

INNOVACIÓN EN LA RECOGIDA DE DATOS PARA UNA INVESTIGACIÓN DE CARÁCTER CUALITATIVO. UN EJEMPLO CON ALUMNOS UNIVERSITARIOS EN UN ENTORNO COMPUTACIONAL

Myriam Codes Valcarce y Mariano Raboso Mateos
Facultad de Informática. Universidad Pontificia de Salamanca

Modesto Sierra Vázquez
Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales.
Universidad de Salamanca

RESUMEN

La introducción de una herramienta software que captura la pantalla del ordenador en el proceso de recogida de datos, nos aporta un tipo de información que nos permite conocer algunos aspectos de la utilización que hacen los estudiantes de una herramienta de cálculo simbólico como Maple y nos facilita el proceso de análisis al respaldar la triangulación de los datos obtenidos mediante grabaciones de video.

ABSTRACT

Introducing video capturing software tools along data acquisition process, provides interesting information about student activity, specifically when working with a symbolic tool as Maple. The graphical knowledge of the detailed operation, makes the data analysis easier by the triangulation of the data obtained from the digital video recorded.

INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA XI

Myriam Codes Valcarce, Modesto Sierra Vázquez y Mariano Raboso Mateos (2007). INNOVACIÓN EN LA RECOGIDA DE DATOS PARA UNA INVESTIGACIÓN DE CARÁCTER CUALITATIVO. UN EJEMPLO CON ALUMNOS UNIVERSITARIOS EN UN ENTORNO COMPUTACIONAL, pp. 261-271.

INTRODUCCIÓN

Las grabaciones de video se han convertido en un arma poderosa para la obtención de datos en investigaciones de carácter cualitativo. Desde que se introdujo el uso de grabaciones de video en investigaciones educativas en los años sesenta, los medios técnicos han evolucionado a una velocidad vertiginosa hasta llegar a la presente era digital. Actualmente, con la tecnología de que disponemos, podemos enriquecer la información que recogemos en el aula cuando grabamos a los estudiantes mientras realizan diversas tareas en un entorno computacional, gracias a una herramienta software de fácil manejo y coste gratuito que graba la pantalla del ordenador en un archivo digital. El empleo de este software, Cam Studio, o de otros similares, es novedoso en la obtención de datos en investigaciones en didáctica de la matemática. Este tipo de programas, nos abre una puerta para explorar, y también explotar, nuevas fuentes de información. Todo esto, sin olvidar el cuidado y la atención necesarios en el proceso de obtención de datos mediante grabaciones.

En cuanto a las grabaciones de video, Lesh y Lehrer (2000) advierten que se han de tener en cuenta cuatro aspectos cuando se obtienen datos mediante este tipo de grabaciones. En primer lugar, las consideraciones teóricas marcarán los tipos de eventos y de relaciones que forman el centro de interés de la investigación. Todos los demás aspectos que se han de valorar en las grabaciones, vienen determinados por la perspectiva teórica desde la que se analizarán los datos. En las consideraciones prácticas, el propósito de las grabaciones determinará el cómo y dónde se llevan a cabo las grabaciones. Las consideraciones físicas atienden a las necesidades materiales para las grabaciones: el número de cámaras que se necesitarán, a dónde enfocarán, la necesidad de utilizar micrófonos, etc. Por último, las consideraciones temporales responden a cuestiones como el período de tiempo durante el que se grabará, cómo se definirán las unidades de análisis o cuál es intervalo temporal con más relevancia.

Dentro de las investigaciones en didáctica, las grabaciones de video se utilizan con distintos propósitos. Sherin (2003) utiliza las grabaciones de video en formación de maestros. Además, nos ofrece un repaso histórico sobre las aplicaciones que se han dado a las grabaciones en video desde que se introdujeron en los años sesenta en la formación de maestros: microteaching, análisis de interacciones, ejemplificar con la práctica de un experto, estudio de casos y programas hypermedia. También en formación de maestros, se ha desarrollado el 'videopaper' como "herramienta alternativa para la producción, utilización y difusión de investigación educativa. (...) El videopaper es un documento multimedia que integra y sincroniza diferentes formas de representación, tales como texto, video e imágenes, en un solo documento integrado no lineal" (Lazarus, 2006). Es algo así como la versión moderna del portafolio. En el caso español, Llinares, Blanco y otros utilizan las grabaciones de video tanto en la obtención de datos en investigaciones sobre didáctica de la matemática, como en la práctica docente en la formación de maestros, empleándolo como recurso didáctico en el aula.

Por otro lado, Hall (2000) considera que "uno de los problemas que surgen cuando en una investigación los datos provienen de grabaciones de video, es que en los informes de investigación se suprimen los procesos de recogida y selección de grabaciones de video como datos".

En este trabajo expondremos los instrumentos digitales que hemos empleado en la recogida de datos mediante grabaciones de audio y video y la pantalla del ordenador, para utilizar esos datos en una investigación de carácter cualitativo. Prestaremos especial atención a los beneficios que nos ha reportado el manejo de los datos en soporte digital y el tipo de infor-

mación que nos aporta el uso de las nuevas tecnologías informáticas.

Objetivos de la investigación y de las grabaciones

Lesh y Lehrer (2000) destacan la necesidad de hacer explícito el marco teórico desde el que se analizarán los datos que se obtengan de las grabaciones, así como el propósito y la función de las mismas. El propósito de las grabaciones es fundamental para su planificación, mientras que el marco teórico es imprescindible en el análisis ya que, como señalan Lesh y Lehrer, “cada vez que la información se filtra, selecciona, simplifica o se organiza, se está sometiendo a una interpretación”.

El objetivo de la investigación para la cual hemos obtenido los datos es el de describir cómo los estudiantes desarrollan el concepto matemático de convergencia de serie numérica. Bajo el paradigma de investigación APOS desarrollado por el grupo RUMEC (Asiala y otros, 1996) hemos planteado una descomposición genética del concepto de convergencia de serie numérica, (Codes, 2004) y hemos caracterizado los niveles de desarrollo de dicho concepto en base a las acciones que el alumno lleva a cabo con y entre los elementos del modelo, a_n

y $\sum_{k=0}^n a_k$, (Codes, 2006).

Para obtener datos sobre los que apoyar nuestra investigación, grabamos durante el curso académico 2005-2006 a parejas y tríos de estudiantes de primer curso de la Escuela de Informática de la Universidad Pontificia de Salamanca. El propósito de las grabaciones fue reunir información acerca de las relaciones que establecían los participantes entre los elementos del modelo teórico, mientras trabajaban en clase resolviendo diversas tareas. Para esto, hemos realizado dos tipos de grabaciones que se detallan en el siguiente apartado, las grabaciones de audio y video que recogen las intervenciones de los estudiantes mientras trabajan en clase, y las grabaciones en las que se recogen las capturas de la pantalla del ordenador con el que los estudiantes resolvían las tareas de clase utilizando el software de cálculo simbólico Maple. Estas últimas grabaciones, nos aportan información de dos tipos: acerca del uso que dan los estudiantes a la herramienta informática, y acerca de las iteraciones entre los elementos del modelo teórico que llevan a cabo los estudiantes durante su trabajo en el aula. Esta última, la conseguimos a partir de las instrucciones que ejecutan los estudiantes con Maple para resolver diversas tareas y de las conclusiones a las que llegan tras obtener un resultado con Maple.

INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS

Uno de los logros que hemos conseguido en nuestra investigación es el de disponer de toda la información en formato digital. Las ventajas que nos ofrece el soporte digital las aprovechamos tanto en el proceso de obtención de datos como en su manipulación, análisis y almacenamiento.

Los estudiantes resolvían casi todas las tareas en un aula de ordenadores donde disponían del software de cálculo simbólico Maple. De esta herramienta se espera que favorezca la visualización y la interpretación de las representaciones gráficas y geométricas, y a la vez que proporcione las condiciones necesarias para que el estudiante maneje distintos registros: analítico, geométrico y gráfico. Además, contribuye a la experimentación y libera al alumno de tediosos cálculos y de los errores asociados a ellos.

Para obtener las grabaciones de video hemos utilizado una cámara web que, además de no requerir baterías ni cintas, confiere a los datos un carácter de inmutabilidad que no se consigue con las grabaciones analógicas. La misma cámara web puede recoger también el audio, aunque nosotros hemos utilizado un micrófono externo para optimizar la calidad del sonido.

Además, hemos grabado un archivo digital con la captura de la pantalla del ordenador en el que trabajan los estudiantes; esto nos permite que en la fase de análisis podamos visualizar al mismo tiempo el archivo de audio-video y el que contiene las interacciones de los participantes con el ordenador. Con esto, además de completar la información que la cámara no graba, obtenemos una información más rica acerca de cómo trabajan los estudiantes en un entorno computacional.

Huelga decir las ventajas que ofrece el formato digital en la manipulación y el almacenamiento de los datos. El único inconveniente que encontramos en la utilización de este soporte, es la necesidad de disponer de un ordenador y de suficiente espacio de memoria. Sin embargo, este inconveniente no es tal si tenemos en cuenta que las herramientas informáticas se han convertido en un medio indispensable de trabajo y que cada vez más se están imponiendo en las aulas en todos los niveles educativos.

Los datos que hemos obtenido no provienen sólo de las grabaciones digitales, aunque esto no concierne a este trabajo. Disponemos también de los apuntes de clase de los participantes y de las hojas donde resolvían las tareas, de los apuntes de la profesora-investigadora y de las notas que la profesora tomó sobre la marcha de las clases.

La herramienta CamStudio

El software gratuito CamStudio ha sido la herramienta que nos ha permitido disponer de un archivo con la captura de la pantalla. Con ello, hemos podido seguir paso a paso cada movimiento que han realizado los estudiantes con el ratón, los errores de sintaxis que han corregido y no se aprecian en el fichero final, la destreza con la que manejan la herramienta y otras cuestiones relativas al uso de esta herramienta informática. El tipo de información que aporta esta herramienta es muy variado:

- Para la triangulación: al visualizar simultáneamente el video con los participantes y el video con el trabajo en el ordenador se complementan ambas informaciones.
- Para conocer algunos aspectos de la herramienta, tales como las prestaciones que ofrece a los estudiantes o la sencillez o dificultad de su manejo.
- Para conocer cómo el estudiante maneja la herramienta: el tipo de búsquedas que realiza, el uso que hace del “copy-paste” o los errores sintácticos que comete, entre otros.
- Para conocer cómo actúa la herramienta informática en el desarrollo conceptual del estudiante, lo que le aporta y lo que le obstaculiza.

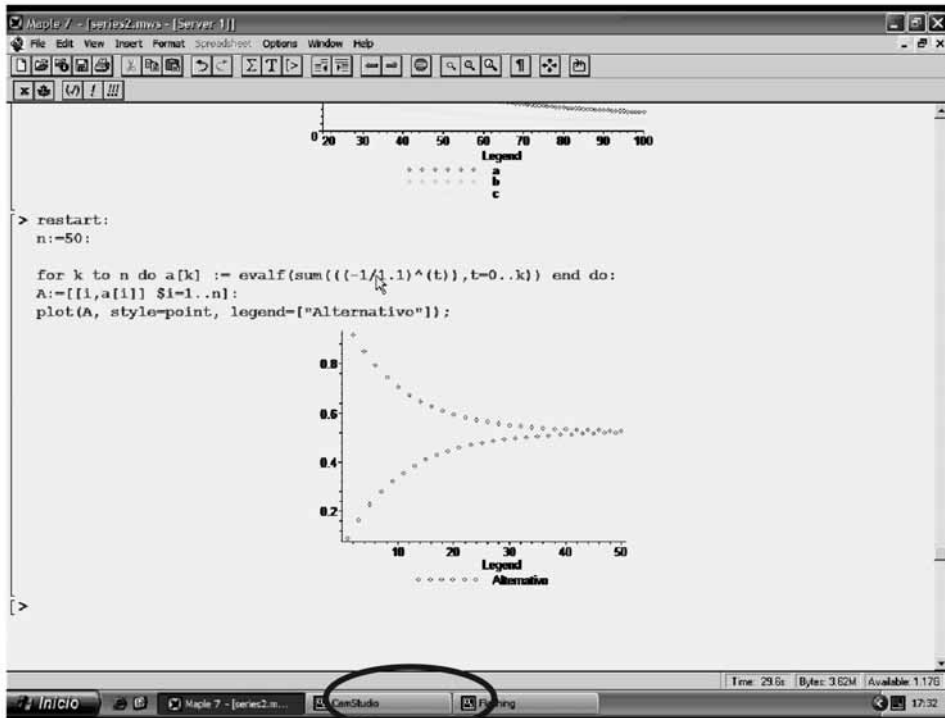
A continuación mostramos un fragmento de la transcripción que lo ejemplifica.

EJEMPLO

Los participantes del estudio para el que se realizaron las grabaciones de video tuvieron el primer contacto con las sumas infinitas a través de una actividad en la que, a partir de un cuadrado de lado la unidad, se generan nuevos rectángulos de área la mitad del rectángulo anterior. Previamente, los estudiantes habían trabajado en clase la convergencia de integrales impropias y de sucesiones cuyos términos generales no estaban expresados en forma de suma parcial, es decir, como $a_n = \sum_{k=0}^n c_k$. Por tanto, se enfrentan a esta actividad antes de que

se les haya explicado qué se entiende por serie y cuál es el significado de una suma infinita. Apoyándose en la utilización del software de cálculo simbólico Maple, los estudiantes han de experimentar sumando series geométricas con distintos valores para la razón. Posteriormente, se les pide que conjeturen acerca de los valores que ha tener la razón para que la serie geométrica sea finita.

En la imagen se muestra la captura de un instante de la pantalla del ordenador en la que uno de los grupos participantes, el grupo S1, está probando con distintos valores de r para conjeturar cuándo converge la serie geométrica : $\sum_{k=0}^{\infty} r^k$







La agilidad que les proporciona Maple en el cálculo, les permite en muy poco tiempo obtener las sumas de muchas series. Con estas experiencias, el grupo S1 consigue contestar correctamente cuando se les pide a los alumnos que conjeturen para qué valores de la razón la serie geométrica converge, y también formula correctamente la suma de la serie geométrica cuando la razón es positiva y menor que uno. Esto lo llevan a cabo durante algo más de diez minutos, entre el minuto 25:04 y 35:41 de grabación, en los que los integrantes del grupo S1 obtiene veintisiete representaciones gráficas con las que concluyen la conjetura.

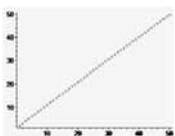

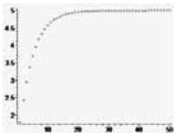
A continuación mostramos un fragmento de la transcripción de algo más de tres minutos, desde el minuto 25:34 hasta el 29:14, junto con las gráficas que van obteniendo por pantalla y que forma parte de la información que ellos manejan. Las gráficas que se muestran las obtuvieron representando n términos de la sucesión $\sum_{k=0}^n \frac{1}{r^k}$

para distintos valores de r . En unos casos n es 10, 50 o 100, según se aprecia en las gráficas. Los valores de la razón están indicados en la columna de la derecha. En la primera columna numeramos las intervenciones para referirnos a ellas más tarde; en la segunda columna la inicial del participante; en la tercera la transcripción; en la cuarta, la gráfica que han obtenido ejecutando Maple y que observan por pantalla cuando hacen el comentario. En las filas donde no incluimos una gráfica, los participantes siguen manteniendo en la pantalla la última gráfica que han obtenido.

La profesora facilitó a los estudiantes, como material de clase, una guía acerca del manejo básico de Maple en la que se incluían las instrucciones necesarias para realizar estas gráficas.

Transcripción de tres minutos de conversación del grupo S1 en la que concluyen que la serie $\sum_{k=0}^{\infty} r^k$ converge para valores de r entre menos uno y uno.				
T	P	Transcripción	gráfica	razón
1	JM	Vale, y se va haciendo a cero y pico, vale. Y si ahí pones un tres, ¿qué? ¿Qué haces?		$-\frac{1}{2}$
2	D	Sólo por ver. Mira, ya empieza ahí a juntarse un poquito. Si pongo un cien aquí.		$-\frac{1}{1.01}$
3	JM	Se lo piensa. Ah, dices si...		
4	D	Si es menor que... o sea si es... si está entre menos uno y cero, ¿no?		
5	JM	Se aburre el ordenador. Ah sí. Tiende a... converge. Y si es. Pero menos uno entre...		$-\frac{1}{1.01}$
6	D	Vamos a poner cincuenta.		$-\frac{1}{1.1}$
7	JM	Ya, converge. Y si es mayor que uno, o sea, entre menos uno y?		
8	D	Y cero, ¿no?		
9	JM	Y cero. Sí, eso es. Sí, entre menos uno y cero. Entonces cambia, cambia eso y pones menos uno con nueve. Y si es.		

<p align="center">Transcripción de tres minutos de conversación del grupo S1 en la que concluyen que la serie $\sum_{k=0}^{\infty} r^k$ converge para valores de r entre menos uno y uno.</p>				
T	P	Transcripción	gráfica	razón
10	D	Menos cero con nueve está entre menos uno y cero.		$\frac{1}{0.9}$
11	JM	Claro, por eso te decía, por verlo mejor.		
12	D	Sí, sí.		
13	JM	¿Y si le pones menos uno con uno? A ver qué te sale.		
14	D	Menos uno con uno ya lo...		
15	JM	Ya diverge, eso es. Pero y para los positivos?		-1.1
16	D	¿Mm?		
17	JM	También. Pero te lo hace...		0.1
18		A ver. Sigue subiendo. No, pero estás dando valores positivos.		0.5
19	D	Sí.		
20	JM	Vamos a ver...		
21	D	Para los positivos también converge, entonces.		
22	JM	Sí, hasta uno. A ver, prueba hasta uno. Cero... va, uno con uno, por ejemplo. No, uno sí te va a...		1
23	D	Cero con nueve, a ver.		
24	JM	Cero con nueve		0.9
25	D	Y en uno ya se hace...		

Transcripción de tres minutos de conversación del grupo S1 en la que concluyen que la serie $\sum_{k=0}^{\infty} r^k$ converge para valores de r entre menos uno y uno.				
T	P	Transcripción	gráfica	razón
26	JM	En uno ya se hace...		
27	D	Cero con nueve, nueve, ya...		
28	JM	Ah, bueno porque ya lo toma... pero va		0.999
29	D	Sí, sí, sí. Va.		
30	JM	O sea va entre uno y menos uno. Pon cero con ocho, que se va a ver mejor.		0.99
31	D	Entre uno y menos uno, entonces..., excluyéndolos, vamos.		0.8
32	JM	Claro, excluyéndolos.		
33	D	¿Para qué valores es finito?, pues eso.		
34	JM	¿Por qué? Porque... Pero no encuentro una razón... Porque lo que va sumando...		
35	D	Es menor a la unidad.		
36	JM	Va siendo, es menor a lo que ya has sumado.		
37	D	(asiente)		
38	JM	A lo que has, a la última suma. A la suma anterior.		
39	D	Sí, sí, sí, sí.		
40	JM	Entonces llega un momento que eso va tendiendo a cero, y entonces... Eso es, claro.		
41	D	¿Eh? Bueno. ¿Cuánto va esto? (mira la hora de la grabación) Veintiocho treinta.		
42	JM	Entonces es...		
43	D	Es finito para valores estrictamente...		
44	JM	Uno		
45	D	...mayores que menos uno...		
46	JM	Menos uno, uno. Claro. Desde menos uno a uno.		
47	D	...y menores que uno.		

COMENTARIOS

A continuación, haremos una primera reflexión acerca del tipo de información que nos ha ofrecido el haber obtenido la captura de la pantalla de lo que realizan los participantes con Maple durante toda la sesión de clase, y el poder sincronizar la visualización de esta grabación con la grabación de video. Teniendo en cuenta que la siguiente reflexión se basa en el estudio de un solo grupo de participantes, y que aún no hemos concluido la fase de análisis de todos los datos, los resultados que adelantamos son parciales, y están pendientes de confirmar o ampliar cuando finalicemos la investigación.

Los participantes del grupo S1 han utilizado Maple, principalmente, para obtener representaciones gráficas, reutilizando instrucciones en las que sólo tienen que modificar la expresión general de la sucesión cuyos términos están sumando. Hacen, por tanto, un continuo “copy-paste” que tiene ventajas pero también inconvenientes. La principal ventaja consiste en el ahorro de tiempo al escribir las instrucciones y la despreocupación de tener que memorizar la sintaxis y los parámetros de las instrucciones del software. Un inconveniente que hemos observado, es que en alguna ocasión se han visto forzados a seguir una estructura de pensamiento menos intuitiva por empeñarse en reutilizar una instrucción que en otro ejercicio les resultó útil.

También hemos observado que estudian la convergencia de una serie a partir de la existencia del límite de la sucesión de las sumas parciales, observando en la gráfica la presencia de una asíntota horizontal. Aquí están utilizando un concepto de sucesión como función (McDonald, 2000) y un concepto de serie como límite de una sucesión, lo cual indica un nivel avanzado en el desarrollo del concepto de convergencia de serie numérica. Entre las líneas 2 y 5 de la transcripción se aprecia muy bien el impacto de la visualización de la asíntota horizontal, cuando dibujan más términos de la sucesión para distinguirla mejor. También en la línea 30 comprobamos la influencia de las representaciones gráficas.

En la línea 15 apreciamos un uso del lenguaje incorrecto que, cuando tengamos el análisis más avanzado, nos podrá indicar si se trata de un obstáculo didáctico o de un simple despiste.

CONCLUSIONES

En el proceso de recogida de datos mediante grabaciones de video y en su posterior análisis, hemos comprobado las muchas ventajas, aunque también los inconvenientes, que ya han experimentado otros investigadores. (DuFon, 2002), (Gibson, 2005), (Goldin, 2000), (Lesh, 2000), (Powell, 2003), (Sherin, 2003).

Además de obtener los datos en formato digital, por haber utilizado cámaras web en las grabaciones, hemos innovado el proceso de recogida de datos capturando la pantalla del ordenador en el que los estudiantes trabajan con un software de cálculo simbólico durante toda la sesión de trabajo. Esto nos ha reportado más beneficios que inconvenientes, ya que la única objeción que tiene es la necesidad de trabajar con un ordenador, lo cual es imprescindible cuando se propone un software de cálculo simbólico. A cambio, obtenemos numerosos beneficios que se manifiestan en la fase de análisis cuando la captura de la pantalla nos aporta, por un lado, información novedosa sobre cómo trabajan los estudiantes con la herramienta de cálculo simbólico, y por otro lado, información que complementa los datos que obtenemos de las grabaciones de audio y video.

En cuanto a la primera, al disponer de todos los movimientos que se visualizan en la pantalla, conocemos cómo y para qué utilizan la herramienta de cálculo simbólico (uso del “copy-paste”, obtención de representaciones gráficas, etc.).

En cuanto a la información complementaria, nos ayuda a inferir conexiones entre los elementos del modelo teórico a través de dos registros, la elección de las instrucciones que los estudiantes ejecutan en Maple y cómo interpretan los resultados que obtienen a través de la pantalla.

La mayor aportación que hemos obtenido utilizando esta herramienta en la recogida de datos, ha sido la posibilidad que nos ha ofrecido en la fase de análisis de seguir paso a paso cada ejecución que han realizado los estudiantes, ya que así hemos podido comprobar la información que obtuvieron por pantalla y que les ha ayudado en la construcción del concepto de serie numérica.

REFERENCIAS

- Asiala, M.; Brown, A.; Devries, D.J. (1996). A framework for research and curriculum development in undergraduate mathematics education. En Kaput, J., Schoenfeld, A.H., Dubinsky, E. (Eds.). *Research in Collegiate Mathematics Education II, Conference Board of the Mathematical Sciences (CBMS), Issues in Mathematics Education*. 6, 1-32.
- Codes, M.; Sierra, M. (2004). Enseñanza-aprendizaje con Maple del concepto de convergencia de series numéricas con alumnos de primer curso de la diplomatura de informática: un estudio piloto. En E. de la Torre (ed.). *Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática. Comunicaciones en los grupos de investigación. VIII Simposio de la SEIEM*. Universidade da Coruña (edición en CD).
- Codes, M.; Sierra, M. (2006). Una primera aproximación al análisis de la comprensión de alumnos de primero de la Escuela de Informática de la UPSA sobre la noción matemática del concepto de serie numérica. (Pendiente de publicación).
- DuFon, M.A. (2002). Video recording in ethnographic SLA research: some issues of validity in data collection. *Language Learning and Technology*. 6(1). 40-59.
- Gibson, B.E. (2005). Co-producing video diaries: the presence of “absent” research. *International Journal of Qualitative Methods*, 4(3), Article 2. Extraído en febrero de 2007 desde http://www.ualberta.ca/~iiqm/backissues/4_4/pdf/gibson.pdf.
- Goldin, G.A. (2000). A scientific perspective on structured task-based interviews in mathematics education research. En Anthony E. Kelly y Richard A. Lesh (Eds.). *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. 517-545.
- Hall, R. (2000). Videorecording as theory. En Anthony E. Kelly y Richard A. Lesh (Eds.). *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. 647-664.
- Lazarus, E. (2006). Using “videopapers” for professional learning and assessment in initial teacher education. Extraído en febrero de 2007 desde http://www.ituniv.se/program/ikt/ttit06/PowerPoint/Elisabeth_Lazarus_061116.ppt
- Lesh, R.; Lehrer, R. (2000). Iterative refinement cycles for videotape analyses of conceptual change. En Anthony E. Kelly y Richard A. Lesh (Eds.). *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. 665-708.
- McDonald, M.A.; Mathews, D.M.; Strobel, K.H. (2000). Understanding sequences: a tale of two objects, en Jim Kaput, Alan H. Schoenfeld, Ed Dubinsky (Ed). *Research in collegiate mathematics education. IV. Conference Board of the Mathematical Sciences (CBMS), Issues in Mathematics Education*. 8. 77-102.

- Powell, A.; Francisco, J.; Maher, C. (2003). An analytical model for studying the development of learners' mathematical ideas and reasoning using videotape data. *Journal of Mathematical Behaviour*. 22, 405-435.
- Sherin, M. G. (2003). New perspectives on the role of video in teacher education. *Advances in Research on Teaching*. 10, 1-27.