

Perspectivas de la educación estadística como área de investigación.¹

Carmen Batanero y Juan D. Godino

ABSTRACT

Statistics education research, publications and curricular materials are quickly increasing in the past years. Statistics education was started within statistics itself and is currently carried out in different areas, such as psychology or mathematics education. In this lecture we will summarize recent tendencies in statistics education in these three areas and will describe the main related sources of information.

RESUMEN

En los últimos años asistimos a un aumento notable de la investigación, publicaciones, y materiales curriculares relacionados con la educación estadística. El trabajo respecto a este tema no sólo se lleva a cabo dentro del área de didáctica de la matemática, sino que, por el contrario, han sido los mismos estadísticos, así como algunos campos dentro de la psicología los que lo iniciaron y han contribuido en mayor medida a su estado actual. En este trabajo tratamos de resumir los avances recientes en educación estadística en estas tres áreas y describir las principales fuentes de información sobre el tema.

La estadística ha jugado un papel primordial en el desarrollo de la sociedad moderna, al proporcionar herramientas metodológicas generales para analizar la variabilidad, determinar relaciones entre variables, diseñar en forma óptima estudios y experimentos y mejorar las predicciones y toma de decisiones en situaciones de incertidumbre. En las últimas décadas, su enseñanza se ha incorporado, crecientemente, a la escuela, institutos y carreras universitarias, no sólo por su carácter instrumental, sino por el valor que el desarrollo del razonamiento estadístico tiene en una sociedad caracterizada por la disponibilidad de información y la necesidad de toma de decisiones en ambiente de incertidumbre.

La Didáctica de la Matemática no ha sido indiferente a esta tendencia y en los últimos años se experimenta un auge de la investigación y desarrollo sobre la enseñanza de la estadística y probabilidad, principalmente en relación con los niveles no universitarios. Pero el interés por la enseñanza y comprensión de la estadística no es exclusivo de la comunidad de educación matemática. La preocupación por las cuestiones didácticas y por la formación de profesionales y usuarios de la estadística ha sido constante para los mismos estadísticos, y las investigaciones sobre el razonamiento estocástico han sido también objeto de atención en el campo de la psicología. En lo que sigue analizamos los trabajos sobre educación estadística llevados a cabo en estos tres campos con el fin de contribuir a su acercamiento, así como de proporcionar fuentes de información sobre el tema a los profesores e investigadores.

EDUCACIÓN ESTADÍSTICA DENTRO DE LA ESTADÍSTICA

La relación entre el desarrollo de un país y el grado en que su sistema estadístico produce estadísticas completas y fiables es clara, porque esta información es necesaria

¹ En R. Luengo (Ed.) (2005), *Líneas de investigación en Didáctica de las Matemáticas* (pp. 203-226). Badajoz: Universidad de Extremadura.

para la toma de decisiones acertadas de tipo económico, social y político. Es necesario, entonces, la formación adecuada, no sólo de los técnicos que producen estas estadísticas, sino de los profesionales y ciudadanos que deben interpretarlas y tomar a su vez decisiones basadas en esta información, así como de los que deben colaborar en la obtención de los datos requeridos.

Los propios estadísticos han sentido la necesidad de conseguir que la sociedad valore y colabore en su trabajo y han entendido que ello pasa por la educación estadística básica para todos. Como señala Ottaviani (1998): “*los estadísticos sienten la necesidad de difusión de la estadística, no sólo como una técnica para tratar los datos cuantitativos, sino como una cultura, en términos de capacidad de comprender la abstracción lógica que hace posible el estudio cuantitativo de los fenómenos colectivos*” (p. 1).

Acciones impulsadas por el Instituto Internacional de Estadística

La educación estadística ha sido un objetivo crucial del *Instituto Internacional de Estadística* (ISI) desde su fundación en 1885, que se concretó oficialmente en 1948 en el establecimiento del *Comité de Educación*, encargado de promover la formación estadística, colaborando, para este fin, con la *UNESCO* y otros organismos internacionales, y marcando el comienzo de un programa sistemático de apoyo a la educación (Vere-Jones, 1997).

Al crear este comité, un objetivo común a las *Naciones Unidas* y al *ISI* era mejorar la información estadística disponible en los países en vías de desarrollo, especialmente en aquellos cuyos archivos estadísticos fueron destruidos durante la segunda guerra mundial y donde había necesidad de preparar suficiente número de técnicos estadísticos. Las responsabilidades del *Comité de Educación* incluyeron el desarrollo de diplomaturas y licenciaturas en estadística en las que se formarían los profesionales de la estadística, así como la creación de los *Centros de Internacionales de Educación Estadística* (por ejemplo, en Calcuta y Beirut), para atender las necesidades formativas de los países de su respectivo entorno geográfico.

El Comité de Educación inicia una serie de conferencias denominadas *Round Table Conference* sobre temas específicos de educación estadística: "Estadística en la escuela" (en las conferencias de Viena, 1973; Varsovia, 1975 y Calcuta, 1977), "La enseñanza universitaria de la estadística en los países en vías de desarrollo" (celebrada en La Haya, 1968), "Enseñanza de la estadística y ordenadores", (en las conferencias de Oisterwijk, 1970 y Camberra, 1984), y "Formación de profesores" (celebrada en Budapest, 1988).

La puesta en marcha en 1989 en el *Centro de Educación Estadística de la Universidad de Sheffield* de la revista *Teaching Statistics* dirigida a los profesores y el éxito de la misma a lo largo de sus 24 años de existencia mostró el interés de los profesores por los aspectos didácticos y la necesidad de colaboración entre estadísticos profesionales y profesores para resolver los problemas educativos. El primer ICOTS (*International Conference on Statistical Education*) surge auspiciado por el ISI para responder a esta necesidad. (Grey et al., 1982), y es seguido por otras dos ediciones separadas por un periodo de cuatro años en Victoria (Davidson y Swift, 1988) y Otago (Vere-Jones, 1991).

La creación y desarrollo de una sociedad internacional de educación estadística

En 1991 el *ISI* decide crear una nueva sección, a la que se transferirían las responsabilidades y objetivos que hasta entonces había tenido el Comité de Educación.

Nace así *IASE* (*International Association for Statistical Education*), con igualdad de derechos y obligaciones que el resto de las secciones del Instituto, participando en la elaboración de sus revistas y organización de sus Sesiones bianuales, contribuyendo a su financiación y teniendo representación en sus organismos directivos. Como indica Hawkins (1999), la Sociedad, que en la actualidad cuenta con unos 600 miembros tiene un triple objetivo:

- Como organización profesional, proporciona un foro de discusión para todos los que de algún modo se interesan por la educación estadística;
- Como sociedad de investigación, se encamina hacia la constitución de una disciplina autónoma;
- Al ser el brazo educativo del ISI, toma el liderazgo y responde a las cuestiones sobre educación y formación estadística y promueve la educación estadística, especialmente en los países en desarrollo.

ICOTS-4, celebrado en Marrakech (National Organising Committee, 1994) fue la primera de estas conferencias celebrada bajo la responsabilidad exclusiva de IASE y atrajo 307 participantes de 45 países, siendo una característica importante la celebración de una conferencia satélite en lengua árabe en El Cairo. Por primera vez se introdujeron algunos grupos de trabajo en lengua diferente del inglés: árabe, francés español, para discutir el currículo de estadística en los países de lengua común. Paralelamente, el primer número de 1995 de la *International Statistical Review* se dedicó a la educación.

ICOTS-5, en Singapur (Pereira- Mendoza, 1998) se centró en la idea de “Ampliación de la Red”. Con más de 300 participantes mostró que *IASE* estaba sólidamente establecida y que había que iniciar el trabajo de expansión, teniendo en cuenta las posibilidades de comunicación brindadas por Internet. Un resultado de ICOTS-5 fue la formación de algunas listas de discusión sobre temas particulares. La más activa sin duda fue la de interesados por la investigación (*Stated_list*) cuyos miembros comenzaban a tomar consciencia de la existencia de un cuerpo de conocimientos sobre didáctica de la estadística, que crecía progresivamente y de difícil acceso (estando disperso en departamentos variados y publicado en diferentes lenguas). Un interés colectivo surgía por fundamentar las investigaciones sobre marcos teóricos específicos y por reflexionar sobre las cuestiones prioritarias de investigación y la metodología para abordarlas.

En ICOTS-6 (Phillips, 2002) celebrado en la Ciudad del Cabo con más de 500 participantes, se toma como lema “El desarrollo de una sociedad estadísticamente culta”, idea que se venía forjando en las dos ediciones (tercera en preparación) del Foro Internacional de Investigación sobre Razonamiento, Pensamiento y Cultura Estadística (1999, Kibbutz Be’eri, Israel, 2001, Armidale, Australia, 2003, USA) y en diferentes publicaciones y proyectos (Moreno, 1998; Gal, 2002; 2003; Murray y Gal, 2002; Gal, 2003). El objetivo principal es proporcionar una *cultura estadística*, “que se refiere a dos componentes interrelacionados: a) capacidad para interpretar y evaluar críticamente la información estadística, los argumentos apoyados en datos o los fenómenos estocásticos que las personas pueden encontrar en diversos contextos, incluyendo los medios de comunicación, pero no limitándose a ellos, y b) capacidad para discutir o comunicar sus opiniones respecto a tales informaciones estadísticas cuando sea relevante” (Gal, 2002, pp. 2-3).

Se trató de poner en práctica el lema del congreso organizando toda una serie de actividades paralelas para los profesores sudafricanos, con acciones formativas en

cascada que incluyeron la participación en ICOTS de 70 profesores de las diferentes provincias sudafricanas, quienes posteriormente reproducirían los talleres y actividades en sus zonas de origen para beneficiar a sus compañeros. Esta acción fue acompañada por la preparación de materiales didácticos para niños y profesores, apoyado por las oficinas de estadística, ministerio de educación y centros internacionales de educación estadística.

IASE institucionalizó la organización de las *Round Table Conference* como satélites ICME, habiendo organizado hasta la fecha las dedicadas a "Enseñanza del análisis de datos" (Pereira-Mendoza, 1992), "Impacto de las nuevas tecnologías en la investigación" (Garfield y Burrill, 1997) y "Formación de investigadores en el uso de la estadística" (Batanero, 2001). Vemos que la preocupación por la educación estadística no acaba con la etapa universitaria, puesto que una formación básica estadística es imprescindible hoy día a los investigadores en diversas ciencias, no sólo para poder valorar y tomar decisiones sobre los diseños de su investigación, sino para poder leer la literatura científica de su especialidad y para poder comunicarse con los estadísticos profesionales, a propósito del análisis de sus datos. En la actualidad se prepara una *Round Table Conference* sobre "Desarrollo Curricular en Estadística", que se celebrará en Suecia el año 2004.

IASE ha promovido además otras conferencias. En 1993 tuvo lugar la *Primera Reunión Científica de IASE* en Perugia, la *Segunda Reunión Científica de IASE* se celebró en El Cairo en 1994, en 1997 en Tartu, Estonia la conferencia sobre *Educación Estadística y Estadística Computacional* (Tiit, 1997), en 1999 en Florianópolis, Brasil la conferencia en colaboración con PRESTA, *Experiencias y Perspectivas en la Enseñanza de la Estadística*, en 2001 la Conferencia Satélite de ISI-53 en Seúl sobre *Cultura estadística* y en 2003 tendrá lugar la Conferencia Satélite de ISI-54 sobre *Educación estadística e Internet*.

IASE ha apoyado también la publicación de libros, ha organizado sesiones específicas de trabajos invitados sobre temas de educación estadística, en las *Sesiones Bianuales de ISI* y ha tomado a su cargo el desarrollo del *International Statistical Literacy Project*, que como primera acción está desarrollando un servidor de información sobre educación estadística que tratará de reunir los principales materiales disponibles sobre el tema.

Iniciativas desde las oficinas de estadística

Los organismos responsables de la elaboración de las estadísticas necesitan la colaboración de los ciudadanos en el proceso de recolección de datos para evitar problemas de no respuesta, no veracidad o información faltante. Por ellos están interesados en aumentar la confianza del público en la confidencialidad de la información y en mostrar como su ayuda en el proceso de una encuesta podrá servir para tomar decisiones acertadas que reviertan en su propio beneficio y en el desarrollo global.

Esta preocupación está llevando a estos organismos a implicarse de una forma activa y creciente en el desarrollo y difusión de recursos para la enseñanza. Un buen ejemplo lo tenemos en el Proyecto ALEA (Campos y cols., 2001) que proporciona instrumentos de apoyo para la enseñanza de la estadística para alumnos y profesores de educación primaria y secundaria. Asimismo se organizan los mini-censos escolares, con la doble finalidad de dar a conocer a los alumnos lo que es un censo, el tipo de información recogida y cómo es procesada, y, por otro, aumentar el interés y colaboración de los padres y en general de los ciudadanos, en la elaboración del censo. Proyectos similares

han sido desarrollados en relación con el censo 2001 en otros países; por ejemplo, en el Reino Unido, Italia, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda, quienes realizan en la escuela actividades de comparación del censo escolar en los países participantes, y preparan materiales didácticos, recursos y actividades para la enseñanza de la estadística, basadas en el proyecto. Otro ejemplo de este interés son las recientes Jornadas Europeas sobre Enseñanza y Aprendizaje de la Estadística organizadas por el Instituto Balear de Estadística en 2001 (Beltrán, 2001).

Apoyo desde las Sociedades de Estadística

También las Sociedades de Estadística han comenzado a apoyar decididamente la educación como lo muestran las recientes *Jornadas Interamericanas de Educación Estadística* (Curtis, 2002) organizadas por el Instituto Interamericano de Estadística con motivo del 50 aniversario de la Sociedad Argentina y en coincidencia con la *V Conferencia de Sociedades Latinoamericanas de Estadística*. Esta Sociedad y otras como la Americana, China, Portuguesa, han ingresado como socios institucionales al IASE.

En otros casos (Alemania, Chile, España, Irán) la sociedades o federaciones de estadística han comenzado a incluir la educación como tema en sus congresos, publican en sus boletines o revistas información sobre las conferencias de educación estadística o colaboran con IASE en la organización de sus congresos.

LA PERSPECTIVA PSICOLÓGICA: INVESTIGACIÓN SOBRE EL RAZONAMIENTO ESTOCÁSTICO

La influencia que, en el campo de la psicología, han tenido las investigaciones sobre el razonamiento estocástico es tal que Pérez Echeverría (1990) habla de la "revolución probabilista" para referirse a este impacto, equiparándolo al que ha tenido la perspectiva cognitiva. Esta importancia se debe al giro que estos estudios han implicado en los trabajos sobre razonamiento humano, donde se ha pasado de un modelo de actuación acorde a la lógica formal, a concebir un decisor que actúa de acuerdo a un sistema probabilístico complejo, utilizando heurísticas adquiridas en su relación empírica con lo cotidiano. Trabajos como los recogidos en Kahneman y cols. (1982), que tocan entre otros puntos el razonamiento correlacional, la inferencia, la probabilidad condicional y regla de Bayes, han contribuido a este cambio de paradigma en los estudios psicológicos.

Un concepto fundamental en estos trabajos es el de *heurística* o estrategia inconsciente que reduce la complejidad de un problema probabilístico, suprimiendo parte de la información. Aunque las heurísticas ayudan en muchos casos a obtener una solución aproximada al problema, en otros producen sesgos en las conclusiones obtenidas, con las consiguientes implicaciones en las decisiones tomadas. Consideremos, por ejemplo, el siguiente ítem adaptado de Kahneman y cols. (1982).

Ejemplo 1. En un hospital maternal se lleva un registro del sexo de los recién nacidos. ¿Cuál de los dos sucesos siguientes te parece que tiene más probabilidad?

- A. Que entre los próximos 10 recién nacidos haya más de un 70 % de niñas.
- B. Que entre los próximos 100 recién nacidos haya más de un 70 % de niñas.
- C. Las dos cosas me parecen igual de probables.

La respuesta correcta a este ítem es la A, aunque la mayoría de los sujetos suelen considerar correcta la respuesta C. Esto es debido a que sólo tienen en cuenta que la proporción de niñas en las dos muestras es la misma, sin tener en cuenta el tamaño de las muestras, que es también un dato del problema, ya que las muestras pequeñas son más variables que las grandes. Al suprimir un dato (el tamaño de la muestra) se ha reducido la complejidad del problema, pero se ha producido una solución incorrecta. Razonamientos como el mostrado en el ejemplo (la heurística de la representatividad) han sido estudiados por los psicólogos, en diversos contextos de aplicación, tales como diagnóstico médico o juicios legales.

Por otro lado, y a partir de los estudios de Piaget e Inhelder (1951), la adquisición de las ideas de aleatoriedad y probabilidad, del razonamiento combinatorio, de la intuición de la frecuencia relativa, distribución y convergencia, así como de la capacidad de cuantificación de probabilidades ha sido analizada en los niños desde sus primeros años a la adolescencia, determinándose, en consecuencia diferentes etapas en el desarrollo del razonamiento probabilístico. Otros autores han estudiado también la influencia de las actitudes, creencias previas y concepciones animistas de los niños sobre su capacidad de percepción de lo aleatorio. La importancia que estos trabajos tienen para los profesores es que permiten seleccionar de una forma racional el tipo de tareas probabilísticas que podemos proponer a nuestros alumnos en función de su edad. Los instrumentos de evaluación construidos en estas investigaciones son también útiles para valorar los conocimientos y modos de razonamientos de nuestros alumnos.

Mención particular merecen los trabajos de Fischbein (1975) y otros posteriores del mismo autor, ya que constituyeron uno de los primeros puentes de unión entre la psicología y la educación matemática. Interesado no solo por la formación de los conceptos formales, sino por la aparición de intuiciones parciales sobre los conceptos estocásticos, se preocupó también del efecto de la instrucción. Sus investigaciones apoyan decididamente la conveniencia de adelantar la educación estocástica y también muestran que, sin instrucción, es difícil que se desarrolle un razonamiento estocástico adecuado, incluso una vez que se alcanza la etapa de las operaciones formales.

Fischbein fue uno de los fundadores del grupo PME (Psychology of Mathematics Education) que en 2003 celebra su 27 reunión anual y es, en la actualidad el principal foro de investigadores en educación matemática. En 1994 se creó un grupo de trabajo sobre estocástica dentro de PME, que sigue trabajando en la actualidad. En 1998 uno de los Research Forum de PME se dedicó a la estadística y en el año 2000 PME en colaboración con la revista *Educational Studies in Mathematics* dedicó un número monográfico a la educación estadística.

ESPECIFICIDAD DE LA ESTADÍSTICA DENTRO DE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

El interés por la enseñanza de la estadística, dentro de la Educación Matemática, viene ligado al rápido desarrollo de la estadística como ciencia y como útil en la investigación, la técnica y la vida profesional, impulsado notablemente por la difusión de los ordenadores y el crecimiento espectacular de la potencia y rapidez de cálculo de los mismos, así como por las posibilidades de comunicación. Todo ello ha facilitado el uso de la estadística a un número creciente de personas, provocando, en consecuencia, una gran demanda de formación básica en esta materia, formación que ha sido encomendada, en los niveles no universitarios, a los profesores de matemáticas.

La estadística en la escuela

Según Holmes (2002), la enseñanza de la estadística y probabilidad fue ya introducida en 1961 en el currículo de Inglaterra en forma opcional para los estudiantes de 16 a 19 años que querían especializarse en matemáticas, con el fin de mostrar las aplicaciones de las matemáticas a una amplia variedad de materias. Holmes y su equipo, con el proyecto School Council Project (Holmes, 1980) mostraron que era posible iniciar la enseñanza ya desde la escuela primaria, justificándola por las razones siguientes:

- La estadística es una parte de la educación general deseable para los futuros ciudadanos adultos, quienes precisan adquirir la capacidad de lectura e interpretación de tablas y gráficos estadísticos que con frecuencia aparecen en los medios informativos.
- Es útil para la vida posterior, ya que en muchas profesiones se precisan unos conocimientos básicos del tema.
- Su estudio ayuda al desarrollo personal, fomentando un razonamiento crítico, basado en la valoración de la evidencia objetiva.
- Ayuda a comprender los restantes temas del currículo, tanto de la educación obligatoria como posterior, donde con frecuencia aparecen gráficos, resúmenes o conceptos estadísticos.

Otro aspecto que fue ya señalado por Fischbein (1975) es el carácter exclusivamente determinista que el currículo de matemáticas tuvo hasta los años 70, y la necesidad de mostrar al alumno una imagen más equilibrada de la realidad: *"En el mundo contemporáneo, la educación científica no puede reducirse a una interpretación unívoca y determinista de los sucesos. Una cultura científica eficiente reclama una educación en el pensamiento estadístico y probabilístico"*.

Más recientemente, Begg (1997) señala que la estadística es un buen vehículo para alcanzar las capacidades de comunicación, tratamiento de la información, resolución de problemas, uso de ordenadores y trabajo cooperativo y en grupo, a las que se da gran importancia en los nuevos currículos. Además, la probabilidad y la estadística se pueden aplicar fácilmente, puesto que no requieren técnicas matemáticas complicadas. Sus aplicaciones, proporcionan una buena oportunidad para mostrar a los estudiantes la utilidad de la matemática para resolver problemas reales, siempre que su enseñanza se lleve a cabo mediante una metodología heurística y activa, enfatizando la experimentación y la resolución de problemas.

Todas estas razones han impulsado la investigación y el desarrollo curricular en el campo específico de la estadística. Ejemplos de proyectos curriculares desarrollados de acuerdo a estas ideas son, por ejemplo los del Schools Council Project on Statistical Education en el Reino Unido (Holmes, 1980), el Data Driven Mathematics en Estados Unidos (Burrill, 1996) o Explora en Chile (Aravena y cols. 2001). Los materiales didácticos, el software educativo, investigaciones, revistas, reuniones y comités sobre la enseñanza de la estadística han crecido espectacularmente en los últimos años dentro de la educación matemática.

Contenidos curriculares

Como consecuencia, se han derivado una serie de recomendaciones y experiencia sobre la enseñanza de esta materia, incluyendo los niveles escolares. Por ejemplo, en los recientes estándares curriculares americanos (NCTM, 2000) se recogen las siguientes

recomendaciones de lo que los niños de los niveles de 3° a 5° de educación primaria (8 a 10 años) deben ser capaces de hacer:

- Diseñar investigaciones para contestar una pregunta y considerar cómo los métodos de recogida de datos afectan al conjunto de datos.
- Recoger datos de observación, encuestas y experimentos.
- Representar datos en tablas, gráficos de línea, puntos y barras.
- Reconocer las diferencias al representar datos numéricos y categóricos.
- Usar las medidas de posición central, particularmente la mediana y comprender qué es lo que cada una indica sobre el conjunto de datos.
- Comparar distintas representaciones de los mismos datos y evaluar qué aspectos importantes del conjunto de datos se muestra mejor con cada una de ellas.
- Proporcionar y justificar conclusiones y predicciones basadas en los datos y diseñar estudios para estudiar mejor las conclusiones y predicciones.

En estos niveles se pretende que progresivamente los niños sean capaces de ver el conjunto de datos como un todo, describir su forma y usar las características estadísticas, como el rango y las medidas de tendencia central para comparar conjuntos de datos. Deben considerar que los datos son muestras recogidas de poblaciones mayores y llevar a cabo investigaciones y proyectos, considerando el ciclo: formular preguntas, recoger datos y representarlos.

Analizarán si sus datos proporcionan la información necesaria para responder sus preguntas. Podrían recoger datos o usar otros disponibles en la escuela o en la ciudad, por ejemplo, del censo o sobre el tiempo o disponibles en Internet. La experiencia con una variedad de gráficos les permitirá comprender los valores en los ejes horizontal y vertical, la utilidad de las escalas y cómo representar el cero en una gráfica. Los niños deberían también usar programas de ordenadores que les ayuden a representar gráficos, por ejemplo, la hoja electrónica.

Sin duda este es un currículo avanzado en materia de estadística ya que la estadística se contempla aquí desde preescolar hasta el final de la secundaria, pero en todo caso orientaciones sobre la enseñanza de la estadística se incluyen en la actualidad en la mayor parte de los currículos de matemáticas para la educación primaria y secundaria.

Razonamiento estadístico

Los objetivos anteriores se refieren no sólo a conocimientos conceptuales o procedimentales. Siguiendo las ideas de Wild y Pfannkuch (1999) se recomienda el desarrollo del razonamiento estadístico, que comprende cinco componentes fundamentales:

- Reconocer la necesidad de los datos: La base de la investigación estadística es la hipótesis de que muchas situaciones de la vida real sólo pueden ser comprendidas a partir del análisis de datos que han sido recogidos en forma adecuada.
- Transnumeración: comprensión o insight que puede surgir sobre un problema al pasar de los datos brutos a una representación de su distribución, al seleccionar una parte de los datos, aplicar una transformación o procedimiento. Es importante aquí la perspectiva de modelización, que “captura” las cualidades o características del mundo real, extrayendo sentido de los datos y permite comunicar este significado,

en forma que sea comprensible a otros.

- Percepción de la variación, así como de la incertidumbre originada por la variación no explicada y de cómo la estadística permite hacer predicciones, buscar explicaciones y causas de la variación y aprender del contexto, controlando la variación no explicada.
- Razonamiento con modelos estadísticos. Cualquier útil estadístico, incluso un gráfico simple, una línea de regresión o un resumen puede contemplarse como modelo, puesto que es una forma de representar la realidad. Lo importante es diferenciar el modelo de los datos y al mismo tiempo relacionar el modelo con los datos.
- Integración de la estadística y el contexto: Es también un componente esencial del razonamiento estadístico.

Significado y comprensión

Este modelo describe el razonamiento estadístico en forma global. Cuando descendemos a un nivel más primario, y nos preguntamos por el significado de un concepto, por ejemplo, la media, observamos que este significado depende de la institución de referencia y tiene un carácter dual (personal e institucional). El significado de un concepto se va construyendo progresivamente – según se produce la comprensión- como consecuencia de las prácticas realizadas al resolver problemas específicos al objeto (Godino y Batanero, 1998).

El significado y la comprensión sobre un objeto (concepto, procedimiento, proposición, etc.) no son globales, y se componen de diversos tipos de objetos:

- Los problemas y situaciones de donde surge el objeto;
- Las expresiones del lenguaje, gráficos, manipulativos y cualquier otra representación del mismo;
- Sus definiciones, propiedades, y relaciones con otros objetos;
- Las acciones y procedimientos para resolver problemas y operar con el objeto;
- Los argumentos que damos para probar las propiedades o validar las soluciones a los problemas.

Cada uno de estos tipos de elementos deben ser objeto específico de enseñanza y, en la actividad estadística se ponen en relación mediante correspondencias de tipo semiótico, donde interviene un interpretante y por ello se requieren procesos interpretativos. Por ejemplo, cuando escribo el símbolo μ en una frase que haga referencia a la distribución normal, tanto el signo como la expresión “distribución normal” hacen referencia a conceptos abstractos (la propia distribución y su esperanza matemática).

En la aproximación ontológica semiótica a la didáctica las dificultades de los estudiantes se explican por la propia complejidad de los objetos, por las diferencias inevitables entre los significados institucionales en la institución de enseñanza, respecto a la institución estadística y por la existencia de conflictos semióticos. Estos conflictos se producen cuando, en un proceso semiótico, los alumnos no establecen la correspondencia esperada por el profesor. Muchas veces ello es debido al hecho de que un mismo término del lenguaje (por ejemplo “media”) o un mismo tipo de

representación simbólica o gráfica se usa para referirse a diferentes conceptos (media de la muestra, media de la población,...). Esto produce dificultades y errores en el aprendizaje.

Metodología de enseñanza

Puesto que la estadística proporciona una oportunidad extraordinaria de mostrar al alumno el proceso de modelización matemática, y dado que las teorías de aprendizaje aceptadas con mayor generalidad enfatizan el papel de la resolución de problemas, la formulación (lenguaje matemático), validación (demostración y razonamiento de las ideas matemáticas) e institucionalización (puesta en común; acuerdo social) en la construcción del conocimiento), cobran entonces un papel primordial los proyectos estadísticos y la experimentación.

Los proyectos permiten a los alumnos elegir un tema de su interés en el cual precisen definir los objetivos, elegir los instrumentos de recogida de datos, seleccionar las muestras, recoger, codificar, analizar e interpretar los datos para dar respuesta a las preguntas planteadas. Los proyectos introducen a los alumnos en la investigación, les permiten apreciar la dificultad e importancia del trabajo del estadístico y les hace interesarse por la estadística como medio de abordar problemas variados de la vida real.

La experimentación con fenómenos aleatorios (real o simulada) proporciona al alumno una experiencia estocástica difícil de adquirir en su relación empírica con lo cotidiano. Una característica particular de los experimentos aleatorios es su carácter irreversible, destacado por Piaget e Inhelder (1951). Mientras que en el aprendizaje de las operaciones básicas en aritmética o de los conceptos geométricos, el niño puede explorar, mediante composición y descomposición una operación o propiedad dada (por ejemplo, al estudiar la suma de dos números o la descomposición de un polígono en triángulos) con ayuda de material concreto (mediante las regletas o mediante modelos de polígonos), ello no es posible en el caso de los fenómenos aleatorios, debido a su carácter irreversible. Una repetición de la experiencia aleatoria tampoco sirve para comprobar un resultado, cosa que sí ocurre, por ejemplo, con las operaciones aritméticas.

El análisis de un experimento aleatorio va más allá del resultado inmediato y requiere la consideración de todos los sucesos posibles, es decir del espacio muestral del experimento. Por tanto, el uso del material para la clase de probabilidad, implica realizar una serie de experimentos, recoger sus resultados, calcular las frecuencias de los distintos resultados, elaborar tablas y gráficos, y comprobar conjeturas (hipótesis) sobre el experimento, es decir, organizar un estudio estadístico del experimento. Sólo cuando se recogen datos de una serie larga de experimentos se produce la convergencia y se aprecian regularidades en el comportamiento de los fenómenos aleatorios. Actividades diseñadas con esta filosofía se recogen, por ejemplo en Godino y cols (1987).

De la misma forma, si lo que partimos es de una clase de estadística (situación de análisis de datos) será difícil olvidar completamente los problemas probabilísticos sobre la variabilidad, aleatoriedad, generalizabilidad de las conclusiones, posibilidad de predicción. Por tanto, probabilidad y estadística son complementarias y no deben separarse en la enseñanza.

La formación y motivación de los profesores

A pesar de que la estadística se incluye de una forma oficial en el currículo, no siempre se enseña, puesto que muchos profesores no se sienten cómodos con esta

materia, la dejan como último tema y cuando es posible la omiten. Holmes (2002) indica que, puesto que las lecciones de estadística, dentro de los libros de matemáticas han sido muchas veces escritas por matemáticos, el objetivo preferente de las mismas es la actividad matemática y no la actividad estadística. Como consecuencia, las aplicaciones y el trabajo con datos no son realmente importantes y los alumnos finalizan los cursos sin adquirir una competencia real para llevar a cabo una investigación estadística.

Es por ello que, paralelamente al cambio del currículo surge la necesidad de formación didáctica de los profesores que incluye, no sólo el conocimiento estadístico sino lo que se conoce como 'conocimiento didáctico del contenido' (Thompson, 1992). En Batanero (2002) describimos los siguientes componentes básicos de este conocimiento didáctico:

- La reflexión epistemológica sobre el significado de los conceptos, procedimientos (en general objetos) particulares que se pretende enseñar, es decir, en este caso, la reflexión epistemológica sobre la naturaleza del conocimiento estocástico, su desarrollo y evolución.
- Análisis de las transformaciones del conocimiento para adaptarlos a los distintos niveles de enseñanza. Este análisis permite reflexionar sobre los diversos niveles de comprensión posibles respecto a un mismo conocimiento y valorar el nivel y forma particular en que un determinado concepto podría ser enseñado a una persona particular.
- Estudio de las dificultades, errores y obstáculos de los alumnos en el aprendizaje y sus estrategias en la resolución de problemas que permitirá orientar mejor la tarea de enseñanza y evaluación del aprendizaje.
- Análisis del currículo, situaciones didácticas, metodología de enseñanza para temas específicos y recursos didácticos específicos. Todo ello forma parte de los recursos metodológicos disponibles para mejorar la acción didáctica.

INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN ESTADÍSTICA

Como cualquier otra actividad humana, la educación se apoya en los avances científicos y tecnológicos. Este papel primordial de la investigación en la consecución de la mejora en la cultura estadística es resaltado, entre otros por Watson (2002). Afortunadamente, en los últimos años la investigación en la que la educación estadística puede apoyarse ha experimentado un fuerte avance.

Como hemos indicado, esta investigación comenzó en forma dispersa, y se ha ido consolidando desde diversos grupos de investigación, como IASE, PME y de PME-NA (Capítulo Americano del PME), ICME (International Congress on Mathematics Education), CERME (European Research in Mathematics Education Conference), AERA (American Educational Research Association), ASA (American Statistical Association), *Royal Statistical Society*, en Inglaterra, *Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática*.

Estos grupos progresivamente se han concienciado que, para ser efectiva, la investigación debe darse a conocer y los investigadores deben construir sus aportaciones sobre lo que ya existe. Hoy día la investigación no puede realizarse en aislamiento y las comunicaciones favorecen el trabajo a distancia, e incluso interdisciplinar. El mejor ejemplo lo tenemos en el International Study Group for Research on Learning Probability and Statistics, iniciado en el congreso ICOTS- 1, por Joan Garfield, David Green, Michael Shaughnessy y otro grupo de investigadores. En el seno del grupo se

han producido numerosas colaboraciones así como reflexiones sobre posibles agendas de investigación (Shaughnessy, 1992; Shaughnessy, Garfield y Greer , 1996) y debates sobre los fundamentos y metodología (Jolliffe, 1998; Batanero y cols., 2000).

Desde su fundación en 1981 se comenzó a editar una Newsletter, primero impresa y luego electrónica, que se transforma en 1999 en la *Statistics Education Research Newsletter* asumida oficialmente por IASE como mecanismo de impulso y difusión de la investigación. Dos años después de su creación, este instrumento se vio insuficiente y la necesidad de una revista de investigación específica ha sido cada vez más apremiante, sin dejar de reconocer el importante papel que están llenando otras revistas como *Teaching Statistics*, y *Journal of Statistics Education*, orientadas principalmente a profesores (en los niveles de educación básica y secundaria y universitaria, respectivamente). Por otro lado, y aunque en revistas de investigación en educación matemática como *Journal for Research in Mathematics Education* o *Educational Studies in Mathematics* son cada vez más frecuentes los temas de educación estadística, estas revistas están concebidas desde una perspectiva matemática. Esto dificulta la publicación de artículos específicos de educación estadística, no sólo por la escasez de revisores cualificados dentro de las mismas, sino porque algunos temas, especialmente los que se refieren a la enseñanza universitaria o formación profesional en estadística no se consideran relevantes para su audiencia.

En el año 2002 IASE puso en marcha la revista *Statistics Education Research Newsletter* (SERJ) la primera revista referida de investigación en educación estadística (electrónica) que es publicada conjuntamente por ISI. Su intención es impulsar y mejorar la investigación específica en educación estadística y al mismo tiempo difundir sus resultados. Una característica específica de esta revista es el aceptar trabajos en tres idiomas diferentes – castellano, inglés y francés- con objeto de ayudar a superar las dificultades lingüísticas que supone para muchos investigadores la exigencia de un único idioma posible de publicación de sus trabajos. SERJ es aún un proyecto en el que estamos comprometidos todos los educadores estadísticos. Nuestra confianza es que la comunidad internacional responda y lo apoye para hacerlo posible.

Un problema peculiar es la falta de programas de doctorado específicos donde formar los nuevos investigadores en educación estadística, que requieren de conocimientos muy variados. Los programas de didáctica de la matemática, estadística, didáctica, psicología o educación pueden en algunos casos cubrir una parte de la formación requerida, pero esto está aún lejos del ideal de un programa específico de formación. Además, estos programas son inexistentes o escasos en algunos países, por ejemplo en Sudamérica o Asia. La posibilidad que algunos jóvenes investigadores están teniendo de salir a otros países por medio de becas para realizar una tesis repercutirá pronto a paliar este problema y a la mejora de la investigación a sus países de origen.

REFLEXIONES FINALES

Es indiscutible que el siglo XX ha sido el siglo de la estadística, que ha pasado a considerarse una de las ciencias metodológicas fundamentales y base del método científico experimental. Como sugiere Cox (1997) ha habido un aumento notable del uso de ideas estadísticas en diferentes disciplinas, que se observa en las revistas científicas y en la creciente implicación de los estadísticos en los equipos de trabajo interdisciplinario. Sin embargo, en la reciente conferencia organizada por IASE sobre la formación de investigadores (Batanero, 2001) se puso de manifiesto que la estadística se usa incorrectamente, no se comprenden conceptos aparentemente elementales y no hay una valoración suficiente del trabajo del estadístico, dentro de los equipos de investigación.

Pensamos que esto indica la existencia de una problemática educativa que tiene su raíz en que la incorporación de la estadística desde la escuela, no es todavía un hecho. Los profesores universitarios, que deben tratar de llegar a la inferencia estadística - ya que ésta parte es la que verdaderamente les resultará de mayor utilidad a los alumnos-, han de acelerar las explicaciones, suprimir las actividades prácticas y gran parte de las demostraciones o razonamientos que podrían llevar al alumno a comprender mejor la metodología de la estadística. El alumno no puede asimilar el contenido en un tiempo tan limitado y sólo consigue un aprendizaje memorístico que será incapaz de aplicar en su futura vida profesional. Todos estos problemas se agravan por la masificación de los cursos y la falta de recursos (como laboratorios de informática o profesores ayudantes) que permitan una atención más personalizada y una enseñanza más aplicada de la estadística. No es de extrañar que los alumnos estén desmotivados y la estadística termine siendo una de las asignaturas menos populares para los estudiantes.

Por otro lado, los alumnos no sólo aprenden estadística en las horas lectivas ni en los centros de enseñanza. No sólo encontramos información estadística en la prensa y medios de comunicación o en los textos de otras asignaturas, sino que la propia Internet está empezando a modificar las relaciones docentes – con o sin participación voluntaria de los profesores. Es evidente que los profesores – en los diversos niveles educativos- hemos de aceptar que la rapidez del cambio tecnológico e implicarnos en él, si queremos guiar de algún modo la educación estadística, y crear una verdadera cultura estadística en la sociedad. Todo ello plantea nuevos retos a la investigación.

Ottaviani (2002) sugiere que el énfasis de los trabajos presentados en ICOTS ha variado a lo largo de este periodo. Mientras que en las primeras ediciones del congreso el centro de interés era los problemas de enseñanza /aprendizaje, ahora se ha desplazado a la comprensión y competencias de los estudiantes. Una preocupación inicial era el desarrollo de programas de ordenador adecuados para ayudar al desarrollo de conceptos, en particular en el curso inicial de estadística en la universidad. Más recientemente se proponen modelos educativos adecuados para la estocástica, se enfatiza el papel de la evaluación, y se aumenta el interés hacia la investigación. La investigación en educación estadística no sólo tiene un valor en sí misma, sino que ha contribuido a diseminar y enseñar mejor la disciplina. El siguiente paso que sugiere Ottaviani es la reflexión sobre qué pueden estadísticos y educadores estadísticos ofrecerse mutuamente como parte de una misma comunidad.

Este tema se recoge en el ICOTS-7: *Working cooperatively in statistics education* que se celebrará en la ciudad de Salvador de Bahía, Brasil el año 2006, ya que la idea de cooperación no es extraña para los educadores estadísticos y se puede reflejar en diferentes niveles:

- El aprendizaje a partir del trabajo cooperativo con proyectos o actividades de análisis exploratorio de datos de los alumnos en la clase de estadística, apoyado por las recientes teorías de aprendizaje que resaltan el valor de la interacción social y el discurso en la construcción del conocimiento.
- La cooperación entre organismos oficiales o sociedades de estadística y educadores, para facilitar el uso de datos estadísticos como recurso didáctico, para incrementar la valoración de la estadística y el trabajo estadístico o para asegurar la colaboración de los ciudadanos en encuestas y censos.
- La necesaria colaboración entre profesores (de diferentes niveles educativos) e investigadores en educación estadística en la recogida de datos sobre la enseñanza o en la evaluación del aprendizaje, así como en la interpretación del análisis de estos datos.
- Las posibilidades de intercambio, fomentadas desde diversos organismos nacionales e internacionales, por medio de proyectos nacionales o internacionales que

posibilitan la supresión de las barreras físicas y el trabajo a distancia de estudiantes, profesores e investigadores.

- La importancia de tener en cuenta simultáneamente los puntos de vista global y local en la enseñanza de la estadística, puesto que, aunque la sociedad como un todo sigue unas ciertas tendencias que no debemos ignorar, el respeto a las minorías, la atención a la diversidad, los aspectos afectivos, que constituyen la variabilidad educativa, son también esenciales.

Es nuestro deseo que ICOTS –7 contribuya a impulsar estas diferentes formas de cooperación y, a través de ella, a mejorar la educación y cultura estadística.

REFERENCIAS

- Aravena, R., del Pino, G. e Iglesias, P. (2001). Explora: Un programa chileno de extensión en ciencia y tecnología en probabilidad y estadística. En M. Beltrán (Ed.), *Actas de las Jornadas Europeas sobre la Enseñanza y la Difusión de la Estadística* (391-402). Palma de Mallorca: Instituto Balear de Estadística.
- Batanero, C. (2001). (Ed.), *Training researchers in the use of statistics*. Granada: International Association for Statistical Education e International Statistical Institute.
- Batanero, C. (2002). Estadística y didáctica de la matemática: Relaciones, problemas y aportaciones mutuas. En C. Penalva, G. Torregrosa y J. Valls (Eds.), *Aportaciones de la didáctica de la matemática a diferentes perfiles profesionales* (pp. 95-120). Universidad de Alicante.
- Batanero, C., Garfield, J. B., Ottaviani, M. G. y Truran, J. (2000). Research into statistical education: Some priority questions. *Statistics Education Research Newsletter* 1(2), con discusión en *SERN* 2(1) y respuesta en *SERN* 2(2).
- Burrill, G. (1996). Curriculum issues in United States schools. En B. Phillips (Ed.), *Papers on Statistical Education presented at ICME-8* (pp. 15-26). Swinburne University of Technology: IASE.
- Begg, A. (1997). Some emerging influences underpinning assessment in statistics. En I. Gal, y J. B. Garfield (Eds.), *The assessment challenge in statistics education* (pp. 17-26). Amsterdam: IOS Press.
- Beltrán, M. (Ed.), *Actas de las Jornadas Europeas de Enseñanza y Difusión de la Estadística* (pp. 155-162). Mallorca: Instituto Balear de Estadística.
- Campos, P., Bacelar, S., Oliveira, E. y Gomes, J. (2001). ALEA: Um contributo para a promoção da literacia estatística. En M. Beltrán (Ed.), *Actas de las Jornadas Europeas sobre la Enseñanza y la Difusión de la Estadística* (pp. 155-162). Palma de Mallorca: Instituto Balear de Estadística.
- Cox, D. R. (1997). The current position of statistics: A personal view. *International Statistical Review*, 65(3), 261-276.
- Curtis, C. (Ed.) (2002). *Actas de las Jornadas Interamericanas de Enseñanza de la Estadística*. Buenos Aires: Universidad Nacional Tres de Febrero. CD ROM.
- Davidson, R. y Swift, J. (Editores) (1988). *Proceedings, 2nd International Conference on Teaching Statistics*. British Columbia, Canada: University of Victoria.
- Fischbein (1975). *The intuitive sources of probabilistic thinking in children*. Dordrecht: Reidel.
- Gal, I (2002). Adult's statistical literacy. Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1-25.
- Gal, I. (2003). Expanding conceptions of statistical literacy: An analysis of products from statistics agencies. *Statistics Education Research Journal*, 2(1), 3- 21. On line: <http://fehps.une.edu.au/serj>

- Gal, I, and Garfield, J (editors) (1997). *The assessment challenge in statistics education*. The Netherlands: IOS Press, The International Statistical Institute.
- Garfield, J. B. y Burrill, G. (Eds.) (1997). *Research on the role of technology in teaching and learning statistics*. Voorburg: International Association for Statistical Education e International Statistical Institute.
- Godino, J. D. & Batanero, C. (1998) Clarifying the meaning of mathematical objects as a priority area of research in Mathematics Education. In A. Sierpiska, & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics Education as a Research Domain: A Search for Identity* (pp. 177-195). Dordrecht: Kluwer.
- Godino, J., Batanero, C. y Cañizares, M. J. (1987). *Azar y probabilidad. Fundamentos didácticos y propuestas curriculares*. Madrid: Síntesis.
- Grey, D.R. et al (editors) (1982). *Proceedings of the First International Conference on Teaching Statistics*. Sheffield: Centre for Statistical Education, University of Sheffield.
- Hawkins, A. (1999). What is the International Statistical Institute? *Teaching Statistics*, 21(2), 34-35.
- Holmes, P. (1980). *Teaching Statistics 11 -16*. Slough: Foulsham Educational.
- Holmes, P. (2002). Some lessons to be learnt from curriculum developments in statistics. En B. Phillips (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching of Statistics*. Ciudad del Cabo: IASE. CD ROM.
- Jolliffe, F. (1998). What is research in statistics education? En L. Pereira-Mendoza, L. Seu Kea, T. Wee Kee y W. K. Wong (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Teaching of Statistics* (v.2, pp. 801-806). Singapore: IASE.
- Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). *Judgement under uncertainty: heuristics and biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moreno, J. (1998). Statistical literacy: statistics long after school. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Teaching Statistics* (pp. 445-450). International Statistics Institute.
- Murray, S. y Gal, I. (2002). Preparing for diversity in statistics literacy: Institutional and educational implications. En B. Phillips (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching of Statistics*. Ciudad del Cabo: IASE. CD ROM.
- N.C.T.M. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA; N.C.T.M. <http://standards.nctm.org/>
- National Organising Committee ICOTS-4 (editors) (1994). *Proceedings, 4th International Conference on Teaching Statistics*. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- N. C. T. M. (1991). Estándares curriculares y de evaluación para la educación matemática. Sevilla: Sociedad Thales (traducción española del original publicado en 1989 por la NCTM).
- Ottaviani, M. G. (1998). Developments and perspectives in statistical education, *Proceedings IASS/IAOS Joint Conference, Statistics for Economic and Social Development, Aguascalientes, Mexico, 1-4 September 1998 (CD-ROM)*.
- Ottaviani, M. G. (2002). 1982-2002: From the past to the future. En B. Phillips (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching of Statistics*. Ciudad del Cabo: IASE. CD ROM.
- Pérez Echeverría, M. P. (1990). *Psicología del razonamiento probabilístico*. Madrid: ICE de la Universidad Autónoma.
- Pereira-Mendoza, L. (Ed.) (1993). *Introducing Data Analysis into Schools: Who Should Teach it and How?*. Proceedings of the ISI Round Table Conference. Voorburg: International Statistical Institute.

- Pereira-Mendoza, L. *et al* (editors) (1998). *Statistical Education-Expanding the Network. Proceedings of the Fifth International Conference on Teaching Statistics*. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- Phillips, B. (editor) (1996). *Papers on Statistical Education, Presented at ICME-8*. Swinburne University of Technology, Australia.
- Phillips, B. (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching of Statistics*. Ciudad del Cabo: IASE. CD ROM.
- Piaget, J., e Inhelder, B. (1951). *La genése de l'idée de hasard chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Shaughnessy, J. M. (1982). Research in probability and statistics: Reflections and directions. En D. A. Grows (Eds.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 465-494). New York: MacMillan.
- Shaughnessy, J. M., Garfield, J. y Greer, B. (1996). Data handling. En A. Bishop et al. (Eds.), *International handbook of mathematics education* (Vol.1, pp. 205-237). Dordrecht: Kluwer.
- Tiit, E.M. (1997). *Computational Statistics and Statistical Education*. Proceedings of the Tartu Conference, 1996. IASE/IASC.
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of research. En D. A. Grows (Ed.), *Handbook on Mathematics Teaching and Learning* (p. 127-146), Macmillan, New York.
- Vere-Jones, D. (editor) (1991). *Proceedings of the Third International Conference on Teaching Statistics*. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- Vere-Jones, D. (1997). The coming age of statistical education. *International Statistical Review*, 63(1), 3-23.
- Wild, C., y Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry (con discusión). *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.

Anexo: Direcciones en Internet citadas en el trabajo

- . ASA Education: <http://www.amstat.org/education/index.html>
- . AERA: <http://www.aera.net/>
- . APA <http://www.apa.org/>
- . Censo de los niños: <http://www.censusatschool.ntu.ac.uk/>
- . Grupo de Investigación en educación estadística: <http://www.ugr.es/~batanero/>
- . ICMI: <http://elib.zib.de/IMU/ICMI/>
- . International Association for Statistical Education (IASE): <http://www.cbs.nl/isi/iase.htm>
- . International Statistical Institute: <http://www.cbs.nl/isi/>
- . International Statistical Literacy Project: <http://course1.winona.edu/cblumberg/islphome.htm>
- . Journal of Statistical Education: <http://www.amstat.org/publications/jse/>
- . National Council of Teachers of Mathematics: <http://www.nctm.org/>
- . Royal Statistical Society: Statistics Education Centre: <http://science.ntu.ac.uk/rsscse/>
- . Psychology of Mathematics Education: <http://igpme.tripod.com/index.html>
- . Proyecto Alea: <http://alea-estp.ine.pt>
- . Statistical Education Research Newsletter: <http://www.ugr.es/local/batanero/sergroup.htm>
- . Statistics Education Research Journal: <http://fehps.une.edu.au/serj>

