

**INVESTIGACIÓN EN EL AULA. LAS
DECISIONES CONDICIONAN LAS
INTERACCIONES**

Sara Scaglia, *Universidad Nacional del Litoral (Argentina)*

Moisés Coriat, *Universidad de Granada*

RESUMEN:

Este trabajo enmarca y describe algunas interacciones entre *alumnos/investigador/docente* generadas durante el desarrollo de una investigación en didáctica de la matemática.

Toda investigación supone la toma de decisiones que atañen a diversos aspectos relacionados con el problema, los objetivos de la investigación y los resultados que se obtienen durante su desarrollo. Se pondrá de manifiesto que estas decisiones, que definen en buena medida la coherencia de la investigación, deben tomarse en todas las etapas de la investigación, desde su inicio hasta el momento de escribir la memoria.

1. *Introducción*

En este trabajo reflexionamos sobre algunas decisiones tomadas durante una investigación en didáctica de la matemática, que han generado determinados tipos de interacciones entre el investigador, los alumnos y el docente.

El propósito central de la investigación es caracterizar obstáculos epistemológicos relacionados con la representación de números reales en la recta (Scaglia, 2000). Tiene una orientación cognitiva, dado que describe y analiza las interpretaciones de los sujetos sobre la biyección números reales / puntos de la recta. Las interacciones con los alumnos tienen la finalidad de identificar conflictos cognitivos que surjan durante la realización de tareas relacionadas con la asignación de números reales a puntos de la recta.

En primer lugar presentamos en esquema el diseño de la investigación. En segundo lugar describimos las decisiones tomadas relacionadas con la selección de los sujetos, incluyendo las justificaciones en cada caso. Posteriormente describimos algunos elementos que atañen a las interacciones entre la investigadora, los alumnos y el docente a cargo del curso.

2. *Diseño de la investigación*

El diseño escogido, a partir del propósito central de la investigación, incluye la utilización alternativa de métodos empíricos y no empíricos (Fernández Cano, 1995).

En un estudio no empírico se incluye la búsqueda y el análisis de bibliografía en torno a diferentes constructos teóricos esenciales para la investigación (las nociones de obstáculo epistemológico y de conflicto cognitivo). Además, se aborda el estudio de contenidos matemáticos específicos: sistema de números reales y la representación de números en la recta. La descripción desde un punto de vista matemático y escolar del sistema \mathbf{R} y la descripción de la representación de números en la recta proporcionan elementos para diseñar situaciones adecuadas que se incluirán en los instrumentos de un estudio empírico.

El estudio empírico consiste en la elaboración y administración de diferentes instrumentos a alumnos de Bachillerato y primer curso universitario con la finalidad de estudiar la posible manifestación de conflictos durante el desarrollo de tareas de representación de números en la recta.

Finalmente, el segundo estudio teórico conecta los conflictos detectados y los obstáculos epistemológicos. (Ver Figura 1.)

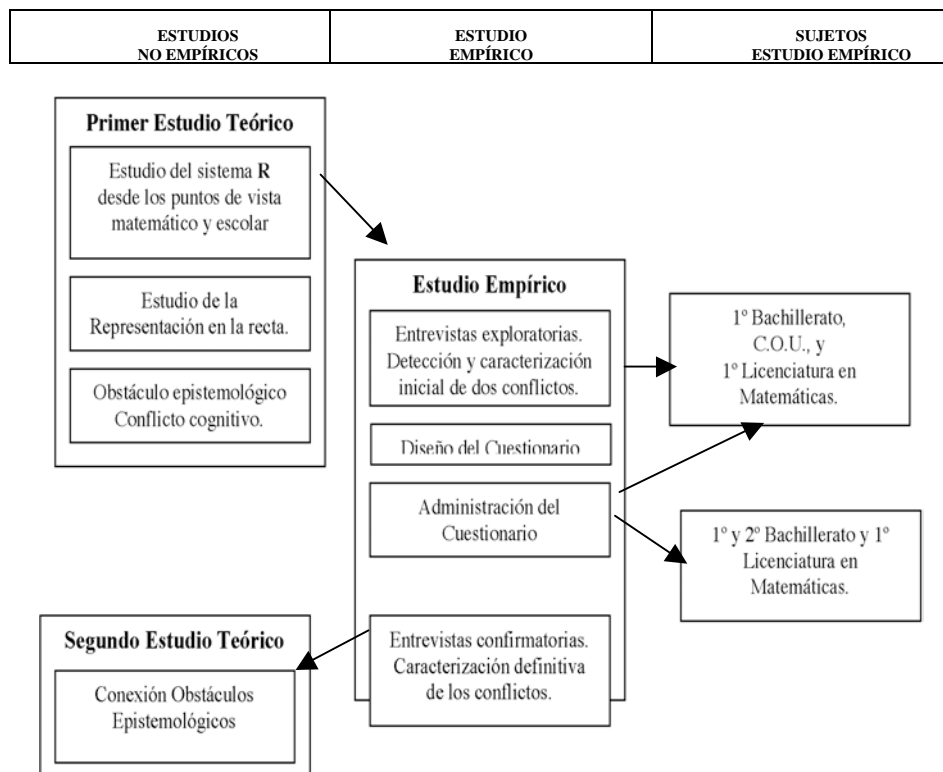


Figura 1: Estudios que componen la investigación

El orden en que se administran los instrumentos (entrevista exploratoria → cuestionario → entrevista confirmatoria) justifica la racionalidad del estudio empírico. En la entrevista exploratoria se detectan dos conflictos:

Conflicto 1: La dificultad para admitir el cierre de un proceso infinito sugerido por las infinitas cifras decimales de la representación posicional de algunos números constructibles. Se trata de la dificultad observada en algunos sujetos en aceptar que a un número constructible con infinitas cifras decimales le corresponda un punto determinado de la recta.

Conflicto 2: La falta de distinción en las argumentaciones de los alumnos entre el objeto ideal (punto geométrico) y el objeto físico (la marca efectuada con lápiz sobre el papel). Se trata de las dudas suscitadas en algunos sujetos al valorar un dibujo en el papel, que tienen su origen en afirmaciones que pertenecen al mundo matemático ideal.

Estos conflictos deben confirmarse, y una indagación con los mismos sujetos no permite generalizar a otros individuos. El cuestionario permite desarrollar modos sistemáticos de atribuir conflictos a sujetos y seleccionar a quienes, deseablemente, no cometen errores fundamentales, para que éstos no dificulten la emergencia del conflicto.¹

La selección de sujetos se ha realizado, y la atribución de conflictos no ha sido completamente acertada, porque se han dado varios casos de no confirmación. Sin embargo, estos casos han sido explicados sensatamente, utilizando el constructo teórico escogido, la noción de conflicto cognitivo.

El orden en que se administran los instrumentos, por otra parte, proporciona una medida de la validez del estudio empírico. Se trata del uso de tres métodos de recogida de datos que constituye una triangulación (Cohen y Manion, 1990).

Desde un punto de vista puramente metodológico, las entrevistas en la investigación constituyen un instrumento en los que la validez está amenazada por diversos factores: actitudes y opiniones del entrevistador, tendencia a buscar contestaciones que apoyen sus nociones preconcebidas, percepciones erróneas por parte del entrevistador de lo

¹ El procedimiento seguido se describe en la memoria citada, Scaglia (2000).

que dice el entrevistado y malentendidos por parte del entrevistado de lo que se le está preguntando (Cohen y Manion, 1990). El cuestionario posterior a las entrevistas exploratorias proporciona un medio para evaluar si las ideas que los alumnos han manifestado en las entrevistas se observan también en respuestas escritas (correspondientes a alumnos diferentes), en las que el investigador no puede ejercer influencia más allá de las cuestiones propuestas.

En la siguiente sección incluimos las decisiones tomadas en relación con la selección de sujetos para la administración del cuestionario y de las entrevistas.

3. Selección de los sujetos

La realización de una investigación en educación matemática supone la concatenación de una serie de decisiones que debe tomar el investigador: comenzando con el propio tema de investigación, pasando por el tipo de estudio a desarrollar, la edad o el nivel de los alumnos (si es el caso), y las cuestiones específicas que se abordarán en el estudio. En Rico (2001) se describen diversos aspectos a considerar durante la definición del problema de investigación. Este investigador afirma que “la elección e identificación del problema de investigación es la primera dificultad que encuentra el doctorando en Didáctica de la Matemática” (p. 183). Sostiene que en esta etapa, “el trabajo del doctorando requiere de un esfuerzo intelectual considerable, que pasa por el trabajo personal de lectura y revisión críticas, pero también por un trabajo en el seminario donde irá presentando los sucesivos intentos de expresión del problema” (p. 182).

El enunciado del problema de investigación determinará el tipo de estudio a realizar y el diseño metodológico. En nuestro caso, estamos interesados en la identificación de conflictos cognitivos en los alumnos, que conduzcan a la caracterización de obstáculos epistemológicos relacionados con la representación de números reales en la recta. Así, resulta indispensable trabajar con alumnos de determinados niveles educativos, con objeto de obtener datos empíricos (producciones escritas o grabaciones en audio y video) con los que realizaremos nuestro estudio.

Surge entonces una primera decisión, que está íntimamente ligada con las características del problema a investigar y las del contenido sobre el que versa.²

El trabajo con los alumnos puede adoptar, al menos, dos modalidades diferentes. Por un lado, un estudio del tipo investigación / acción, que supone desarrollar una secuencia didáctica con los alumnos, elaborada a partir de una serie de supuestos planteados en la investigación. Este enfoque proporciona abundante y variada información, recogida a partir de registros en audio y en vídeo, apuntes de los alumnos, registros y observaciones del investigador, entre otros. Por otro lado, los datos empíricos pueden obtenerse a partir de una serie de encuentros aislados con los alumnos. Durante estos encuentros (entrevistas individuales o cuestionarios escritos, por ejemplo), los alumnos deberán abordar las tareas elaboradas por el investigador, en función de las finalidades de la investigación. El material de estudio, en este caso, será las respuestas escritas u orales de los alumnos, estas últimas grabadas en audio o en vídeo.

En la investigación que nos ocupa, optamos por esta última modalidad. La asignación de números a puntos de la recta se plantea durante el estudio de los sistemas numéricos en distintos momentos de la escolaridad obligatoria. Independientemente de nuestro interés por estudiar las interpretaciones de los alumnos de la biyección números reales / puntos de la recta, durante la enseñanza de los sistemas numéricos se recurre a la representación en la recta de modo ocasional, y es poco común que se destinen clases completas para esta actividad.

La elección del nivel del sistema educativo con el que se va a trabajar está determinada por el tema de investigación.³ Para el caso que nos ocupa, y teniendo en cuenta que la introducción de los números reales está contemplada en el diseño curricular en 1º de Bachillerato, decidimos trabajar con alumnos de Bachillerato y con alumnos de 1º año

² Como veremos, esta decisión también depende de las circunstancias por las que atraviesa el investigador. Por ejemplo, si está o no a cargo de un curso o si dispone o no de la posibilidad de trabajar en un curso determinado, a lo largo de cierto período de tiempo.

³ Sin embargo, no descartamos la posibilidad de que se decida en primer lugar el nivel escolar con el que se desea trabajar, y que se elija posteriormente el contenido a estudiar, en función de que se desarrolle en el nivel considerado.

de Licenciatura en Matemáticas. La decisión de trabajar con alumnos de tres cursos diferentes (1º y 2º de Bachillerato y 1º de Universidad) responde al interés de comparar las interpretaciones de alumnos de edades diferentes. Con respecto a la elección de la carrera Licenciatura en Matemáticas y no cualquier otra, responde, por un lado, a la necesidad de delimitar la muestra, y por otro lado, a un doble especial interés: estos han elegido las Matemáticas como carrera y conocen la axiomática de **R**.

Debe advertirse que, en nuestro caso, no fue objeto de decisión el lugar de estudio y el currículo seguido. Durante un tiempo acariciamos la posibilidad de cotejar respuestas obtenidas en Granada (España) y en Santa Fe (Argentina), pero finalmente desistimos de este propósito, por lo que no tuvimos que decidir ni sobre el lugar (Granada) ni sobre el currículo (Bachillerato LOGSE).

Seleccionados la modalidad y las edades y niveles educativos hacia los que estará dirigida la investigación, el investigador deberá seleccionar los alumnos a los que se administrará las entrevistas y/o cuestionarios.

Tratándose de una investigación cualitativa, en nuestro caso no se persigue la finalidad de generalizar resultados, sino la de realizar una descripción profunda (Bisquerra, 1989). Por esta razón la búsqueda de cursos queda acotada por las decisiones referidas a la edad y el nivel escolar, y no es necesario un estudio más cuidadoso como el que exigiría la selección de una muestra representativa.

Considerando el hecho de que una investigación habitualmente se realiza en el ámbito de una comunidad o de un equipo de investigación, se ve favorecida la posibilidad de contar con alumnos o cursos que coincidan con la edad de los sujetos requeridos en el diseño de la investigación. En el seno de un grupo de trabajo es más sencillo contar alumnos o cursos a cargo de los integrantes del grupo que proveerán al investigador de los recursos humanos necesarios para la investigación. Sin embargo, no siempre es sencillo conseguir a los sujetos de estudio, y el investigador debe tener en cuenta esta posible dificultad durante el diseño de su trabajo.

En nuestra investigación, las gestiones necesarias para conseguir los cursos que participarían quedaron prácticamente en manos del Director, quien apeló a sus amistades personales que accedieron generosamente a la posibilidad de que sus alumnos fuesen entrevistados.⁴

El acceso a algunos alumnos o a un curso completo por parte del investigador es esencial en una investigación. La intervención en el transcurso habitual de las clases de un profesor puede ocasionarle a éste retrasos y seguramente afectará al cronograma realizado. Por esta razón, el investigador debe permanentemente ser consciente de que la visita ocasional que realiza a un curso determinado debe planificarse cuidadosamente, para aprovechar al máximo el precioso tiempo cedido por el profesor.

Una vez que el investigador ha acordado con los profesores de cada curso la disponibilidad de los alumnos, llega el momento de aplicar los instrumentos planificados en el diseño de la investigación.

En nuestro caso, el estudio empírico comienza con la realización de entrevistas exploratorias, que tienen como objetivo general recabar información sobre posibles dificultades de los alumnos durante la representación de números reales en la recta. La información obtenida se utilizará posteriormente en el diseño de los ítems del cuestionario. El muestreo ha sido accidental (León y Montero, 1999).

A partir de los resultados de estas entrevistas, se diseña un cuestionario que tiene como objetivo proporcionar situaciones que permitan detectar en los sujetos afirmaciones relacionadas con los conflictos cognitivos observados durante el estudio de las entrevistas exploratorias.

El interés del cuestionario, tal como se argumenta en la sección anterior, es validar los resultados de las entrevistas exploratorias. Se trata de averiguar si entre las respuestas de alumnos diferentes a los entrevistados, se observan argumentos que estén relacionados con alguno

⁴ Conviene tener en cuenta que la amistad sólo permite un primer encuentro con el Profesor o Profesora. Por lo general, es necesario explicar cuidadosamente la investigación, así como lo que se pretende trabajar con sus alumnos.

de los dos conflictos. Por esta razón, no existen criterios específicos a la hora de seleccionar a los alumnos para el cuestionario, salvo que correspondan a los niveles escolares indicados.

Para las entrevistas confirmatorias, en cambio, con las que se espera confirmar la interpretación de las respuestas del cuestionario en relación con la presencia o ausencia de conflicto, el muestreo ha sido a propósito (León y Montero, 1999). Los alumnos entrevistados fueron seleccionados a partir de sus respuestas al cuestionario.

Cuando en una investigación los resultados obtenidos durante la aplicación de un determinado instrumento condicionan la selección de los sujetos con los que proseguirá el estudio empírico (como en nuestro caso), el tiempo transcurrido entre la aplicación de uno y otro es un elemento que puede influir en los resultados del trabajo. En nuestra investigación, el cuestionario se administró durante el mes de septiembre de 1999, y las entrevistas confirmatorias se realizaron entre los meses de enero y febrero de 2000. Debido a que se buscaban específicamente respuestas relacionadas con los conflictos mencionados, no hubo especial dificultad en seleccionar a los alumnos para las entrevistas confirmatorias. Sin embargo, no siempre resulta sencillo seleccionar a los alumnos con los que proseguir el estudio.

Una vez realizadas las entrevistas confirmatorias, finalizan las interacciones con alumnos en nuestra investigación. El trabajo pendiente consiste en el estudio de los resultados de las últimas entrevistas, y la interpretación de todos los resultados del estudio empírico en términos de la noción de obstáculo epistemológico.

4. Espacios físicos

Los cuestionarios, destinados a grupos completos de los niveles mencionados, se administraron durante las horas de clase en las aulas correspondientes a cada grupo.

En cambio, las entrevistas individuales requieren de un espacio físico adecuado, suficientemente iluminado y, en lo posible, aislado de ruidos que perturben la correcta audición y grabación.

En general, no es común que una institución disponga de un espacio físico para que los profesores–investigadores, o los investigadores desarrollen actividades extracurriculares con los alumnos. La investigación que estamos describiendo no ha sido una excepción. Los profesores de los cursos a los que pertenecían los alumnos entrevistados fueron los encargados de gestionar en cada establecimiento la búsqueda de una habitación para que se pudieran llevar a cabo las entrevistas.

Las entrevistas exploratorias y confirmatorias se realizaron en tres Institutos de Educación Secundaria de la ciudad de Granada y en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

En uno de los centros, la primera entrevista y la mitad de la segunda se realizaron en un pequeño salón que se destina a reuniones entre profesores y padres. Ubicado en una zona alejada al pasillo de entrada principal del Instituto, durante los momentos de cambio y/o finalización de hora de clase, el ruido exterior impedía una correcta audición. Las entrevistas restantes se realizaron en el Laboratorio de Ciencias, un pequeño salón muy bien iluminado y apartado de ruidos exteriores.

En otro centro las entrevistas se realizaron en un aula desocupada. Dado su emplazamiento cercano a la calle y probablemente a la ubicación de la cámara de vídeo (junto a una ventana), la grabación en vídeo es apenas audible. No obstante, la grabación en audio es audible porque el aparato se situó en el mismo pupitre que ocupaba la persona entrevistada.

En el tercer centro se utilizó el salón correspondiente al departamento de Matemáticas del Instituto, recinto bien iluminado y aislado de ruidos.

En la Facultad de Matemática las entrevistas se realizaron en un despacho del Departamento de Didáctica de la Matemática del centro. Consiste en un salón pequeño, bien iluminado y aislado del ruido exterior.

La posibilidad de contar con un espacio adecuado para la realización de las distintas actividades suele constituir un problema para el investigador, y esta dificultad se acrecienta cuando se trata de investigaciones pioneras en un establecimiento determinado.

5. Interacciones entre los sujetos de estudio y el investigador

Durante la administración de los instrumentos de una investigación, se requiere de los sujetos dos condiciones básicas que en cierta medida determinarán la riqueza⁵ de sus producciones:

- Una implicación activa en las tareas propuestas.
- El convencimiento de que sus respuestas no serán motivo de calificación por parte del profesor o profesora de la asignatura.

La primera condición asegura (al menos en parte) que las producciones del sujeto proporcionan información confiable respecto de su interpretación del tema o contenido en estudio. De este modo, la ausencia de información, por ejemplo, estará originada por el desconocimiento del alumno, y no por falta de interés en responder. La segunda condición aleja el peligro de que los sujetos acoten o abrevien sus respuestas por el temor de cometer errores. A partir de estas consideraciones, durante la administración de los instrumentos del estudio empírico, en nuestra investigación se tomaba la precaución de proporcionar información a los sujetos referida a:

- El objetivo general de la investigación. Se trata de explicar que se está llevando adelante una investigación con el fin de

⁵ El término 'riqueza' no alude a la calidad de sus producciones matemáticas, sino a que las respuestas de los sujetos describan lo más fielmente posible sus interpretaciones de los conceptos matemáticos implicados, sean o no adecuadas desde el punto de vista matemático.

estudiar las respuestas de los estudiantes durante actividades relacionadas con la representación de números en la recta.

- El hecho de que sus respuestas no van a ser evaluadas o calificadas. Incluso se aclaraba que el profesor del curso no tendría acceso a sus respuestas.

- El hecho de que los datos personales aportados permanecerán en el anonimato.

La identificación de cada sujeto era especialmente necesaria durante la administración del cuestionario, porque posteriormente deberían seleccionarse los sujetos para las entrevistas confirmatorias. Por esa razón, decidimos dividir la primera página del cuestionario en dos partes, tal como se muestra en la Figura 2.

Primera parte				
Código: 8451				
Fecha:	Edad:	Sexo: Masculino, Femenino		
Curso:	Grupo:	Modalidad:		
¿Piensas continuar estudios universitarios?: Sí. No. No sabe.				
Carrera:				
Última nota Matemáticas:				

Segunda parte				
Nombre y apellido:				
Curso:				
Instituto:				
Código:	8	4	5	1

Figura 2. La primera página del cuestionario administrado

Cada cuestionario se identifica con un código. Una vez que los alumnos entregan el cuestionario, se separan las dos partes. La primera queda en manos de la investigadora, junto con las respuestas de los alumnos, y la segunda en manos del profesor del curso. De este modo, una vez seleccionados los alumnos que serían entrevistados, la investigadora indica al profesor o profesora del curso los códigos de los alumnos, sin conocer el nombre de cada uno. Por su parte, el profesor desconocía las respuestas de los alumnos al cuestionario.

Los alumnos fueron informados antes de iniciar el cuestionario sobre este procedimiento. El mismo no condujo a los resultados esperados en todos los cursos. Mientras que en algunos funcionó tal como estaba planificado, en otros cursos ocurrieron accidentes inesperados, como por ejemplo la pérdida por parte de un profesor del sobre que contenía los papelitos con los datos de los alumnos. En este caso, el profesor identificó a los alumnos a partir de la letra en el cuestionario, y después los propios alumnos corroboraron en cada caso la autoría de los cuestionarios. Evidentemente, se respetó la condición de “no evaluación” del cuestionario por parte del Profesor.

Durante la realización de las entrevistas, en primer lugar cabe destacar la predisposición positiva de los sujetos. Si bien al principio se mostraban cohibidos por la cámara de vídeo, en cuanto aumentaba la concentración en las tareas se despreocupaban por su presencia. Esto es posible observarlo en todos los sujetos sin excepción.

Otro rasgo a destacar es la riqueza de los comentarios de los sujetos. Se observa que en la elaboración de las repuestas apelan no sólo a los conocimientos obtenidos en el sistema educativo, sino que también se intuye una implicación profunda que supone acudir a intuiciones y creencias personales. Esto último se evidencia en los fragmentos de entrevista en los que los sujetos desarrollan razonamientos en los que incluso detectan e intentan superar sus propias contradicciones.

En segundo lugar, cabe una reflexión respecto del aprendizaje de la entrevistadora-investigadora. Algunas de las dificultades detectadas en la gestión de la entrevista son cuestiones destacadas en la bibliografía consultada con fines metodológicos (Measor, 1985; Goetz y LeCompte, 1988; Babbie, 1990; Azcárate, 1998). Las dificultades percibidas en las primeras entrevistas requirieron un esfuerzo para superarlas gradualmente: la dificultad inicial en reemplazar el papel de docente por el de entrevistador, el exceso inicial de comentarios en la explicación de las preguntas y la poca insistencia inicial hacia el entrevistado para que describa en voz alta los procedimientos o ideas empleados en las respuestas.

6. Comentarios finales

El desarrollo de una investigación supone una sucesión de decisiones. La calidad del trabajo dependerá muchas veces de disponer de la claridad necesaria para mantener la coherencia entre los objetivos planteados y el desarrollo de la investigación.

Cuando llega el momento de elaborar la memoria de la investigación, surge la necesidad de tomar nuevas determinaciones. ¿Cuánta información debe incluirse? ¿Hasta qué punto es preciso separar la investigación propiamente dicha de su historia? Seguramente habrá diferentes opiniones, y los argumentos enfrentados sean razonablemente convincentes.

En nuestro caso, decidimos incluir toda la información relacionada con las decisiones tomadas, las modificaciones efectuadas sobre el diseño original y las razones por las que se efectuaron dichas modificaciones.

En cuanto a las gestiones realizadas en las instituciones educativas, casi todo se incluyó en la memoria: desde las razones para seleccionar a los sujetos de estudio, pasando por las características de los recintos en los que se efectuaron las entrevistas, hasta las dificultades que debieron superarse durante su realización. Pensamos que la posibilidad de replicar los hallazgos radica en gran parte en la descripción minuciosa de los instrumentos utilizados y de las condiciones de su aplicación.

Referencias bibliográficas

Azcárate C. (1998): “La entrevista en investigaciones de didáctica de las matemáticas. Análisis de algunas experiencias próximas”. *Acta II Seminario de la S.E.I.E.M.* Pendiente de publicación.

Babbie E. (1990): *Survey Research Methods*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.

Bisquerra, R. (1989): *Métodos de Investigación Educativa. Guía Práctica*. Barcelona: Ediciones Ceac.

Cohen, L. y Manion, L. (1990): *Métodos de Investigación Educativa*. Madrid: La Muralla.

Fernández Cano, A. (1995): “Metodologías de la Investigación en Educación Matemática”. En Luis Berenguer, et al. (eds.): *Investigación en el Aula de Matemáticas*. Sociedad Andaluza de Educación Matemática. Dto. de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.

Goetz J.P. y LeCompte M.D. (1988): *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.

León O. y Montero I. (1999): *Diseño de Investigaciones*. Madrid: McGraw-Hill.

Measor L. (1985): “Interviewing: a Strategy in Qualitative Research”. En R. Burgess (ed.): *Strategies of Educational Research*. Basingstoke: The Falmer Press.

Rico, L. (2001): “Análisis conceptual e investigación en Didáctica de la Matemática”. En P. Gómez y L. Rico (eds.): *Iniciación a la investigación en Didáctica de la Matemática. Homenaje al profesor Mauricio Castro*. Granada: Editorial Universidad de Granada, pp. 179 – 193.

Scaglia, S. (2000): *Dos conflictos al representar números reales en la recta*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Granada.