigación estamos utilizando como unidades de medidas las cuestiones aisladas, es decir, cada uno de los doce problemas seleccionados actúa como una unidad de medida. Es importante poner de manifiesto la validez de las medidas, pues después de haber seleccionado un modelo para elaborar un instrumento de medición y después de haberlo construido, el siguiente paso es demostrar su utilidad. A menudo se dice que este paso del proceso es el que determina la *validez* del instrumento. Un instrumento de evaluación es válido si cumple satisfactoriamente el propósito con el que se diseñó. Desde este punto de vista no se valida el instrumento de manera aislada, si no en concordancia con el uso que se le da.

Teniendo en cuenta que en nuestra investigación hemos delimitado un *universo de contenido específico*, y que los problemas seleccionados representan ese universo de contenido, corresponde estudiar el tipo de validez conocido como *validez de contenido*.

En nuestra investigación para asegurarnos “a priori” la validez de contenido hemos realizado las siguientes acciones.

- 1) Hemos fijado el dominio más amplio de contenido en el que vamos a efectuar la selección del conjunto de problemas: “estructura multiplicativa”, concepto ampliamente documentado en la literatura científica sobre el tema. En concreto, la división en problemas de comparación, de producto cartesiano y de proporcionalidad simple, está recogida en la literatura sobre el tema.
- 2) Hemos fijado la población de sujetos a los que se aplica el test o cuestionario, y que en cierto modo condicionan o delimitan el universo conductual. La necesidad de determinación del universo conductual es recogida en autores como Fitzpatrick (Castro, 1995), para quién la validez del contenido de un test no se realiza sólo en función de los estímulos sino también en función de las respuestas que el instrumento elicitaba como representativas de un universo conductual.
- 3) La naturaleza de nuestro problema de investigación y el control que hemos realizado de las variables de tarea conlleva que los problemas que conforman los cuestionarios aplicados a los niños se ajusten a las restricciones preestablecidas. Dichas restricciones delimitan un subdominio de contenido dentro de la estructura multiplicativa, al igual que la restricción que hemos realizado sobre el nivel escolar delimita la subpoblación a la que aplicamos los cuestionarios. Los problemas seleccionados tienen que ser representativos de ese subdominio de contenido que

viene obligado por las variables de tarea que hemos tomado como independientes y por las variables de tarea controladas.

- 4) El primer conjunto de problemas se elaboró bajo la premisa de que todos los elementos importantes del dominio definido por las variables de tarea independientes estuviesen representados con un problema. Este primer conjunto de problemas fue sometido a juicio crítico por un grupo de profesores en activo del nivel correspondiente a la población de niños encuestados.
- 5) Los doce problemas que resultaron de la crítica anterior fue la base para la elaboración de un estudio previo (Castro, 1991). Parte de este trabajo, junto con los enunciados de los problemas ha sido expuesto y debatido en distintos congresos internacionales.
- 6) Los enunciados han sido sometidos también al dictamen de cuatro profesores de Universidad pertenecientes a Areas de Conocimiento del campo de la Filología Española.
- 7) La conducta que hemos tomado como base para medir la comprensión ha sido el proceso que sigue el niño para la solución del problema. Si el proceso es correcto se considera que ha habido comprensión. Además no se tienen en cuenta los fallos de cálculo, al considerar que no forman parte sustancial de la fase de comprensión del problema. Esta forma de medir se basa en teorías explicativas de resolución de problemas en general y de resolución de problemas aritméticos verbales que separan la fase de comprensión de la fase de cálculo.
- 8) Los cuestionarios de problemas han sido propuestos personalmente por el investigador en compañía del profesor del grupo correspondiente al que se le aplicaba. Las normas y las indicaciones para responder han sido las mismas para todos los grupos y se han dado por escrito a todos y cada uno de los niños encuestados. La corrección de las respuestas ha sido realizada dos veces y de acuerdo con las mismas reglas. En este sentido la fiabilidad de las observaciones y de la evaluación de las respuestas queda contrastada.

Todo lo anterior garantiza la validez de las medidas obtenidas en nuestro estudio.

REDACCIÓN DEL INFORME FINAL

El proceso de investigación concluye con la redacción del informe de investigación en el que se reflejan los aspectos anteriores y se redactan las conclusiones obtenidas tanto en los análisis cuantitativos como de las transcripciones de las entrevistas.

En esta parte del proceso de investigación, se debe reflexionar sobre los resultados obtenidos en la investigación que se ha llevado a cabo, y su concordancia o discrepancia con investigaciones previamente realizadas. Así mismo, se debe exponer si las hipótesis enunciadas o los objetivos planteados se han cumplido o no, los flancos que han quedado abiertos para futuras investigaciones y la importancia teórica y práctica de la investigación realizada.

REFERENCIAS

- Castro, E. (1991). *Resolución de problemas aritméticos de comparación multiplicativa*. Granada: El autor.
- Castro, E. (1995). *Niveles de comprensión en problemas verbales de comparación multiplicativa*. Granada: Comares.
- Visauta, B. (1989). *Técnicas de investigación social*. Barcelona: PPU.