

UN ACERCAMIENTO A LA INVESTIGACIÓN DE DISEÑO A TRAVÉS DE LOS EXPERIMENTOS DE ENSEÑANZA

Marta Molina, Encarnación Castro y Enrique Castro
Universidad de Granada

En este trabajo presentamos un tipo de experimentos de enseñanza que se enmarcan dentro de un paradigma metodológico emergente en la Investigación Educativa: la Investigación de Diseño. En primer lugar aportamos una descripción general de esta metodología y detallamos muy brevemente sus principales fundamentos teóricos haciendo referencia a sus orígenes. Posteriormente, y en mayor detalle, presentamos las características concretas de este tipo de experimentos de enseñanza.

Investigación de diseño

La *investigación de diseño* o *investigación basada en diseño* es un paradigma metodológico que está actualmente siendo activamente aplicado y desarrollado dentro de la investigación educativa, y que está probando ser de utilidad en el campo de la Didáctica de la Matemática y las Ciencias (Kelly, 2003)¹. Este tipo de metodología, de naturaleza principalmente cualitativa, ha sido desarrollada dentro de las “*Ciencias del aprendizaje*” (Learning Sciences), un campo multidisciplinar que estudia el aprendizaje y la enseñanza e incluye la antropología, la psicología educativa, la sociología, la neurociencia, así como las didácticas específicas, entre otros campos (Confrey, 2006; Sawyer, 2006).

¿Qué son los estudios o experimentos de diseño?

Desde el primer uso del término investigación de diseño, en el campo de la investigación educativa, por Collins y Brown en 1992, se han aportado diversas definiciones de este tipo de estudios. Shavelson y Towne (2002, según cita Confrey, 2006) los definen como “*enfoques analíticos para examinar mecanismos que comienzan con ideas teóricas que son testadas a lo largo del diseño, implementación y estudio sistemático de herramientas educativas (currículo, métodos enseñanza, applets informáticos) que dan cuerpo al mecanismo conjecturado inicialmente*” (p.120). Estos autores enmarcan esta metodología de investigación dentro de las investigaciones que pretenden responder a la pregunta ¿cómo y por qué está pasando algo?

diSessa y Cobb (2004) consideran este tipo de estudios como intentos de entender y mejorar procesos educativos simultáneamente iterativos, situados y basados en teoría.

Confrey (2006), por su parte, define estos estudios como extensas investigaciones de prácticas educativas, provocadas por el uso de un conjunto de tareas curriculares novedosas, cuidadosamente secuenciadas, que estudian como algún campo conceptual o conjunto de habilidades e ideas son aprendidas mediante la interacción de los alumnos bajo la guía del profesor. Este tipo de estudios tratan de documentar “*qué recursos y*

¹ Una forma de investigación de diseño que ha sido activamente utilizada en Europa es denominada investigación de desarrollo (“developmental research”) (Kelly, 2004).

conocimiento previo ponen en juego los alumnos en la tarea, cómo interaccionan los alumnos y profesores, cómo son creadas las anotaciones y registros, cómo emergen y evolucionan las concepciones, qué recursos se usan, y cómo es llevada a cabo la enseñanza a lo largo del curso de la instrucción, mediante el estudio de trabajo de los alumnos, grabaciones de videos y evaluaciones de la clase” (Confrey, 2006, p.2). En esta metodología, la investigación pura y la aplicada se combinan.

Si bien los autores consultados difieren al establecer los límites de esta metodología, todos ellos coinciden en reconocer la interdependencia del diseño instruccional y de la investigación que le caracteriza. Por una parte el diseño de ambientes de aprendizaje sirve como contexto para la investigación, por otra, análisis continuados y un análisis retrospectivo informan para la mejora del diseño. Este paradigma persigue analizar el aprendizaje en contexto mediante el diseño y estudio sistemático de formas particulares de aprendizaje, estrategias y herramientas de enseñanza. El diseño se considera central para promover el aprendizaje, crear conocimiento útil, y hacer progresar las teorías de aprendizaje y enseñanza en ambientes complejos (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer y Schauble, 2003; DBRC, 2003).

Este tipo de investigación va más allá del desarrollo y puesta a prueba de intervenciones particulares; incluyen fundamentos teóricos sobre enseñanza y aprendizaje y reflejan un compromiso por comprender las relaciones existentes entre la teoría educativa, la práctica y los artefactos. Se centran en el diseño y exploración de innovaciones de diseño ya sean artefactos o aspectos menos concretos como actividades, orientaciones o currículo, siendo los comportamientos emergentes de los alumnos, en respuesta a las actividades y situaciones propuestas, los que conducen al desarrollo de la intervención y la teoría (DBRC, 2003).

La principal consideración es que el uso de métodos que conecten los procesos de actuación con los resultados tiene el poder de generar conocimiento de aplicación directa a la práctica. Idealmente la metodología de diseño conduce a una mayor comprensión de los ambientes de aprendizaje mediante el diseño de sus elementos y la anticipación de cómo éstos van a funcionar conjuntamente para promover el aprendizaje. Más allá de crear diseños eficaces para un determinado aprendizaje, los estudios de diseño explican por qué el diseño funciona y sugieren modos en que puede ser adaptado a nuevas circunstancias (Cobb et al., 2003).

Principales características

Destacamos algunas de las principales características de este tipo de estudios:

- 1) Se centran en la caracterización de la situación en toda su complejidad, la mayor parte de la cual no es conocida a priori. Las clases o ambientes de enseñanza son considerados complejos y condicionales, siendo necesarias una amplia gama de medidas de resultados para capturar el proceso de aprendizaje, que allí tiene lugar, así como el estado final del alumno. Esta complejidad hace esencial distinguir entre aquellos elementos que van a ser objeto de estudio y aquellos otros que se consideran accidentales o se asumen como condiciones del entorno (Barab y Squire, 2004; Cobb et al., 2003).

2) Involucran múltiples variables muchas de las cuales no pueden ser controladas. Se intenta optimizar el diseño tanto como sea posible y observar cuidadosamente como funcionan los diferentes elementos (Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004).

3) Ocurre en contextos de la vida real donde habitualmente se produce algún tipo de aprendizaje. Por lo tanto, el tipo de situaciones que comprenden son muy variadas: un equipo de investigadores trabajando con un pequeño grupo de alumnos, un grupo de investigadores trabajando en un aula en colaboración con un docente, un grupo de investigadores y formadores de profesores y maestros en activo promoviendo conjuntamente el desarrollo de una comunidad profesional, un equipo de investigadores colaborando con docentes y otros agentes del sistema educativo en experimentos que involucran varios colegios... (Barab y Squire, 2004; Cobb et al., 2003).

La multiplicidad de contextos en los que este tipo de estudios puede tener lugar es, junto con el tipo de personas involucradas, uno de los factores que ocasiona la existencia de muy diversos tipos de experimentos de diseño. Entre ellos destacamos los experimentos de enseñanza los cuales describimos más adelante. Otros ejemplos de diferente naturaleza son descritos por Collins et al. (2004), en los cuales las sucesivas aplicaciones y elaboraciones del diseño son realizadas en contextos diferentes, y por Cobb, Stephan, McClain y Gravemeijer (2001), en cuyo caso corresponden a un tipo de investigación realizada por el docente en su propia aula.

4) Involucra diferentes tipos de participantes en el diseño para utilizar sus diferentes experiencias en la producción y análisis de éste; estando siempre involucrada, en el proceso de investigación, la persona que actúa como docente (Barab y Squire, 2004).

5) Las teorías que se desarrollan durante el proceso del experimento son humildes en tanto que son específicas a un dominio de aprendizaje y también porque son explicativas de la actividad del diseño. Este tipo de estudios no proveen de grandes teorías de aprendizaje sino que tienen un alcance teórico intermedio. No obstante, estas teorías son esenciales para la mejora de la educación, entendida como un proceso generativo a largo plazo (Cobb et al., 2003).

Collins (1999; según citan Collins et al., 2004) denomina al resultado de este tipo de estudios “perfiles”, contraponiendo el desarrollo de un perfil a la comprobación de hipótesis como una característica de este tipo de estudios. Por otra parte, diSessa y Cobb (2004) destacan la utilidad de este tipo de estudios para el desarrollo de constructos teóricos que sirvan para detectar orden, regularidades y patrones en los complejos contextos en los que se desarrollan.

6) Estos estudios se caracterizan por un *refinamiento progresivo*, ya que el diseño es constantemente revisado a partir de la experiencia (Collins et al., 2004). El proceso de investigación tiene lugar a través de ciclos continuos de diseño, puesta en práctica, análisis y rediseño. Los investigadores que emplean esta metodología hacen, testan, y refinan conjeturas sobre la trayectoria de aprendizaje basándose en la evidencias que van obteniendo en el transcurso de la investigación, colaborando o actuando como docentes y recogiendo extensos registros sobre lo que los alumnos, los docentes y los investigadores aprenden a lo largo del proceso (DBRC, 2003).

Los experimentos de diseño son generadores, complejos, iterativos, multivariados, multiniveles, intervencionistas y orientados por la teoría y hacia la práctica (Cobb et al., 2003; Shavelson, Phillips, Towne y Feuer, 2003).

Puntos fuertes y limitaciones

Una de las principales fortalezas que se le reconocen a los estudios de diseño es que eliminan el abismo existente entre la práctica educativa y los análisis teóricos, ya que provee de informes situados sobre el aprendizaje de los alumnos, relacionando directamente el proceso de aprendizaje con el modo en que ha sido promovido. Otros aspectos, destacados por Shavelson et al. (2003), relativos a algunos de estos estudios, son el hecho de que testan teorías en la práctica, trabajan con los docentes en la construcción del conocimiento, reconocen los límites de la teoría, capturan las especificidades de la práctica y las ventajas potenciales de adaptar la teoría a su contexto de forma iterativa y refinadora y, además, abordan los problemas cotidianos del aula, de los colegios y de las comunidades que influyen en la enseñanza y el aprendizaje, adaptando la enseñanza a estas condiciones.

El carácter de este tipo de estudios los destaca como promotores de la identificación y crecimiento de nuevas ideas y constructos. Los estudios de diseño, en tanto que son generadores de hipótesis y de marcos o estructuras organizadoras, contribuyen a la formulación de modelos, más que a la estimación o validación de éstos, y de este modo son de utilidad para la generación de buenas cuestiones a abordar mediante otro tipo de metodologías (Kelly, 2004).

Concretamente los investigadores del DBRC (2003) identifican cuatro áreas en las que consideran que esta metodología puede aportar mayores beneficios: exploración de posibilidades para ambientes noveles de enseñanza y aprendizaje, desarrollo de teorías contextualizadas sobre enseñanza y aprendizaje, construcción de conocimiento acumulativo de diseño, y desarrollo de la capacidad humana para la innovación. Kelly (2004) señala, además, la capacidad de estos estudios para servir como incubadores de nuevas técnicas de investigación.

Entre las limitaciones que se reconocen, en general, a este tipo de metodología, Collins et al. (2004) destacan las dificultades que emergen desde la complejidad de las situaciones del mundo real, la gran cantidad de datos que resultan de la necesidad de combinar análisis cuantitativos y etnográficos, y la comparación entre diseños.

Por otra parte, Dede (2004) insiste en los desafíos que esta metodología conlleva debido a que muchas variables no estén controladas deliberadamente, a que varios tipos de datos son a menudo recogidos por distintos investigadores, lo que conlleva problemas de coordinación, y a que las argumentaciones y los resultados del estudio deriven de un bajo porcentaje de los datos recogidos.

Kelly (2004) hace observar la necesidad de especificar la “*gramática argumentativa*” de este tipo de estudios, es decir, la lógica que guía el uso de los métodos y que sustenta el razonamiento sobre los datos, para que sirva de garantía de las argumentaciones que se obtienen.

Origen de los estudios de diseño

Los estudios de diseño tienen sus raíces en las entrevistas clínicas, los experimentos de enseñanza rusos, la psicología de Piaget y en el constructivismo radical y social (Confrey, 2006). Guiados por la asunción teórica de que la cognición no es algo situado en el individuo pensante sino que es un proceso distribuido entre el conocedor, el ambiente en el que el aprendizaje tiene lugar y la actividad en la que participan los alumnos, los investigadores educativos han sentido la necesidad de desarrollar herramientas tecnológicas, currículum y especialmente teorías que les ayuden a, sistemáticamente, comprender y predecir cómo ocurre el aprendizaje. La investigación de diseño surge en este contexto ante la necesidad de metodologías que permitan obtener argumentaciones basadas en la evidencia procedente de contextos naturales, de abordar, en contexto, cuestiones teóricas sobre la naturaleza del aprendizaje, de ir más allá de las limitadas medidas del aprendizaje, y de producir resultados de investigación a partir de la evaluación formativa.

Si bien es cierto que sus orígenes en el ámbito de la investigación educativa se sitúan principalmente en el método clínico y los experimentos de enseñanza rusos, esta metodología ha sido introducida y adaptada a la investigación educativa, y más concretamente a la investigación en Didáctica de la Matemática y de las Ciencias, procedente de las ciencias de diseño². Esta adaptación surge ante la necesidad de aumentar radicalmente la relevancia de la investigación para la práctica y al reconocerse que la mayoría de los fenómenos que necesitan ser comprendidos y explicados en estas áreas son sistemas complejos y que no todo el conocimiento es reducible a una lista de hipótesis a probar y preguntas a responder (Lesh y Kelly, n.d.).

En el ámbito de las ciencias artificiales esta metodología está definida de forma general por cuatro características principales:

- Implica el diseño de una artefacto complejo o una herramienta conceptual
- En situaciones no triviales, el proceso de diseño involucra el desarrollo de un sistema conceptual, constructo o modelo, que a menudo es el resultado principal que se persigue con la investigación. En concreto, cuando se diseña algo, una de las partes más significativas del producto es el propio diseño, cuando se modeliza algo es el modelo conceptual que sustenta el modelo, y cuando se construye algo el constructo o sistema conceptual que subyace.
- El artefacto o herramienta conceptual que es producido es requerido por unos motivos específicos, los cuales proveen de los criterios para valorar la calidad del modelo, constructo o sistema conceptual
- El proceso de diseño involucra experimentos que habitualmente ocurren durante una serie de ciclos de desarrollo-comprobación-revisión, los cuales utilizan formas

² Collins (1992) distingue entre ciencias de lo artificial o de diseño y ciencias naturales o analíticas. Las ciencias analíticas o naturales son aquellas que abordan el modo en que los fenómenos del mundo pueden explicarse (ej., Biología, Física). Las ciencias artificiales o de diseño, en cambio, tienen como objetivo determinar cómo se comporta, bajo diferentes condiciones, cualquier artefacto diseñado (ej., Aeronáutica, Inteligencia artificial). Este autor señala la importancia de abordar la educación como una ciencia de diseño, no como una ciencia analítica, para poder determinar cómo diferentes diseños de ambientes de aprendizaje contribuyen al aprendizaje, cooperación, motivación y demás variables dependientes del proceso enseñanza-aprendizaje (Collins et al., 2004; Confrey, 2006).

cualitativas y cuantitativas de retroalimentación. Estos ciclos de diseño generan automáticamente estelas de documentación cuyas trayectorias revelan información importante sobre la naturaleza de los desarrollos que ocurren, relativos a los artefactos y a los sistemas conceptuales que subyacen.

(Lesh y Kelly, n.d.).

Experimentos de enseñanza

Los experimentos de enseñanza son un tipo de metodología considerada característica de la investigación en Educación Matemática y Educación de la Ciencias, que engloba diversos enfoques de investigación. Su principal característica es la ruptura de la diferenciación entre profesor e investigador, motivada por el propósito de los investigadores de experimentar de primera mano el aprendizaje y razonamiento de los alumnos (Kelly y Lesh, 2000; Steffe y Thompson, 2000).

Según son descritos por Kelly y Lesh (2000) y Steffe y Thompson (2000), este tipo de estudios se reconocen como pertenecientes a la investigación de diseño.

Los investigadores se distancian de los contextos laboratorio y se introducen en las aulas. No obstante, a diferencia de la “*investigación basada en el aula*” (classroom based-research), las intervenciones en el aula de este tipo de estudios son realizadas por uno de los investigadores, y no por el docente habitual del aula, a no ser que éste se involucre plenamente en la investigación. Además, están determinadas y delimitadas por los objetivos de la investigación, anteponiéndose éstos a lo que desde el punto de vista del docente pueda ser más adecuado para los alumnos (Kelly y Lesh, 2000).

En estos estudios los investigadores se convierten en una parte integral del sistema que están investigando, interaccionando con él y conduciendo a complejas interacciones que rompen la habitual distinción entre investigadores, docentes y alumnos. El investigador actúa a veces como profesor, otras como alumno, y los alumnos y docente/s a menudo colaboran en la búsqueda de aspectos críticos, perspectivas prometedoras, datos relevantes e interpretaciones útiles (Kelly y Lesh, 2000).

En general, se espera que el alumno construya conocimiento matemático, que el docente (investigador-docente) construya conocimiento sobre la construcción de conocimiento matemático por parte de los alumnos, y que los demás investigadores construyan conocimiento sobre ambos y sobre sus interacciones. Esta distinción de diversos planos de acción ha conducido a que en ocasiones se denomine a estos estudios *experimentos multiniveles o multietapas* (Confrey, 2006; Lesh y Kelly, 2000).

¿En qué consisten?

En general un experimento de enseñanza involucra una secuencia de episodios de enseñanza en los que participan un investigador-docente, uno o más alumnos y un investigador-observador, que aportará interpretaciones alternativas a las del investigador-docente (Steffe y Thompson, 2000). En estos estudios se ha de recoger información de todo lo que ocurre en el aula para lo que se realizan grabaciones de

video y/o toma de notas. El tiempo de duración puede ser variable, de unas horas a un año académico. El ambiente a observar puede ser desde pequeñas habitaciones-laboratorio para entrevistas, a clases completas o incluso ambientes de aprendizajes más grandes. Y el centro de interés puede ser tanto el desarrollo de los alumnos, como el de los docentes o de unas ideas o actividades de enseñanza determinadas (Kelly y Lesh, 2000).

Objetivos

El objetivo es estudiar la naturaleza del desarrollo de las ideas, herramientas o modelos en los que están contenidos los alumnos, profesores o grupos, no generalizar sobre ellos. El foco de atención pueden ser el desarrollo de los alumnos, de los docentes, de ambientes de enseñanza en el aula, o de actividades de enseñanza, entre otros aspectos (Kelly y Lesh, 2000).

Según estos autores, éste es un diseño centrado en la investigación del desarrollo de sistemas complejos, autoorganizados, en interacción y adaptativos, cuya evolución es a menudo extremadamente sensible a pequeños cambios en sus condiciones, y que involucran la interacción de los alumnos, de los docentes y de las ideas o actividades de enseñanza. *“En general los experimentos de enseñanza se centran en el desarrollo que ocurre en ambientes conceptualmente ricos que son especialmente diseñados para optimizar las oportunidades de que desarrollos relevantes ocurran de modos observables”* (Kelly y Lesh, 2000, p. 192).

Los experimentos de enseñanza se hacen para testar y generar hipótesis, durante el experimento en general o durante cada uno de los episodios. Las hipótesis podrán ser formuladas inicialmente o en el transcurso de los episodios, mediante la revisión de los datos de los episodios previos, siendo en ocasiones necesario abandonar hipótesis a la luz de los datos y formular nuevas hipótesis. Los investigadores deberán entonces planificar las sucesivas interacciones en el aula y continuamente postular los posibles significados que subyacen al lenguaje y acciones de los alumnos, siendo así como los alumnos van guiando al investigador (Steffe y Thompson, 2000).

Refinamiento progresivo

En este proceso se distingue una idea inherente a los experimentos de enseñanza, así como a los experimentos de diseño, el “*refinamiento progresivo*”; resultado del ciclo recurrente formado por la formulación de hipótesis, la experimentación en el aula y la reconstrucción de las hipótesis. Los investigadores inician la investigación con un modelo preliminar basado en sus asunciones teóricas y su experiencia previa. A lo largo de la interacción con los alumnos, los datos obtenidos permiten confirmar o rechazar las hipótesis inicialmente imprecisas y sugieren nuevas formas de experimentación que pueden conducir al desarrollo de un modelo firme de la actividad mental de los alumnos. Entonces el ciclo vuelve a iniciarse.

En el desarrollo del ciclo de la investigación existen dos objetivos que se mantienen en oposición. Por una parte, se quiere averiguar si el modelo permanece viable a la vista de los datos obtenidos en la investigación. Por otra parte, los investigadores están dispuestos en todo momento a modificar el modelo ante observaciones inesperadas (Confrey, 2006; Steffe y Thompson, 2000).

En las intervenciones en el aula el investigador-docente debe dejar a un lado sus hipótesis o conjeturas y centrarse en explorar las formas de actuar y dar significado de los alumnos, siendo importante que tenga conocimientos previos sobre dichos aspectos en relación con los contenidos que se estén abordando y que aprenda a interaccionar con los alumnos. Los investigadores durante la intervención en el aula estarán atentos a las contribuciones de los alumnos, a la trayectoria de la interacción y a todo lo que ocurra en el aula.

Inicialmente el investigador-docente cuenta con un conjunto de posibilidades y un sentido de la dirección donde se puede ver conducido por los alumnos, pero no conoce los modos en que los éstos van a proceder, ni como deberá actuar a lo largo de las intervenciones en el aula. Por este motivo, a lo largo del desarrollo de los episodios de enseñanza, se verá obligado a actuar de forma intuitiva, aunque responsable, en el intento de explorar el pensamiento y razonamiento de los alumnos, poniéndose en su lugar para prever las posibles respuestas o reacciones a las actividades propuestas. Este tipo de intervenciones permiten generar hipótesis.

Conforme avanza el experimento y el investigador-docente adquiere más experiencia con los alumnos, a menudo tomará una postura analítica en vez de intuitiva y responsable. Se habla de interacciones analíticas cuando se dispone de hipótesis precisas sobre los esquemas o acciones de los alumnos y se realiza una interacción para comparar sus acciones con acciones correspondientes a dicha hipótesis (Steffe y Thompson, 2000).

Análisis de los datos

En el desarrollo del experimento, los investigadores deberán trabajar de manera conjunta en el análisis de los datos y planificación de las intervenciones pues la experiencia de ser docente y de ser observador, son significativamente distintas. Ambos tipos de investigadores pueden aportar aspectos relevantes y complementarios, facilitando una interpretación acertada de lo ocurrido en el aula (Steffe y Thompson, 2000).

Una parte crítica de esta metodología es el *análisis retrospectivo* de los datos recogidos de la actividad ocurrida en el aula. Mediante el análisis de las grabaciones o notas recogidas durante cada intervención, el investigador-docente puede reactivar sus recuerdos de las experiencias vividas en el aula pudiendo así recordar las interpretaciones espontáneas que fueron realizadas, en el momento de la intervención, como respuesta a las acciones de los alumnos.

Además, el conjunto de los datos permite hacer un análisis de la evolución de los alumnos, pudiendo detectar aspectos de las interacciones o actividad de los alumnos no observados durante el transcurso de la investigación. De esta forma, el investigador-docente puede localizar al alumno en un contexto evolutivo y modificar o estabilizar sus interpretaciones originales. En definitiva, lo que los investigadores persiguen es elaborar un modelo de los cambios que son considerados aprendizaje o desarrollo de los alumnos a lo largo del experimento de enseñanza, entendiendo éstos como ocasionados por las maneras de operar y las situaciones puestas en juego por el investigador-docente.

Sobre el modelo

El modelo del aprendizaje y/o desarrollo de los alumnos está basado no sólo en el análisis conceptual del lenguaje y las acciones de los alumnos sino también en los constructos teóricos establecidos en un análisis conceptual previo no involucrando a los alumnos. Ambos análisis actúan de manera entrelazada. Los constructos teóricos son utilizados para analizar el lenguaje y las acciones de los alumnos y, por tanto, condicionan el modo de actuación del investigador-docente en su interacción con ellos. Recíprocamente, estos constructos teóricos son modificados en su puesta en práctica pudiéndose establecer una necesidad de elaborar constructos teóricos novedosos. Por tanto, no consiste en la confirmación de unos constructos teóricos previamente construidos, sino en la acomodación del modelo a la realidad observada. El modelo obtenido será de utilidad siempre y cuando vuelva aemerger en otras intervenciones semejantes con alumnos. Será viable mientras se mantenga adecuado para explicar las contribuciones independientes de los alumnos desde una determinada perspectiva (Steffe y Thompson, 2000).

Calidad

Con respecto a la evaluación de la calidad de este tipo de estudios, los autores Steffe y Thompson (2000) hacen referencia a la validez de los resultados, la replicabilidad, y la capacidad de generalización. Ante todo, destacan la necesidad de que los investigadores que realizan experimentos de enseñanza justifiquen sus afirmaciones e interpretaciones y aporten evidencias que las apoyen.

En este tipo de estudios no tiene sentido la replicación en el sentido estricto del término sino el reemplazo o sustitución del modelo elaborado por otro más avanzado, realizando posteriores experimentos de enseñanza que utilicen el modelo obtenido como material conceptual a ser reorganizado. Así, no sólo se comprueban los resultados del experimento de enseñanza previo, además, se desarrolla el modelo de modo que es aplicable a un mayor número de contextos, aumentando, por tanto, su capacidad de generalización. No obstante, no se puede pedir que los resultados de un experimento de enseñanza sean generalizables en el sentido estricto del término. La cualidad que poseen estos resultados es la de ser explicativos y poder ser adaptados en caso de interacción con otros alumnos.

Como estudios de diseño...

Desde el paradigma de la metodología de diseño se han discutido los aspectos necesarios para garantizar su rigurosidad así como el modo en que debe evaluarse su calidad. Por su naturaleza los experimentos de diseño son complejos, multivariados, multiniveles, e intervencionistas, haciendo particularmente difícil establecer garantías para sus argumentaciones y resultados (Shavelson et al., 2003). No obstante, son numerosos los investigadores que reconocen su importancia y potencial como metodología de investigación educativa (Cobb et al., 2001, 2003; Cobb y Gravemeijer, en prensa; Confrey, 2006; DBRC, 2003; Dede, 2004; Kelly, 2003, 2004; Shavelson et al., 2003).

Los diversos autores que han abordado la cuestión de la evaluación de este tipo de estudios hacen referencia a los criterios fiabilidad, replicabilidad, capacidad de

generalización, y utilidad (Cobb, Stephan, McClain y Gravemeijer, 2001; Cobb y Gravemeijer; en prensa; Confrey, 2006).

La *fiabilidad* se refiere al grado en que las inferencias y afirmaciones que resultan del análisis retrospectivo son razonables y justificables, al reconocerse que, a partir de un conjunto de datos, se pueden hacer análisis retrospectivos diferentes. En este tipo de estudios la fiabilidad se mide a partir del grado en que:

- El análisis ha sido sistemático e involucra la refutación de conjeturas
- Los criterios utilizados para las argumentaciones son explícitos permitiendo a otros investigadores monitorizar el análisis
- Las argumentaciones y afirmaciones finales pueden ser justificadas siguiendo las sucesivas fases del análisis, para lo cual es necesario que se aporte una detallada descripción de cada una de estas fases y que se fundamenten las inferencias realizadas
- El análisis ha sido criticado por otros investigadores, no todos familiares con el contexto en el que se recogieron los datos.

La *replicabilidad* es entendida, en este tipo de estudios, en relación a los aspectos del proceso de aprendizaje estudiado que pueden repetirse potencialmente en otros contextos o situaciones. Estos aspectos han de ser detalladamente delimitados de aquellos que son dependientes del contexto, describiéndose el desarrollo de particulares formas de aprendizaje, pensamiento o actuación, los sucesivos cambios que especifican el desarrollo y los aspectos del ambiente de aprendizaje que son necesarios para sustentar dicho proceso.

La *capacidad de generalización* en este tipo de estudios no está relacionada con la representatividad de la muestra, está íntimamente relacionada con la replicabilidad e implica que otros serán capaces de usar los productos que deriven del experimento para promover aprendizaje en otros contextos. En este sentido, los autores destacan la importancia de situar el experimento en un caso más amplio de fenómenos. El alcance de este tipo de capacidad de generalización depende del desarrollo de teorías de enseñanza específicas de un dominio, siendo recomendado llevar a cabo varios estudios basados en el mismo diseño, pero adaptado a los diferentes contextos y participantes, para enriquecer dichas teorías describiendo regularidades comunes a los contextos considerados.

Este tipo de estudios no persigue obtener leyes universales e inmutables sino crear modelos de modos probables de andamiaje que conducen a resultados exitosos de aprendizaje, por medio de teorías, materiales y enfoques instruccionales y resultados progresivos, que permiten guiar la enseñanza relativa a contenidos específicos. De este modo proveen información a los docentes de utilidad para dar sentido a sus experiencias en la práctica. Este tipo de estudios son similares a los estudios de casos y etnografías, en tanto que buscan aportar detalles y especificidad de complejas interacciones prolongadas en el tiempo, más que establecer patrones representativos y generales.

Otro criterio destacado en la valoración de este tipo de estudios es la *utilidad*. Los resultados obtenidos deben dejar claro lo que implica para la enseñanza. De este modo, este tipo de investigaciones eliminan la desconexión existente entre la

investigación y la práctica y, además, son de utilidad para promover el desarrollo de comunidades de profesionales de la enseñanza. El tipo de justificación aportada en este tipo de estudios ofrece a los docentes la posibilidad de adaptar, comprobar y modificar las secuencias de enseñanza en sus aulas.

Referencias

- Barab, S. y Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. y Schauble, L. (2003). Desing experiment in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cobb, P. y Gravemeijer, K. (en prensa). Experimenting to support and understand learning processes. En A. E. Kelly, D. Lesh y J. Baek (Eds.), *Handbook of design research methods in education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cobb, P., Stephan, M., McClain, K. y Gravemeijer, K. (2001). Participating in classroom mathematical practices. *Journal of the Learning Sciences*, 10(1-2), 113-164.
- Collins, A. (1992). Towards a design science of education. En E. Scanlon y T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). Berlin: Springer-Verlag.
- Collins, A. (1999). The changing infrastructure of education research. En E. Lagemann y L. Shulman (Eds), *Issues in education research* (pp. 289-298). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Collins, A., Joseph, D. y Bielaczyc, K. (2004). Design research: theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 135-152). New York, NY: Cambridge University Press.
- Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? A commentary on Collins, Joseph, and Bielaczyc; diSessa and Cobb; Fishman, Marx, Blumenthal, Krajcik, and Soloway in the JLS Special Issue on Design-Based Research. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 105-114.
- diSessa, A. A. y Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-103.
- DBRC (The Design Based Research Collective) (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Kelly, A. E. (2004). Design research in education: yes, but is it methodological? *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128.
- Kelly, A. E. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-4.
- Lesh, R. A. y Kelly, A. E. (2000). Multitiered teaching experiments. En A. E. Kelly y R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 197-230). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum associates.
- Lesh, R. A. y Kelly, A. E. (n.d.). *Design Experiments in Mathematics Education*. Descargado el 24 de Febrero de 2006 de http://gse.gmu.edu/research/de/Lesh_Design%20Exp%20in%20Math%20Ed%206.pdf

- Sawyer, R. K. (2006). The New Science of Learning. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 1-18). New York, NY: Cambridge University Press.
- Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L. y Feuer, M. J. (2003). On the science of education design studies. *Educational Researcher*, 32(1), 25-28.
- Shavelson, R. J. y Towne, L. (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC: National Academy Press.
- Steffe, L. y Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: underlying principles and essential elements. En A. E. Kelly y R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 267-306). Mahwah: NJ: Lawrence Erlbaum Associates.