

Dos actividades de aprendizaje para un grupo numeroso de introducción a la estadística.

Hrissoula Zacharopoulou
Aristotelean University of Thessaloniki

Journal of Statistics Education Volume 14, Number 1 (2006)

RESUMEN

En clase muy numerosa de Introducción a la estadística, es decir, de más de 300 estudiantes, los instructores pueden no estar muy seguros de aplicar técnicas de enseñanza activa, desanimados por el volumen de trabajo adicional. En este artículo se presentan dos actividades que incluyen el involucramiento del estudiante en el proceso de aprendizaje. La primera es la enseñanza entre pares en grupo y la segunda es una simulación en clase del muestreo al azar para distribución uniforme discreta, con una demostración del Teorema del Límite Central. Estas actividades son fáciles de implementar en un grupo numeroso y mejoran el aprovechamiento.

1- INTRODUCCION

La enseñanza de la estadística en un grupo grande tiene algunas dificultades inherentes. La distancia entre el instructor y una considerable porción de los estudiantes es grande y se incrementa con el tamaño del grupo. En consecuencia, el instructor parece inaccesible y los estudiantes se distraen fácilmente. Intimidados por la gran cantidad de compañeros de clase y un instructor distante, la mayoría de los estudiantes duda en hacer preguntas. Esto es particularmente cierto en un curso de Introducción a la Estadística tomado por estudiantes en su primer año y/o con diversas habilidades de razonamiento cuantitativo.

Las actividades prácticas y/o las técnicas de aprendizaje cooperativo promueven el involucramiento de los estudiantes y motivan la interacción entre ellos (Johnson y Johnson 1985, Giraud 1997, Gourgey 2000). Por lo tanto, se espera que contribuyan a disminuir los efectos negativos del tamaño de la clase en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, tales técnicas implican trabajo extra, cuyo volumen aumenta proporcionalmente al tamaño de los grupos. En una clase de más de 200 estudiantes, incluso técnicas especialmente diseñadas para un grupo grande de introducción a la estadística no pueden ser instrumentadas a menos que haya suficiente asistencia docente (e.g Magel 1996). Consecuentemente, la mayoría de los instructores de grupos grandes recurren al formato estándar de la exposición de contenido. Esto resulta más fácil y seguro (Benjamin 1991, Magel 1998) y en un grupo grande parece ser la única solución factible.

Cuando los recursos del departamento y la estructura administrativa lo permiten, la parte del curso dedicada a la exposición de contenido se completa con una sección de ejercicios, en la cual el grupo grande se divide en grupos más pequeños y los ejercicios se realizan en un centro de cómputo (e.g Magel 1998). Esta sesión en equipos pequeños es conducida por maestros asistentes que cursan estudios de posgrado, y permite que los estudiantes se sientan con confianza para hacer preguntas. Más aún, el centro de cómputo ofrece

oportunidades para mejorar la enseñanza. En esta revista puede encontrarse información de sitios en la Internet con programas de computadoras para apoyar la enseñanza (e.g delMas, Garfield y Chance 1999).

Hay muchas instituciones de educación superior, sin embargo, donde un curso introductorio de estadística se da en una clase de más de 200 estudiantes de primer ingreso con diversas habilidades de razonamiento cuantitativo y sin el apoyo de una sesión de ejercicios en pequeños grupos. No obstante, incluso en una situación tan desfavorable como ésta, uno puede aplicar actividades de aprendizaje que motiven al estudiante a involucrarse y mejorar su aprendizaje, sin que esto signifique un considerable trabajo docente extra. Las dos actividades que propongo aquí son fáciles de instrumentar en un grupo grande y con ellas se alcanza un mejor aprendizaje, tornando la desventaja del número excesivo de estudiantes en una ventaja.

2-ACTIVIDAD 1: ENSEÑANZA ENTRE PARES

Esta actividad es parecida a los ejercicios en pequeños grupos de departamentos con mayores recursos. Se diseñó para apoyar la parte expositiva del curso de introducción a la estadística para estudiantes de primer año del Departamento de Economía de la Universidad Aristotélica de Thessaloniki. Este departamento tradicionalmente tiene un gran número de estudiantes de primer ingreso y un presupuesto bajo. El curso se diseña para cubrir el material de un curso estándar de introducción a la estadística, es decir, comienza con estadística descriptiva y termina con la prueba de hipótesis vía la teoría y las distribuciones de probabilidad, el muestreo aleatorio simple y las distribuciones de muestreo. Teoría, ejemplos y ejercicios se presentan durante la parte expositiva, pero la participación de los estudiantes es algo limitada debido al excesivo tamaño del grupo. Se organiza la actividad como sigue:

Al final de un segmento, el cual puede ser una unidad completa (por ejemplo, la parte de estadística descriptiva), un capítulo (por ejemplo, las distribuciones discretas de probabilidad) o a una sección (por ejemplo, la dedicada a la distribución normal), se les da a los estudiantes una hoja de trabajo que contiene una tarea práctica. Esta corresponde al material cubierto y se debe entregar a los estudiantes individualmente fuera de la clase. La hoja de trabajo tiene una organización paso por paso con preguntas que van desde las de simple procedimiento hasta las más conceptuales. Su propósito es facilitar el aprendizaje y no tendrá calificación. Los estudiantes deciden si resuelven o no los problemas. Aquellos que puedan cubrir el contenido de la hoja de trabajo y se sientan capaces de explicarlo a sus compañeros, se inscriben como profesores voluntarios. En ese momento, organizo una reunión preparatoria para formar los equipos de enseñanza y contestar cualquier pregunta que puedan tener sobre el material de la hoja de trabajo.

Durante esta reunión es esencial crear entre los participantes una atmósfera de ayuda y de colaboración mutuas que después será transmitida a su propio grupo de enseñanza. Después de que se hayan discutido todas las preguntas, los estudiantes forman equipos de 2 o 3 miembros y emprenden la tarea de explicar el material de la hoja de trabajo a su grupo de pares. El número de equipos varía según el tamaño de la clase. No intervengo en la formación de los equipos, de manera que los estudiantes son libres de elegir a sus

compañeros. Los miembros del equipo organizan sus propias reuniones, en las que acuerdan sobre su estilo de enseñanza y emprenden las tareas. Los que participan por primera vez solicitan a veces una reunión antes de su “clase”.

Una parte esencial de esta actividad es encontrar el lugar y el momento más conveniente, primero para la reunión preparatoria y luego para la enseñanza a los pares. Como mi clase es bastante homogénea y los estudiantes tienen horarios que coinciden, es fácil fijar la reunión preparatoria en una de las sesiones de tutoría en mi oficina. Entiendo que este no es el caso en otras instituciones, en las que el instructor podría necesitar dedicar una sesión del curso para esta parte en que *se enseña al que va a enseñar*. Como los estudiantes han resuelto ya el material, esta reunión no dura más de una hora.

Es menos fácil encontrar un momento y un lugar oportunos para la enseñanza entre pares. Es conveniente ubicarla en una sesión de clase, pero no en las grandes salas de exposiciones magistrales, ya que cada equipo requiere su propia pizarra y una atmósfera cálida y amistosa propia de los salones pequeños. Por lo tanto, se necesita un número igual de salones como al de grupos formados. Cada equipo de estudiantes-profesores entra en un cubículo y los estudiantes-estudiantes se asignan a sí mismos a uno de los equipos. Es mejor organizar la enseñanza en cubículos colindantes de modo que los estudiantes puedan cambiarse a otro grupo si no encuentran satisfactorio el que escogieron. Según mi experiencia, esto ocurre muy rara vez, porque la colaboración dentro de los equipos de enseñanza reduce la variabilidad en la calidad de esta. Es interesante observar que en participaciones repetidas los estudiantes tienden a permanecer en el mismo equipo de enseñanza. Esto sugiere que se pueden aplicar una organización de horarios y sitios alternativos dependiendo de diferentes situaciones administrativas. Por ejemplo, en las universidades que tienen un salón laboratorio para sesiones de práctica en grupos pequeños, la actividad de enseñanza entre pares puede tomar el lugar de una sesión de práctica con diferentes horarios para diferentes grupos.

La participación en esta actividad, como estudiante-estudiante o como estudiante-maestro, es opcional y no está asociada con la calificación. Las calificaciones de todos los estudiantes provienen de otras tareas individuales o de exámenes. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes participan en la actividad y la disfrutan.

Las ventajas para los estudiantes que participan como estudiantes son bastante obvias. La sensación de distancia que los desalentó a hacer preguntas desaparece, no solamente debido al apoyo tutorial en el grupo pequeño, sino también debido a la edad y al estilo de sus pares. Discuten y oyen a otros discutir el material; se sienten bastante cómodos incluso para hacer preguntas “estúpidas”; tienen mejores oportunidades de conceptualizar y, de esta manera, aprenden más fácilmente.

Las ventajas para los estudiantes que participan como maestros son menos obvias. En la exposición, introduzco la actividad; hago referencia a un viejo profesor mío quien se mantenía diciendo “usted no puede estar seguro si realmente sabe algo, a menos que lo enseñe o escriba un programa de computadora para eso”. En nuestras discusiones, los estudiantes-maestros hacen hincapié en cómo su participación mejora su propia comprensión. Ellos tienen más y mejor contacto con el material y la interacción con sus

pares da la motivación para una exploración más profunda. Por otro lado, obtienen una experiencia de enseñanza bajo condiciones muy favorables: las expectativas de sus pares se limitan al material de la hoja de trabajo, tienen mi dirección y apoyo, y el experimento está en lo general bajo mi responsabilidad. La competencia entre los equipos que participan, sin embargo, hace que los “profesores” se preocupen por la calidad de su enseñanza.

Una sesión de enseñanza entre pares debe planearse cada dos semanas, lo que hace necesario un número igual de reuniones con los estudiantes-profesores, cada una de alrededor de una hora. He dedicado una hora de tutoría a estas reuniones y me sentí debidamente recompensado por el entusiasmo de los estudiantes y las discusiones que se derivaron de sus propias preguntas. Sin embargo, si se tienen que programar esas reuniones a la hora de clase, no se debe pensar que fue tiempo “perdido”, porque la enseñanza entre pares puede ahorrar lo que ha de invertirse en la parte de revisión de ejercicios de clases puramente expositivas.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD.

La actividad descrita aquí es una actividad de aprendizaje cooperativo, es decir, una estrategia de instrucción estructurada, en la cual los estudiantes trabajan juntos en pequeños grupos para maximizar su propio aprendizaje y su aprendizaje mutuo (Cooper, KCKinney y Robinson 1991). Se espera por lo tanto que esta actividad promueva el aprendizaje y, en comparación con otras actividades de aprendizaje cooperativo propuestas en la literatura, tiene las siguientes ventajas:

Es conveniente para una clase muy grande. Como dice Giraud (1997), el valor de una estrategia educacional se encuentra en su facilidad de empleo y en su eficacia en una situación natural de aula. Una actividad que se aplique con eficacia en una clase pequeña, puede no ser realizable en una clase de más de 200 estudiantes. La actividad de la enseñanza entre pares se puede realizar con eficacia incluso bajo condiciones muy desventajosas de un solo instructor para una clase muy grande. Así, cuando la clase es muy grande uno puede necesitar uno o más equipos de enseñanza, pero, por la ley de los grandes números, es también más probable que uno encuentre más estudiantes dispuestos para participar en uno de estos equipos.

Garantiza el andamiaje del aprendizaje: El andamiaje tiene lugar cuando los aprendices son asistidos por otros en la construcción del conocimiento (Giraud 1997) y, en teoría de la cognición y el aprendizaje, se propone como un medio de aumentar el aprendizaje global de un grupo. La manera en que se forman los grupos en esta actividad garantiza que el andamiaje tenga lugar en cada grupo, lo que puede no ser el caso cuando los estudiantes son asignados al azar a un grupo como proponen otros instructores (Magel 1996).

Permite “votar con la participación”: La actividad permite que cada estudiante elija si él o ella desea ser profesor o estudiante o incluso no participar; y los papeles pueden cambiar en sesiones sucesivas. Un alto índice de participación es un voto para la actividad. A los estudiantes les gusta porque, dicho en sus palabras, “es como un juego pero nos ayuda a entender mejor”, “es una oportunidad para conocernos mejor”, “la estadística resulta divertida”.

La actividad también permite que los estudiantes-estudiantes se asignen a sí mismos a un grupo y que no sean forzados a ingresar a estos. Los estudiantes de esta manera votan por medio de su participación por los equipos de enseñanza eficientes, que consiguen así la retroalimentación inmediata de sus pares.

2.2 RESULTADOS

He implementado la enseñanza entre pares a lo largo de cuatro años en clases que van de 235 hasta 310 estudiantes. Al final del semestre se les pide a estos contestar un cuestionario que contiene preguntas sobre la actividad de enseñanza entre pares. El porcentaje de los estudiantes que no ha participado, nunca ha excedido del 10% de los inscritos. El porcentaje que ha asistido a todas las sesiones varía entre el 18% y el 30%. De sus respuestas se deriva que los no participantes son los estudiantes que tienen una buena comprensión del material pero no desean exponerse a la enseñanza. Por lo tanto la comparación entre las calificaciones finales obtenidas por los participantes y las de los no participantes es poco significativa para la evaluación de la actividad. Por la misma razón, ninguna de las comparaciones entre estudiantes-estudiantes y estudiantes-maestros puede ser afectada.

En el primer año de aplicación, comparé la distribución de las calificaciones de toda la clase con la distribución respectiva de la clase en el año anterior. En años subsecuentes, pensé que las habilidades cuantitativas de los estudiantes pudieron haber cambiado debido a cambios en el sistema de selección de estudiantes y he utilizado como punto de referencia la distribución de calificaciones en el curso de introducción a las matemáticas. Los dos cursos se enseñan en el mismo semestre, exactamente a los mismos estudiantes, y por 4 años las dos distribuciones de calificaciones han sido casi idénticas y bastante simétricas. En estos 4 años que he implementado la actividad como complemento de la sesión expositiva de la clase, la distribución de las calificaciones en Introducción a la estadística se ha comportado de una manera diferente: la calificación media se hizo más alta y la distribución se sesgó a la izquierda, indicando que más estudiantes han alcanzado mejores calificaciones.

3. ACTIVIDAD 2: SIMULACION PRÁCTICA DE LA DISTRIBUCION MUESTRAL Y DEL TEOREMA DEL LÍMITE CENTRAL

La distribución muestral es considerada la maldición de cualquier curso de introducción a la estadística. Entenderla es muy difícil para estudiantes principiantes (e.g. Zerbolio 1989, Garfield y Ahlgren 1988), pero esencial para la inferencia estadística. Experiencias anteriores apoyan la evidencia de que una actividad de simulación práctica concreta puede ser lo más eficaz para enseñar la distribución muestral; provoca interés y entusiasmo en los estudiantes y promueve su comprensión de la distribución muestral y su razonamiento en la inferencia estadística. Por otra parte, convierte la maldición en una experiencia de enseñanza satisfactoria (Dyck y Gee 1998, Rossman y Chance 1999, Gourgey 2000). La

simulación computarizada puede mejorar la comprensión de los estudiantes y ayudarlos a conectar las ideas con la tecnología (Rossman y Chance 1999). Sin embargo, no puede garantizar que los estudiantes desarrollen el correcto entendimiento conceptual de la distribución muestral. (Nickerson 1995, delMas et al. 1999).

Magel (1996) describe una actividad práctica en la cual los estudiantes simulan la distribución muestral de la media a partir de una distribución uniforme discreta, que toma los valores 1, 2...10. Ella implementa la actividad en una clase de 150 estudiantes, que es dividida en grupos de 5 estudiantes. Cada grupo utiliza un paquete de cartas bien barajadas y produce 3 muestras cada una de 10 dígitos al azar. Los valores de la media calculados en las 90 muestras resultantes son luego usados para obtener la distribución muestral de la media. Aunque la actividad se propone para una clase grande de Introducción a la estadística, no es fácil aplicarla en una clase de 300 estudiantes, donde el trabajo simultáneo en grupos pequeños puede convertirse muy fácilmente en una actividad desordenada con resultados de aprendizaje muy pobres. La actividad que propongo aquí es también una simulación de la distribución uniforme discreta, pero es fácil de implementar incluso en una clase grande de Introducción a la estadística. Por otra parte, es una demostración práctica del Teorema del Límite Central (TLC) que, en ausencia de un laboratorio de cómputo, ofrece una oportunidad única para que los estudiantes comprendan la convergencia a la normalidad. En las clases que son apoyadas por un laboratorio de cómputo, la actividad se puede hacer como un primer paso hacia el TLC. Las simulaciones computarizadas se aplican a menudo mecánicamente y hay un aura de “caja negra” con relación a ellas. Cuando son precedidas por la demostración en tiempo real descrita aquí, pueden conducir a una comprensión plena de la distribución muestral y del TLC.

3.1 EL PROCEDIMIENTO.

La actividad se conduce en dos etapas, cada una en lugar de una sesión de exposición de 60 minutos. En la primera etapa invito a los estudiantes a pensar en un experimento en el cual los dígitos del 0 al 9 son obtenidos al azar de una urna con reemplazo, y en la correspondiente variable discreta aleatoria X , de la que les pido que calculen la media y la varianza. Después les doy tres hojas de papel de diferente color y una pagina de la tabla de números aleatorios, y les pido que extraigan muestras escogidas al azar de X copiando dígitos de la tabla.

Los números aleatorios de la tabla respectiva están agrupados en conjuntos de 5 dígitos, los cuales están agrupados a su vez en bloques de 5. La página entregada consiste de 10 columnas e, igualmente, de 10 líneas de estos bloques de dígitos aleatorios. Para asegurar que los estudiantes no elijan el mismo punto de partida, numero el margen tanto de las columnas como de las filas, y les pido que seleccionen su bloque inicial según los dos últimos dígitos de su numero de identificación individual, es decir, del número de identificación de cuatro dígitos que ellos obtienen cuando se inscriben y que conservan a lo largo de sus estudios. El último dígito coincidirá con la fila de su bloque mientras que el penúltimo dígito coincidirá con la columna. Luego ellos seleccionarán un punto al azar en su bloque desde dónde comenzar, eligiendo también la dirección que tomarán -yendo hacia la derecha, la izquierda, arriba, abajo o diagonalmente- para apuntar los dígitos al azar respectivos. Los estudiantes registran tres muestras de 10, 20 y 30 dígitos respectivamente

y cada muestra es copiada sobre una hoja de papel de cierto color. Cada muestra comienza en el punto donde la última terminó.

Entonces se les dan de 15 a 20 minutos para que calculen la media y la varianza de la muestra respectiva. Ellos tienen que calcular la varianza de la muestra dividiendo la suma de las desviaciones al cuadrado entre $(n-1)$. Las hojas son recogidas en pedazos de papel de diferente color, una por cada tamaño de muestra. Cada pedazo de papel representa una colección de muestras al azar de la distribución uniforme discreta y, respectivamente, una colección de valores de la media de la muestra y la varianza. Cuanto más grande es la clase, más grande la hoja de papel y, similarmente, más grande la colección de valores para la media muestral y la varianza. Un equipo de estudiantes voluntarios recoge los resultados de los tres paquetes de datos, grafica el histograma y calcula la media y la varianza para cada uno de ellos. Es claro que en los departamentos que tienen condiciones para una sesión de laboratorio de cómputo, esta parte de la actividad se puede dar como un ejercicio a toda la clase como se propone en Magel (1996).

En la segunda etapa, que se lleva a cabo durante la siguiente clase expositiva, comienzo definiendo el muestreo aleatorio simple de tamaño n como un conjunto de n variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas. La muestra aleatoria simple ha sido tratada más pragmáticamente en exposiciones anteriores donde tuvimos que tratar casi siempre con una sola muestra. La simulación práctica hecha en la sesión anterior sirve como ejemplo práctico para conectar las dos maneras de tratamiento y para dejar claras las ideas relacionadas. Se le aclara a los estudiantes que cuando ellos copian n dígitos aleatorios, están simulando un proceso de selección de muestras al azar de X , las cuales pueden ser descritas por la secuencia de variables independientes X_1, X_2, \dots, X_n , teniendo todas la misma distribución que X y que la muestra observada por cada uno de ellos, denotada por X_1, X_2, \dots, X_n , es sólo un caso de este proceso. La variación del muestreo se introduce muy naturalmente, en términos del resultado de la sección anterior, junto con los términos relacionados de distribución muestral y distribución de la población, parámetro y estadístico.

Luego distribuyo una hoja de papel describiendo las tres distribuciones de frecuencia y el histograma de la media muestral correspondiente al tamaño de la muestra de $n=10, 20$ y 30 dígitos, respectivamente. Bosquejo una curva normal centrada en una $\mu = 4.5$. Queda claro que cada una de las tres distribuciones de frecuencia es una aproximación empírica de la correspondiente distribución muestral. En este punto se facilita presentar el TLC y se invita a los estudiantes a que consideren la curva normal en su hoja de papel como la distribución límite de la media muestral, que corresponde a cierto tamaño grande de muestra, cuando el número de muestras aumenta indefinidamente.

El experimento fue conducido 4 veces y el número de muestras recolectadas varió de 210 a 295. En todos los casos el histograma de frecuencias de las medias muestrales tenía una apariencia normal en $n=30$ y, en 3 ocasiones, incluso en $n=20$. La media de las medias muestrales era casi idéntica a 4.5 y su varianza muy cerca de $8.25/n$. Es fácil para los estudiantes entender que en un problema de práctica sólo una de tales muestras habría sido obtenida. Comparando los 3 histogramas de la media muestral uno puede fácilmente ver

que entre más pequeño el error estándar del estimado $2.87/\sqrt{n}$ es más probable para una media muestral acercarse a la media poblacional.

También distribuyo una hoja de papel que describe las tres distribuciones muestrales de la varianza. Los estudiantes ven que en las tres distribuciones la media es casi igual a 8.25 y así es más fácil que ellos recuerden que el carácter no sesgado del estimador de varianza requiere de dividir la suma de las desviaciones al cuadrado entre $(n-1)$ y no entre n . En esta clase expositiva no se presenta más teoría sobre la distribución de la varianza muestral. Sin embargo, cuando en clases subsecuentes, presento la distribución de chi cuadrada como la distribución muestral de la varianza cuando se muestrean poblaciones normales, los estudiantes tienen una idea clara de que la distribución de chi cuadrada no deberá de ser asumida en todos los casos.

3.2 CARACTERISTICAS DE LA ACTIVIDAD

Desde un punto de vista pedagógico, la actividad hace algunas referencias a la teoría presentada en las conferencias anteriores y ayuda así a los estudiantes a reforzar ideas relacionadas. Más específicamente la actividad:

- devuelve nuevamente a los estudiantes a la idea de la media y la varianza de una variable aleatoria, relacionándola con la idea de una variable aleatoria que describe la selección de una población infinita.
- ayuda a los estudiantes a desarrollar una comprensión conceptual de la variación del muestreo y de la distribución muestral, necesaria para el desarrollo del razonamiento estadístico sobre la inferencia
- da una buena idea global del Teorema del Límite Central.
- refuerza la idea de una distribución empírica como una aproximación a una distribución teórica.
- ayuda a los estudiantes a hacer una clara distinción entre distribución poblacional y distribución maestral. Ellos frecuentemente las confunden, como lo señala Gourgey 2000.
- da una idea del error estándar del estimador y de la manera en que disminuye con el tamaño de la muestra.

3.4 RESULTADOS.

La simulación práctica de la distribución muestral para la media o la proporción, ha sido conducida en varias situaciones por muchos colegas y todos coinciden en que tal actividad ayuda definitivamente a que los estudiantes entiendan mejor, hacen de la enseñanza del tema una experiencia agradable y mejora el clima de la clase. Más aún, todos los estudiantes conceptualizan mejor las exposiciones que siguen sobre la estimación puntual y de intervalo y la prueba de hipótesis. Sin embargo, la mayoría de estas actividades son difíciles de aplicar en una clase muy grande de introducción a la estadística, porque

necesitan instrucciones bastante complicadas o implican la preparación por adelantado de material múltiple de enseñanza. La actividad de simulación manual descrita aquí demanda material mínimo, instrucción elemental y puede ser llevada a cabo con eficacia sólo por el instructor, incluso en una clase de 300 estudiantes. Más aún, ayuda a los estudiantes a alcanzar una comprensión conceptual de la varianza muestral, de la distribución muestral de la media y de la varianza, y del Teorema del Límite Central.

4. CONCLUSIONES

Clases con grupos muy grandes son incómodas y frustrantes y es difícil para el instructor “comunicar su entusiasmo y motivación respecto a la estadística” (Hogg 1991). Muchos departamentos tienen que vérselas con un gran número de estudiantes y con recursos limitados, lo que parece ser una situación que no va a cambiar (Rumsey 1998). No obstante, incluso en la más desventajosa situación de una clase muy grande y ningún apoyo a la docencia, uno puede aplicar técnicas de mejora a la enseñanza. Las 2 actividades propuestas aquí pueden ser fácilmente aplicadas incluso con grupos de más de 300 personas y mejorar el aprendizaje. Uno puede dudar en emprender actividades que dependan de estudiantes voluntarios. Nótese, sin embargo, que las clases expositivas en clases grandes frustran no sólo al instructor sino también a los estudiantes, de manera que estos están más que dispuestos a participar en actividades de este tipo y a emprender las tareas.

Apéndice

La distribución de frecuencias de las calificaciones en el curso de Introducción a las matemáticas de los años 1999-2003 y las de Introducción a la estadística, sin enseñanza entre pares (1999), y después de la enseñanza entre pares (años 2000, 2001, 2002 y 2003).

